



ARQUITECTURA DE TIERRA:

PATRIMONIO y sustentabilidad en regiones sísmicas

14° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT), San Salvador, El Salvador, Centro América



ARQUITECTURA DE TIERRA: PATRIMONIO Y SUSTENTABILIDAD EN REGIONES SÍSMICAS

Artículos presentados en el 14° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT), realizado en la ciudad de San Salvador, El Salvador, entre el 24 y 28 de noviembre de 2014.

14° SIACOT, San Salvador, El Salvador

Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT)

Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima - FUNDASAL
Red Iberoamericana PROTERRA

Comité Editorial:

Pfra. Dra. Mariana Correia, Coordinadora Red PROTERRA
Ing. Msc. Celia Neves, Coordinadora Comité Científico 14° SIACOT
Ing. Rosa Delmy Núñez, Coordinadora 14° SIACOT

Edición y diseño:

Pedro Fernando Cornejo Reyes

Compiladora:

Magda Nohemy Castellanos Ochoa

ISBN: 978-99923-880-4-4

Impreso en El Salvador por Imprimatic S.A de C.V.

La presente publicación ha sido posible gracias al financiamiento de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)

San Salvador, El Salvador, Centro América, noviembre 2014

FICHA TÉCNICA DEL 14° SIACOT

La Red Iberoamericana PROTERRA y la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, FUNDASAL, son los organizadores del 14° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 14° SIACOT, denominado **Arquitectura de Tierra: Patrimonio y sustentabilidad en regiones sísmicas**, que se realiza del 24 al 29 de noviembre de 2014, en San Salvador, El Salvador, Centroamérica.

Especialistas de Iberoamérica asistirán para presentar sus trabajos en temas vinculados con la tierra mediante conferencias y exposición de posters en San Salvador, taller de transferencia tecnológica en Ilopango y charla/taller en Suchitoto, éstos relacionados al tema de patrimonio y conservación. La Comisión Científica aprobó 39 artículos en las diferentes temáticas, los cuales forman parte de esta publicación, por lo que el evento constituye una importante fuente de información actualizada en el área de la arquitectura de tierra.

Objetivo

Promover el intercambio de experiencias y el potencial de la arquitectura y la construcción con tierra mediante el análisis participativo de científicos, profesionales, técnicos, líderes comunitarios e interesados en la arquitectura, conservación y construcción con tierra.

Organización

FUNDASAL – Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima
PROTERRA – Red Iberoamericana PROTERRA

Apoyo

Centro CRAterre – Escuela Nacional Superior de Arquitectura de Grenoble, Francia
Centro Arte para la Paz – Suchitoto

Patrocinio

MISEREOR de Alemania
JICA El Salvador – Agencia de Cooperación Internacional del Japón
UCA – Universidad Centroamericana José Simeón Cañas

Temáticas

- 1- Patrimonio y conservación
- 2- Arquitectura contemporánea en tierra y sustentabilidad
- 3- Formación y transferencia de tecnologías de construcción con tierra
- 4- Material tierra y culturas constructivas
- 5- Investigación, construcción e intervención en zonas sísmicas

Programa

Días 24 y 25 – Seminario conferencias
Días 26 y 27 – Taller de transferencia tecnológica
Día 28 – Charla/taller de patrimonio y conservación
Día 29 – Asamblea general exclusivo a los miembros PROTERRA
Día 30 – Visita técnica Sitio Arqueológico Joya de Cerén exclusivo a los miembros de PROTERRA

Idiomas (sin traducción)

Español, Portugués, Inglés

Coordinación General

Profa. Dra. Mariana Correia, Coordinadora Red PROTERRA
Inga. Rosa Delmy Núñez, Coordinadora por FUNDASAL

Comisión Científica

Coordinadora: Ing. MSc. Célia Neves – PROTERRA/Rede Terra Brasil – **Brasil**
Arq. Alejandro Ferreiro – FARQ/UDELAR – PROTERRA - **Uruguay**
Arq. Dr. Alexandre Mascarenhas – IFMG/Ouro Preto – PROTERRA- **Brasil**
Ing. MSc. Ariel González – UTN Santa Fe – PROTERRA - **Argentina**
Arq. MSc. Cecilia López Pérez – Pontificia Universidad Javeriana – PROTERRA -**Colombia**
Arq. Dulce María Guillén – PROTERRA – **Nicaragua**
Arq. Dra. Graciela María Viñuales – Centro Barro/CEDODAL – PROTERRA - **Argentina**
Prof. Dr. Humberto Varum – FEUP – PROTERRA - **Portugal**
Arq. Dr. Jorge Tomasi – CONICET/FF y LUBA – PROTERRA - **Argentina**
Hist. Juana Font – Fundación Antonio Font de Bedoya – PROTERRA - **España**
Ing. Julio Vargas – PUCP– PROTERRA - **Perú**
Prof. Dr. Luis Fernando Guerrero – UAM-X – PROTERRA - **México**
Arq. MSc. Márcio V. Hoffmann – Fato Arquitetura; Taipal construções em terra – PROTERRA/Rede Terra Brasil-**Brasil**
Arq. PhD. Maria Fernandes – DGPC - CEAACP – CdT – PROTERRA- **Portugal**
Arq. MSc. María Teresa Méndez Landa – Universidad Ricardo Palma – PROTERRA-**Perú**
Prof. Dra. Mariana Correia – Escola Superior Gallaecia - FCO - Coordinadora PROTERRA - **Portugal**
Arq. MSc. MirtaE. Sosa - CRIATIC/FAU/UNT – PROTERRA- **Argentina**
Ing. Mónica Bahamóndez - CNCR - PROTERRA - **Chile**
Prof. Dr. Obede Borges Faria - UNESP - Campus de Bauru - PROTERRA - **Brasil**
Ing. Patricio Cevallos Salas - Ingeniería Alternativa – PROTERRA - **Ecuador**
Prof. Arq. Rafael F. Mellace - FAU/CIUNT/UNT - PROTERRA - **Argentina**
Arq. MSc. Rodolfo Rotondaro - UBA/CONICET - PROTERRA - **Argentina**
Prof. Dr. Virgilio Ayala –Universidad San Carlos - PROTERRA - **Guatemala**
Arq. WilfredoCarazas – CRAterre – PROTERRA - **Perú/Francia**
Prof. Dra. Wilza Gomes Reis Lopes - UFPI – PROTERRA - **Brasil**

Comisión Organizadora FUNDASAL

Inga. Rosa Delmy Núñez
Inga. Magda Castellanos
Lic. EkatherinaCanjura
Lic. Alma Daysi Rivera
Ing. Juan José Lara
Lic. Rolando Dimas

Comisión Ejecutiva FUNDASAL

Arqta. Claudia María Blanco
Lic. Julio Eduardo Meléndez
Inga. Rosa Delmy Núñez

ÍNDICE

Mensaje de la Directora Ejecutiva de FUNDASAL	9
Mensaje del Jefe Representante en El Salvador de JICA.....	10
Mensaje de la Coordinadora del Comité Científico del SIACOT	11
Mensaje del Representante de la Agencia de Cooperación Misereor.....	13
Presentación de la Red PROTERRA.....	15
TEMÁTICA 1	17
PATRIMONIO Y CONSERVACIÓN	17
1.1 Arquitectura de tierra en el Altiplano Maya. El caso de Kaminaljuyu. Bárbara Arroyo/Daniel Juárez.....	17
1.2 Los retos de la conservación del sitio arqueológico de Joya de Cerén. Víctor Hugo Barrientos	25
1.3 Los sitios arqueológicos en tierra de México: un primer catálogo. Annick Daneels.....	34
1.4 La joya, Veracruz, México: estrategias de preservación del patrimonio en tierra por intervención directa y reconstrucción virtual. David Piña/Annick Daneels.....	41
1.5 Recuperación de la memoria histórica. Restauración de la Parroquia El Carmen de San Miguel de Santo Domingo. María Bernardette Esquivel Morales.....	47
1.6 Evaluación de aditivos orgánicos para intervención de la construcción prehispánica en tierra del sitio arqueológico de La Joya, Veracruz, México, a través de experimentos en el sitio. Yuko Kita/Annick Daneels	58
1.7 Mejoramiento de la imagen urbana en centros históricos de dos comunidades salvadoreñas. Mario A. Melara/Erick Orellana	66
TEMÁTICA 2	76
ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA Y SUSTENTABILIDAD	76
2.1 Análisis experimental para determinar la productividad térmica en la tierra vertida. Yolanda G. Aranda J./Edgardo J. Suárez Domínguez.....	76
2.2 Reflexões do projeto versus contributo do patrimonio vernáculo para a arquitectura contemporânea sustentavel. Mariana Correia/Filipa Gómes/Gilberto Duarte Carlos/João Correia.....	80
2.3 Vivienda alpaquera altoandina. Caso de estudio tipológico en Puno, Perú. Magaly del Pilar Gayoso/Orlando Carlos Pacheco Zúñiga	88
2.4 Presente y futuro de la construcción con tierra en Chile: oportunidades y desafíos. Hugo Pereira Gigogne	95
2.5 Porqué construir con tierra? Universalidad y sostenibilidad. Wilfredo Carazas Aedo.....	100
2.6 Lienzo de barro. Patricio Cevallos/Jorge Ramón/Francisco Trigueros/Elena De Oleza	106
2.7 IEIASCA: Cuidar la vida. Transferencia de tecnologías con tierra. Una obra contemporánea de arquitectura sostenible. Lucía Esperanza Garzón Castañeda.....	110
TEMÁTICA 3	116
FORMACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA	116
3.1 Fogones mejorados de adobe. Mujeres constructoras de familias más sanas y comunidades más sostenibles. Jon de la Rica Extremiana/Elena Carrillo Palacios.....	116
3.2 Izalco. El Salvador. Curso de restauración urbana. Michele Zampilli/Alessandra Sprega.....	124
3.3 Herramientas de transferencia tecnológica para la construcción de casas de adobe seguras y saludables en zonas sísmicas. Marcial Blondet/Alvaro Rubiños	134
3.4 Transferencia de conocimientos en vivienda de adobe segura y saludable. Magda Nohemy Castellanos Ochoa	141
3.5 Tierra, salud y niñez. Ariel González/María Carolina Lazzarini	145
3.6 Construyendo viviendas de adobe y reconstruyendo personas. Dulce María Guillén Valenzuela.....	150

3.7	Construcción y rehabilitación de viviendas de adobe para el desarrollo del hábitat rural. Rosa Delmy Núñez.....	155
3.8	Edificación sustentable. Asesoramiento en la construcción con tierra. Juan Carlos Patrone/Sebastián D'Andrea/Hernán Passone	160
3.9	Capacitación en restauración y construcción con tierra a través de voluntariados, extensión y docencia universitaria-Iglesia San Juan, Argentina. María Rosa Plana/Arturo Pereira/Ana Valeria Pochi	165
TEMÁTICA 4		173
MATERIAL TIERRA Y CULTURAS CONSTRUCTIVAS		173
4.1	Resistência à abrasão de tintas produzidas com pigmentos obtidos por dispersão mecânica e química de solo caulínítico. Fernando P. Cardoso/Rita de Cássia S.S. Alvarenga/ Anôr Fiorini de Carvalho/Maurício P. F. Fontes.....	173
4.2	Evaluación de pisos de tierra apisonada en Guatemala después de seis años de utilización. Edgar Virgilio Ayala/Francisco Javier Quiñónez.....	178
4.3	Análisis del comportamiento térmico de muros de quincha. Guadalupe Cuitiño/ Alfredo Esteves/ Rodolfo Rotondaro	184
4.4	Edificación de muros de tierra vertida estabilizados con cal y puzolanas. Luis Fernando Guerrero Baca/ Francisco Javier Soria/, Rubén Roux Gutiérrez.....	192
4.5	Evaluación de revestimientos en paredes de adobe después de nueve años en condiciones de servicio	198
4.6	Análisis de retraso térmico de bloques de tierra comprimida.Rubén Salvador Roux Gutiérrez/ Diana Patricia Gallegos Sánchez.....	204
TEMATICA 5		209
INVESTIGACIÓN, CONSTRUCCIÓN E INTERVENCIÓN EN ZONAS SÍSMICAS		209
5.1	Reforzamiento de estructuras de adobe con mallas metálicas. Osvaldo Albarracin/ Mary Saldivar Lucas Garino Libardi/ Gustavo Navarta	209
5.2	Refuerzo sísmico de construcciones de adobe mediante inyección de barro líquido y mallas de cuerdas. Marcial Blondet/ Julio Vargas/ Carlos Sosa/ Jonathan Soto..	216
5.3	Projeto de investigação seismic-v: Reconhecimento da cultura sísmica local em Portugal. Mariana Correia/ Filipa Gomes/ Gilberto Duarte Carlos.....	222
5.4	Gestión del riesgo en las iglesias del Altiplano, Chile.Daniela Andrea Díaz Fuentes	230
5.5	La importancia de la investigación y reglamentación técnica para la construcción de vivienda con tierra. Oscar Armando Trujillo.....	236
5.6	Reconstrucción post 27/F en Chile en zonas de interés patrimonial. Una Experiencia de asistencia técnica universitaria en la región de O'Higgins. Jimena Morales Peralta/ Maria Luisa Zúñiga Lamarque/ Carlos Muñoz Parra	241
5.7	Sistema de difusión y transferencia de la tecnología de adobe reforzado en El Salvador y otras regiones de Centroamérica. Rosa Delmy Núñez.....	251
5.8	Pautas para una normativa de construcción con tierra cruda para la provincia de San Juan – Argentina. Juan Arturo Pereyra/ Mabel Fabrega/ Liliana Beatriz Vega/ Jesica Castilla	256

Mensaje de la Directora Ejecutiva de FUNDASAL

FUNDASAL se honra en formar parte de un equipo de instituciones y personas de todo el mundo, que deciden unir sus conocimientos, sin escatimar esfuerzos para llevar a cabo este 14° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y construcción con tierra, 14° SIACOT, denominado “Arquitectura de tierra: patrimonio y sustentabilidad en regiones sísmicas”.

La FUNDASAL lleva 46 años de búsqueda incansable de modelos tecnológicos y sociales que al realizarlos, cambien por completo la manera en la cual están habitando y desarrollándose las familias empobrecidas de esta región Centroamericana. Nos mueve la convicción de que, al poner al servicio de nuestros pueblos los conocimientos técnicos y sociales, estaremos aportando sustancialmente a las soluciones de las cuales urgen las comunidades urbanas y rurales de América Latina.

Las alianzas son indispensables, para impactar al nivel requerido; ahí se encuentra mucha de la riqueza de este 14° SIACOT, que se vuelve un espacio único de intercambio, debate y propuestas que giran la mirada hacia el hábitat, reconociéndolo como un Derecho Humano Universal.

Las tecnologías constructivas que estas instituciones y personas, que como FUNDASAL han podido desarrollar, han imaginado lo imposible, se han decidido a impulsarlo con fuerza y hacerlo realidad, para el bien común de toda una sociedad.

Al celebrar este 14° SIACOT, entregamos a profesionales, instituciones, pobladores organizados, constructores de nuestras ciudades, muchas alternativas ejecutadas, que han llevado bienestar, desarrollo, satisfacción y alegría a miles de familias en el continente Americano.

Finalmente, les dejamos la invitación a replicar y multiplicar todos aquellos enfoques que colocan al centro de la ciencia y la tecnología: la vida personal y colectiva del ser humano.

*Claudia María Blanco Alfaro.
Directora Ejecutiva
FUNDASAL*

Mensaje del Jefe Representante en El Salvador de JICA

En nombre de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, JICA, celebramos la realización en El Salvador del 14° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y construcción con tierra, 14° SIACOT, denominado *Arquitectura de tierra: patrimonio y sustentabilidad en regiones sísmicas* y felicitamos a FUNDASAL por la organización de este magno evento.

Desde el inicio de la cooperación del Gobierno del Japón hacia El Salvador, en 1964, JICA, principal organismo executor de los programas de la Asistencia Oficial para el Desarrollo (AOD) del Gobierno del Japón, ha venido implementando diversos esquemas en su apoyo a los países en vías de desarrollo en la modalidad de transferencia de tecnología, de ayuda no reembolsable y/o de ayuda reembolsable. Consideramos a El Salvador como uno de los países más estratégicos de nuestra cooperación en Latinoamérica, en base a que El Salvador es un país líder para la integración centroamericana y con amplia ventaja geográfica y de transporte. También, las condiciones vulnerables de El Salvador, nos ha impulsado a brindar nuestro apoyo y solidaridad en los diversos eventos naturales que han causado destrucción y crisis.

JICA dinamiza la estrategia de cooperación para la prevención de desastres a través de tres ejes fundamentales:

- 1- Sensibilización de la población, en forma participativa involucrando a las municipalidades y comunidades, para reforzar el apropiamiento y la propia conciencia sobre la gestión del riesgo y la autogestión ante los desastres naturales.
- 2- Preparación de la infraestructura adecuada para la prevención de los desastres naturales.
- 3- Monitoreo de los eventos naturales, que permitan conocer las amenazas que se acercan.

Cada uno de los ejes es llevado a la realidad por diversos proyectos que constituyen la parte fundamental de la iniciativa integral de prevención de desastres que promueve la cooperación japonesa, con la cual deseamos apoyar de forma efectiva la prevención de los desastres naturales y la consecuente reducción de la pobreza en El Salvador, puesto que es la población de escasos ingresos con viviendas precarias la más vulnerable a los desastres naturales.

En 2001, dos terremotos provocaron severos daños en la vivienda social de El Salvador, causando duelo, desolación y desesperanza en la familia salvadoreña. En respuesta a la iniciativa de El Salvador, Japón aprobó la asistencia técnica para desarrollar materiales y sistemas constructivos de vivienda popular de fácil adquisición y resistentes a los movimientos telúricos. Así, en el año 2003, los gobiernos de Japón y El Salvador firmaron un acuerdo para ejecutar el Proyecto de Mejoramiento de la Tecnología para la Construcción y Difusión de la Vivienda Popular Sismo-resistente, denominado TAISHIN, que en idioma japonés significa "sismo-resiste", con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la población salvadoreña de bajos recursos ante los daños ocasionados por sismos, a través de la investigación y difusión de sistemas constructivos mejorados. Los productos de la investigación realizada en el marco del Proyecto TAISHIN a varios sistemas constructivos de bajo costo, fue aportarles elementos constructivos sismo-resistentes, en su estructura y en los materiales. Asimismo, se contribuyó sustancialmente con oficializar los reglamentos de los cuatro sistemas constructivos y con la transferencia y fortalecimiento técnico en otros países de la región Centroamericana.

Uno de los cuatro sistemas investigados se enfocó en la construcción con materiales térreos, dando paso a la construcción con Adobe Reforzado, que brinda nuevas alternativas económicas y seguras de construcción, repercutiendo favorablemente a nivel nacional e internacional donde existe alta frecuencia sísmica, la cual hace necesaria la creación de medidas adecuadas para reducir los daños en las viviendas y la consecuente pérdida de vidas humanas. Estamos convencidos de que el Desarrollo Sostenible solo podrá lograrse con la reducción y prevención del riesgo como un componente esencial de los esfuerzos de desarrollo en todos los niveles. Esperamos que nuestra cooperación contribuya al progreso de la sociedad salvadoreña porque además de aportar opciones económicas para la edificación de viviendas, se han establecido nuevos parámetros constructivos que son adecuados a las condiciones sísmicas de la región.

Finalmente compartimos con todos los lectores nuestro compromiso de servicio:

"Con pasión y orgullo, como profesionales en la cooperación para el desarrollo, desempeñaremos nuestro trabajo responsable y enérgicamente, con amor y sentido del deber, promoveremos y apoyaremos la participación del pueblo japonés en nuestro trabajo, colaboraremos como socios de aquellos que requieren asistencia y lucharemos por llenar al mundo de esperanza y felicidad, promoviendo la paz y el desarrollo sustentable."

Yoshikazu Tachihara

Jefe Representante en El Salvador

Agencia de Cooperación Internacional de Japón, JICA

Mensaje de la Coordinadora del Comité Científico del SIACOT

Coordinar un Comité Científico es siempre muy agradable. Cada día que pasa, se siente el crecimiento del evento, que empieza con la lectura de los resúmenes, cuando se nos da una idea de su forma, y que se concreta en la evaluación y aprobación de los trabajos, sea por el contenido de los artículos y por su distribución en cada tema.

Los eventos de la Red Iberoamericana PROTERRA son siempre enriquecidos con presentación de trabajos innovadores y más otros tantos que muestran el avance de sus investigaciones y de acciones divulgadas en eventos anteriores.

Teniendo en cuenta los objetivos de la Red, especialmente lo de promover el intercambio de información y la integración de los diversos sectores, PROTERRA busca formas de estimular la participación de todos que actúan en el área de la arquitectura y la construcción con tierra, abriendo espacios para los académicos, los profesionales y los empresarios, entre otros. Desde el 13º SIACOT, el Comité Científico recibe, evalúa y aprueba dos tipos de artículos: lo de carácter científico, cuyo contenido se ajusta al patrón ya establecido, y los informes, cuyo contenido se refiere a otras actividades en este campo, lo que permite el constructor, el diseñador y cualquier otro profesional divulgar y compartir su trabajo.

El 14º SIACOT abarca cinco temas: Patrimonio y conservación; Arquitectura contemporánea en tierra y sustentabilidad; Formación y transferencia de tecnología de construcción con tierra; Material tierra y culturas constructivas; Investigación, construcción e intervención en zonas sísmicas. Para evaluar los trabajos, se formó el Comité Científico SIACOT 2014 con 25 expertos en estos temas. Se aprobaron 39 artículos, 54% de naturaleza científica y 46% informes técnicos, con la participación de 17 países: 14 de la región iberoamericana y más Francia, Italia y Japón.

La contribución de autores de diferentes regiones y la diversidad de los trabajos presentados en el 14º SIACOT nos permite fotografiar el momento actual de la arquitectura y la construcción con tierra, sobre todo en la región iberoamericana.

14º SIACOT, Noviembre 2014

Célia Neves

Coordinadora del Comité Científico

Mensagem de la Coordinadora del Comité Científico del SIACOT

Coordenar um Comitê Científico é sempre muito prazeroso. A cada dia, sente-se o crescimento do evento, que começa com a leitura dos resumos, quando já nos dá a ideia da sua forma, que se concretiza na avaliação e aprovação de trabalhos, em função do conteúdo dos artigos e por sua distribuição em cada tema.

Os eventos da Rede Ibero-americana PROTERRA são sempre enriquecidos com apresentação de trabalhos inovadores e de outros que demonstram o avanço de investigações e ações divulgadas em eventos anteriores.

Considerando os objetivos da Rede, principalmente os de promover o intercâmbio de informação e fomentar a integração dos diversos setores, PROTERRA busca formas para estimular a participação dos diversos setores que atuam no campo da arquitetura e construção com terra, abrindo espaço para acadêmicos, profissionais e empresários, entre outros. Desde o 13º SIACOT, a Comissão Científica recebe, avalia e aprova dois tipos de artigos: os de caráter científicos, cujo conteúdo obedece ao padrão já estabelecido, e os relatos, cujo conteúdo trata do informe de atividades neste campo, permitindo que o construtor, o projetista e qualquer outro profissional divulgue seu trabalho.

O 14º SIACOT abrange cinco temas: Patrimônio e conservação; Arquitetura contemporânea em terra e sustentabilidade; Formação y transferência de tecnologia de construção com terra; Material terra e sistemas construtivos; Investigação, construção e intervenção em zonas sísmicas. Para avaliação dos trabalhos, compôs-se o Comitê Científico SIACOT 2014 com 25 especialistas nestes temas. Foram aprovados 39 artigos, sendo 54% de natureza científica e 46% de informe técnico, com a participação de 17 países: 14 da região ibero-americana e mais França, Itália y Japão.

A contribuição de autores de diferentes regiões e a diversidade dos artigos apresentados no 14º SIACOT nos permite fotografar o momento atual da arquitetura e construção com terra, principalmente na região ibero-americana.

14º SIACOT, Novembro 2014

Célia Neves

Coordenadora do Comitê Científico

Mensaje del Representante de la Agencia de Cooperación MISEREOR

“Con las manos en la tierra”

“Al introducir las manos en la mezcla de tierra y agua se deja sentir el contacto directo con la naturaleza y una “energía misteriosa” que transmite una sensación intensa de encanto, despertando un profundo respeto y aprecio de tener en las manos al material que simboliza fertilidad - la “Madre Tierra”-, don de la creación y de nuestro existir y que ha sido empleado durante siglos, desde la sabiduría de los ancestros más remotos para construir y que continúa siendo excelente y válido para crear, modelar, seguir construyendo y dejar en lo producido las huellas de nuestro sentir, de nuestro comportamiento y compromiso”

A manera de introducción y en reconocimiento a los inmensos valores y beneficios de la Arquitectura y Construcción con Tierra se desean compartir las siguientes reflexiones colocadas a partir de prácticas desarrolladas en algunos de los proyectos apoyados por Misereor y que se suman a las valiosas contribuciones de esta documentación y a las de aliados que comparten las visiones estimulando e impulsando desde los distintos ámbitos el uso de materiales ecológicos para un trato armónico y sostenible con el medio, la naturaleza y para “vivir bien”.

Desde la perspectiva de Misereor y su opción de apoyo solidario estrechamente relacionado con los grupos más desfavorecidos y excluidos se ven los grandes desafíos que se presentan para la mejora de la situación de millones de familias que viven en condiciones precarias e inhumanas. Identificamos al tema de vivienda y hábitat popular sostenible como un eje estratégico que cada vez más se valora en el marco de la cooperación con contrapartes, redes y organizaciones de la sociedad civil y que apoyan en forma intensa e incansable a los sectores carentes y excluidos de la población, contribuyendo al mejoramiento de las condiciones de vida y al desarrollo de experiencias y prácticas valiosas como las de (re)construcción con tierra después de terremotos en El Salvador, en Haití, en Guatemala y en proyectos de Honduras y México.

***El 14° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT) El Salvador 2014**, contribuye con importantes aportes de expositores, de participantes y de los talleres prácticos al intercambio horizontal, a la generación de conocimientos y su divulgación. Demuestra en las experiencias abordadas múltiples aspectos y elementos que están estrechamente vinculados con el “material tierra”, sus propiedades, bondades y su empleo en diferentes técnicas constructivas adecuadas al medio y que utilizan materiales ecológicos y recursos locales, dando en muchos casos oportunidades para diversos micro-emprendimientos y que en general dejan constatar resultados muy positivos que impactan con una sobresaliente estética arquitectónica incluyendo un excelente comportamiento resistente a sismos en regiones propensas o expuestas a movimientos sísmicos o tectónicos y que llegan a ser aceptados con entusiasmo por parte de los pobladores que se identifican con la tierra, con sus tradiciones y valores basados en la solidaridad, en el apoyo mutuo, en la reciprocidad, en la gratitud y con sus raíces culturales junto al legado constructivo de la sabiduría e “ingeniería” inteligente de sus antepasados, tal como lo demuestran por ejemplo en El Salvador las construcciones del conjunto arqueológico Joya de Cerén.*

Unido a la construcción con tierra se destacan además en varias de las experiencias la dimensión participativa y el empoderamiento de los grupos apoyados para su intervención protagónica y autogestionaria en los diferentes procesos que permiten mejoramientos concretos de la vivienda y el hábitat como “producto del esfuerzo organizado de los pobladores” así como la recuperación de la dignidad de las personas, la construcción de un tejido social con identidades colectivas, equitativas, justas, democráticas y solidarias.

*Entre las diferentes prácticas de apoyo institucional sobresale la implementación de la “producción social de la vivienda y del hábitat”, referida a la producción social bajo control de auto productores y agentes sociales que operan sin fines lucrativos y en la cual resaltan significativos contenidos teóricos, investigativos, metodológicos, pedagógicos y prácticos que aportan a la construcción de capacidades locales y de poder para la gestión participativa del territorio, para el acceso a bienes (suelo, vivienda, servicios), así como a la lucha por el reconocimiento de los derechos de los pueblos y entre estos al de la **libre elección de poder construir con tierra**, bajo amparo de Leyes y mecanismos específicos de fomento y apoyo financiero por parte de las políticas públicas estatales del sector.*

Las políticas públicas son claves y un factor determinante para poder responder concretamente a las problemáticas que se presentan en los diversos ámbitos del sector y para el desarrollo de los enormes potenciales y de las amplias capacidades innovadoras de intervención que ofrece la Arquitectura y Construcción con Tierra, también en su función social.

La población excluida de los programas estatales requiere apoyo técnico y solidario, pero eso no es suficiente. Para sensibilizar, crear conciencia e incidir en los que toman decisiones a nivel de políticas públicas se hace necesario el empoderamiento y la promoción del protagonismo de la población excluida y de sus organizaciones y una estrecha alianza de apoyo por parte de organizaciones e instituciones civiles capaces de realizar un cabildeo conjunto estableciendo relaciones o afirmando las existentes con las instituciones públicas y empleando productos de la investigación científica, de la promoción, de la transferencia y difusión de conocimientos que incluyen los saberes y prácticas locales de la población, la cultura constructiva legada por sus antepasados y demostrando así cada vez más la validez de la construcción con tierra y el amplio potencial que ofrece.

*En ese sentido el 14° SIACOT con la presencia de reconocidos científicos, profesionales, técnicos de diferentes países y de redes como PROTERRA, que trabajan en el tema de la arquitectura, conservación y construcción con tierra, de participantes de la Plataforma Mesoamericana de Construcción con Tierra – Mesoameri-Kaab, es de **importancia eminente y una gran oportunidad de respaldo colectivo para combatir a estructuras de poder y de intereses particulares que se oponen a la construcción con tierra y que descalifican a la construcción con tierra impidiendo avances en beneficio de la población** y al desarrollo sustentable, desde un enfoque integral que vincula las dimensiones sociales, ecológico - ambientales, económicas, culturales y la participación de las organizaciones de la sociedad civil.*

No obstante avances innegables en el campo de la construcción con tierra (entre otros por ejemplo en El Salvador gracias al apoyo de la Cooperación Internacional Japonesa, a través del proyecto TAISHIN) e inclusión de reglamentos a los sistemas constructivos y de fortalecimiento técnico en algunos de los países, continúa la preocupación de incorporar y hacer partícipes a los más necesitados en medidas de formación adecuadas a las necesidades, al lenguaje y al medio, para no dejar a que se den o continúen también en este campo situaciones de exclusión y que los conocimientos y las materias solo se concentren en los altos niveles de formación académica y científica, sin bajar a la población.

Desde la perspectiva de apoyo a la población empobrecida en el mejoramiento de las condiciones precarias de vivienda/hábitat y de los ejes temáticos que abarca la construcción con tierra y los programas de formación y enseñanza se considera además necesario establecer un vínculo más estrecho con otras disciplinas (agricultura sustentable, sociología, salud, educación popular) que puedan integrarse y unir esfuerzos creando alianzas estratégicas que permitan ampliar los campos de construcción y actuación conjunta de incidencia, contribuyendo a enfrentar los retos.

Saludamos y reconocemos el compromiso y los valiosos aportes de quienes están “con las manos en la tierra” y de quienes se adhieren y comparten las visiones, deseando continúe su trabajo con mucho ánimo y éxito.

*Arq. Marcelo Waschl
Responsable del área Desarrollo Urbano/ Hábitat
Departamento de América Latina - Misereor*

Presentación de la Red PROTERRA

Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción con Tierra

La Red Iberoamericana de Arquitectura y Construcción en Tierra fue fundada en el año 2006, como resultado del Proyecto de Investigación Proterra, proyecto temporal financiado por el CYTED (2001-2005). La Red Iberoamericana PROTERRA tiene centrada su atención en la cooperación técnica y científica de la arquitectura y construcción en tierra, en el contexto Latinoamericano e Ibérico. Actualmente, la Red Iberoamericana integra 123 especialistas y 22 instituciones asociadas, de 19 países Iberoamericanos: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Ecuador, España, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Paraguay, Perú, Portugal, Uruguay y Venezuela.

La misión de PROTERRA es contribuir al conocimiento de la arquitectura de tierra y transmitirlo en: (1) Asentamientos humanos, en áreas rurales y urbanas; considerando la (2) Diversidad Cultural y la preservación del conocimiento tangible e intangible. Su trabajo contribuye, principalmente, al desarrollo sustentable, en base a un plan de acción que integra la dimensión social, científica, técnica, cultural y económica, así como la participación de la sociedad civil.

Para el desarrollo de su misión, PROTERRA actúa en la enseñanza superior y la formación profesional, en la investigación científica, en el desarrollo local, en la transmisión del conocimiento y en la difusión de la tecnología, en la diseminación del saber local, en las prácticas culturales y en la sensibilización de la sociedad civil.

En ocho años de actividad, la Red Iberoamericana PROTERRA pasó por un período de formalización y estructuración (2006-2008), de consolidación y crecimiento (2008-2011), y finalmente por un período de mayor cooperación transregional y reconocimiento internacional (2011-2014).

Desde 2012, PROTERRA fue presentada en Denver (USA), en Abu Dabi (Estados Árabes Unidos), en Argel (Argelia), en Paris (Francia), en Berlín (Alemania) y en Estambul (Turquía). La Red Iberoamericana ha sido presentada también en eventos promovidos por entidades internacionales como la UNESCO, en Diciembre de 2012, la Cátedra UNESCO y UNITWIN Networks, en Junio de 2013; y la AKDN organizadora del AgaKhanAward for Architecture, en Noviembre 2013. Como resultado del reconocimiento de la importancia de PROTERRA, como entidad representativa de la región Iberoamericana, UNESCO invita a PROTERRA a integrar como asociado institucional, el programa UNESCO-WHEAP: WorldHeritageEarthenArchitectureProgramme (2007-2017).

A nivel transregional, el Seminario Ibero-Americano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT), organizado anualmente en el ámbito de PROTERRA, ha proporcionado oportunidades para la expansión de la plataforma de actuación de la misión de la Red Iberoamericana. En los últimos años, se ha estimulado la participación de instituciones de países que nunca habían recibido al SIACOT a presentar solicitud para su organización. Fue el caso del 12º SIACOT-TERRA2012 en Perú (2012), 13ºSIACOT en Chile (2013), 14ºSIACOT en El Salvador (2014) y, en el próximo año, del 15ºSIACOT en Ecuador (2015). Durante el SIACOT se potencia el intercambio del conocimiento a través de talleres, de exposiciones, de mesas redondas, de creación de redes nacionales, del aumento e intensificación de la comunicación entre instituciones nacionales y entre especialistas, y demás actividades.

Simultáneamente se ha multiplicado el intercambio entre especialistas miembros de PROTERRA y diversas instituciones Iberoamericanas, lo que ha permitido el análisis comparativo y subsecuente sistematización de métodos pedagógicos, de procedimientos de laboratorio y de mayor eficiencia en los procesos de construcción. El próximo trienio 2014-2017 trae nuevos desafíos a todos los miembros de la Red Iberoamericana. Para continuar marcando la diferencia a nivel internacional, los miembros de PROTERRA deben seguir actuando principalmente a nivel local y regional. Pero es el trabajo en equipo interdisciplinar, con mayor cooperación entre entidades y colaboración entre investigadores, profesionales y ciudadanos, lo que nos permitirá avanzar, incrementando el sentido crítico para un mayor conocimiento - y que este conocimiento tenga impacto en su transferencia, resultando en un mundo más equilibrado y desarrollado localmente.

14º SIACOT, Noviembre 2014
Mariana Correia
Coordinadora de PROTERRA

Presentación de la Red PROTERRA

Rede Ibero-Americana de Arquitetura e Construção com Terra

A Rede Ibero-Americana de Arquitetura e Construção com Terra foi fundada em 2006, como resultado do Projeto de Investigação Proterra, projeto temporal financiado pelo CYTED (2001-2005). A Rede Ibero-Americana PROTERRA tem-se focado na cooperação técnica e científica da arquitetura e construção com terra, no contexto da América Latina e da Península Ibérica. Atualmente, a Rede Ibero-Americana integra 123 especialistas e 22 instituições associadas, de 19 países Ibero-americanos: Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Equador, Espanha, Guatemala, Honduras, México, Nicarágua, Paraguai, Peru, Portugal, Uruguai e Venezuela.

A missão da PROTERRA é contribuir para o conhecimento da arquitetura de terra e para a transferência desse conhecimento, em: (1) Assentamentos humanos e habitat, em áreas rurais e urbanas; considerando a (2) Diversidade cultural e a preservação do conhecimento tangível e intangível. A sua missão contribui principalmente para a promoção do desenvolvimento sustentável, segundo uma abordagem que integra a dimensão social, ambiental, científica, técnica, cultural, econômica e a participação da sociedade civil.

Para o desenvolvimento da sua missão, PROTERRA atua no ensino superior, na formação profissional, na investigação científica, no desenvolvimento local, na transferência de conhecimento e difusão de tecnologia, na disseminação do saber local, nas práticas culturais e na sensibilização da sociedade civil. Em oito anos de atividade, a Rede Ibero-americana PROTERRA passou por um período de formalização e estruturação (2006-2008), de consolidação e crescimento (2008-2011), e finalmente por um período de maior cooperação transregional e reconhecimento internacional (2011-2014).

Desde 2012, o PROTERRA foi apresentado em Denver (USA), em Abu Dhabi (Estados Árabes Unidos), em Argel (Argélia), em Paris (França), em Berlim (Alemanha) e em Istambul (Turquia). A Rede Ibero-Americana foi apresentada também em eventos promovidos por entidades internacionais, como a UNESCO, em Dezembro 2012; a Chaire UNESCO e UNITWIN Networks, em Junho 2013; e a AKDN organizadora do AgaKhanAward for Architecture, em Novembro 2013. Como resultado do reconhecimento da importância do PROTERRA, enquanto entidade representativa da região Ibero-Americana, UNESCO convida o PROTERRA a integrar como parceiro institucional, o programa UNESCO-WHEAP: World Heritage Earthen Architecture Program (2007-2017).

A nível transregional, o Seminário Ibero-Americano de Arquitetura e Construção com Terra (SIACOT), organizado anualmente no âmbito do PROTERRA, tem proporcionado oportunidades para expansão da plataforma de atuação da missão da Rede Ibero-Americana. Nos últimos anos, tem-se motivado instituições de países, que nunca receberam o SIACOT, a apresentarem candidatura para a sua organização. Foi o caso do 12º SIACOT-TERRA 2012 no Peru (2012), do 13º SIACOT no Chile (2013), do 14º SIACOT em El Salvador (2014) e, no próximo ano, do 15º SIACOT no Equador (2015). Durante o SIACOT potencializa-se o intercâmbio do conhecimento, através de oficinas, de exposições, de mesas-redondas, de criação de redes nacionais, do incremento da comunicação entre instituições nacionais e entre especialistas, e de outras atividades.

Simultaneamente, tem-se multiplicado o intercâmbio entre especialistas membros do PROTERRA e diversas instituições Ibero-americanas, o que tem possibilitado a análise comparativa, e subsequente sistematização de métodos pedagógicos, de procedimentos laboratoriais e de maior eficiência dos processos de construção. O próximo triénio 2014-2017 traz novos desafios a todos os membros da Rede Ibero-Americana. Para continuarmos a fazer a diferença a nível internacional, os membros do PROTERRA têm de prosseguir, principalmente atuando a nível local e regional. Mas é o trabalho de equipa interdisciplinar, com maior cooperação entre entidades e colaboração entre investigadores, profissionais e cidadãos, que permitirá avançar, com incremento do sentido crítico, para um maior conhecimento - e que este conhecimento tenha impacto na sua transferência, resultando num mundo mais equilibrado e desenvolvido localmente.

*14º SIACOT, Novembro 2014
Mariana Correia
Coordenadora do PROTERRA*

1.1 Arquitectura de tierra en el Altiplano Maya. El caso de Kaminaljuyu. Bárbara Arroyo/Daniel Juárez

Bárbara Arroyo¹; Daniel Juárez²

¹Proyecto Kaminaljuyu, Dirección de Patrimonio Cultural y Natural, Guatemala, arroyobarbara2012@gmail.com

²Museo Nacional de Antropología, México, daniel0juarez@gmail.com

Palabras claves: Altiplano Maya, Kaminaljuyu, Guatemala, arquitectura en barro, conservación

Resumen:

El antiguo asentamiento prehispánico de Kaminaljuyu, situado en el altiplano de las Tierras Altas Mayas, se encuentra parcialmente enterrado por la moderna ciudad de Guatemala. Uno de sus rasgos característicos es la arquitectura de tierra que hizo posible la construcción de poco más de 200 estructuras monumentales, de las cuales hoy día sólo se conserva una tercera parte. Otro de los aspectos singulares del asentamiento, es su larga secuencia de ocupación que inicia prácticamente desde el Preclásico Medio y se extiende hasta el Postclásico. Este hecho favoreció un destacado desarrollo urbano y la interacción con otros asentamientos a lo largo de su historia.

La conservación del sitio dentro de su actual contexto urbano implica un enorme reto, particularmente si consideramos el acelerado crecimiento de la ciudad durante las últimas décadas. Pese a ello, dentro del Parque Arqueológico Kaminaljuyu aún se conservan algunas estructuras, cuyo estudio y preservación son fundamentales para el conocimiento de este antiguo asentamiento. Es por ello que desde 2013 nos hemos sumado a un largo esfuerzo, iniciado en la década de los años cuarenta, para tratar de comprender las transformaciones arquitectónicas dentro de su propio contexto urbano y contribuir así a su restauración. En esta ponencia daremos a conocer los resultados de estas tareas así como una reflexión respecto a los criterios de conservación que hemos instrumentado.

1. INTRODUCCIÓN

Kaminaljuyu es un centro milenario, asentado en el valle central de la ciudad de Guatemala (Figura 1). Su ocupación más antigua se remonta al periodo Preclásico, alrededor del año 1000 a.C. La razón de asentarse en este lugar fue motivada por la presencia de abundantes recursos, entre los que se encontraba el hoy extinto Lago Miraflores (Figura 2). Este lago fue un enorme repositorio de agua alimentado por nacimientos y abundantes precipitaciones pluviales. Fue utilizado para irrigar campos de cultivo según lo demuestran diversos canales reportados por algunos investigadores (Popenoe de Hatch, 1997; Barrientos, 2000). Sin embargo, hasta hace

poco, el lago se había visto sólo como un elemento destinado a funciones agrícolas. Hallazgos recientes indican que su extensión era mayor a la considerada inicialmente, cuyas aguas eran desviadas a través de pequeños drenajes que la conducían hacia sectores particulares del sitio. Esta distribución, además de complementar los requerimientos de subsistencia, bien pudo haber tenido también propósitos rituales. En cualquier caso, el papel del agua en Kaminaljuyu debió ser relevante.

La mayoría de las construcciones del sitio consistían en plataformas de barro que sostenían estructuras perecederas en la parte superior. Algunas alcanzaron grandes alturas y sirvieron como edificios ceremoniales. Estas plataformas sufrieron cambios con el transcurrir del tiempo y quedaron enterradas bajo construcciones posteriores, acorde con los nuevos proyectos arquitectónicos que modificaron los espacios. Algunos de estos edificios funcionaron como templos funerarios. De allí que en la década de 1930, a partir de la serie de hallazgos accidentales por el crecimiento urbano de la ciudad de Guatemala, Antonio Villacorta le haya dado el nombre de Kaminaljuyu al sitio, el cual podría traducirse como “Cerro de los Muertos” en idioma quiché. El crecimiento urbano de la ciudad de Guatemala ha sido el principal responsable de la destrucción de Kaminaljuyu. Esto se debe a que la mayoría de estructuras fueron construidas con barro, material local, fácilmente disponible que fue ampliamente utilizado en las construcciones del sitio desde sus inicios hacia el año 1000 y prácticamente hasta finales del periodo Clásico, cerca del 900 d.C. Tenemos la percepción de que este material constructivo ha sido desdeñado frente a la monumentalidad de la arquitectura en piedra, quizá por ello su apreciación estética en la historia mesoamericana ha estado relegada a segundo plano.



Figura 1: Mapa de ubicación de Kaminaljuyu en Mesoamérica.

2. KAMINALJUJU: SÍNTESIS DE SU HISTORIA

Las investigaciones respecto a las redes de intercambio a larga distancia así como los resultados aportados por los programas de rescate, muestran la enorme red de interacción dentro de la cual participó Kaminaljuyu desde el Preclásico. Algunos rasgos cerámicos y la organización de los espacios arquitectónicos bajo una rigurosa orientación de Norte a Sur, apuntan hacia una vigorosa vinculación entre la Costa del Pacífico y Kaminaljuyu. Ciertas prácticas religiosas y conceptos del mundo también eran compartidas por las poblaciones tanto de la Costa Sur como del Altiplano e incluso regiones más alejadas. El intercambio de bienes propios del Altiplano como la obsidiana utilizada en la elaboración de navajas para cortar, se intercambiaban con productos de la Costa Sur como la sal y el cacao: mercancías que tuvieron una amplia demanda en tiempos prehispánicos. Al parecer, el intercambio debió estar afianzado mediante alianzas entre linajes con propósitos no sólo comerciales sino también políticos. En esta relación, además de la Costa del Pacífico, también participaron otras regiones. Sabemos que Kaminaljuyu mantuvo contactos con la zona del Motagua y el oriente de Mesoamérica.

Hay evidencias que sugieren que hacia finales del Preclásico ocurrieron periodos de sequía en diversas regiones de Mesoamérica, los cuales también afectaron severamente a Kaminaljuyu e impactaron en el nivel del Lago Miraflores que era su principal fuente de agua. Estos periodos de sequía también se han documentado en la Cuenca Mirador, norte de Peten y las montañas de los Tuxtles en la Costa del Golfo. En Kaminaljuyu este episodio de sequía tuvo enorme impacto a nivel social. Tal situación se reflejó en la destrucción de los monumentos de piedra que fueran esculpidos durante el Preclásico, como denunciando de alguna manera que el gobierno divino ya no tenía el poder de proveer el vital líquido a sus habitantes. Marion Popenoe de Hatch (1997) propuso que este episodio coincidió con la llegada de una población procedente del Altiplano Noroccidental y vinculada con las redes de intercambio en el centro de México. De alguna manera estas relaciones se afianzaron hacia el inicio del Clásico, cuando Kaminaljuyu observó una fuerte presencia de rasgos de estilo teotihuacano en su arquitectura y en la cerámica.

La relación entre Kaminaljuyu y Teotihuacan ha sido interpretada desde varias perspectivas, las cuales incluyen desde su conquista militar, alianzas entre las élites hasta relaciones comerciales. De cualquier forma, tal relación parece haber tenido una mayor influencia entre las élites, aunque se conoce poco del asentamiento doméstico para comprender el impacto que tuvo en la población local. Vale la pena destacar los estudios de Wright y colaboradores (Wright et al., 2010) acerca del contenido de isótopos de carbono en huesos, los cuales muestran que algunos individuos vivieron algún tiempo en Teotihuacan aunque no nacieron allá. Igualmente, esta información sugiere que otros personajes enterrados en Kaminaljuyu provenían de las Tierras Bajas Mayas o del oriente del Altiplano. Esta situación confirma el dinamismo social que prevaleció en este sitio a lo largo de su historia, algo que ha sido interpretado por Michael Love (2011) como una ciudad estado en la que coexistieron varias etnias. A lo largo de la historia del Preclásico y del Clásico,

el común denominador de la población fue la construcción de una arquitectura en barro. Mientras las técnicas evolucionaron de un periodo a otro, adaptando nuevos estilos y tecnologías que de alguna manera reflejaba las influencias externas de contactos a larga distancia como lo son las construcciones en talud/tablero, repellos que incorporaron tefras a sus mezclas, fachadas de piedra pómez y lajas para sostener molduras y tableros, siempre se continuó utilizando el barro como elemento primordial.

No fue sino hasta el periodo Clásico Tardío, alrededor del año 600 d.C., cuando observamos la incorporación de piedra en algunas secciones de las fachadas. Tal es el caso del sector conocido como La Palangana, en el Parque Arqueológico de Kaminaljuyu, donde se descubrieron superficies cubiertas por cantos rodados. Estas piedras reemplazaron fachadas que originalmente tuvieron repellos de barro. Sin embargo, éste material se continuó utilizando como argamasa o mortero para unir las piedras. Pese a ello, el uso de la piedra no fue generalizado sino que más bien lo observamos en espacios particulares que podrían haber tenido funciones específicas como es el caso de La Palangana. En contraste, contemporáneo al uso de la piedra en este sector, en la Acrópolis se utilizaron grandes bloques de talpetates dentro del relleno para enterrar las construcciones del Clásico Temprano.

En esta época las superficies expuestas fueron pintadas de rojo, algunas con líneas más oscuras según lo documentan hallazgos en la Acrópolis. Las redes de intercambio del Clásico Tardío parecen estrecharse más con el Altiplano. Hacia finales del 800 d.C., la ocupación en el valle disminuyó y se modificaron los patrones de asentamiento, privándose las elevaciones situadas en las afueras del valle. Es posible que los reinos en competencia, hacia finales del Clásico, fueran los que provocaron conflictos que se acentuaron hacia el Posclásico, donde la mayoría de centros se ubican en lo alto de cerros y montañas afuera del valle central.

Aunque este relato pareciera mantener una narrativa lineal, resulta difícil lograr una historia comprensible debido a lo disperso de los datos arqueológicos. Desde que la ciudad de Guatemala se trasladó al valle de la Ermita en el año 1773, tras los terremotos de Santa Marta que destruyeron la antigua ciudad de Santiago los Caballeros en lo que hoy es Antigua, el centro precolombino de Kaminaljuyu comenzó a sufrir destrucciones. Estudios de archivo han demostrado que previo al traslado de la ciudad de Guatemala al valle de la Ermita, el material de los montículos prehispánicos era utilizado para rellenos y construcciones. Si bien los mapas coloniales no identifican los montículos de Kaminaljuyu como asentamiento prehispánico, las referencias indican que estos terrenos eran explotados como bancos de material durante la época colonial.

Resulta interesante destacar que en 1895, cuando Alfred P. Maudslay publicó el mapa de Kaminaljuyu reportó más de 200 edificios aunque seguramente algunos de ellos ya habían sufrido daño. Más adelante, las referencias de investigadores de la Institución Carnegie de Washington, refieren la destrucción sistemática del sitio como resultado

del crecimiento urbano de la ciudad de Guatemala. También reportaron una serie de hallazgos accidentales productos de construcción de caminos, drenajes y residencias. A partir de las décadas de 1930 y 1940 la destrucción se acentuó. No fue sino hasta 1950 cuando el Ministerio de Educación se vio obligado a decretar una ley para su protección, debido a los severos daños que ya acusaba el sitio. Desafortunadamente esta ley entró en

vigencia tarde y con poca fuerza, pues prosiguió la destrucción conforme al crecimiento de la ciudad. Una serie de acuerdos y decretos oficiales intentaron reforzar su protección, misma que a la fecha únicamente incluye unos 32 edificios de los más de 200 reportados originales por Maudslay (1889) y que se encuentran en daño inminente por la poca preocupación de la población, los desarrolladores y algunas veces, las mismas autoridades.

3. EXCAVANDO E INVESTIGANDO LA ARQUITECTURA DE TIERRA

Como la mayoría de los restos arquitectónicos que aún subsisten en Kaminaljuyu fueron construidos en barro, hemos iniciado un nuevo esfuerzo para conservarlos. Los edificios expuestos y que se encuentran para visita del público se localizan en el actual Parque Arqueológico Kaminaljuyu, ubicado en la 11 calle 25-50 zona 7 de la ciudad capital. Estos edificios configuran la Acrópolis inferior y La Palangana inferior (Figura 2).

Previo a las excavaciones de Kaminaljuyu, Espinoza visitó los trabajos de exploración de la gran pirámide de Cholula, donde se inspiró para realizar túneles que le permitieran adentrarse en rellenos y exponer los edificios. Esta técnica parece haber sido efectiva para delimitar las dimensiones de los edificios. Sin embargo, al abrirlos no se consideraron las condiciones mínimas para asegurarlos y protegerlos a través del tiempo. Estos fueron excavados a inicios de la década de 1960 y permanecieron sin mayor cuidado hasta hace cuatro años. Para entonces, varios ya habían colapsado y las filtraciones de agua habían permeado desde la superficie, afectando incluso a los edificios. Al parecer, Espinoza documentó ampliamente sus trabajos de investigación, sin embargo sus archivos mismos desaparecieron de la institución y no quedó prácticamente nada para reconstruir el trabajo realizado. Con este comentario no pretendemos desmerecer el trabajo de Espinoza, quien de manera formal procedió a investigar la Acrópolis. Únicamente lo mencionamos para explicar la falta de datos sobre el registro arqueológico. Se sabe que la arquitectura excavada por Espinoza data del Clásico con buenos ejemplos de talud-tablero, cuyos fechamientos más recientes por radiocarbono sitúan este tipo de arquitectura hacia finales del año 500 d.C.

En la década de 1970 un amplio programa de recorridos, mapeos y excavaciones realizado por la Universidad Estatal de Pensilvania documentó los trabajos de Espinoza en la Acrópolis, cuyos resultados fueron plasmados en la tesis doctoral de Charles Cheek (1977) y complementados mediante relatos que Espinoza le refiriera sobre sus hallazgos en el lugar. Adicionalmente, Cheek decidió excavar una sección de La Palangana que inicialmente había sido investigada por Samuel Lothrop y Manuel Gamio en 1926. En esta sección de La Palangana se descubrió una tumba que no aparece bien documentada, pero que es mencionada por algunos autores (Parsons 1986). Su interés radica en que contenía una serie de monumentos reutilizados y que al parecer fue saqueada en tiempos prehispánicos. La sección excavada por Lothrop y Gamio no era amplia y Cheek procedió a realizar una serie de trincheras en el eje donde se encontró la tumba, además de documentar la mayor cantidad de datos posibles sobre la arquitectura, misma que parecía corresponder en estilo y tiempo a lo descubierto en la Acrópolis por Espinoza.

Tanto la Acrópolis como La Palangana fueron construidas principalmente con barro, situación que obligó a los investigadores a cubrir los restos expuestos con un techo. Pareciera que el techo fue una solución pasajera, algo que sería reemplazado por un sistema más formal toda vez que se contara con financiamiento y se habilitara para visita. Sin embargo, el techo colocado en las décadas de 1960 y 1970 era el que existía hasta el año 2013 cuando se hicieron gestiones para conseguir una estructura más

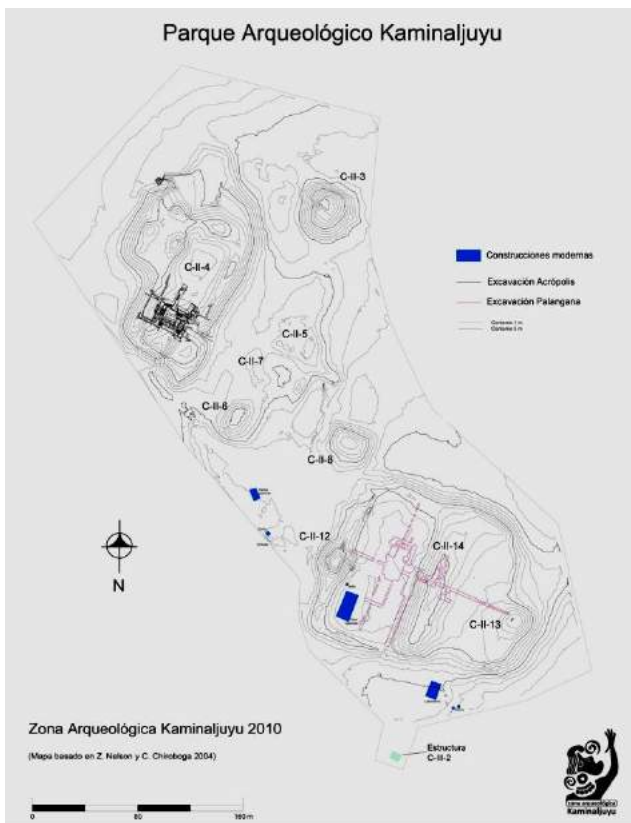


Figura 2: Mapa del Parque Kaminaljuyu mostrando ubicación de Acrópolis y Palangana

Los primeros fueron originalmente descubiertos por la Institución Carnegie al realizar un corte este-oeste en el juego de pelota A que se encuentra en el límite sur de la Acrópolis. Allí, A. Ledyard Smith realizó una trinchera como parte de su programa de investigación de juegos de pelota (Smith, 1964). Al descubrir una secuencia de edificios de la Estructura 'E', el gobierno de Guatemala, a través de la intervención del Señor Gustavo Espinoza quien fuera inspector del Instituto de Antropología e Historia, decidió ampliar las excavaciones y exponer varios edificios.

sólida y adecuada para la Acrópolis. Las gestiones fructificaron en una donación para cubrir parcialmente el edificio con una mejor cubierta, aunque no alcanzaron los

fondos para La Palangana que continúa con una cubierta inadecuada.

4. CONSERVACIÓN EN LA ACRÓPOLIS

Como parte de los trabajos de intervención y protección de la Acrópolis, las actividades preliminares consistieron en establecer los criterios de intervención, proponiendo alternativas en la presentación de la arquitectura para su mejor comprensión. El trabajo inició en la fachada este del Edificio K. Esta estructura corresponde a un espacio más o menos acotado, no muy grande y que prácticamente

reúne una muestra significativa de casi toda la problemática de conservación que se observó en el Grupo C-II-4 conocido como La Acrópolis. Es importante señalar que paralelamente al objetivo central de la conservación, era fundamental la preparación de personal técnico así como la formación de investigadores con una posición crítica en el campo de la restauración.

4.1 Edificio K

El Edificio K forma parte del Grupo C-II-4, mejor conocido como La Acrópolis, localizado en el límite norte del conjunto arquitectónico que actualmente se encuentra abierto al público dentro del Parque Arqueológico Kaminaljuyu (Figura 2). Por los trabajos de Charles D. Cheek (1977) se sabe que las primeras excavaciones en este conjunto fueron realizadas entre 1941 y 1942 por A. Ledyard Smith de la Institución Carnegie, quien definió tres etapas de ocupación para el conjunto. Como ya se indicó, a estos trabajos le sucedieron los de Gustavo Espinoza entre finales de la década de los años cincuenta y principios de los sesenta, quien por aquel entonces se desempeñaba como Inspector General de Monumentos. Sus trabajos fueron auspiciados por el Museo Nacional de Arqueología y Etnografía de Guatemala que comprendieron prácticamente toda el área que actualmente se encuentra abierta al público. Hasta el momento las notas de campo así como los informes de Gustavo Espinoza se encuentran perdidos y no se conocen detalles de la excavación que ayuden a la mejor comprensión respecto al desarrollo arquitectónico del conjunto.

El Edificio K consistió en una plataforma de barro con escalinatas de acceso al sur que conectaba con la estructura A/F en ese sector, y al este descende hacia un probable espacio de plaza (Figura 3). Este edificio se construyó en el Clásico Temprano con fachada en estilo talud-tablero y revestida mediante un repello de barro con arena volcánica. Los paños del tablero quedaron integrados con piedra pómez bien cortada y lijada, mientras que las molduras del tablero fueron sostenidas en

su base inferior mediante lajas de basalto. Tanto la introducción de la pómez como las lajas reflejan un trabajo especializado en la construcción. Generalmente muestran tamaños estandarizados que sugieren cierta especialización en la actividad constructiva de la época.

Posterior al Clásico Temprano este edificio sufrió modificaciones mayores. Se le recortó la moldura superior y le retiraron, en caso de haber existido, las lajas o *izt'apaltetes* que la sostenían. Desafortunadamente no queda evidencia de esta actividad y es difícil asegurar tal situación. Se ha sugerido que los tableros fueron destruidos intencionalmente para desvincular a población del Clásico Tardío en Kaminaljuyu con aquella que habitó el sitio durante el periodo anterior.

A manera de síntesis podemos señalar que Cheek propuso seis etapas constructivas. La primera corresponde al Preclásico Terminal y la segunda al Clásico Temprano. El Clásico Medio (Fase Esperanza) comprende tres etapas y el Clásico Tardío sólo una. Conviene destacar que las etapas 5 y 6 fueron a su vez subdivididas.

Más adelante en 2003, Stephen D. Houston y su grupo de colaboradores (2003) se plantearon nuevamente analizar la evolución arquitectónica del conjunto, particularmente desde el análisis de los sistemas constructivos. Es bajo esta perspectiva que buscaron comprender algunos aspectos sobre la naturaleza de las relaciones con Teotihuacan, cuyas evidencias más claras, en su opinión, parecen encontrarlas en la introducción de nuevas tecnologías que fueron instrumentadas en Kaminaljuyu. Siguiendo su línea argumental, tales innovaciones podrían expresar una relación fuerte aunque no económicamente amplia con la metrópoli. El resultado derivado de sus análisis sugiere cuatro grandes etapas constructivas, I. Plataformas Preclásicas, II. Talud-Tablero, III. Sillares de talpetate y finalmente IV. Cantos rodados y adobe. Algunos de estos elementos los consideraremos más adelante en la discusión sobre materiales y sistemas constructivos.

4.2 Factores de deterioro

En general se puede decir que no ha habido un plan de mantenimiento para la conservación de la Acrópolis desde que fue expuesta en la década de 1960. Sin embargo, uno de los factores de deterioro más evidentes lo constituye sin lugar a dudas el agua pluvial. Esta ha afectado en la medida que no se cuenta con canales



Figura 3: Estructura K en su lado noreste

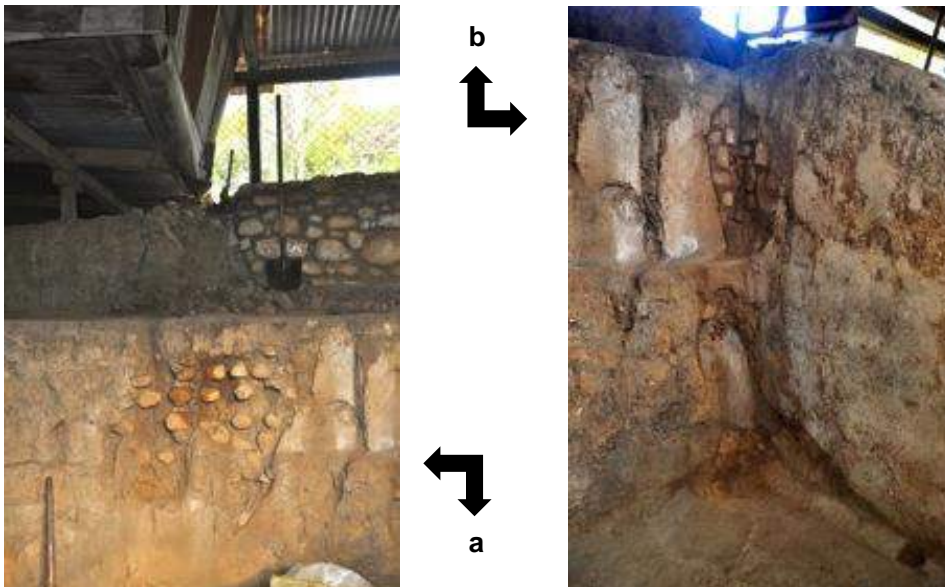
adecuados y las bajadas de agua están en malas condiciones. El agua ha drenado e impactado sobre la fachada de la Estructura K, ocasionando la erosión en diversas secciones que dejaron expuesto el núcleo en la porción este del edificio. En efecto, el agua buscó su salida natural en las zonas más bajas y escurrió sobre la fachada, ocasionando la pérdida de aplanados y la disgregación de materiales en juntas y rellenos como se aprecia sobre la escalinata (Figura 4a), la esquina formada por la alfarda con el paño (Figuras 4b) y en diversos puntos de la fachada. Derivado de los problemas generados por el escurrimiento de aguas pluviales, además de la ya indicada pérdida de aplanados y disgregación de materiales, ha sido la eflorescencia de

sales, así como el crecimiento de musgo donde tiende a concentrarse la humedad, patente en esta temporada de secas por el verdín que se observa en el desplante de la alfarda norte.

Otro punto sensible se localizaba sobre la línea de goteo que articula el techo de La Acrópolis con la cubierta del Edificio K (Figura 5b). Resulta evidente que en algún momento la canaleta dejó de funcionar adecuadamente, provocando que los escurrimientos afectaran el perfil este de la excavación y se acumularan a todo lo largo de la superficie del Edificio K.

Menos intensos han sido los daños causados por roedores, según se observó en un par de oquedades que se sitúan sobre el paño de la fachada que afectaron la moldura inferior, cuya profundidad de los túneles no se logró determinar. Las madrigueras de arañas son también una constante en los procesos de deterioro. Éstas se localizaron principalmente sobre el paño del tablero, justamente en las zonas donde se han perdido los aplanados y en consecuencia las más vulnerables por la porosidad de los rellenos.

La pérdida de aplanados resultó particularmente notable en los dos últimos escalones, así como en la porción superior de los paños tanto en el tablero como en la alfarda, lo cual obedece fundamentalmente a los escurrimientos de agua pluvial. Adicionalmente, la filtración de humedad entre aplanados y soporte ha generado su abolsamiento en algunos tramos.



Figuras 4a y 4b: Daños ocasionados por agua pluvial, Sección superior del Edificio K. Se observan los numerosos escurrimientos que afectaron los escalones superiores, ocasionando la pérdida de aplanados Fotografía por D. Juárez

4.3 Materiales y sistemas constructivos

Se consideró que uno de los aspectos fundamentales en los trabajos de restauración consistía en reconocer los materiales empleados en su fábrica original así como las características del sistema constructivo. Esto con el propósito de utilizar materiales e instrumentar técnicas similares o que sean compatibles con los originales para evitar sobrecargas o rigidizar las mezclas que a lo largo generan más problemas de los que resuelven.

Los aplanados, constituyeron el problema central para su estabilización, fueron realizados en esta zona específica con arcilla cocida (Figura 5). Si bien no se realizó un análisis que permitiera determinar con precisión sus características, resultó probable que éstos se realizaron mediante una mezcla de barro a la que se agregó ceniza volcánica como desgrasante, muy similar a las pastas utilizadas para la elaboración de cerámica aunque de mayor grosor. Sería interesante realizar análisis petrográficos muestreando diferentes aplanados del conjunto, para determinar sus características en términos de composición y estructura. Este análisis enriquecería sensiblemente la comprensión del sistema constructivo. Resulta difícil determinar la manera en que se realizó la cocción



Figura 5: Detalle de la fachada este del Edificio K donde se observa los cantos de pómez como parte del sistema constructivo. Fotografía por D. Juárez

con ramas muy similares al bajareque. Al respecto, quizás v aldría la pena recordar la descripción que dejó Heinrich

Berlín del Montículo D-III-13 en Kaminaljuyu. En las trincheras de excavación identificó dos pisos: uno de ellos estaba bien conservado y era evidente que había sido quemado por su color ladrillo, mismo que además quemado con acanaladuras que supuso que eran de bajareque (Berlín, 1952: 5). Entonces pareció oportuno insistir nuevamente en la necesidad de caracterizar con precisión el uso de materiales y sistemas constructivos; dejar de lado conceptos tan ambiguos como piedrín o pumedrín (conceptos que fueron mencionados por Charles Cheek en su descripción de los rasgos arquitectónicos presentes en la Acrópolis y Palangana) que limitan la comprensión del desarrollo arquitectónico del conjunto. Si estos aspectos no son entendidos, menos aún las supuestas relaciones tecnológicas con la metrópoli teotihuacana.

Respecto a los muros del basamento al igual que los escalones que sirven de soporte a los aplanados, lo que se alcanzó a observar es que básicamente fueron levantados mediante una mezcla de talpetate con arcilla, a la cual se incorporó piedra pómez careada. No es propiamente una mampostería ya que no se distingue su aparejo. Por la manera en que se distribuye la piedra pómez, da la impresión que fue colocada alternándola con capas de un mortero de lodo, de tal manera que los cantos de pómez trabajan como clavos para recibir y soportar el aplanado de arcilla para su posterior cocción.

Charles D. Cheek (1977: 112) definió el Edificio K como una estructura larga y estrecha con talud-tablero de piedrín o cubierta con pumedrín, la cual se construyó durante la Fase 5a que corresponde a la última parte del Clásico Medio, sin embargo, su informe nunca mencionó de manera específica cuáles fueron los diversos materiales y técnicas constructivas que se introdujeron durante esta fase, en la que se mantuvo el uso del mencionado recubrimiento de piedrín. Más adelante indicó que todas las estructuras con talud-tablero que se construyeron en Kaminaljuyu fueron recubiertas con piedrín o pumedrín. Da la impresión que los aplanados en edificios fueron hechos mediante una mezcla de piedrín o pumedrín con algún otro tipo de mortero a base de cal o arcilla, lo cual no es exacto como se pudo observar al menos en esta sección del Edificio K. Quizás los pavimentos pudieron haber sido construidos con este material, pero es algo en lo cual no nos ocupamos durante la presente intervención y habrá que analizar con detenimiento. Sobre los aplanados, Stephen D. Houston y colaboradores mencionan que el material de repello en los edificios es un tipo de piedrín o pumedrín que incluye fragmentos de escoria y olcánica. Este fue molido y posteriormente quemado a cierta temperatura (Houston et al, 2003:57). Una observación que se pudo hacer en campo es que la mezcla incluye arena y olcánica, similar a aquellas arrojadas por erupciones del Volcán Pacaya en épocas recientes.

Otro aspecto a considerar es el relacionado con las lajas o *iztapaltetes* que soportan las molduras de los tableros. Éstas soportan las molduras inferior y superior, como lo muestra claramente la fachada sur (Figura 7), lo cual no ocurre a todo lo largo de la fachada este del mismo edificio. Incluso, la esquina sureste muestra una pómez trabajada en forma de cubo, mientras que el resto de la fachada expone otro sistema constructivo para la moldura. Es probable que para el caso de esta fachada en particular, las molduras hayan sido moldeadas y posteriormente cocidas para brindarles mayor estabilidad a falta de lajas. Stephen D. Houston y colegas (2003: 57 et

al) indicaron, para el caso del Edificio G, que los canales de drenaje posteriores al uso de los edificios fueron hechos con las lajas de los tableros. Se podría suponer que las lajas faltantes en la fachada este del Edificio K tuvieron un destino similar al del citado Edificio G. Sin embargo, se realizaron dos calas en la zona más deteriorada de la fachada para verificar si en efecto estas porciones tenían lajas y habían sido retiradas.



Figura 6: Detalle de la fachada sur del Edificio K donde se observa el uso de lajas para soportar las molduras. Fotografía por D. Juárez

Sería interesante en futuras intervenciones, hacer realmente una análisis puntual sobre las características arquitectónicas de las molduras; determinar el tamaño de los *iztapaltetes* y contrastarlos con aquellas que recubren los canales de drenaje para corroborar realmente si fueron o no reutilizados. Cabría recordar las observaciones hechas por Kidder et al (1946: 22); en los Montículos A y B donde se distinguieron dos formas anclaje para las molduras. Señalaron que con la Estructura A-4 se inauguró un nuevo estilo arquitectónico, donde los basamentos de paños verticales son sustituidos por muros en talud coronados por una moldura. Las molduras se diseñaron mediante la proyección de lajas con un contrapeso interno dado por un canto rodado (Figura 7). De esta manera, las lajas permitieron perfilar la moldura cuyo

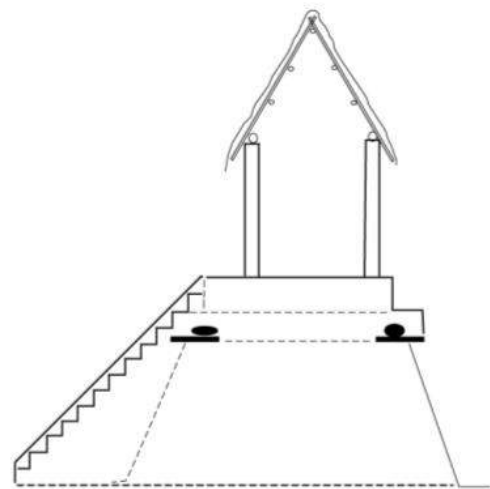


Figura 7: Detalle de la cornisa con contrapeso en la Estructura A-5 Tomado de Kidder et al (1946) y digitalizado L. Paiz

núcleo es una mezcla de lodo y enjarradas con el mismo material. Sugirieron que en el Edificio A-5 los constructores retiraron parte de las lajas del edificio anterior para su reutilización en la nueva fábrica.

También resulta interesante destacar que en el caso de las estructuras A-6, A-7 y A-8, según sus observaciones, el peso generado por los rellenos colocados para sellar y recubrir la etapa precedente fracturaron completamente las molduras, ya que entre los rellenos se recuperaron algunas de éstas casi completas (Figura 8). El Edificio A-7 marcó un nuevo cambio tanto en el estilo arquitectónico como en sistemas y materiales constructivos, cuya innovación en el

diseño fue la introducción del tablero-talud. Al igual que ocurrió con las subestructuras según nos indican, algunas lajas, fueron retiradas para reutilizarlas. También es importante hacer notar que los perfiles de las molduras se hicieron mediante bloques cuadrados de piedra pómez a las que se aplicaron aplanados de piedrín y cal con enlucidos de cal. Algunas observaciones en el Edificio K coinciden con estas descripciones. Hasta el momento no hay observado ejemplos del perfil moldura-talud en la arquitectura expuesta, y tampoco resulta claro el retiro de las lajas para su reutilización. Es por ello que se consideró necesario caracterizar adecuadamente los materiales y sistemas constructivos que se emplearon en su fábrica.

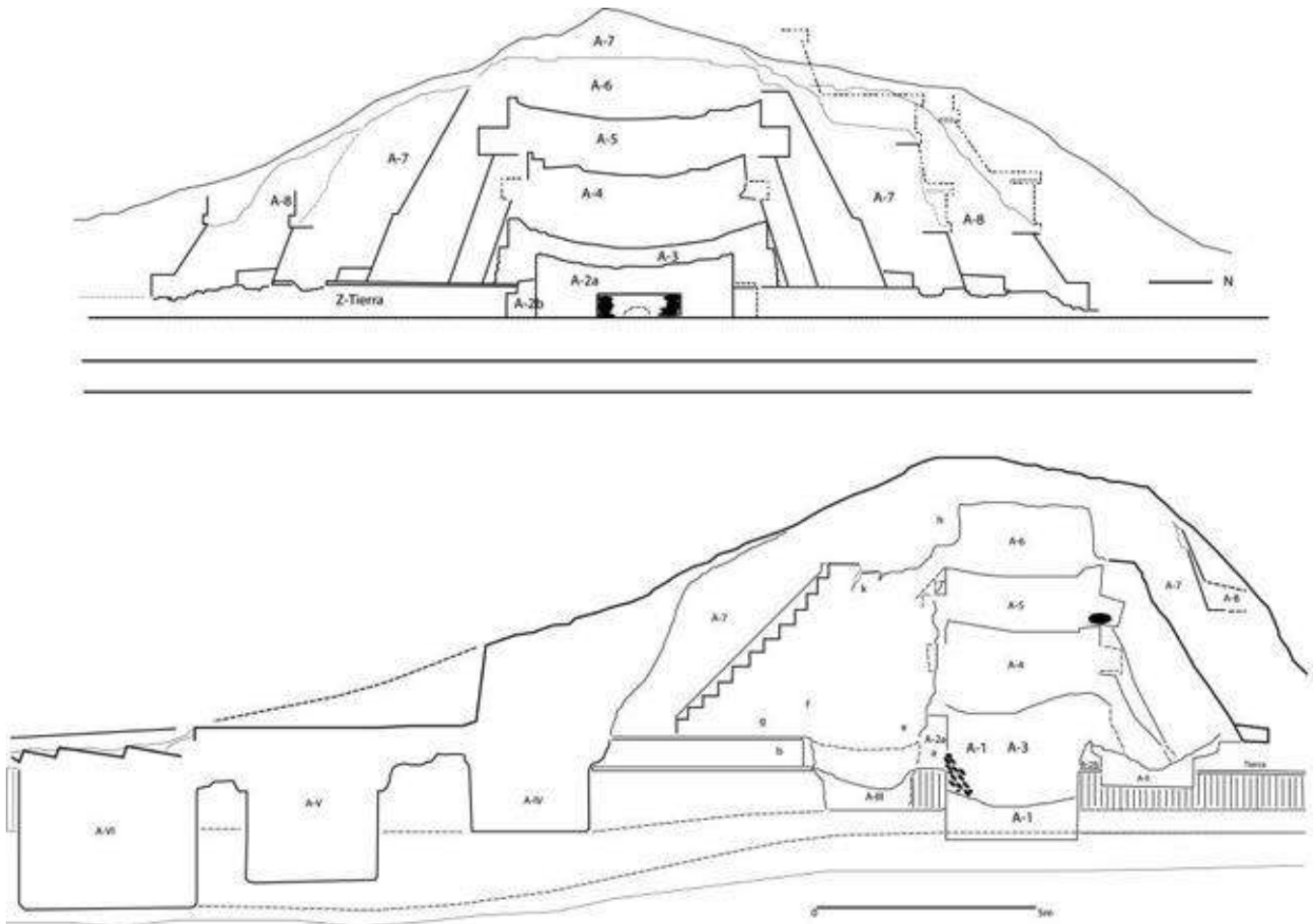


Figura 8. Fractura de las molduras superiores en la Subestructura A-5 ocasionado por los rellenos de la Estructura A-6. Tomado de Kidder et al (1946) y digitalizado por L. Paiz.

5. BALANCE FINAL

En este trabajo hemos descrito a grandes rasgos las actividades realizadas como parte de las primeras intervenciones de conservación en arquitectura en barro en Kaminaljuyu. Resulta evidente que después de permanecer expuesta la arquitectura del período Clásico Temprano en Kaminaljuyu por más de 50 años, los deterioros se agudizaron. Es por ello que nos hemos incorporado al esfuerzo por mitigar su deterioro y conservar este importante legado patrimonial. Bajo esta perspectiva consideramos que el estudio del desarrollo

arquitectónico, sistemas y materiales constructivos empleados en los edificios de Kaminaljuyu, contribuirán sensiblemente a lograr una conservación adecuada y responsable. Estos esfuerzos iniciales son parte de un programa activo que se espera sea permanente en cuanto al entrenamiento de personal técnico así como la protección de un sitio de relevante importancia mesoamericana que ha permanecido abandonado debido al crecimiento urbano de la ciudad de Guatemala.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Barrientos Q., T. (2000) Kaminaljuyu: ¿Una sociedad hidráulica? En *XIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1999* (editado por J.P. Laporte, H. Escobedo, B. Arroyo y A.C. de Suasnávar), Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala. p. 21-41
- Berlin, H. (1952) Excavaciones en Kaminaljuyu: Montículo D-III-13. *Antropología e Historia* 4 (1):3-18.
- Cheek, Ch. (1977) Excavations at the Palangana and the Acropolis, Kaminaljuyu. En *Teotihuacan and Kaminaljuyu: A Study in Prehistoric Culture Contact* (editado por W. Sanders y J. Michels), Pennsylvania State University Press, Pittsburgh, p.1-204.
- Houston, S. D., Z. Nelson, C. Chiriboga y E. Spensley (2003) The Acropolis of Kaminaljuyu, Guatemala: Recovering a Lost Excavation. *Mayab*, No. 16, p. 49-64.
- Kidder, A.V., J. Jennings y E. Shook (1946) *Excavations at Kaminaljuyu, Guatemala*. Carnegie Institution of Washington, Pub.561: Washington, D.C.
- Love, M. (2011) Cities, states, and city-states culture in the late preclassic southern Maya region. En *The Southern Maya in the late preclassic: The rise and fall of an early mesoamerican civilization*, ed. Por M. Love y J. Kaplan. Colorado University Press: Boulder
- Maudslay A. P. (1889) *Biologia centrali-americana archaeology* Vol. V, editado por F.D. Godman y O. Salvin. Londres.
- Parsons, L.A. (1986) *The origins of Maya art: Monumental stone sculpture of Kaminaljuyu, Guatemala, and the Southern Pacific Coast*. Studies in Pre-Columbian Art and Archaeology, No.28: Washington, D.C.
- Popenoe de Hatch, M. (1997) *Kaminaljuyu/San Jorge: Evidencia arqueológica de la actividad económica en el valle de Guatemala, 300 a.C. a 300 d.C.* Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Smith, A. L. (1964) Types of ball courts in the highlands of Guatemala. En *Essays in pre-columbian art and archaeology*, Cambridge: Harvard University Press, p.100-125.
- Wright, L.E., J.A. Valdés, J.H. Burton, T.D. Price, and H.P. Schwarcz (2010) The children of Kaminaljuyu: Isotopic insight into diet and long distance interaction in Mesoamerica. *Journal of Anthropological Archaeology* 29(2): 155-178.

RECONOCIMIENTOS

Los fondos para llevar a cabo este trabajo vienen de una donación del Fondo del Embajador para la Preservación Cultural de la Embajada de Estados Unidos, 2012 y la donación de investigación otorgada por la Fundación Alphawood a Bárbara Arroyo. El trabajo se llevó a cabo con autorización del Instituto de Antropología e Historia de la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural.

AUTORES

Bárbara Arroyo es arqueóloga y ha trabajado en la Costa del Pacífico de Guatemala, México y El Salvador, Dos Pilas, Petén y Nueve Cerros en Alta Verapaz, Guatemala. Tiene amplia experiencia con arquitectura prehispánica de barro. Se interesa por los orígenes de la complejidad social, cerámica y escultura monumental. Actualmente dirige el programa de investigación en Kaminaljuyu, Guatemala para la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural.

Daniel Juárez es arqueólogo y ha trabajado en Yaxchilán, Chiapas, Pomoná, Tabasco Guanajuato y Tancama, en Querétaro. Ha trabajado en conservación de las tumbas en Río Azul, Petén y en arquitectura en barro en Kaminaljuyu, Guatemala. Es candidato a maestro de Conservación y restauración Arquitectónica de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía Manuel del Castillo Negrete, en la ciudad de México. Actualmente se desempeña como curador de las colecciones mayas del Museo Nacional de Antropología.

1.2 Los retos de la conservación del sitio arqueológico de Joya de Cerén. Víctor Hugo Barrientos

Víctor Hugo Barrientos

Secretaría de Cultura de la Presidencia de la República
vbarrientos@cultura.gob.sv

Palabras claves: conservación, arquitectura, prehispánica, arqueología

Resumen

El artículo tiene por objetivo dar a conocer los diferentes aspectos de la conservación de Joya de Cerén, una aldea prehispánica que fue sepultada por una erupción volcánica en el siglo VII AD la cual permaneció inalterada hasta el final del siglo XX con insólitas condiciones de conservación, tanto en su arquitectura de tierra como en los bienes culturales asociados al sitio; este alto nivel de preservación así como la gran cantidad de información acerca de la vida cotidiana constituyen un testimonio único de su tiempo o en todas las disciplinas académicas vinculadas a la vida prehispánica. El reconocimiento de estos valores le valió su inclusión en el listado del Patrimonio Mundial (675) bajo los criterios iii y iv para los sitios con valor cultural.

En cuanto a la arquitectura, Joya de Cerén presenta edificaciones arquitectónicas construidas con barro simple compactado y bajareque; técnicas generalmente asociadas al período colonial más que al prehispánico, sin embargo con tales evidencias podemos sin duda afirmar su origen ancestral. El sitio presenta técnicas mixtas de construcción con ambos sistemas y muestra además sus diferentes formas de colapso y algunas fallas constructivas que con el tiempo han sido superadas en ambos sistemas. En cuanto a la conservación, el sitio presenta diferentes retos y lecciones aprendidas con el corto tiempo desde su descubrimiento.

El sitio posee cuatro complejos arqueológicos con diferentes condiciones que no permiten pensar en soluciones o acciones generalizadas sino en cuatro planes diferentes de conservación, basados cada uno en las condiciones y patologías del deterioro presentes; para esta evaluación se procura la implementación de las tecnologías disponibles de modo que las soluciones sean lo más apegadas posible a los criterios de la mínima intervención y la reversibilidad. El reto de la conservación es pues innovar sin olvidar los valores del sitio.

1. EL SITIO ARQUEOLÓGICO

El sitio arqueológico de Joya de Cerén es probablemente el más importante de arquitectura doméstica en Mesoamérica, cuya importancia reside precisamente en la sencillez de su origen y en la vasta riqueza de su información arqueológica. Es una pequeña aldea agrícola en una de las regiones, por así decirlo, periféricas de la civilización Maya, cuyo descubrimiento vino a responder a muchas de las interrogantes que hasta ese momento se planteaban sobre la vida común de esa época, pues aunque ya se conocían los centros ceremoniales y toda la parafernalia ritual, de la cual hay suficiente bibliografía y sobre la cual se han tejido muchas hipótesis; pero muy poco se conocía de la cotidianeidad de las clases agrícolas del imperio.

En este caso, las evidencias materiales son irrefutables, la vida cotidiana, aparentemente simple se revela en toda su dimensión incluyendo las complejas prácticas domésticas y la especialización de los roles al interior de la comunidad. Así mismo, las evidencias del comercio regional a través del centro ceremonial de San Andrés, es decir su relación con la zona de Copán y las tierras bajas del sur de la actual Guatemala.

Como en la mayoría de los casos de esta naturaleza, su descubrimiento se dio de manera fortuita en el último cuarto del siglo veinte, durante los trabajos de ampliación de una dependencia estatal dedicada a la regulación de los abastecimientos agrícolas en el cantón Joya de Cerén localizado a unos veintisiete kilómetros al noroeste de la capital de El Salvador, San Salvador. En dichos trabajos, al perfilar un corte en un talud de ceniza volcánica fueron encontrados los restos de la edificación N° 1 y a partir de ese momento da inicio la historia de las sucesivas campañas de investigación arqueológica encabezadas



Figura 1 – Vista general del complejo arqueológico N° 1, en primer plano la estructura N° 12, la casa de la chamana.

mayormente por el arqueólogo estadounidense Dr. Payson Sheets. En el transcurso de dichas investigaciones se hizo evidente que las edificaciones al borde del corte del tractor no eran las únicas sepultadas bajo la ceniza por lo que fue necesario procurar un medio que permitiera en primer lugar conocer de la existencia de más edificaciones y la posible ubicación de las mismas, para ello fue necesaria la aplicación de varios métodos científicos para la determinación del contenido del subsuelo como la sismografía y la resistividad eléctrica, sin embargo el método más efectivo resultó ser el Radar de Penetración de Suelos (GPR por sus siglas en inglés), por medio del cual se pudo tener una idea gráfica acerca de lo que estaba oculto bajo las capas de ceniza. Las temporadas de investigación se fueron dando de forma intermitente a partir del año de 1989 hasta 1996.

Es inevitable no apelar en este caso al ejemplo arqueológico más conocido de enterramiento por erupción volcánica, las ciudades romanas de Pompeya y Herculano, que permanecieron sepultadas por siglos bajo las cenizas, Joya de Cerén también fue sepultada por una serie de repetidas lluvias de ceniza volcánica de diferentes tamaños, en este proceso, las edificaciones y todos los utensilios domésticos, que fueron abandonados por sus dueños al huir de las explosiones de la erupción, fueron sepultados; esta condición permite que catorce siglos después de la catástrofe, la aldea y los objetos en ella contenidos se encontraran en un insólito estado de conservación al momento de su descubrimiento e investigación arqueológica.

De hecho, las técnicas arqueológicas implementadas por primera vez en aquellas ciudades romanas fueron puestas a prueba de nuevo en Joya de Cerén como la técnica de vaciado de yeso con que Giuseppe Fiorelli descubrió los cuerpos, las improntas más bien, de las personas que fueron sorprendidas en su sueño por los flujos piroclásticos de la erupción del Vesubio; en el caso de Joya de Cerén fueron las especies vegetales, los cultivos domésticos como el maíz y la yuca (*Manihot Esculenta*) los que fueron descubiertos por medio de esta técnica, y con ellos un universo de hipótesis que se convertían ahora, en otras más certeras y menos alejadas de la realidad, como las técnicas de cultivo en surcos, como la práctica de "doblar" el maíz cuando la mazorca ya se ha formado para evitar que sea dañada por las aves y la lluvia, datos que complementan otras informaciones como el hecho de poder arriesgar hipótesis sobre la fecha o el tiempo en que se dio la erupción; especies vegetales que permiten asimismo especular sobre la dieta de la aldea y sus prácticas culturales como la utilización de las fibras del maguey (*Agave*) para elaborar cuerdas de las cuales también se encontraron moldes, amarrando delgadas varas que formaban cercos como se puede observar entre las piezas de la colección expuesta actualmente en el Centro de Interpretación del sitio.

A estos hallazgos deben agregarse los objetos y toda la parafernalia doméstica que permaneció en su lugar, lo cual le da vida y sentido a los espacios, ya que permite interpretarlos a partir de los objetos que contenían, es decir, le dan a la interpretación espacial, nuevos puntos de análisis, y viceversa, los objetos no son sólo piezas de cerámica osino componentes de un ambiente articulado y funcional. De esa forma, espacios similares en su forma, revelan diferentes funciones que van desde el uso primario del abrigo personal hasta el almacenamiento de víveres en diferentes formas.

En este contexto se encuentran particularidades dignas de mención como hojas de afilada obsidiana que eran colocados en la parte superior de las paredes, lejos del alcance de los niños de la aldea, o bien dientes de leche conservados con algún propósito o simple nostalgia. Detalles tal vez insignificantes pero que hablan de la vida cotidiana de la aldea, detalles que desmitifican de alguna forma la idea preconcebida de la civilización prehispánica. Por ejemplo, la cerámica encontrada en los centros ceremoniales era relacionada pues con su fin ceremonial o ritual si se quiere, es decir, la idea de que la riqueza decorativa era precisamente por la importancia

del sitio en que se encontraba, sin embargo, en Joya de Cerén se descubrieron piezas de cerámica que denotaban una alta calidad de elaboración pero que además evidenciaban estar en uso, de hecho quedaron sucias y con restos de comida cuando fueron abandonadas; en otras palabras, lo que se consideraba propio de la parafernalia religiosa se convirtió en un utensilio común y corriente dentro de un contexto inesperadamente diferente.

En este punto es oportuno mencionar que con el descubrimiento del sitio se ponen en entredicho las concepciones occidentales de que la vida en las aldeas prehispánicas eran atrasadas, como alguna vez los europeos llamaron peyorativamente a estas civilizaciones; dentro de la aldea se contaba con una clara diferenciación entre las edificaciones domésticas y las edificaciones públicas o comunitarias además de contar con edificaciones especializadas.

En este sentido cuando se habla de un baño de vapor, una sauna, el primer pensamiento atraviesa el globo para llegar a las temas romanas; sin embargo en América, las civilizaciones prehispánicas contaban con temazcales, edificaciones donde se purificaba el cuerpo y el espíritu por medio del vapor de agua. Estos habían sido encontrados aun en tierras salvadoreñas, en palacios y junto a los campos de pelota como en el caso de Cihuatán, pero ninguno en tan buen estado de conservación como en Joya de Cerén, donde gracias a ello, ha podido incluso reproducirse en una réplica exacta que actualmente puede visitarse en su interior para tener la idea de lo avanzado de su técnica constructiva. Pero ese es un tema que se aborda más adelante.

Volviendo a la sociedad agrícola de Joya de Cerén, dentro de sus adelantos en el campo de la producción agrícola, se ha descubierto que contaban ya con diversas técnicas para la cultivar la tierra y dentro de ellos la especialización de cultivos específicos como el chile (*Capsicum annuum*) y el cultivo simultáneo del maíz y del frijol, con la utilización de surcos que facilitaban el riego y al mismo tiempo evitaban la erosión en tiempos de lluvia.

En cuanto a la información que brindan los descubrimientos, tal y como se mencionó anteriormente, el cultivo del maíz y su conservación por medio de los moldes de yeso permitieron encontrar plantas de maíz que ya contando con su fruto, las mazorcas, habían sido dobladas hacia abajo, una práctica aún vigente en estos días por su efectividad para evitar que los frutos pierdan sus nutrientes y para impedir que el agua de la lluvia y las aves hagan de la mazorca su presa. Esta práctica se realiza generalmente en la segunda mitad del mes de agosto, dato que permite a los arqueólogos especular sobre la época del año en que sucedió la catástrofe.

Y así muchos de los hallazgos del sitio permiten, con un pequeño margen de error, delinear hipótesis acerca de las costumbres de la aldea, como por ejemplo el uso de las edificaciones especiales como el temazcal, la casa de trabajo de la chamana (Estructura N° 12), la casa comunitaria (Estructura N° 3) y el centro ceremonial comunitario (Estructura N° 10) las cuales guardan similitudes y diferencias con los conjuntos domiciliarios como se detalla a continuación.

2. LA ARQUITECTURA DE JOYA DE CERÉN

Cuarenta años atrás, cuando se hablaba de arquitectura prehispánica en Mesoamérica se refería únicamente a templos ceremoniales y a palacios ya que la arqueología estaba volcada hacia la investigación de las clases dominantes, lo cual era bastante lógico ya que la arquitectura con escalas monumentales era en sí misma, lo obvio por investigar; esto gracias a las implicaciones de sus descubrimientos aun influenciados por la arqueología del siglo XIX más centrada en los objetos que en las personas y en las sociedades que produjeron dichas objetos u obras arquitectónicas.

Estaban pues, bien definidas desde mitad del siglo XX las tipologías arquitectónicas de los grandes centros ceremoniales, las urbes como Tikál y Copán estaban siendo investigadas bajo las perspectivas arqueológicas de los sitios de la península de Yucatán y bajo esa misma óptica se investigaron los centros ceremoniales salvadoreños, siendo conservados bajo los mismos cánones de restauración. Fueron incluso los mismos investigadores y

conservadores o bien sus discípulos, los que aplicaron estas técnicas en El Salvador. Con el descubrimiento de Joya de Cerén, estos paradigmas debieron superarse puesto que el hallazgo no tenía paralelo en el contexto arqueológico, ni lo tiene aún, ya que en él fueron descubiertas estructuras que hasta ese momento eran únicamente conocidas, al menos en Mesoamérica por las famosas maquetas de edificaciones muy comunes en la arqueología mexicana.

Inicialmente al ser descubiertas, de acuerdo a su tipología y técnica constructiva fueron confundidas con construcciones muy posteriores y no fue sino hasta que por medio del radiocarbono las edificaciones fueron fechadas con catorce siglos de antigüedad. Por lo general, en los climas tropicales, viviendas de arquitectura de tierra, al ser abandonadas y expuestas al embate de la naturaleza, no sobreviven más de veinte años, y a la vuelta de medio siglo se han transformado en un montículo imperceptible entre la densa mata nativa.

2.1. La técnica constructiva de Joya de Cerén

La técnica constructiva del sitio consiste básicamente en la utilización del barro sólido combinado con el bajareque de la forma siguiente: la base estaba formada por una plataforma de barro sólido sobre la que se construían las columnas también de barro sólido, entre ellas se construían las paredes de bajareque. Apoyados sobre las columnas, vigas de madera sostenían la cubierta de madera y paja. Dicho de esta forma, pareciera la descripción de una vivienda realizada con el sistema mixto de construcción contemporánea con estructura de concreto y ladrillos de barro en los cerramientos.

Gracias a las investigaciones arqueológicas se ha descubierto que para su edificación una selección de materiales y un tratamiento posterior, lo cual evidencia que poseían ya una técnica constructiva perfeccionada. De acuerdo a estas investigaciones, las plataformas fueron expuestas al fuego para garantizar su dureza y fueron posteriormente afinadas con una delgada capa de mortero para detallar sus aristas, el mejor ejemplo de ello es la plataforma de la Estructura N° 3 la cual incluso salva magistralmente un desnivel de más de medio metro a lo largo de su base exterior sin presentar desniveles internos.

Sobre estas plataformas eran edificadas las columnas, generalmente de base cuadrada que oscilan generalmente entre los 30 y los 40 centímetros y, dependiendo del caso, llegan a tener entre 155 y 220 centímetros de alto. Son completamente de barro sólido y aunque se desconoce la forma en que fueron moldeadas puesto que el calor de la erupción fundió el material al punto de no poderse distinguir en ellas el espesor de las capas de compactación, sí podemos distinguir que la materia prima del barro fue seleccionada ya que presenta una granulometría escalonada de pequeñas piedras y arcilla, claro está que éste es un análisis posterior en el cual, la compresión y el tránsito de humedad durante los catorce siglos de enterramiento pudieron haber modificado.

Las paredes de bajareque se apoyan sobre estas plataformas, las cuales presentan perforaciones donde las varas fueron empotradas. El bajareque presenta una estructura de retícula rectangular de 15 cm formada por

varas verticales y horizontales; las paredes terminadas alcanzan un espesor entre los 8 y los 13 centímetros como en el caso de las paredes caprichosas de la Estructura N° 12. En el caso de las paredes, claro está, ya no existían varas a la hora de la investigación arqueológica, únicamente las perforaciones que éstas dejaron al pulverizarse con el tiempo, las cuales permitieron conocer las dimensiones de las varas y su disposición en las paredes.

Un caso muy interesante nos presenta la estructura N° 12 donde a media altura de la pared, la retícula del bajareque cambia de noventa a cuarenta y cinco grados formando rombos y cuyo repello se limitó a cubrir las varas, formando así una celosía de 0,3 m² que permitía el ingreso de ventilación al espacio interior. Esta característica tiene también otra utilidad más relacionada con el uso de la edificación, el cual será abordado en el siguiente apartado. Salvo esta excepción, las edificaciones no poseían ventanas hacia el exterior.



Figura 2–Representación hipotética del Conjunto Arqueológico N° 1 antes de su enterramiento por la erupción del volcán Loma Caldera alrededor del año 600 d.C.

Un caso especial constructivamente hablando, es la Estructura N° 3, la cual fue construida completamente en barro sólido y presenta las mayores dimensiones de las edi-

ficaciones del sitio investigadas hasta el momento. Como ya se mencionó anteriormente, sobre las columnas de barro sólido se apoyaba la estructura de la cubierta. Generalmente en la cabeza de la columna se colocaba una piedra laja para aumentar la resistencia de la superficie de apoyo, sobre ella se colocaban las vigas de madera que sostenían la estructura del techo. Usualmente

2.2. La función de la arquitectura en Joya de Cerén

Dentro del sitio podemos distinguir las diferentes funciones de los espacios y de las edificaciones basándonos por un lado en su morfología arquitectónica y por otro, distinguiéndolas únicamente por los bienes culturales asociados que forman parte del hallazgo arqueológico de cada una. De ello podemos inferir que existen conjuntos domiciliarios y edificaciones con funciones especiales.

En cuanto a la función habitacional es necesario aclarar que el concepto tradicional de la vivienda con un espacio interior subdividido para todas las funciones reproductivas no se aplica en este caso ya que aquí es, en cierto sentido, a la inversa, ya que para las diferentes funciones de la vida existen diferentes edificaciones. Por un lado existe una edificación dedicada al abrigo y al cobijo nocturno que también servía para la ingestión de alimentos. Otra edificación estaba dedicada a la cocción y a la preparación de alimentos: la cocina; y otra edificación para el almacenaje de víveres y utensilios, la bodega.

La vivienda estaba formada por una edificación de base cuadrada de tres metros por lado y elevada a unos 50 cm del suelo. Sobre esta, en sus cuatro esquinas se desplantaban cuatro columnas de barro sólido con una sección de 35 cm de lado y que alcanzaban una altura de unos 160 cm de alto. Entre las columnas, paredes de bajareque cerraban ambos costados y la parte trasera del edificio, la cuarta pared, la pared frontal se encontraba desplazada hacia adentro al menos un metro del eje de las columnas frontales. Con esto se conseguía generar dos espacios, el primero, un porche frontal que en algunos casos este espacio se encontraba protegido por un corta sol de varas atadas entre sí por cuerdas finas de fibras de maguey. A través de un vano en la pared retranqueada se ingresaba al espacio de dormitorio propiamente dicho, en el cual existe otra plataforma, de unos 2,25 m de largo y un 1,3 m de ancho, elevada unos 30 cm del nivel de piso, la cual, de acuerdo a las evidencias arqueológicas, era cubierta con petates para dormir sobre ellos.

Complementaba a este recinto una edificación muy similar en su morfología arquitectónica y técnica constructiva, con la única diferencia de la ausencia de la plataforma para dormir. De acuerdo a las evidencias, en estas bodegas se contaba con mesas o estantes que facilitaban el almacenar los granos en vasijas las cuales eran también suspendidas de la estructura del techo con cuerdas de maguey para optimizar el espacio y para protegerlas de los roedores. A estas dos edificaciones las complementa una totalmente diferente, sobre una plataforma de no más de 20 cm, de planta circular y construida casi enteramente con varas verticales y tres piedras colocadas sobre el suelo evidenciando su inequívoca función, la cocina. Estas tres edificaciones complementan el conjunto domiciliario; a estos complejos se agregan otras edificaciones que pueden considerarse como especiales. Al complejo doméstico del complejo

estas cubiertas se proyectaban hacia afuera de las edificaciones formando amplios aleros que protegían a las paredes de la erosión de las lluvias tropicales y al mismo tiempo formaban espacios de circulación alrededor de las edificaciones, muy útil para dirigirse de una edificación a otra dentro del mismo conjunto.

arqueológico número dos, deben agregarse las atribuciones del cuidado y funcionamiento del Temazcal o baño sauna, no únicamente por su proximidad física sino también porque dentro de la bodega de este complejo se encontró gran cantidad de vasijas de tamaño intermedio que contuvieron agua en su interior, para abastecer muy posiblemente las necesidades de este líquido para el funcionamiento mismo del sauna como para aseo posterior de los usuarios del mismo.

El temazcal es una edificación particular que consta de cuatro paredes de barro sólido que sostienen un domo de lajas y bajareque, único por su estado de conservación en la región y el cual ha permitido conocer acerca de cómo era su funcionamiento: dentro de la edificación, a nivel de piso existe un segundo domo de unos 80 cm de diámetro y altura, construido enteramente con piedras, debajo de él se hacía fuego y sobre las piedras, una vez calientes se derramaba el agua para generar el vapor. Alrededor de este domo existe una plataforma de barro sólido que cubre completamente el interior del espacio y era usada como banca. El domo superior posee una perforación de un diámetro de 10 cm donde era colocado un pedazo de tronco que podía retirarse para controlar la cantidad de vapor en el sauna. En la parte exterior de la edificación en su fachada principal y una de las laterales existen dos bancas de barro sólido en las que se supone los usuarios pudieron esperar su turno de ingresar al temazcal o bien descansar después de salir de él.

Otra de las edificaciones especiales del sitio es estructura N° 3: la casa comunal o edificio público este edificio, posee forma rectangular y está edificado completamente con barro sólido y sobre una plataforma del mismo sistema de unos seis por ocho metros de superficie y una altura que oscila entre los 40 y los 120 centímetros de alto debido a un declive en el terreno hacia la parte posterior del mismo. Se accede al interior por un vano en el centro de la cara oeste, uno de los lados largos de las fachadas. El espacio interior del edificio está dividido en dos espacios, el primero cuenta con dos plataformas o bancas las cuales de acuerdo a las investigaciones era utilizado para dirimir acerca de los asuntos públicos de la comunidad, en el segundo espacio no existen bancas y únicamente se encontraron dos vasijas, una de grandes proporciones que contuvo posiblemente algún líquido y una segunda vasija utilizada posiblemente para servir el líquido de la primera. Al frente de este edificio se encontró un porche abierto a todo lo largo de la fachada el cual era cubierto por el alero de la cubierta, el cual se extendía al menos un metro y medio fuera de la edificación. Al frente de esta edificación se encontró un amplio espacio plano con un evidente estado de compactación el cual hace suponer la existencia de una especie de plaza.

Otra de las edificaciones especiales es la Estructura N° 10, la cual tenía la función de un centro ceremonial de la aldea, está basado en el módulo constructivo de una vi-

vienda la cual fue ampliada en dos de sus lados formando corredores techados, una característica que le da precisamente el nombre a su función es que en su interior fueron encontrados grandes recipientes o vasijas conteniendo líquidos y alimentos, lo cual permite suponer que a la fecha de la catástrofe se realizaba en ella las celebraciones de la cosecha del maíz puesto que se encontraron en el recipientes con alimentos preparados y platos de cerámica que aún conservaban restos de comida.



Figura 3 – Detalle constructivo de la estructura N° 12

El último y más enigmático de los edificios del sitio es la estructura N° 12 la cual cumplía la función de consultorio

del chamán, un lugar de contacto con lo sobrenatural, el cual de acuerdo a las investigaciones y evidencias arqueológicas era una mujer, es decir una Chamana; este edificio se encuentra revestido por el simbolismo de dicho trabajo, lo cual se refleja en sus particularidades formales, al frente del edificio un porche cerrado y con una ventana de celosía a través de la cual se realizaban las consultas a la chamana, en su interior se encontraron objetos relacionados con las prácticas culturales de la adivinación y con las ofrendas que consultantes ofrecían a la chamana.

Al interior de la edificación, del porche frontal cerrado se pasa a una primera habitación por medio de gradas y un estrecho pasadizo en forma de L de esta habitación se pasa a otra de nivel aun mayor, ésta última se encontraba despojada de todo elemento lo que hace suponer que en su piso se realizaban lecturas adivinatorias con granos tal y como aún se realizan estas prácticas en Mesoamérica. En este último recinto hay otra ventana de celosía donde la chamana dictaba la respuesta al consultante que había ya caminado desde el frente hasta la parte trasera del edificio para recibir dicha respuesta. Esta teoría encuentra respaldo en el hecho de que los arqueólogos encontraron un desgaste diferenciado en el camino entre ambas ventanas alrededor de la casa, según lo presenta el Dr. Payson Sheets en su libro *Joya de Cerén, Patrimonio Cultural de la Humanidad* 1993-2013.

3. LOS VALORES DEL SITIO Y LOS RETOS DE LA CONSERVACIÓN

Evidentemente, el valor cultural del sitio ha trascendido las fronteras regionales convirtiéndose en parte del Patrimonio Mundial, esto debido a que el sitio posee únicas muestras de la arquitectura prehispánica doméstica del periodo clásico, y que gracias a su alto nivel de conservación de sus edificaciones y de sus bienes culturales asociados, permite formarse una idea muy completa de la vida cotidiana de este periodo y región en una aldea agrícola. Permite además conocer ampliamente las técnicas y destrezas constructivas de la época así como el manejo de los diferentes conceptos formales y espaciales. Así mismo, la conformación de la aldea, su ordenamiento a orillas del río Sucio denotan un claro manejo del paisaje. Además la disposición de las huertas, sus surcos de cultivo y las variedades de ellos evidencian técnicas agrícolas avanzadas. Estos valores permanecieron intactos hasta el momento de su descubrimiento e investigación arqueológica es decir que no sufrieron como en el caso de otros sitios el fenómeno de reutilización de los espacios, como en las grandes urbes de Tikal. Resumiendo, aquí se trata de autenticidad, de representatividad de su arquitectura y urbanismo, de sus avances tecnológicos en lo constructivo y en lo agrícola; estos son los valores que no deben perderse de vista para lograr una conservación integral del sitio.

Para dicha conservación es necesario en primer lugar tener en cuenta la perspectiva temporal: El sitio posiblemente existió entre unos cincuenta a veinte años antes de la catástrofe volcánica, algunas de sus estructuras, se cree que estaban siendo construidas en ese momento (como la estructura N° 6 que quedó incompleta al momento de su abandono y posterior colapso), y otras

como la estructura N° 1 ya había sido ampliada en su porche frontal.

Luego se sucede una catástrofe volcánica que expone las edificaciones a fuertes vibraciones pero también a las altas temperaturas de los flujos de gases y vapores de las explosiones, al mismo tiempo que sobre el piso caían sucesivas lluvias de ceniza, posiblemente aun ardiendo que fueron paulatinamente cubriendo toda la aldea, las cubiertas de paja se incendiaron y colapsaron; en una especie de vitrificación in situ que de acuerdo a algunos arqueólogos duró entre los cinco a quince días.

Para el final del evento volcánico toda la aldea estaba cubierta por al menos tres metros de ceniza volcánica formando capas de diferentes calibres, todo absolutamente todo fue expuesto al calor de las cenizas produciendo un efecto de deshidratación y cocción sobre los materiales orgánicos y sobre la misma tierra que formaba las edificaciones, las paredes en algunos casos, dependiendo de su grado de buena construcción quedaron apoyadas en los bancos de ceniza que ya había caído, como en el caso de la estructura número dos cuya pared colapsó parcialmente semejando una hoja de papel curvada por su propio peso. Las bebidas y los restos de comida de los platos y vasijas abandonados perdieron toda su humedad ante el calor y se adhirieron a las paredes de sus contenedores.

Los frutos secos y semillas que ya estaban fuera de sus frutos y parcialmente deshidratados como el chile y los frijoles, terminaron de perder su humedad para convertirse en materia cercana a la petrificación, las capas de ceniza debido a su diferente granulometría y temperatura imprimieron en las paredes y columnas vetas de cocción

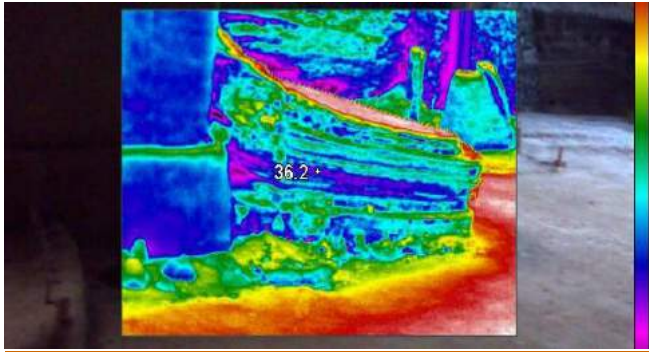


Figura 4 – Vista de uno de taludes de ceniza visto a través de la termografía digital.

de diferentes tonalidades. Los árboles y plantas verdes, comenzaron un lento proceso de deshidratación y posterior pulverización entre la ceniza, dejando paulatinamente libre el espacio que ocuparon inicialmente; de la misma forma, las varas que se encontraban dentro de las paredes de barro crudo del bajareque con el paso del tiempo se pulverizaron dejando únicamente el espacio vacío entre el barro que ahora se encontraba endurecido por la cocción.

En la capa superior de la ceniza, gradualmente se depositó material orgánico, gracias a su cercanía con el río, la descomposición de las hojas llevadas por el viento y las semillas traídas por la fauna se fue formando una capa orgánica que posiblemente a la vuelta de unos veinticinco años ya habría tomado cuenta de aquel paraje que una vez fue árido y desierto, tanto así que durante el período posclásico existió, según lo evidencian los hallazgos arqueológicos, sobre la aldea enterrada otro asentamiento humano y del cual, como es lo usual, no se encontraron más que vestigios dispersos. Rayaría en lo inverosímil pensar que otra erupción hubiese sido ideal para congelar en el tiempo ese asentamiento, pero ya suficiente destreza técnica ha requerido la investigación arqueológica de una aldea como para desear encontrar otra sobre o debajo de la aldea de Joya de Cerén.

Quedó pues la aldea, fuera del alcance de las raíces de los árboles y de los pequeños mamíferos subterráneos como las taltuzas; y por otro lado, el agua lluvia que se filtraba por las capas superiores de ceniza, al llegar a una de ellas que está formada por ceniza fina y compacta continuaba su viaje subterráneo sobre dicha capa

3.1. El monitoreo de condiciones para la conservación del sitio

La primera de ellas consiste básicamente en obtener del sitio la mayor cantidad de informaciones posibles acerca de su estado actual de modo que al compararse con los registros de otros momentos, éstos puedan definir las dinámicas del comportamiento de las variables ambientales y sus efectos en los materiales constructivos. Esta área incluye la permanente documentación fotográfica del sitio, sus estructuras, bienes culturales y contexto inmediato, la medición permanente de temperatura y humedad relativa, la documentación de las patologías de deterioro presentes y su análisis comparativo. A este esfuerzo permanente se ha sumado recientemente la utilización de la termografía digital y la termometría infrarroja.

siguiendo la pendiente ésta y no en dirección a los vestigios arqueológicos.

Catorce siglos después y de la manera menos esperada, como siempre suele suceder, se quebró la estabilidad que aquel conjunto encapsulado en la ceniza volcánica. La investigación arqueológica, como ya se expuso anteriormente, tuvo que echar mano de la tecnología disponible para garantizar la pureza de las informaciones y la conservación de la data arqueológica. Sin embargo y como era de esperarse, al romperse su estado de estabilidad física y química; y al entrar en contacto con el oxígeno y con todos los habitantes del aire (esporas etc.) se desencadenaron los procesos de deterioro que estaban detenidos por la protección de la ceniza.

Como resultado de esta situación se tomaron dos medidas para la conservación del sitio muy acertadas, la primera fue buscar la forma de proteger las excavaciones con cubiertas de modo que ni la lluvia ni la incidencia directa del sol afectaran las edificaciones, y por otra parte, la de realizar intervenciones de conservación a medida se realizaban las investigaciones, dejando por ejemplo, porciones de ceniza sin remover para dar soporte a las paredes, emulando contrafuertes. Fruto de lo anterior, la investigación se volvió muchísimo más lenta pero al mismo tiempo más enriquecedora en términos científicos y sobre todo asegurando la conservación del hallazgo.

Entre los procesos de conservación aplicados en el sitio encontramos: La formación de contrafuertes con la consolidación de ceniza volcánica para dar soporte a paredes y elementos total o parcialmente colapsados, la aplicación de repellos de sacrificio, la colocación de vigas de madera para estabilizar columnas, la colocación de soportes de madera y esponja para asegurar la estabilidad de elementos, la restitución de varas de madera en los vacíos dejados en las paredes para darles soporte, y la colocación de suelo de sacrificio sobre el paleosuelo.

Más de veinte años después de comenzadas las investigaciones arqueológicas y los procesos de conservación, el sitio enfrenta procesos de deterioro asociados con la situación particular de cada uno de los complejos arqueológicos. Para fines metodológicos la conservación del sitio se ha dividido en tres grandes áreas que son al mismo tiempo complementarias, la primera es el monitoreo de las condiciones de conservación; la segunda es la gestión y coordinación de las investigaciones para la conservación y finalmente la tercera la constituyen las labores de conservación.

Como ya se señaló anteriormente, el sitio se encuentra con cuatro escenarios diferentes en cuanto a la conservación, con algunas problemáticas en común pero mayormente con problemáticas diferenciadas, dependiendo cada una de las diferentes condiciones ambientales que cada complejo arqueológico posee. Problemáticas que de una manera sucinta y general podrían definirse de la siguiente forma: el complejo número uno presenta dificultades por la excesiva irradiación de calor de las cubiertas protectoras, la cual eleva la temperatura ambiental produciendo en las edificaciones una excesiva resequeidad. En el complejo arqueológico número dos, los problemas más serios provienen de la excesiva humedad del suelo, dicha hume-

dad ha favorecido la generación de hongos y algas; en el conjunto tres se enfrenta con el mismo problema del conjunto uno, más la presencia de insectos; y en el conjunto número cuatro el mayor de los problemas lo constituye el ingreso de aves al complejo arqueológico y al paleosuelo.

Enumerados de esa forma, dan la impresión de ser incluso irrelevantes los problemas del sitio, sin embargo se encuentran revestidos por una delicada complejidad pues cada una de las edificaciones presenta similares mas no iguales condiciones, aun y cuando estén separadas solamente a unos metros unas de las otras.

3.2.- La gestión y coordinación de las investigaciones para la conservación del sitio

La segunda área de la conservación la constituye la coordinación de las investigaciones multidisciplinarias encaminadas a la conservación del sitio, esto incluye por ejemplo, las investigaciones sobre las comunidades microbiológicas de los complejos arqueológicos y las investigaciones geológicas sobre configuración del suelo y sus componentes minerales.

Como se mencionó anteriormente, una de las herramientas para la conservación del sitio la constituyen las investigaciones científicas puesto que cada complejo en si mismo presenta escenarios diferentes, los enfoques deben ser lo más específicos posibles, una de las apuestas más importantes se da para la determinación de las especies microbiológicas presentes en el sitio, hace más de diez años se realizó la primera investigación de este tipo, llegando a determinar la presencia de comunidades microbiológicas que habían colonizado el sitio, hace más de un año y medio, con el objeto de actualizar esta investigación se dio comienzo a una segunda investigación y cuyos resultados han sido alentadores puesto que en tres de los cuatro complejos arqueológicos se ha reducido la cantidad de microorganismos colonizadores; este resultado viene a respaldar las medidas de conservación que se han operado en este período.

El ejemplo más evidente se ha operado en las paredes de la edificación número cuatro, en el complejo arqueológico número cuatro donde hace diez años se encontraba una mancha verde producida por la presencia de un alga *Lyngbya* (una cianobacteria autótrofa) hasta una altura de unos 90 cm sobre el nivel del piso, actualmente, esta misma mancha verde no alcanza los 10 cm de altura sobre la pared, este cambio se debe a que hace seis años le fue cambiada la cubierta protectora por una cubierta más amplia y con una mejor ventilación, adicionalmente fue ampliado el espacio lateral de los taludes de ceniza para permitir una mejor ventilación y una mejor apreciación por parte de los visitantes.

Estas mejoras son la causa para que la *Lyngbya* haya entrado en un proceso de letargo, encapsulándose en sí misma y frenando su avance. A ojo desnudo pareciera que el alga ha desaparecido sin embargo, y con la ayuda del microscopio y por supuesto de una bióloga especializada en micología se determinó el estado actual de dicho microorganismo. En esta área de la conservación, la

En este sentido debemos recordar que cada una posee una historia diferente en cuanto a su investigación arqueológica e incluso en su forma de haber sido intervenidas para su conservación. Es por ello que sería poco menos que descabellado el pensar que puedan existir para el sitio soluciones o formas de intervención generales sino más bien criterios de intervención que deben sopesarse para una adecuada intervención en cada una de las edificaciones. Surge aquí la importancia de la segunda área de la conservación del sitio.

Secretaría de Cultura se apoya en otras instituciones como en este caso en particular con la Escuela de Biología de la Universidad de El Salvador.

En esta área, la investigación para la conservación ha encontrado importante eco en las comunidades académicas de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas UCA específicamente en su departamento de Ciencias Energéticas y Fluidicas y del Departamento de Organización del Espacio con quienes se analizaron las variables ambientales para determinar la ventilación al interior de los complejos arqueológicos para que en base a estos estudios se planteara la renovación completa de las cubiertas protectoras del sitio.

Así mismo, en coordinación con la Universidad Francisco Gavidia se han realizado proyectos orientados a la producción de materiales gráficos digitales que apoyen al registro y monitoreo de las edificaciones arqueológicas y al mismo tiempo se ha producido una maqueta virtual que recrea hipotéticamente la aldea antes de su enterramiento (Ilustración N° 2).



Figura 5- Vista de una muestra tomada en el sitio durante la investigación realizada para identificar la densidad de microorganismos en el aire de los complejos.

3.3. Las acciones de conservación para el sitio

Esta área incluye todas las actividades relacionadas con la intervención directa o indirecta de las edificaciones y sus complejos arqueológicos para la conservación, basándose en los resultados de los monitoreos permanentes y en las investigaciones multidisciplinarias, y a la luz de los criterios generales de intervención. Estas acciones incluyen desde las actividades periódicas de liberación de elementos nocivos para las edificaciones y los complejos, hasta la gestión y la formulación para los proyectos de ejecución a mediano y largo plazo.

Por una parte, el sitio habla a través de la interpretación de los resultados de las intervenciones anteriores, y es precisamente ese uno de los retos más importantes, la interpretación de los resultados de las intervenciones anteriores con el objeto de orientar el futuro de las mismas. Por ejemplo, como ya se mencionó, a medida se realizaban las investigaciones arqueológicas, se fueron dando también las intervenciones de conservación entre las que se encuentran los repellos de sacrificio, sin embargo estas intervenciones no se dieron bajo las mismas manos o direcciones, como resultado, los repellos de sacrificio presentan diferentes dosificaciones y modos de preparación, estas diferencias, son ahora con el paso del tiempo, evidentes pues sus modos de envajamiento son igualmente diferenciados, entre ellos algunos se presentan ya al término de su vida útil, evidenciado por la separación entre el repello y material de soporte, o lo que comúnmente llamamos de 'repello soplado'¹, éste posteriormente se fragmenta y se desprende y es relativamente fácil el retirarlo, ya que lógicamente no se requiere de un esfuerzo mecánico para retirar el repello una vez ha cumplido su propósito. ¿Cuál es la ventaja de que un repello envaje de esta forma? al separarse el repello, el soporte no sufre pérdida de su material original, es decir que el material del soporte no se adhiere al repello.

Sin embargo, en otras intervenciones, el repello al término de su vida, se contrae y se desprende pero trayendo consigo una delgada parte del material original, lo cual de por sí contradice los principios de la reversibilidad de las intervenciones y el principio mismo que dio origen a la aplicación de los repellos de sacrificio en primer lugar, la protección de la materia original. Prevalece pues en este caso, de una manera precisa que la mejor conservación es la que se consigue a través de la mínima intervención.

Por otra parte, las actividades rutinarias de liberación, consisten básicamente en retirar de los complejos arqueológicos y de las edificaciones todas aquellos elementos ajenos a las mismas y que de no ser retirados pueden ocasionar alteraciones y daños a la integridad de los complejos y sus estructuras. Entre estos elementos se encuentran por ejemplo, telas de araña, hojas secas traídas por el viento; semillas introducidas por el viento o más comúnmente por las aves en cuyas excretas vienen las semillas de los frutos ingeridos fuera de los complejos, estas últimas son muy peligrosas ya que en el ambiente húmedo de los complejos, éstas pueden fácilmente germinar y con su raíz perforar la superficie donde se encuentre, y poner así en riesgo la integridad de los elementos de bajareque o barro sólido de las estructuras. Así mismo, en una de las porciones donde se ha retirado el geotextil del paleosuelo para fines de monitoreo, ha sido necesario también el retirar las algas y talos de hepáticas

que se habían formado bajo el suelo de sacrificio. En estas labores de liberación se incluye también retirar los cadáveres de insectos que aparecen sobre el suelo de sacrificio ya que son una invitación para que otros insectos u animales mayores ingresen a comer estos cadáveres. Así mismo, se incluye el retirar las excretas de las aves u otros animales ya que su descomposición puede también ocasionar cambios u alteraciones en el repello las edificaciones.

El reto de esta sub área de la conservación es llegar a realizar las obras necesarias para que la perturbación que ocasionan los elementos contrarios a la conservación, no puedan en primer lugar, ingresar a los complejos arqueológicos, esto puede lograrse procediendo de fama similar como hace unos años cuando se cerraron completamente los complejos con malla metálica.

Uno de los retos más interesantes lo constituye el alcanzar con el sitio la estabilidad ambiental de los complejos, se debe tener en cuenta que el sitio posee menos de cincuenta años de haber sido descubierto, es decir, que de su edad total, quizás solo una cuadragésima parte o menos ha transcurrido desde su descubrimiento, es lógico pensar que las edificaciones arqueológicas ya investigadas están apenas en un proceso de adaptación a sus condiciones actuales después de catorce siglos de estabilidad, en todo sentido. Estas condiciones, si bien es cierto aun no son las ideales, han formado un espacio de transición para las edificaciones, de estar en el seno de ceniza de la tierra, con condiciones estables en un ambiente química y físicamente neutro, es decir con los procesos naturales del deterioro detenidos, integradas en un medio sin afectaciones sísmicas; Si en ese momento, se hubiesen abierto completamente, retirando los muros de ceniza y colocando grandes estructuras de cubierta, muy posiblemente lo problemas de deterioro hubieran ocasionado daños irreversibles en las edificaciones arqueológicas.

En la actualidad, el sitio atraviesa ya una fase de relativa estabilidad, sin embargo hay problemáticas específicas que aún deben ser enfrentadas. Quizás la más grave es el grado de humedad que existe en el complejo arqueológico N° 2, este problema posee varias causas y algunos agravantes. Como se mencionó anteriormente, cuando el agua se infiltra en las capas permeables de la ceniza lo hace verticalmente, pero cuando ésta llega a una capa dura, se desvía siguiendo la inclinación de esa capa. Este complejo se encuentra en un punto de altura intermedia del sitio y a una profundidad entre los cinco y los siete metros bajo el nivel del suelo actual, esto significa que cuando llueve, el agua se infiltra rápidamente en los puntos más altos del sitio saturando las capas permeables y al no poder avanzar en sentido vertical, la humedad transita en dirección de la pendiente de dichas capas, haciendo que al llegar a los cortes verticales del complejo arqueológico, aflore la humedad, llegando al caso extremo en una ocasión de brotar el agua y precipitarse hacia el paleosuelo.

A esta presencia de humedad deben sumarse algunos agravantes, este complejo, por su posición dentro del sitio se encuentra alejado de los vientos predominantes lo cual lo convierte en el menos ventilado de todos los complejos, condición que fue verificada el año recién pasado con el estudio de ventilación previamente mencionado, esto difi-

culta la aireación de los muros de ceniza y la evaporación de la humedad de los mismos. Un segundo agravante lo constituye una medida de conservación que con el paso del tiempo se ha convertido en lo contrario, hace alrededor de unos quince años se colocó una fibra geotextil entre el paleosuelo y el suelo de sacrificio con el objetivo de separar a ambos, sin embargo esta fibra impide el tránsito de la humedad por capilaridad hacia el suelo superior, ocasionando dos situaciones potencialmente peligrosas, primero, la retención de humedad ha generado que el piso del complejo permanezca invadido por algas autótrofas como la *lyngbya* la cual a su vez se convierte en el colonizador perfecto para otras especies superiores. El segundo efecto negativo es que al no transitar la humedad entre el suelo de sacrificio, esta busca salir por capilaridad a través de las edificaciones, en un efecto chimenea. A esto debe sumarse aún un último agravante, la cubierta metálica, en horas de mayor incidencia del sol, irradian cerca de setenta grados centígrados, esto ocasiona elevadas temperaturas al interior de complejo, esto ocasiona a nivel superficial de los elementos diferenciales de temperatura hasta de cinco grados centígrados. Esta condición nos revela que dentro de los elementos de la edificación se está dando un proceso de tránsito rápido de humedad lo cual redundará en una paulatina pérdida de minerales de los elementos constructivos de las edificaciones, debilitándolos internamente en una especie de osteoporosis constructiva.

Ante esta situación se han diseñado tres intervenciones puntuales en aras de mejorar las condiciones ambientales del complejo. La primera consiste en atacar la raíz de los problemas, es decir, evitando la rápida infiltración del

agua lluvia en las áreas inmediatas al complejo, esto por medio de la formación de una barrera que impida la penetración de la humedad y al mismo tiempo sea reversible. La segunda intervención corresponde al mejoramiento de las condiciones de la cubierta, por una parte disminuir la irradiación por medio de la colocación de un aislante térmico sobre las láminas de la cubierta y generando circulación del vapor por medio de la colocación de extractores de aire. Y la tercera y más delicada de las intervenciones, consiste en la sustitución del suelo de sacrificio, evidentemente esta sustitución no puede darse de una forma irreflexiva sino más bien como fruto de una exhaustiva investigación ya que, en primer lugar deben aprenderse las lecciones de la solución existente, por tal razón, desde hace un año se retiraron dos pequeñas porciones de geotextil y suelo de sacrificio, dichas porciones se han monitoreado de manera permanente, resultando que si bien es cierto, al retirarse el geotextil el paleosuelo "respira" es decir, consigue evaporar la humedad del subsuelo, el paleosuelo se vuelve vulnerable, por ejemplo al ataque de los insectos y a la perturbación del paleosuelo ocasionada por las aves y otros animales que ocasionalmente ingresan al complejo; es decir que el paleosuelo no puede permanecer sin una protección. Es menester entonces, el procurar un elemento que establezca la separación entre el paleosuelo original y el suelo de protección. Esta búsqueda pasa por probar que este nuevo elemento es químicamente neutro y físicamente estable, y sobre todo que permita el libre tránsito de la humedad. Lo anterior solo podrá ser determinado a través de ensayos *in situ* que permitan evaluar directamente las diferentes propuestas técnicas.

4. REFLEXIÓN FINAL

El oficio de la conservación está siendo enriquecido en sus aspectos del análisis y evaluación de condiciones por medio de la aplicación de la tecnología para profundizar en el conocimiento y la comprensión del comportamiento del sujeto de análisis y de la cantidad de fenómenos que se suceden en su naturaleza interior y circundante, en el caso de la arquitectura de tierra es un reto aún más complejo, pues la tierra como tal tiene tanta historia como el planeta, y con ella sus lentas o repentinas transforma-

ciones, sus variantes locales; y a ella le agregamos la tradición constructiva que transforma los elementos naturales en cultura materializada. Cultura que indudablemente deberá sucumbir ante el paso inexorable del tiempo, paso al que la conservación se opone a ultranza en aras de que a través de la valorización de la cultura, el ser humano evolucione. Al final ese es el objetivo mayor de la conservación, la evolución de la humanidad.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Sheets, Payson (2013). *Joya de Cerén, Patrimonio de la Humanidad 1993-2013*, Editorial Universitaria, Universidad de El Salvador.

NOTA

¹Comúnmente se llama 'soplado' porque el elemento aumenta su volumen al separarse el repello y produce un sonido hueco a la percusión simple

AUTOR

Víctor Hugo Barrientos, Arquitecto salvadoreño egresado de la Maestría Centroamericana en Conservación y Gestión del Patrimonio Cultural para el Desarrollo; con especialización en Conservación, con quince años de experiencia en Patrimonio Cultural, la mitad de los cuales fueron formulando y ejecutando proyectos de conservación en edificaciones estatales y religiosas; y desde 2013 a cargo de la conservación del sitio arqueológico de Joya de Cerén.

1.3 Los sitios arqueológicos en tierra de México: un primer catálogo. Annick Daneels

Annick Daneels

Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México, annickdaneels@hotmail.com

Palabras clave: arquitectura, prehispánica, Mesoamérica

Resumen

El conocimiento y la protección del patrimonio empiezan por su catalogación sistemática. Para el ámbito de la cultura mesoamericana, sólo en Centroamérica (principalmente en Guatemala y Salvador) los sitios arqueológicos construidos en tierra han sido objeto de estudio, preservación y difusión más sistemática. En México, el conocimiento y la protección de este patrimonio han quedado postergados por la prioridad dada a la arquitectura de piedra, más fácil de preservar y más rentable turística; el único sitio de tierra reconocido como patrimonio de la humanidad es Paquimé, de tradición no-mesoamericana.

Los datos arqueológicos de sitios mesoamericanos de México sobre los sistemas constructivos de tierra han quedado dispersos e informes técnicos, o ignorados en publicaciones que se enfocan hacia aspectos considerados más relevantes, como las pinturas murales. Empezar a elaborar un catálogo de sitios estudiados hasta la fecha, registrando los sistemas constructivos en su contexto espacial, temporal y cultural, y las estrategias aplicadas para su preservación, producirá una herramienta importante para fomentar el estudio y protección de miles de sitios conocidos mas no estudiados de este tipo de patrimonio construido de México.

Para los especialistas del SIACOT, dedicados en su mayoría a la construcción moderna, es útil tener acceso a la información sobre la evidencia arqueológica de la arquitectura monumental prehispánica, que informa sobre las estrategias milenarias de sistemas constructivos, control de presión interna, límites de carga en vanos, composición de adobes y aplanados, aglutinantes y sistemas de drenaje.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo aborda la necesidad de tener un catálogo de los sitios arqueológicos con arquitectura de tierra en México. A diferencia de otros países, como Guatemala, Salvador o Perú, que tienen claramente reconocido y divulgado este patrimonio, en México sigue habiendo una clara prioridad hacia la conservación y apertura al público de sitios con arquitectura de piedra. Esto se debe en parte a los problemas que conlleva la protección de la arquitectura de tierra, pero tiene como desafortunada consecuencia que los sitios de tierra son virtualmente ignorados. Incluso sitios reconocidos como muy importantes por su valor arqueológico, como San Lorenzo y La Venta, en la llamada área nuclear olmeca, son estudiados por sondeos, trincheras y a veces excavaciones extendidas, pero inmediatamente re-enterrados. Sólo sus objetos de piedra, cerámica y a veces madera son objeto de restauración y exposición en museos; los edificios permanecen en su forma de montículos recubiertos de pasto o monte. El desconocimiento general de la calidad y

monumentalidad de las construcciones de tierra lleva, además, a que los sitios sean mal protegidos y frecuentemente destruidos como bancos de material para la fabricación de ladrillo o rellenos de carreteras y otras obras de construcción e infraestructura. Por lo tanto, para promover el conocimiento de este patrimonio y agrupar los conocimientos tanto de las técnicas constructivas como de las estrategias de preservación posibles, es importante elaborar un catálogo, que pueda ser ampliado y actualizado según avancen los descubrimientos. En primera instancia se propone priorizar el registro de sitios donde ya se obtuvo información sobre la arquitectura misma (no sólo los materiales asociados) y para los cuales hay información sobre las intervenciones de conservación, para permitir comparar y orientar los procedimientos, sin obligar a cada investigador a volver a empezar de cero las experimentaciones y repetir los mismos errores, y así aprovechar mejor los recursos y tiempos para la intervención.

2. EL REGISTRO DE SITIOS EN MÉXICO

El Instituto Nacional de Antropología e Historia es la instancia federal, en la república mexicana, que controla lo relativo a los vestigios arqueológicos: "*Son monumentos arqueológicos los bienes muebles e inmuebles, producto de culturas anteriores al establecimiento de la hispánica en el territorio nacional, así como los restos humanos, de la flora y de la fauna, relacionados con esas culturas. (Ley 1972: Art. 28)*". Dentro de esta institución, la Dirección de Registro Público de Monumentos y Zonas Arqueológicas (DRPMZA) está a cargo de hacer el registro tanto de los bienes muebles como inmuebles. Este último se hace con base en una cédula desarrollada como parte del Proyecto Atlas Arqueológico Nacional 1985-1990, que tiene un rubro donde se especifican los materiales fundamentales en la construcción de las estructuras, con las opciones: piedra careada, piedra y tierra, ladrillo, adobe, tierra. Así en principio, tomando en consideración las últimas dos opciones, sería posible saber cuántos sitios de tierra están oficialmente registrados en México. Sin embargo, esta

información sería por el momento de poca utilidad: para empezar los profesionales son conscientes de que en el Registro probablemente sólo está representado el 10% o 15% de todos los sitios arqueológicos, debido a que los salvamentos y rescates se concentran en áreas de mayor población moderna, y los proyectos académicos están lejos de cubrir toda la superficie de la república, quedando grandes áreas sin estudio. Luego, la mayoría de los sitios registrados lo son a partir de datos de superficie, sin información de excavaciones, por lo tanto de poca utilidad para fines comparativos en cuanto a arquitectura se refiere, fuera del tipo de traza o arreglos arquitectónicos representados. Para muestra: en el catálogo de la DRPMZA de 2010 del estado de Veracruz están reportados 8.912 sitios; de estos 7.699 tienen estructuras arqueológicas, de los cuales 4.091 son de arquitectura de tierra (más de la mitad). De estos 4.091 sitios, cinco fueron excavados de manera extensiva y tienen informes con datos de arquitectura (Cerro de las Mesas, San Lorenzo, Laguna de

los Cerros, Zapotal, La Joya) y uno está abierto al público (Zapotal). Para 2014 el total de sitios ya aumentó a 12.000 sitios para el Estado, un incremento de más del 50% (Luis Heredia, comunicación personal julio 2014). Esto permite

entender por un lado la gran cantidad de sitios arqueológicos de tierra que existen en México, y por el otro, la mínima fracción para los cuales existe información referente a su arquitectura.

3. PROPUESTA DE CATÁLOGO PARA SITIOS ARQUEOLÓGICOS EN TIERRA

El catálogo que se tiene contemplado sería en primera instancia una herramienta de trabajo, que permita orientar al investigador interesado hacia los sitios donde existe información, tanto en informes técnicos como en publicaciones, sobre la arquitectura y sobre las técnicas de preservación. Como se puede entender del inciso anterior, esto es sólo una fracción mínima de los sitios registrados, que son a su vez una fracción de los que existen. Se propone un formato de tabla, suficientemente compacta para ver todos los datos en una sola plana de hoja tamaño carta, orientada horizontalmente. Los datos retomados en el catálogo serán de cinco categorías: contexto arqueológico, tipos de arquitectura y acabados, estrategias de preservación, apertura al público y referencias sobre la información disponible. A continuación se desglosarán los campos para cada categoría y se justificará su selección.

El requisito básico para que un sitio sea incluido en el catálogo es que la tierra sea su componente estructural principal. Aquellos sitios de tierra con recubrimientos de piedra califican, porque lo estructural es la tierra. Por la misma razón se descartan las construcciones de baja-

requé, donde lo estructural es la madera, siendo la tierra sólo el recubrimiento, aunque se admitan los techos de bajareque, terrado o palma, que son de madera, porque no hay otra manera de cubrir los espacios (no hay evidencia de bóvedas de barro crudo en el México prehispánico). Esta definición se aleja de la visión más amplia propuesta por el WHEAP de la UNESCO (Joffroy, 2012), que incluye los bajareques, quinchas y construcciones de entramados de vigas (como el *colombage* normando o el *holzfachwerk* alemán). Este criterio estrecho genera ciertos problemas en los casos de edificios con muros de adobe o *cob* (bloques de tierra húmeda: el *cob*, que en español se llama pared de mano o muro amasado, es un sistema de construir apilando tierra, sea en bolas o porciones de formas diversas, en estado todavía plástico) pero cuyo techo parece haber sido a dos aguas, de palma, montado sobre horcones de madera enterrados por fuera de los muros (pe. ej. Paso de la Amada, en Chiapas, parecido a algunos edificios de Joya de Cerén, en El Salvador). En este primer momento de catalogación se considera útil guardarlos, para permitir mejores comparaciones. Es posible que en el futuro sea más correcto reunirlos en un subcatálogo aparte.

4. CONTEXTO ARQUEOLÓGICO

El almacenamiento de información debe empezar lógicamente por el nombre del sitio, el estado de la República donde se encuentra, su cronología, su medio.

Por nombre se entiende aquél bajo el cual está registrado ante la DRPMZA, para evitar confusiones. Es común que sitios arqueológicos tengan varios nombres, ya sea porque los lugareños cambiaron la manera de referirse a él a través del tiempo (p.ej. La Joya de San Martín Garabato, ahora simplemente La Joya), ya sea porque posteriormente se identificó con el nombre histórico (p.ej. Tula), ya sea porque el predio cambió de dueño (p.ej. Conchal Norte es ahora El Dorado, por el nombre del fraccionamiento que le pusieron encima), o por cualquier otra razón. Esto es algo frecuente en muchas partes del mundo (p.ej. Constantinopla, Bizancio, Estambul).

El estado es el referente más rápido para situar el sitio dentro de la república. Lleva implícito ciertas condiciones de geografía, clima y adscripción cultural. Un sitio arqueológico en el estado de Yucatán se entenderá inmediatamente como un asentamiento en zona caliza, tropical y perteneciente a la cultura maya, uno en Chihuahua estará en el altiplano desértico, y relacionado con la cultura Pueblo de Estados Unidos. No se considera útil incluir una mayor definición cultural porque las acepciones convencionales son a veces demasiado limitadas en el tiempo y el espacio (p. ej. teotihuacano) o demasiada amplias (p.ej. Golfo).

La cronología, para los fines del catálogo, se referirá a la temporalidad en la que hay arquitectura de tierra (esto para los casos donde en el sitio haya periodos donde se pasa a la arquitectura de piedra). Se enunciará en años antes o después de nuestra era, para evitar las confu-

siones que puedan derivar del uso de nombre de fases genéricas (p.ej. Clásico Temprano en el Altiplano Central de México es de 100 a 300 d.C., mientras en la zona maya es de 250 a 600 d.C.) o de fases locales. Salvo que no esté disponible, se usará la fecha calendárica, que se refiere a fechas absolutas derivadas de estudios de carbono 14 y calibradas por medio de la curva dendrocronológica. Como la calibración, sobre todo en las fases tempranas, tiende a dar mayor antigüedad, es importante usar una forma sistemática de consignar las fechas para permitir evaluar la contemporaneidad entre los sitios.

Como referente para el medio se propone, en primera instancia, usar las categorías de clima de Koeppen (Peel et al, 20), que toma en cuenta temperatura y precipitación y su distribución anual. Éstos son factores que inciden directamente tanto en el tipo de vegetación como en la erosión de la arquitectura de tierra. Sería útil poder incluir información sobre el tipo de sedimento predominante en la región, pero como este dato raras veces se incluye en los informes o publicaciones, tiene poco sentido incluirlo como campo en la tabla.

En el futuro será interesante incluir en esta categoría la forma de excavación por la que se obtuvieron los datos, que afectará el grado de comprensión de las técnicas y sistemas constructivos, por un lado, y por el otro, a la selección de los edificios aptos o necesarios de preservar.

Las excavaciones se pueden clasificar en tres tipos, cada uno con sus ventajas y limitaciones.

- Calas de sondeo y trincheras: son las más comunes al inicio de proyectos o en rescates y salvamentos (por las limitaciones de tiempo y presupuesto), generalmente sirven para averiguar la profundidad del depósito

cultural y su rango cronológico. Son excavaciones de superficie limitada (cuadros de 1 m x 1 m o 2 m x 2 m siendo los más comunes en los sondeos, las calas de 1 m o 2 m de ancho por un largo de 3 m a 15 m generalmente, aunque pueden llegar a ser más largas). Pueden dar información sobre elementos constructivos (niveles de plaza, arranques de edificios, superposiciones de etapas constructivas) pero no sobre los contornos o configuración interior de recintos o habitaciones. La ventaja es que son poco invasivas, y por regla general son inmediatamente rellenadas al finalizar el registro de los perfiles, por lo que la afectación estructural de los vestigios es mínima.

- Túneles: serían una variante de las trincheras, sólo que no cortan toda la altura del edificio, sólo lo atraviesan por una cala rectangular (generalmente de 1.5 de ancho x 1.5 de alto, de largos variados). Son poco frecuentes por el riesgo de colapso y el costo (se requiere apuntalar a medida que se avance). Producen el mismo tipo de información que las trincheras, aunque más completa, sobre todo cuando atraviesan toda la estructura a nivel de base o a niveles superiores. Los casos más conocidos son en Teotihuacan (Sugiyama et al, 2013) y Cholula (Uruñuela et al, 2013). La afectación a la estructura también es mínima.

- Excavaciones extensivas: representan comúnmente un segundo momento en el proceso de excavación iniciado por calas o túneles y expone el conjunto de la estructura o del conjunto de estructuras contemporáneas. Este tipo de excavaciones, por regla general, se realiza en los sitios donde se contempla su apertura al público o en aquéllos condenados por obras de infraestructura donde el vestigio completo se interviene para recuperar toda la información posible. Proporcionan mucha información sobre la configuración interior y exterior de los edificios, su uso y función, cronología, etc. El problema surge en casos de sitios con múltiples etapas constructivas: en contextos de rescate y salvamento, todas las etapas son destruidas en el proceso de excavación, y lo único que queda es la información de registro, escrita, fotográfica y gráfica, que puede ser buena o mala; en el caso de sitios que se propone abrir al público generalmente se expone la penúltima etapa constructiva (la última está muchas veces demasiado deteriorada por la erosión), con la desventaja que no se estudian (más que por calas) las subestructuras, lo que afecta a la comprensión de las técnicas y sistemas constructivos de los edificios por restaurar, datos que serían de gran importancia para la adecuada conservación del vestigio.

5. TIPOS DE ARQUITECTURA Y ACABADOS

Aquí se registrarán los tipos de arquitectura: en primer lugar si la arquitectura es de tierra o si incluye piedra, si los

aplanados son de tierra o de cal, y si hay evidencia de pintura mural.

5.1. Tierra con o sin revestimiento de piedra

En el primer registro se propone diferenciar sólo a grandes rasgos si la construcción es completamente de tierra (registrándose en la columna con una "s" de "sólo" tierra) o si tiene recubrimiento de piedra (registrándose con una "p" de piedra). Se contempló en un primer momento insertar unas subcategorías (tierra apisonada, adobe, tapia), pero se tomó la decisión de guardar el campo muy general a nivel de la tabla. En muchos informes de excavación no existe el nivel de detalle para justificar las subcategorías, y en otros informes hay identificaciones erróneas que prestaría a confusión. Por un lado se debe a la poca experiencia compartida sobre los métodos de excavación e identificación de la arquitectura de tierra; no es materia contemplada en las *currícula* profesionales de las distintas escuelas de arqueología del país, aun en aquéllas del norte (Universidad Autónoma de Zacatecas y Escuela Nacional de Antropología de Chihuahua), donde este tipo de arquitectura es común. Por otro lado, se han hecho a veces identificaciones apresuradas que después no se re-evaluaron, como por ejemplo en el caso de la tapia. En el caso de La Joya, se infirió en un primer momento que se trataba de tapia, hasta que más datos demostraron que el primer caso descubierto correspondía a un muro de adobe con mortero de lodo virtualmente idéntico al adobe mismo (Daneels; Guerrero, 2010). En el caso de Paquimé, se describen muros de tapia (Gamboa, 2009), pero los que excavaron en su momento el sitio interpretaron la evidencia de hoyos de poste que

contuvieran los formones y de improntas del encajonado en las superficies de los muros por debajo de los aplanados como muros de barro colado (Di Peso et al, 1974: 211-212), que es una técnica totalmente diferente.

Los edificios de tierra (apisonada o de adobe) recubiertos de piedra son más comunes de lo pensado, por lo que generalmente serán identificados erróneamente como arquitectura de piedra (según la definición aquí propuesta). Por ejemplo, igual que la pirámide en Cuicuilco, la Pirámide del Sol de Teotihuacan es de tierra apisonada (Sugiyama et al, 2013), las plataformas perimetrales de la misma pirámide y de la Ciudadela tienen rellenos de puro adobe, igual que siete de las ocho etapas constructivas de la Gran Pirámide de Cholula (una técnica igual a las pirámides de San Andrés en El Salvador o las Huacas de Moche en Perú), y muchos conjuntos tienen núcleos de cajones de adobes rellenos con tierra (Cabrera, 1991, Uruñuela et al, 2009, 2013). En el registro de la DRPMZA del INAH, la presencia de piedra careada haría que estos tipos de construcción se cataloguen como arquitectura de piedra. Es muy importante lograr en el futuro la integración de tales edificios y/o sitios en el catálogo que se propone, ya que para fines de conservación es un problema muy diferente lograr la estabilización a largo plazo de un núcleo estructural de tierra que uno de piedra, sobre todo si se consolida el revestimiento de piedra sin tomar en cuenta las necesidades particulares de "respiración" de tal núcleo.

5.2. Aplanados de arcilla o cal

En siguiente campo refiere al tipo de aplanado que recubre la superficie de los edificios (con o sin cubierta de piedra): pueden ser de tierra o (mezclas de) cal.

Los aplanados de tierra consisten generalmente en capas de limos arcillosos de arcillas limosas. Este tipo de recubrimiento es más común en las áreas de tierras bajas tropicales y tiene una sorprendente resistencia a la intemperie. En el caso de La Joya se pudo definir que esta resistencia proviene del uso de un aglutinante de asfalto disuelto (Kita et al, 2013), pero hasta el momento éste es un caso único, principalmente porque los estudios avanzados de química orgánica que lo revelaron normalmente no son parte de la batería de estudios que se aplican a los materiales de construcción de tierra, más enfocados a los aspectos físicos de granulometría, mineralogía y propiedades mecánicas. Es obvio que es necesario ampliar esta vertiente de investigación en otros sitios para identificar los posibles aglutinantes orgánicos.

Por otra parte, en la zona del altiplano central, tomada en términos amplios desde Oaxaca a Zacatecas, es común tener arquitectura de adobes recubiertos con aplanados

de cal o de tierra mezclada con cal. La utilidad de la cal como estabilizante en las mezclas de tierra ya está bien estudiada y comprobada (Guerrero, 2008, Roux; Guerrero, 2013) y la aplicación de estucos de cal sobre adobe es una tradición que perdura durante la periodo colonial y hasta la fecha en la misma región, demostrando su efectividad y compatibilidad con los sedimentos locales. En muchos sitios, como Cacaxtla, Xochitécatl, Cholula, Atzompa (Monte Albán), Tula, La Quemada, los adobes se usan para hacer sólo las paredes de los edificios, mientras el basamento y el arranque de los muros son de piedra (Robles; Andrade, 2011, Sterpone, 2005, Serra, en prensa). Es probable que en estas áreas con abundante piedra de construcción disponible, el uso de adobe para las paredes de las viviendas sea por sus propiedades bioclimáticas. Sin embargo, en la mayoría de estos sitios, los adobes fueron removidos en el proceso de excavación y consolidación, dejando aparentes solo las partes de piedra, para facilitar la conservación. Desafortunadamente, esto provoca que estos sitios sean erróneamente catalogados como de arquitectura de piedra, descontando del todo su componente estructural de tierra.

5.3. Presencia o no de pintura mural

La pintura mural se toma como relevante, no tanto porque sea frecuente (al contrario), sino porque su presencia es siempre registrada y generalmente causa de intervenciones de preservación más o menos documentadas. Éstos son casos particularmente interesantes para el catálogo, ya que por esta particularidad los sitios son generalmente tomados en cuenta para su apertura al público, lo que conlleva mayor financiamiento para estudiar los componentes de las capas pictóricas, los aplanados y las estructuras mismas. Por lo tanto, son los sitios que, hasta este momento, tendrán más información, aunque no necesariamente publicada.

La pintura puede aparecer sobre aplanado de tierra o de cal. Cada caso tendrá sus propios problemas de conservación: las técnicas de fijación sobre estuco son las más investigadas y pueden ser útiles para aquellas pinturas sobre estucos (Baglioni; Giorgi, 2006), pero el aspecto que aún no ha sido investigado con mayor profundidad es la adherencia del enlucido al soporte de tierra (adobe). Casos de pintura sobre aplanado de tierra en México aún son infrecuentes, p.ej. Zapotal (Vera, 1992), y todavía no han dado pie a procedimientos normativos.

6. ESTRATEGIAS DE PRESERVACIÓN.

En este grupo de información se contemplan las cinco grandes categorías de estrategias de preservación utilizadas para la arquitectura de tierra, como información se rellena la década en que esta estrategia fue aplicada. La resolución cronológica, en términos de décadas, es un parámetro útil para evaluar no sólo la popularidad sino la vigencia de ciertas estrategias. La décadas se rellenan como cifras redondas p.ej. 1950, 2000, entendiendo que abarcan de 1950 a 1959 o del 2000 al 2009. Se ordenan las

estrategias en el orden de menos a más invasivas: (1) el re-enterramiento, (2) el techado, (3) la consolidación *in situ*, (4) las capas de sacrificio y (5) los refuerzos y reconstrucción, y se añaden dos prácticas: la retirada de los restos de tierra (la más invasiva de todas, en el sentido de que no queda vestigio) y la no-intervención (categoría en la cual entraría la gran mayoría de los sitios de tierra y adobe del registro de la DPRMZA, por ser sitios localizados por recorridos de superficie pero no excavados).

6.1. Re-enterramiento

Este es el procedimiento más generalizado y en términos de conservación del patrimonio el más efectivo. En esta categoría estarían también muchísimos de los sitios del registro de la DPRMZA, que después de haber sido localizados por recorrido de superficie fueron sondeados para determinar su secuencia cronológica; en términos de información sobre la arquitectura de tierra estos registros son extremadamente escuetos. Hay otros casos donde las calas se hacen de manera sistemática y acumulativa, hasta lograr el registro de sistemas y técnicas constructivas de edificios o conjuntos de edificios; el proceso de re-

enterramiento es normalmente inmediato, después del registro de perfiles, y puede ser directo (se rellena el pozo reintegrando los sedimentos excavados en el orden en que salieron, apisonando regularmente – p. ej. Cyphers et al, 2006, González, 1997), o en el caso de que se encuentren superficies con aplanados de estuco o pintura mural, se protegen primero los vestigios originales mediante geotextil y a veces capas de arena fina cernida (p.ej. Pascual, 2006).

6.2. Techado

La segunda estrategia más frecuentemente documentada en la literatura sobre la arquitectura de tierra es el techado (Guerrero et al, 2008, Rivero, 2009). Es la opción más comúnmente utilizada en los casos donde hay pinturas murales, porque permite conservar el vestigio expuesto sin necesidad de capas de sacrificio, respetando el requisito de autenticidad de la carta de Venecia (ICOMOS, 1965). Hay una amplia gama de técnicas de techado, desde cubiertas ligeras de palma o lámina en soportes delgados de madera o bambú (como originalmente en Zapotal y en Flores: Vera, 1992; Ramírez, 2000), hasta el megatecho de Cacaxtla, de 11.000 m²

montado sobre 28 zapatas de concreto de 6 m x 6 m y más de 6 m de profundidad (Lucet, 2013: 78).

Sin embargo, todos los sitios para los que existe un seguimiento riguroso a largo plazo han demostrado que los techos generan un microclima adverso a la conservación, ya sea porque concentran la humedad o, al contrario, resecan demasiado el vestigio o crean corrientes de aire. En el caso de los techos más sofisticados, éstos requieren la colocación de zapatas profundas que, de por sí, representan una afectación no reversible sobre el vestigio, además de provocar, a veces, la desestabilización de sus cimientos (Guerrero et al, 2008; Rivero, 2009).

6.3. Consolidación *in situ*

Esta fue una de las estrategias preferidas entre 1970 y 1990, sobre todo con silicatos (tetraetilortosilicatos y otros); hay informes de su uso en Salvador (Toyoda et al, 2000). Actualmente ya no está recomendado por ser irreversible y provocar exfoliación superficial a medio plazo (Achenza, 2009).

En México, hasta donde se ha podido averiguar, la consolidación directa sólo se usó en sitios con pintura mural, que además estaban techados. En el caso de Zapotal hay información sobre la aplicación de un polímero (pegamento blanco disuelto en agua, véase Vera, 1992).

6.4. Capas de sacrificio

Esta estrategia es antigua, pero su uso se ha multiplicado en las últimas décadas. Consiste en aplicar un recubrimiento, lo más afín posible al original, que será el expuesto a la intemperie, que protege el vestigio original.

En el catálogo, aparte de especificar la(s) década(s) en las que se utiliza esta estrategia, también se consignará de qué material se compone. En las intervenciones más antiguas se aplicaba directamente sobre el vestigio, dificultando ahora el diferenciar entre superficies originales y recientes. En las últimas dos décadas, generalmente se recubre primero el vestigio con geotextil y después se recubre con la capa de sacrificio (Teotihuacan, Cholula, La Joya). La composición de las capas varía según el tipo de aplanado usado en la construcción original: si hay cal en la construcción prehispánica, es común que la capa de sacrificio se hiciera también con cal (barro-cal, cal-arena) como en Atzompa o Soledad de Maciel (Robles; Andrade, 2011, Rodolfo Lobato Rodríguez, comunicación personal, 2013). Es común ver que en las mezclas de barro-cal se siga añadiendo cemento en bajas proporciones, como en Cuicuilco y Yagul, aunque este procedimiento no sea recomendable (Guerrero, 2008). En otros casos hay

registro de que las capas de sacrificio se pueden consolidar con polímeros vinílicos y asfalto disuelto (Piña; Daneels, este volumen) o con huevo (Serra, en prensa).

El uso del geotextil para separar vestigio original de la capa de sacrificio hace que esta estrategia conforme al requisito de reversibilidad, pero como deja permanentemente cubierto el original, no responde al requisito de autenticidad. Sin embargo, para sitios sin pintura mural, con edificios que no estaban originalmente techados, esa opción permite dejar expuestos los vestigios permitiendo una mejor comprensión de su función y apariencia prehispánica (requisito del respeto al contexto, también formulado en las normas de conservación, ICOMOS, 1965, 2003).

No hay en México recubrimientos amovibles, como los desarrollados por Buccelatti en Tell Mosan (Turquía), galardonado *best practice* por la venerable Asociación Americana de Arqueología en 2011.

(<http://www.archaeological.org/news/currentprojects/3651>).

6.5. Refuerzos y reconstrucción

Esta estrategia ha sido aplicada donde se considera necesario para asegurar la estabilidad estructural de la construcción o para hacer el vestigio comprensible para los visitantes en el caso de sitios abiertos al público. Como ejemplo de cada caso se puede citar La Joya, donde se construyó un talud de contención en el lado norte para proteger el relleno expuesto por el corte de extracción de

tierra dejado por los fabricantes de ladrillo (Daneels et al, 2014) y Cuarenta Casas, un sitio de tradición nómada mesoamericana, relacionada con los Pueblo del SW de Estados Unidos (Punzo, 2013) que se reconstruyó parcialmente para hacerlo más entendible, además de garantizar la estabilidad de los recintos y la seguridad de los visitantes.

6.6 Retirada de los restos de tierra

Aunque parezca una solución extrema, en varios sitios donde las superestructuras eran de adobes, éstos fueron desmantelados, dejando sólo aparentes las fundaciones de piedra, para facilitar el mantenimiento del sitio. Un caso

antiguo sería el de Tula (Sterpone, 2005), otro más reciente el de El Cópore (Nicolau, 2008).

6.7. No-intervención

Esta categoría es cuantitativamente la más frecuente, en la medida que aquí entraría la gran mayoría de los sitios de tierra y adobe del registro de la DPRMZA (miles de ellos), por ser sitios localizados por recorridos de superficie pero no excavados. Para los fines de este catálogo no se consideran, de momento, como relevantes de consignar, en la medida en que cualquier información al respecto sería indirecta, esto es, derivada de una comparación formal con otros sitios en la misma región, de los cuales sí

hay información de excavaciones. Esta opción puede ser deliberada, dejando los sitios con su estabilidad natural, como reserva para futuras investigaciones, hasta cuando se hayan desarrollado estrategias de efectividad probada, tanto en los métodos de excavación y registro como en los métodos de preservación, que permitan programar, de manera viable el tiempo y con el presupuesto necesario para una intervención adecuada del sitio.

7. APERTURA AL PÚBLICO

Un campo que se considera muy importante para el catálogo es si el lugar es o está siendo considerado como adecuado para su apertura al público. El procedimiento de apertura siempre conlleva una serie de estudios previos en que se registran con precisión los datos de arquitectura y las estrategias de preservación, y en principio incluye un

estudio sistemático sobre la programación de los mantenimientos. Aunque no siempre es fácil tener acceso a ellos, los expedientes de factibilidad y luego los programas de mantenimiento son fuentes primarias de la mayor importancia.

8. REFERENCIAS

En el último registro se establece un enlace a la bibliografía existente sobre la información arqueológica por un lado, y la información de preservación por el otro. Se

propone integrar tanto las publicaciones como los informes técnicos, que son por lo general mucho más ricos en datos, aunque de más difícil acceso.

9. CONSIDERACIONES FINALES

Como se ha indicado al inicio, este catálogo se concibe, en primera instancia, como una herramienta de investigación, para agrupar la información existente sobre los sitios arqueológicos con arquitectura de tierra en México y las estrategias de preservación que les fueron aplicados. Los campos seleccionados se mantuvieron en un mínimo, pero de tal manera que permitan agilizar la búsqueda comparativa desde el interés arqueológico (p. ej. ¿dónde se puede encontrar información sobre sitios del Clásico en el Golfo?) y desde el interés de preservación (si se está excavando un sitio en trópico húmedo, ¿dónde hay información sobre estrategias de preservación y su efectividad en este medio ambiente?, ¿qué estrategias son las más comunes?, ¿cuáles se aplican más recientemente?).

Una tal herramienta no existe en México, hasta la fecha, ya que como se vio, el registro de la DRPMZA del INAH no

tiene la flexibilidad o el grado de precisión necesario para funcionar como el catálogo que aquí se propone. Hasta donde se ha podido averiguar, tampoco hay catálogos parecidos en otros países de Latinoamérica, a excepción de Guatemala, Salvador y Perú. Sin embargo, para la investigación sobre sitios arqueológicos con arquitectura de tierra, un catálogo así sería de gran ayuda, en vista de que las redes existentes, como PROTERRA y Arquiterra, son, hasta la fecha, principalmente foros donde participan arquitectos. Lo que resalta de este primer intento de catálogo es que los arqueólogos se encuentran aislados y alejados de los foros de discusión y acervo de datos temáticos. La organización, intereses y plataforma de PROTERRA podría proveerlos de este espacio e información necesaria, generando al mismo tiempo una posibilidad de enriquecer los estudios arquitectónicos modernos con la evidencia arqueológica de la viabilidad de la arquitectura de tierra a lo largo de varios milenios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achenza, M. (ed.) (2009). *Experts workshop on the study and conservation of earthen architecture and its contribution to sustainable development in the Mediterranean region: final report*. Villanovaforru, Sardegna, Italy, 17-18 March 2009, organizado por Getty Conservation Institute, CRATerre-ENSAG, UNESCO-ICOMOS. Paris: ICOMOS Documentation Center.
- Baglioni, P.; Giorgi, R. (2006). Soft and hard nanomaterials for restoration and conservation of cultural heritage. *Soft Matter*, 2, p. 293-303.
- Cabrera Castro, R. (1991). Los sistemas de relleno en algunas construcciones teotihuacanas. En: *Teotihuacan 1980-1982. Nuevas Interpretaciones*, coordinado por Cabrera Castro, R.; Rodríguez García, I.; Morelos García, N. México: Colección Científica, Serie Arqueología 227, Instituto Nacional de Antropología e Historia, p. 113-143.
- Cyphers, A.; Hernández Portilla, A.; Varela Gómez, M.; Gregor-López, L. (2006). Cosmological and sociopolitical synergy in preclassic architectural complexes. En: *Precolumbian Water Management, Ideology, Ritual and Power*, editado por Lucero, L. J.; Fash, B. W. Tucson: University of Arizona Press, p. 17-32.
- Daneels, A.; Guerrero Baca, L. F. (2010). Espacios habitables prehispánicos construidos con tierra en la Costa Veracruzana. En: *El Espacio Habitable y la Cultura Local, V Cátedra Nacional de Arquitectura Carlos Chanfón Olmos – CUMEX 2010* (Memoria del Congreso), San Luis: Facultad del Habitat, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Consorcio de Universidades Mexicanas, p. 624-646.
- Daneels, A.; Guerrero, L. F.; Kita, Y.; Liberotti, G.; Piña, D. (2014). Conservación de edificios prehispánicos de tierra cruda en la costa de Veracruz. En: *MÉXICO. Restauración y Protección del Patrimonio Cultural*, editado por Nigli, O.; Cervantes Reyes, L. A.; Sánchez Cruz, P. A.; Vol. I: 109-129. Serie Esempli di Architettura (EDA) no. 26, Roma: Aracne.
- Di Peso, C. C.; Rinaldo, J. B.; Fenner, G. J. (1974). *Casas Grandes. A fallen trading center of the Gran Chichimeca*. The Amerind Foundation Series no. 9, Vol. 4. Flagstaff: Northland Press.

- Gamboa, E. (2009). Un estudio de caso: la zona arqueológica de Paquimé. En: *Artisanos de arquitectura de tierra en América Latina y el Caribe*, México: Patrimonio Mundial de UNESCO, Gobierno del Estado de Tlaxcala, p. 89-95.
- González Lauck, R. (1997). Acerca de pirámides de tierra y seres sobrenaturales: observaciones preliminares. *Arqueología*, No. 17, p. 79-97
- Guerrero Baca, L. F. (2008). La cal y el patrimonio edificado. *Gaceta del Instituto del Patrimonio Cultural*, No. 12, p. 18-29.
- Guerrero Baca, L. F.; Meraz L.; Soria F. J. (2008). La problemática de las cubiertas en sitios arqueológicos de tierra. En: *Memorias del IV Seminario Internacional de Conservación del Patrimonio*, B. Paredes (coord.) Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán. CD-ROM
- ICOMOS (1965). *Carta internacional sobre la conservación y restauración de monumentos y conjuntos histórico-artísticos*. Documentation Center. Paris: International Council for Monuments and Sites. http://www.icomos.org/docs/venice_es.html
- ICOMOS (2003). *Principles for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage*. Documentation Center. Paris: International Council for Monuments and Sites. http://www.international.icomos.org/charters/structures_e.pdf.
- Joffroy, T. (ed.) (2012). *World Heritage Inventory of Earthen Architecture*. WHEAP-UNESCO, Grenoble: CRATERRE-ENSAG. <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002170/217020e.pdf>
- Kita, Y.; Daneels, A.; Romo de Vivar, A. (2013). Estudio químico para la identificación del aglutinante en muestras arquitectónicas prehispánicas. *Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT) 13, 2013, Valparaíso, Chile, Material Universal, Realidades Locales*, editado por Prado, F.; Jorquera, N.; Neves, C. Valparaíso: Centro de Extensión Duoc y Red Iberoamericana PROTERRA.
- Ley Federal de Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, 27 abril 1972. Disponible en: <http://losmirones.esteticas.unam.mx/legislacion/archivos/or/37756.pdf>
- Nelson, B. A. (1995) Complexity, Hierarchy and Scale: A Controlled Comparison between Chaco Canyon, New Mexico, and La Quemada, Zacatecas. *American Antiquity*, Vol. 60, no. 4, p. 597-618.
- Lucet, G. (2013) Arquitectura de Cacaxtla, lectura del espacio. En: *La Pintura Mural Prehispánica en México V: Cacaxtla, Tomo II*, coordinado por Uriarte, M. T.; Castañeda Gil, F. México: Instituto de Investigaciones Estéticas, UNAM, p. 19-109.
- Nicolau Romero, A. (2008). Conservación de la arquitectura de tierra: estudio de caso en el sitio arqueológico El Cópore. Tesis de Maestría en Restauración de Sitios y Monumentos, Guanajuato: Facultad de Arquitectura, Universidad de Guanajuato.
- Pascual Soto, A. (2006). *El Tajín, en busca de los orígenes de una civilización*. México: Instituto de Investigaciones Estéticas de la Universidad Nacional Autónoma de México e Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Peel, M. C.; Finlayson, B. L.; McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Science*, Vol. 11: 1633-1644.
- Punzo Díaz, J. L. (2013). Los moradores de las Casas en acantilado de Durango. Rememorando el mundo de la vida de los grupos serranos en el siglo XVII. Tesis de doctorado en antropología, México: Escuela Nacional de Antropología e Historia.
- Ramírez G. (2000). *Las Flores, historia de un sitio arqueológico de la Huasteca Tamaulipeca*. Ciudad Victoria: Instituto Tamaulipeco para la Cultura y las Artes.
- Rivero, L. (coord.) (2009). *Cubiertas arquitectónicas en contextos arqueológicos*. México: Fomento Cultural Banamex, p. 39-58. http://www.wmf.org/sites/default/files/wmf_publication/Memorias%20y%20Lineamientos%20Técnicos.pdf
- Robles García, N. M.; Andrade Cuautle, A. E. (2011). El Proyecto Arqueológico del Conjunto Monumental de Atzompá. En: *Monte Albán en la encrucijada regional y disciplinaria, Memoria de la Quinta Mesa Redonda de Monte Albán*, editado por Robles García, N. M.; Rivera Guzmán, A. I. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, p. 285-313.
- Roux Gutiérrez, R.; Guerrero Baca L. F. (2013). Comparación ambiental de bloques de tierra comprimida estabilizada con cemento y cal. *Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT) 13, 2013, Valparaíso, Chile, Material Universal, Realidades Locales*, Valparaíso: Centro de Extensión Duoc y Red Iberoamericana PROTERRA.
- Serra Puche, M. C. (en prensa). El uso de la tierra y el tepetate en la construcción de Xochitécatl-Cacaxtla, Tlaxcala. En: *Arquitectura de Tierra Mesoamericana*, editado por Daneels, A. México: Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM.
- Sterpone, O. J. (2005) La quimera de Tula. *Boletín de Antropología Americana*, Vol. 37, p. 141-204.
- Sugiyama, N.; Sugiyama, S.; Sarabia, A. (2013). Inside the Sun Pyramid at Teotihuacan, Mexico: 2008-2011 excavations and preliminary results. *Latin American Archaeology*, Vol. 24, no. 4, p. 403-432.
- Toyoda, M.; Tanaka Y.; Ohi, K. (2000). Analysis and evaluation of Casa Blanca remains treated with strengthening chemical solutions (TOT). En: *Chalchuapa. Memoria Final de las Investigaciones Interdisciplinarias de El Salvador (1995-2000)*, editado por Ohi, K. Kyoto: Universidad de Estudios Extranjeros, p. 245-250.
- Uruñuela, G.; Plunket, P.; Robles, A. M. (2009). Cholula: Art and architecture of an archetypal city. En: *The Art of Urbanism: How Mesoamerican Kingdoms Represented Themselves in Architecture and Imagery*, editado por Fash, W. L.; López Luján, L. Washington, D.C.: Dumbarton Oaks, p. 135-171.
- Uruñuela, G.; Plunket, P.; Robles, A. M. (2013). Building the Tlalchihualtepetl: the social and ideological foundations of Cholula, Mexico. En: *Constructing, Deconstructing and Reconstructing Social Identity*, editado por Sugiyama, S.; Kabata, S.; Taniguchi, T.; Niwa, E. Nakagute: Cultural Symbiosis Research Institute, Aichi Prefectural University, p. 95-106.
- Vera, G. (1992). El Miclantecuhtli del Zapotal, Veracruz, monumento dedicado al Señor de los Muertos en la región Totonaca. Proyecto de la Dirección de Conservación y Restauración. Informe de investigación realizado durante 1992. Documento G/30-075-ZAP/01N/3. México: Archivo de Concentración e Histórico de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural del Instituto Nacional de Antropología e Historia.

AUTOR

Annick Daneels, Arqueóloga (licenciatura y doctorado), Universidad de Gante, Bélgica, Doctora en Antropología por la UNAM, México. Investigadora del Instituto de Investigaciones Antropológicas, desde 1981 responsable del proyecto Exploraciones en el Centro de Veracruz, desde 2004 estudia la arquitectura de tierra como tecnología prehispánica y patrimonio. Miembro de la Red PROTERRA.

1.4 La joya, Veracruz, México: estrategias de preservación del patrimonio en tierra por intervención directa y reconstrucción virtual. David Piña/Annick Daneels

David Piña¹; Annick Daneels²

¹Posgrado en Estudios Mesoamericanos, Universidad Nacional Autónoma de México, México, ngata_hll@hotmail.com

²Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México, annickdaneels@hotmail.com

Palabras clave: arqueología, arquitectura, Mesoamérica, Golfo de México, reconstrucción 3D.

Resumen

Desde 2009 se está llevando a cabo el proyecto de preservación del sitio arqueológico de La Joya, en la planicie costera de la costa del Golfo, en México. La fachada de la pirámide es hasta la fecha el único ejemplo de arquitectura de tierra expuesta al aire libre en esta región, a pesar de que son miles los sitios registrados entre las cuencas del río Antigua y del Grijalva, lo que representa una oportunidad para promover el conocimiento y la protección de este patrimonio arqueológico a la fecha casi desconocido en México. Para este fin se desarrollaron dos vertientes: la preservación por intervención directa y la reconstrucción 3D.

El trabajo de intervención directa se centra en lo que queda de la fachada oeste de la subestructura de la pirámide principal del sitio, fechada hacia 200 d. C., un edificio de cuatro escalinatas y 11 m de alto. La estrategia de preservación consistió en la aplicación de una capa de sacrificio sobre un geotextil que recubre el edificio, para garantizar la reversibilidad del procedimiento. Inicialmente se consolidó la capa de protección con hidrofugantes de silicón y polímeros vinílicos en muy bajas concentraciones (<1%), pero a medida que avanzaron los análisis químicos de las muestras constructivas prehispánicas, se pasó al uso de asfalto disuelto, con bastante éxito.

El trabajo de reconstrucción virtual tiene la ventaja de presentar no sólo un edificio, sino la secuencia constructiva del sitio en su conjunto. Esto tiene relevancia para la interpretación arqueológica, pues permite entender la transformación de la traza urbana como reflejo de cambios en la organización sociopolítica de la sociedad, pero es además imprescindible para el conocimiento, la protección y la difusión de este patrimonio ante la academia y el público en general.

1. INTRODUCCIÓN

El sitio arqueológico de La Joya, en la planicie costera del Golfo de México, ha sido desde 2004 objeto de excavaciones extensivas y a partir de 2009, de esfuerzos sistemáticos de preservación de arquitectura de tierra monumental en ambiente de trópico húmedo. El proyecto es innovador en ambas vertientes, en la medida que antes se ignoraba la calidad, complejidad y monumentalidad de la arquitectura regional, previamente considerada como simples montículos de tierra con estructuras de palma, y que por ello no existía –cuando menos en México– antecedentes para guiar las intervenciones de conservación.

En el presente trabajo se presentarán los últimos avances en los experimentos de preservación aplicando bitumen disuelto como consolidante en las mezclas de tierra para la capa de sacrificio, con base en la evidencia de su uso en la construcción prehispánica. Posteriormente se mostrará cómo la reconstrucción tridimensional de la arquitectura resultó fundamental no sólo para el estudio arqueológico del sitio, sino para permitir el estudio arquitectónico y estructural de los edificios, factor de importancia en el diseño de estrategias de conservación, y para justificar plenamente su valor como un patrimonio cultural importante de estudiar y proteger.

2. EVALUACIÓN DE LA PROTECCIÓN POR TIERRA CONSOLIDADA CON BITUMEN DISUELTO

En contribuciones anteriores se han reportado las etapas de intervención de preservación llevadas a cabo en la fachada oeste de la pirámide desde 2009 (Daneels; Piña, 2013). Al final de la temporada de lluvias de 2013, el talud de contención en el lado norte del vestigio se volvió a colapsar. Hasta ese momento, se había observado que esto ocurría en cuanto la precipitación rebasaba los 100 mm acumulados en menos de tres días, en condiciones de huracanes o fuertes depresiones tropicales. Tales huracanes antes tocaban sólo excepcionalmente el centro de la costa del Golfo: había sólo dos eventos registrados en el siglo XX. Pero evidentemente los cambios climáticos están favoreciendo su multiplicación, ya que hubo dos (en 2010 y 2012) en los cinco años desde que iniciaron las intervenciones.

En 2010 se diagnosticó que la causa del colapso se debió a la invasión por maleza de raíz profunda (*Cyperus rotundus*) que permitió que penetrara la lluvia y debilitara los rellenos (Daneels; Guerrero, 2012). Después, con la repetición del fenómeno a pesar del control de maleza por la aplicación regular de herbicida ('Faena Fuerte', marca Monsanto), se identificó como causa de colapso la

erosión de la capa de sacrificio por la fuerza mecánica de las lluvias violentas en las áreas más planas del talud de contención, y el reblandecimiento de los ladrillos crudos que lo conforman, por la penetración del agua a través de la geotela (poliéster non-woven de 275 g/m) que recubre y separa el vestigio original de las intervenciones modernas.

Debido a ello, para la intervención del invierno 2013-2014, en coordinación con los arquitectos-restauradores Luis Fernando Guerrero y Yuko Kita, y con permiso del Consejo de Arqueología, se optó por reconstruir el talud de contención en ladrillo cocido pegado con lodo, recubrirlo de geotela (poliéster non-woven de 200 g/m, al no haber en existencia del más grueso) y aplicar una capa de sacrificio consolidada con bitumen disuelto (figura 1). El uso de bitumen disuelto se justificó porque los estudios químicos por cromatografía, espectrometría de infrarrojos y resonancia magnética nuclear de las muestras prehispánicas revelaron la presencia de sus componentes característicos tanto de hidrocarburos como de aceites, indicando que era parte de la tecnología antigua (Kita et al, 2013). Se llevaron a cabo experimentos *in situ* de ado-



Figura 1. Vista desde el noroeste de la fachada de la Pirámide de La Joya, con el nuevo talud de contención y con la capa de sacrificio de tierra con bitumen disuelto (Foto Daneels, 7 de julio 2014).

bes consolidados con diferentes concentraciones de bitumen disuelto en aceite de linaza y de maíz, y con una emulsión comercial. Como este último dio los mejores resultados, se optó por hacer la capa de sacrificio con lodo de limo cernido en malla de 0,5 cm, sin arena

agregada, añadiendo para cada 10 L de lodo, 1 L de paja picada (de pasto pangola), 80 g de polímero vinílico (VINNAPAS 5044N de la marca Wacker) y 0,5 L de emulsión asfáltica ("Imper Top A" de la marca COMEX).

Hasta la fecha (15 de julio de 2014), tanto el talud como el recubrimiento han tenido un buen desempeño, tanto más remarkable que el 6 de junio pasado el 'Disturbio Tropical' TL 90, potencializado por el final del huracán Boris y el inicio del huracán Cristina en el Pacífico, frente a las costas del estado de Chiapas, trajo una precipitación en el sitio de La Joya de 190 mm de lluvia, que cayeron entre las 19:00h y 22:00h, acompañados de fuertísimos vientos del noreste. Por lo tanto, se puede confirmar que la última intervención realizada, con el recubrimiento con bitumen disuelto al 5%, ha resistido a una agresión natural de casi el doble de la intensidad que en años pasados había causado el colapso del talud de contención. Actualmente se sigue con el monitoreo, tanto del vestigio como de los muros experimentales, para continuar documentando y evaluando las estrategias de preservación desarrolladas para este sitio.

3. USO DE LA TECNOLOGÍA DIGITAL PARA LA RECONSTRUCCIÓN TRIDIMENSIONAL DE LOS EDIFICIOS DE LA JOYA

Como estrategia de preservación ante los factores sociales que afectan el patrimonio, en este caso de tierra apisonada, se planteó la reconstrucción de los edificios que se tienen registrados, muchos de los cuales ya no existen físicamente. Para lograr este objetivo se recurrió al registro gráfico arqueológico, desde el plano realizado por Alberto Escalona Ramos (1937) hasta los datos de los informes arrojados por el proyecto 'Exploraciones en el Centro de Veracruz' a cargo de Annick Daneels con el respaldo académico del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM. Dicho proyecto concentra los trabajos en el sitio de La Joya a partir del 2004. Los modelos tridimensionales tienen tres ventajas: desde el

punto de vista arqueológico, permiten reconstruir la secuencia de edificación del conjunto de los edificios de un sitio, para entender cómo se relacionan e interactúan en una traza arquitectónica de un momento dado y cómo –y por qué– se transforma el sitio a través del tiempo. Desde el punto de vista arquitectónico proporciona a los arquitectos e ingenieros los levantamientos necesarios para hacer cálculos de cargas, vanos, etcétera, para entender cómo funcionan los edificios estructuralmente. Finalmente, desde el punto de vista de la difusión y protección del patrimonio, permiten presentar de manera entendible conjuntos de edificios que son invisibles (por ser subestructuras) o destruidos (por la erosión o por saqueo).

3.1. Uso arqueológico

Las reconstrucciones 3D han permitido reconocer de mejor manera, y en escala perceptual, los edificios arqueológicos que sólo se conservan en una mínima parte. Esto se debe principalmente a dos causantes, por un lado, la secuencia constructiva de la arquitectura prehispánica de Mesoamérica es acumulativa, con lo que normalmente las nuevas etapas recubren los edificios existentes, y regularmente, antes de construir la siguiente etapa, la anterior es desmantelada en un alto porcentaje. Así, los edificios disfuncionales sirven como desplante para las nuevas estructuras y sus arranques de muros como cajones de contención para los rellenos de la nueva construcción. Por el otro lado, la erosión, o en el caso de la planicie costera del Golfo, la extracción de tierra para la fabricación de ladrillos y para rellenos en obras civiles, ha dejado muchos edificios tan dañados que de algunos ya

sólo queda un registro en papel (como es el caso de muchos edificios del sitio de La Joya).

Los modelos tridimensionales permiten realizar propuestas hipotéticas de organización sociopolítica a partir de los edificios vistos como un conjunto de estructuras interrelacionadas, funcionalmente complementarias, con sus patrones de movilidad y visibilidad, y también permiten estudiar los cambios en las trazas urbanas a través del tiempo que reflejan transformaciones en las normas y valores de la sociedad. El modelo 3D, al integrar y reconstruir los elementos constitutivos en su conjunto de acuerdo a cada etapa de la secuencia constructiva, permite entender y estudiar los sitios a pesar de la poca evidencia física que queda de las estructuras y sin importar que tan apartados o de difícil acceso sean para su investigación

3.2. Uso arquitectónico

La experiencia de trabajo en La Joya mostró que existe un problema fundamental de comunicación entre arqueólogos y arquitectos, que radica en la forma de registro gráfico propia de los primeros. Basados en la prioridad de registro de datos asociados a los elementos constructivos,

de acuerdo a retículas de control que no necesariamente corresponden a las orientaciones de los edificios, y que tampoco registran los momentos constructivos como un conjunto, sino de acuerdo al proceso escalonado de excavación, los dibujos de planta y perfil arqueológicos

contienen un sinnúmero de datos e informaciones que confunden al arquitecto y le dificultan la lectura de los planos. No fue sino hasta que se trabajó con arqueólogos formados en el dibujo arquitectónico, capaces de leer los registros de campo, con la selección y conjunto de la información arquitectónica de cada etapa constructiva, que se pudieron lograr plantas, alzados, cortes y reconstrucciones entendibles para arquitectos e ingenieros. Tales datos, ya combinados con los datos arqueo-

lógicos de sistemas constructivos (técnicas de control interno de rellenos, construcción y ensamble de muros de adobes, forma y tamaño de los adobes, sistemas de drenaje, reconstrucción de los tipos de techos, etc.) permiten entender la lógica estructural de los edificios y realizar los cálculos normales de superficies, alturas, reparto de cargas, resistencia, etcétera. Esta información a su vez sienta las bases para desarrollar estrategias de preservación más afines y menos invasivas.

3.3. Uso para la difusión y protección del patrimonio

Otro de los motivos por los cuales se implementó la reconstrucción digital fue la condición actual del sitio arqueológico. El avance de la urbanización ante la necesidad de espacios para vivienda ha llevado a la población, en el mejor de los casos, a construir sus casas sobre, o junto, a los edificios prehispánicos, en el peor de los casos a dismantelarlos para la nivelación de terrenos y así tener cimientos firmes para sus construcciones actuales. Aunado a esto, el medio tropical que se presenta en esta región mantiene una vegetación abundante. Estos factores interfieren en la percepción que los habitantes y visitantes tienen del sitio arqueológico, al no tener un campo visual de las estructuras, como el que se presenta en otros sitios abiertos al público. Al momento, el entendimiento general se basa en la existencia de pequeños vestigios de dos estructuras: La Pirámide y la Plataforma Este. Ambas estructuras son identificadas por la población al estar expuestas a la vista y protegidas mediante poligonales establecidas por el Instituto Nacional de Antropología e Historia. Ante la salvaguarda de dicho instituto federal, la población da por entendida la importancia de los edificios.

Otro factor que impulsó el uso de la tecnología digital es la naturaleza del material constructivo. Sin intervención, los edificios arqueológicos se ven en la actualidad como montículos de tierra cubiertos de hierba, conocidos localmente como "ceritos" (pirámides) y "mesas" (plataformas monumentales): así son los sitios de Cerro de las Mesas, San Lorenzo y La Venta, para sólo mencionar los más conocidos de la región. Sólo la presencia del material arqueológico, en su mayoría cerámico, es el indicador que éstos son construcciones prehispánicas. Esto causa controversia entre los habitantes (y los visitantes), ya que sólo ven lomas de tierra y no distinguen la existencia de pisos, muros, remodelaciones y todo resto estructural expuesto, por lo que se sienten con el derecho de usarlos como banco de material para la elaboración de ladrillos. Los trabajadores de la ladrillera que encuentran a diario fragmentos de vasijas y figurillas, entienden que hay elementos arqueológicos, pero no los asocian a edificios, que en su imaginario son de piedra, como los de

Teotihuacan, Chichen Itzá o Tajín; así que en sus cortes sólo ven tierra idónea para su actividad.

Otra complicación es el hecho que el sitio arqueológico se extiende en varias parcelas que pertenecen a varios ejidos (unidades político-administrativas) del municipio, con diferente dueño y diferentes intereses sobre el uso del terreno. Al tener un sitio dividido espacialmente, los trabajos arqueológicos y el acceso de los visitantes se restringen según el consentimiento de los propietarios, y caminar de un edificio a otro requiere cruzar entre predios a través de cercas con alambre de púas. Ante estos factores, la reconstrucción digital se plantea como estrategia frente al avance constante de la extracción de tierra, los obstáculos por inmuebles habitacionales y la vegetación, la ausencia de acabados diferenciales en la superficie de los edificios y las limitaciones de movilidad entre los predios; con el fin de dar a conocer las dimensiones generales del sitio, de la cantidad de edificios y el progreso arquitectónico durante los 1000 años funcionales de La Joya.

A nivel social, se pretende dar a conocer a los habitantes del lugar, y al público en general, los modelos tridimensionales con el fin de proporcionarles una herramienta de conciencia en la protección del patrimonio arqueológico, esto bajo el supuesto de que no se puede cuidar, proteger y sentir como parte cultural propio, aquello que no se conoce, no se entiende y no se apropia. Más allá, en lo político, las reconstrucciones fueron un elemento importante para convencer a las autoridades del gobierno municipal de Medellín de Bravo, Veracruz, de la necesidad de proteger y mantener La Joya, e interesarlos en un proyecto de museo de sitio donde se expongan los hallazgos obtenidos a lo largo de 10 años de investigación. Así, la elaboración de estos modelos funciona como el enlace entre los dibujos arqueológicos y arquitectónicos que sólo los expertos pueden interpretar y el compromiso que tiene la arqueología con la difusión total de los resultados de los proyectos arqueológicos, mediante información más entendible para el público en general y la promoción de su protección.

4. LAS ETAPAS DEL SITIO ARQUEOLÓGICO DE LA JOYA

A lo largo de 10 años de investigación arqueológica se determinaron cuatro etapas constructivas. En cada una

de ellas el aumento en la construcción de edificios modificó el campo visual perceptible.

4.1. Primera etapa constructiva

Durante la primera etapa (figura 2), edificada y ocupada durante el Preclásico Superior (400 a 100 a. C.) hasta el Clásico Temprano (200 a 300 d. C.), aun no se excavaban los bajos que circundaría al área política-administrativa. Se construyó la Plataforma Norte y posiblemente la Plata-

forma Noreste, aunque sólo de la primera se tienen registros de algunos edificios de tipo político (basamento de acceso), religioso (pirámide escalonada) y residencial, los cuales estaban rodeados por un muro perimetral con acceso al sur por medio de escalones (Daneels, 2011).

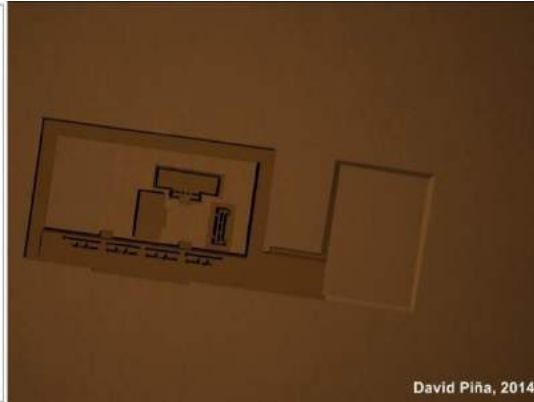
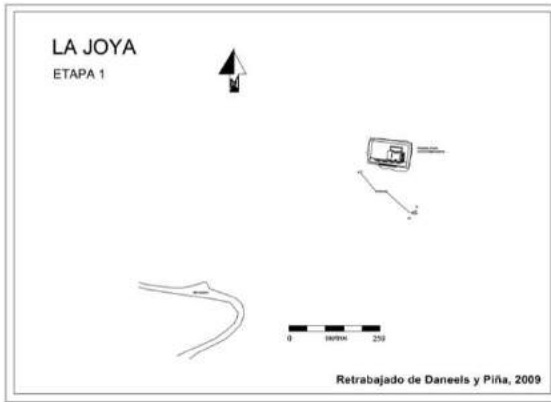


Figura 2. A la izquierda la planta general de la primera etapa, se observa parte del río y como no se excavan los bajos aun. A la derecha, en la reconstrucción tridimensional de la Plataforma Norte (a la izquierda), se incluye la posible existencia de la Plataforma Noreste (a la derecha).

4.2. Segunda etapa constructiva

Para la segunda etapa constructiva (figura 3), edificada y ocupada durante el Clásico Temprano (200 a 300 d. C.) y Clásico Medio I (300 a 500 d. C.), se amplió la Plataforma Norte, nivelándola a la altura del muro perimetral de la primera etapa y se inició la construcción de la Plataforma Este y la Pirámide (Daneels, 2011); aunque no haya evidencias físicas, aparte de una escalinata de acceso, posiblemente también se amplió la Plataforma Noreste. El limo aluvial que conforma la mayoría de los rellenos indica que es en este momento que se excavan los bajos que rodean al área, aprovechados como bancos de materia prima y posteriormente llenados con agua del río por medio de un canal, el cual aun actualmente desvía el agua de las crecidas de río hacia el bajo oeste en temporada de lluvias.

De esta etapa se tiene la mayor diversidad de edificios registrados en campo. En la Plataforma Norte se identificaron además de los anteriores, nuevos edificios de carácter político, como la sala de audiencia, además de encontrar restos de pigmento rojo en los muros de algunas estructuras, es la única evidencia de acabado de superficie diferente al simple alisado de la tierra. Para este momento, ya hay evidencia en la Plataforma Norte del sistema de rellenos estructurados, que consisten en la alternancia como en un tablero de ajedrez de grandes bloques (de 5 m x 5 m, y 1 m de alto) de rellenos arenosos y limo-arcillosos. Esta técnica permite el control de la presión interna de los rellenos de tierra (Daneels; Guerrero, 2011).

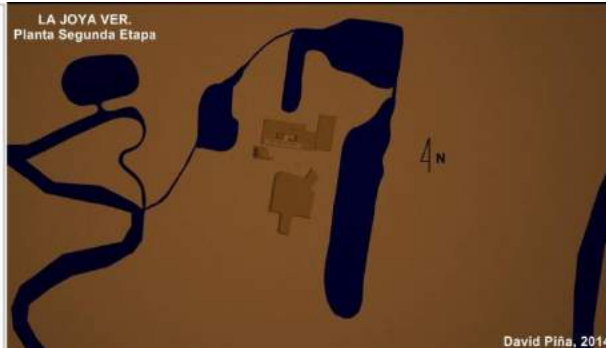
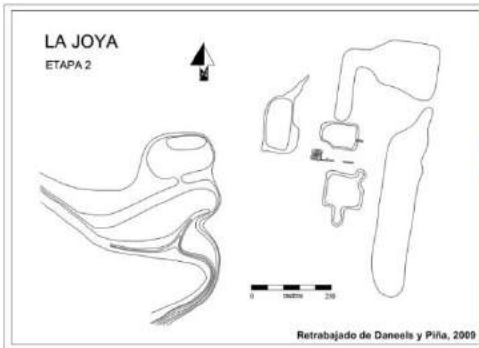


Figura 3. A la izquierda la planta general de la segunda etapa, se observa parte del río y los bajos artificiales que rodean al área política-administrativa. A la derecha, la reconstrucción tridimensional de la etapa, se observan los canales de llenado de los bajos y la distribución espacial de los edificios monumentales.

4.3. Tercera etapa constructiva

Durante la tercera etapa constructiva (figura 4), edificada y habitada desde el Clásico Medio I (300 a 500 d. C.) hasta el Clásico Medio II (500 a 700 d. C.), se continuó con la ampliación de las Plataformas Norte y Este, y se tiene evidencia de un acceso entre la Plataforma Norte y la Plataforma Noreste que une la plaza central con el espacio más bajo al norte del área. En este acceso se registró un muro elaborado con piedras de coral fósil, construido al estilo arquitectónico de talud-tablero y que funcionó como alfarda de una escalinata, infiriéndose su contraparte al este por el principio de simetría (Piña, 2010). Hasta el momento este muro es la única evidencia del uso de piedra con fines arquitectónicos en el sitio, aunque

Daneels ya había reportado un muro de arenisca en 1988 y los trabajadores de las ladrilleras informaron la existencia de muros de la misma piedra en las partes altas (cuarta etapa) de la Plataforma Norte.

El registro más detallado de esta etapa se dio en la saliente noreste de la Plataforma Este, donde se excavó una serie de edificios construidos uno sobre otro, reflejo de la superposición de edificios en las remodelaciones arquitectónicas a lo largo de esta etapa (Daneels et al, 2013). Otro de los aspectos arquitectónicos que modificaron los campos visuales del sitio fue la elevación de la plaza principal, lo que cambia la designación de espacios y su acceso.

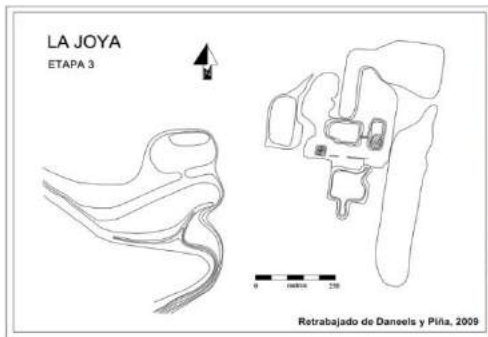


Figura 4. A la izquierda la planta general de la tercera etapa, se observa parte del río y los bajos que rodea al área política-administrativa. A la derecha, la reconstrucción tridimensional de la etapa, se observan los canales de llenado de los bajos y la distribución espacial de los edificios monumentales, así como el área en que se eleva el conjunto arquitectónico.

4.4. Cuarta etapa constructiva

La cuarta, y última, etapa constructiva (figura 5) se desarrolló durante el Clásico Tardío (700 a 1000 d. C.). Como en la mayoría de los casos la última etapa es la más dañada, y en éste no es la excepción, no sólo por la

erosión infligida por el ambiente tropical durante 1000 años desde su abandono, sino también por la destrucción del hombre.

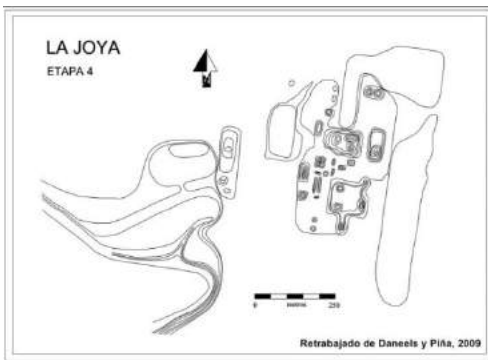


Figura 5. A la izquierda la planta general de la cuarta etapa, se observa parte del río y los bajos que rodea al área política-administrativa el aumento en la cantidad de los edificios muestra la complejidad a la que se llegó en esta etapa, incluso se observa un posible juego de pelota al sur de la pirámide. A la derecha, la reconstrucción tridimensional de la etapa, se observan los canales de llenado de los bajos y la distribución espacial de los edificios monumentales, así como la ampliación en el área en que se eleva el conjunto arquitectónico.

A nivel general el mejor registro es el plano de Escalona en 1937, que sirvió como base para 'amarrar' los levantamientos topográficos que se realizaron posteriormente. Físicamente ya no queda nada de los edificios y de las

ampliaciones durante esta etapa, pero el plano permitió generar los modelos digitales para realizar un análisis visual de las estructuras.

4.5. Interpretación arqueológica a partir de la reconstrucción tridimensional

En la parte académica la reconstrucción se utilizó para el proyecto de investigación 'Los espacios arquitectónicos como reflejo del orden social', llevado a cabo en el posgrado en Estudios Mesoamericanos de la Facultad de Filosofía y Letras y el Instituto de Investigaciones Filológicas de la UNAM, investigación recién concluida. En ella se realizaron recorridos virtuales para reconstruir el trayecto para acceder al sitio, con los campos visuales por fuera y

luego por dentro del área política-administrativa y los campos visuales desde los edificios monumentales. El estudio diacrónico demostró que en el transcurso de sus modificaciones el sitio tuvo una trayectoria de siempre mayor restricción de acceso y de diferenciación del conjunto construido con respecto al asentamiento de la población en torno a él, que refleja una creciente separación y fortalecimiento de las clases dominantes.

5. CONSIDERACIONES FINALES

La aplicación de tecnologías de otros campos en la arqueología está permitiendo crear nuevas tendencias en la investigación de la arquitectura de tierra. Los complejos procesos de extracción e identificación de composición química, que muy raras veces se aplican en los estudios de arquitectura de tierra histórica y moderna, relevó el uso de un aglutinante inesperado, que ha resultado ser efectivo como consolidante en los recubrimientos de protección. Por su parte, trabajar con modelos tridimensionales a una escala en la que se puede manejar, girar, acercar, alejar, poner o quitar elementos, resaltar objetos y hacer transparencia en muros, pisos y

otros elementos arquitectónicos, ayudan a la comprensión de los procesos sociales regulados por la arquitectura.

Elaborar planos digitales en los que los edificios no han sido intervenidos, o no existe evidencia física de ellos, permite relacionar la función de la arquitectura más allá de arreglos y diseños arquitectónicos. Este impacto se pudo observar al momento de empezar a socializar los modelos con los propietarios de los predios, los trabajadores y las autoridades municipales del municipio de Medellín de Bravo, Veracruz. Los dueños de los predios mostraron asombro e incredulidad al comparar las

evidencias arqueológicas reconstruidas digitalmente frente a los restos arqueológicos en campo, tal vez arguyendo ignorancia para evitar que se les acusara de destrucción intencional. En cuanto a los trabajadores está claro que tienen una relación más directa con los restos arqueológicos pensados como elementos arquitectónicos, y no como materia prima para elaborar ladrillos. Después de 10 años de estrecha colaboración, ellos ya son capaces de reconocer e identificar los elementos arquitectónicos en campo al contrastarlos con las reconstrucciones virtuales, observan muros, pisos, accesos y escalones. Claramente su mente reconstruye los edificios, altamente destruidos, cuando tienen como referencia la reconstrucción.

Este proceso es conocido por la psicología de Gestalt (Holahan 2011), donde se reconstruyen los elementos a partir del conocimiento previo de las cosas, en este caso de cómo es una unidad habitación, con sus muros, escalones, pilares y demás elementos arquitectónicos. En la interacción con las autoridades municipales, si bien tenían conocimiento del sitio arqueológico, no dimensionaban realmente los edificios y su configuración espacial. Al mostrarles las reconstrucciones aumentó el

interés sobre la conservación e intervención por parte del gobierno. Por ahora existe el acta de cabildo para la construcción de un museo de sitio a construirse cerca de la pirámide principal del sitio.

Si bien los modelos tridimensionales son una manera más clara para mostrar las evidencias arqueológicas-arquitectónicas en conjunto, está claro que para la divulgación es necesario el manejo de software especializado, una opción a esto es la reproducción de los modelos digitales en modelos físicos, en maquetas elaboradas con impresoras 3D, que ayudarán al público en general a conocer y entender los sitios arqueológicos, principalmente los que no están abiertos al público o que por su grado de destrucción nunca llegarán a estarlo.

En el caso de La Joya, estas reconstrucciones permitirán de ubicar la pirámide en la realidad urbana que tuvo en su momento de uso. Así la fachada que se intenta preservar, para permitir la apreciación directa de esta evidente muestra, hasta el momento única, de la arquitectura monumental de tierra expuesta en la planicie costera del Golfo, deja de ser un monumento artístico aislado y descontextualizado para adquirir plenamente un significado de patrimonio cultural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Daneels, A. (2011). Informe de intervención para paliar los daños ocasionados por el paso del huracán Karl sobre el sitio arqueológico de La Joya, municipio de Medellín de Bravo, Veracruz. Veracruz: Centro INAH Veracruz.
- Daneels, A.; Guerrero Baca, L. F. (2011). Millenary earthen architecture in the tropical lowlands of Mexico. *APT Bulletin*. Vol. 42. No.1. Albany: Mount Ida Press, p. 11-18
- Daneels, A.; Guerrero Baca, L. F. (2012). The La Joya Earthen Pyramid after hurricane Karl, September 2010, on the Gulf coast of Mexico. En: *Terra 2012 – Conferencia Internacional sobre el Estudio y Conservación de Patrimonio Arquitectónico de Tierra*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 1 CD-ROM
- Daneels, A.; Guerrero Baca, L. F.; Liberotti G. (2013). Monumental earthen architecture in the humid tropics of Mexico: archaeological evidence of a millenary tradition. En *Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture XIII. Conference Proceedings*, C. A. Brebbia ed. WIT Transactions on The Built Environment, Vol 131. Ashurst: Wessex Institute of Technology Press, p. 457-468.
- Daneels, A.; Piña A. D. (2013). Preservación y mantenimiento en el sitio arqueológico de La Joya, Veracruz, México. En *13° SIACOT – Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción en Tierra, Memorias*, F. Prado, N. Jorquera y C. Neves eds.: archivo Td - AC - Daneels, Piña. Valparaíso: DuocUC/PROTERRA. 1 CD-ROM
- Escalona, A. (1937). Ruinas de "El Tejar", informe rendido a Luis Rosado Vega, director jefe de la Expedición Científica Mexicana, acerca de diversos trabajos de exploración en las ruinas arqueológicas de El Tejar, Ver. México: Archivo Técnico, Estado de Veracruz, Tomo CXIX, Vol. II, INAH.
- Holahan, C. (2011). *Psicología ambiental. Un enfoque general*. México: LIM USA.
- Kita, Y.; Daneels, A.; Romo de Vivar, A. (2013). Estudio químico para la identificación del aglutinante en muestras arquitectónicas prehispánicas. En *13° SIACOT – Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción en Tierra, Memorias*, F. Prado, N. Jorquera y C. Neves eds.: archivo Tb - AC - Kita, Daneels, Romo. Valparaíso: DuocUC/PROTERRA. 1 CD-ROM
- Piña, D. (2010). *Arquitectura de tierra: secuencia constructiva de una estructura en el sitio de La Joya de San Martín Garabato*. Tesis de licenciatura en arqueología. Tenancingo de Degollado: Centro Universitario Tenancingo de la Universidad Autónoma del Estado de México.

AGRADECIMIENTOS

Los trabajos presentados en este artículo fueron posibles gracias a los permisos otorgados por el Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia de México, y el apoyo institucional y financiero de la Universidad Nacional Autónoma de México, por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (Proyecto PAPIIT IN405009 – incluyendo la beca de licenciatura del primer autor - e IN300812) y por la Coordinación de Estudios de Posgrado (beca de maestría).

AUTORES

Aarón David Piña Martínez, Arqueólogo por la Universidad Autónoma del Estado de México. Egresado de maestría en el Posgrado en Estudios Mesoamericanos de la Facultad de Filosofía y Letras y el Instituto de Investigaciones Filológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Desde 2009 colaborador del proyecto Exploraciones en el Centro de Veracruz.

Annick Daneels, Arqueóloga, con doctorado en Arqueología y doctorado en Antropología, investigadora titular del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM. Desde 1981 a cargo del proyecto Exploraciones en el Centro de Veracruz, especializada en el desarrollo sociopolítico y económico de las culturas prehispánicas del Golfo de México.

1.5 Recuperación de la memoria histórica. Restauración de la Parroquia El Carmen de San Miguel de Santo Domingo. María Bernadette Esquivel Morales

María Bernadette Esquivel Morales

ICOMOS Costa Rica. bernadette.esquivel@gmail.com

Palabras claves: comunidad, recuperación, memoria histórica, técnica tradicional, adobe, sensibilización

Resumen

En un país en que la construcción en tierra no es una práctica común desde hace más de 100 años, la restauración de una pequeña iglesia de adobe -de las pocas existentes- ha causado asombro y admiración en varios sectores de la población costarricense. Para la comunidad local la restauración significó un despertar de la memoria histórica de la época constructiva de la fundación de la ciudad.

La recomendación de cambiar el sistema constructivo del adobe, adoptado por la clase política gobernante en 1910, tras un gran terremoto, fue motivado en parte por la búsqueda de seguridad de la población pero también por presión económica para la introducción de nuevas tecnologías constructivas.

Las clases dominantes adoptaron inmediatamente las nuevas técnicas de construcción mientras que en las clases de menores ingresos se continuó construyendo con adobes y bahareque pero en una escala mucho menor, llegando a desaparecer poco tiempo después. Actualmente la construcción con estas técnicas está prohibida por nuestro más reciente Código Sísmico sin mediar mayor investigación. Sólo la restauración de las edificaciones antiguas es permitida para dar cumplimiento al mantenimiento que requiere la Ley de Patrimonio actual.

La restauración de la iglesia se realizó en su primera etapa con fondos otorgados por El Centro de Patrimonio gestionados por el Comité de Apoyo de la Parroquia El Carmen, junto a la Comisión de Patrimonio y el Concejo de Distrito del distrito de San Miguel de la Municipalidad de Santo Domingo de Heredia. Este esfuerzo conjunto, además de generar conocimiento de la técnica constructiva, inició un proceso de sensibilización que ha sido continuado para fortalecer la conservación del patrimonio cultural local y lograr incidir en las autoridades y profesionales del país, para ejecutar acciones y revalorizar las técnicas constructivas en tierra.

1. ANTECEDENTES

La construcción en tierra en Costa Rica se remonta a tiempos prehispánicos, demostrado por fragmentos de casas indígenas en donde se marca la estructura del bahareque prehispánico, con una forma muy similar a la caña de Castilla que se observa en construcciones del siglo XIX. Estos fragmentos han sido estudiados por arqueólogos y se encuentran en exhibición en el Museo Nacional de Costa Rica.

Como resultado de la revisión de archivo que hiciera Arnoldo Moya¹ (1998 apud Fumero, 2010, s.p) sobre el período colonial cartaginés, anota que muchos de los inmuebles tenían clara influencia del románico españolizado pues especifican la "existencia de un patio interior claustreado, alrededor del cual se dispusieron los diferentes aposentos", muy similar a las que aún se conservan en países como Nicaragua, Honduras y Guatemala, pero que en Costa Rica ya son comunes, las casas de adobe y bahareque que aún están en pie fueron construidas a mediados del siglo XIX.

De construcciones antiguas en adobes se cuenta con crónicas de viajeros como John Hale, quien en 1825 describe las casas coloniales de la ciudad de Cartago, antigua capital de Costa Rica. Según Fumero (2010, s.p), tal descripción posibilita mirarlo que fuera la fisonomía de una ciudad de poco más de 40 cuadras e imaginar la vida y arquitectura colonial:

La casas consisten de un piso bajo únicamente, cuyas paredes están hechas de adobes o ladrillos de una arcilla que parece tierra... Las puertas, las ventanas y los techos son de cedro y éstos con tejas. Los pisos tienen por lo general un pavimento de ladrillo cocido al fuego, cuya forma varía según el gusto del propietario. Las puertas de las mejores casas están ornamentadas con una estría hecha por medio de un escoplo, porque carecen de cepillos de bocel. La puerta del pobre es de

una estructura más humilde y original... Las ventanas son iguales a las que se usan en la mayor parte de los países de la América española: una reja de barrotes torneados colocada en un marco con una, dos o tres hileras de travesaños, según la altura de la ventana. Las paredes interiores de las casas son enlucidas, encaladas o pintadas a la aguada y algunas resultan de mucha fantasía. No ví en la provincia una sola ventana de vidriera... En todas las otras villas las casas están construidas del mismo modo.

Los sistemas constructivos del país fueron cambiando a raíz de varios terremotos que afectaron la zona y causaron gran destrucción. Los sismos de San Estanislao (1822) y San Antolín (1841) también introdujeron cambios en las tipologías constructivas del país.

Según una investigación realizada por el historiador costarricense Iván Molina a partir de 111 mortuales del Valle Central, se puede deducir que para el terremoto de San Estanislao, la mayoría de las casas de la zona estaban elaboradas de teja, adobe y madera (87.91%), mientras que 10 eran de teja, adobe, bahareque y madera (10.98%). (...) De tal forma, podría considerarse que una de las decisiones que se tomó luego del terremoto es fomentar el uso del bahareque por considerarse en ese momento en sistema más seguro y estable ante los terremotos (Fumero, 2010, s.p).

Fumero (2010, s.p) refiere que posteriormente al terremoto: "...se solicitó que se proporcionara el horconaje necesario para hacer un galerón utilizando la madera que se rescató, se comprara caña y se ordenara que se construyera de "bahareque [sic], evitando para lo sucesivo la ruina que ahora se ha experimentado", de esta manera se promovió su utilización y el reforzamiento de sus elementos. Fue entonces en el terremoto de San Antolín, en 1841, en donde se dieron los primeros lineamientos para la construcción segura emitido

en 23 de octubre de 1841 con el objetivo de: "reedificar la ciudad, normar los sistemas de construcción existentes y tomar las providencias para poder financiar la construcción de los edificios públicos" (Fonseca; Garnier, 1998, p.167), siendo el primer antecedente del actual Código Sísmico 2010 (Colegio, 2010).

Fumero (2010, s.p) relata que El Código establecido por Braulio Carrillo en 1841 establecía "...tres maneras se puede construir, a saber, sobre paredes de cal y canto o tierra, sobre horcones fijos en el suelo, o sobre marcos de madera colocados por base del edificio, y en ellos la horconadura que los sostiene..." con una altura promedio de 4,5 varas para lograr buena ventilación, además se deshecha la construcción de casas de dos pisos por lo que no son usuales y en la actualidad solamente se conservan 2 casas de dos plantas en todo el país.

No solo el temor generado por los daños causados a las edificaciones existentes motivó estos cambios; Costa Rica se encontraba en medio de un pulso político luego de la declaración de Independencia que influyó también en el afán de modernidad que se concretó estableciendo recomendaciones para estos cambios que favorecieron a comerciantes de la élite gobernante.

Pero no fue sino hasta el terremoto de 1910, llamado de Santa Mónica, del 4 de mayo de 1910 que se emitió una recomendación de no utilizar más el adobe.

El día 2 de setiembre de este año a las 6:30 de la mañana se sintió un fuerte temblor, que en menos tiempo, de un minuto aruinó los edificios de la ciudad y barrios... la gente de esta ciudad, compuesta de 16 a 18 mil almas, quedaron bajo las ruinas, y por una rareza admirable solo murieron 16 personas entre párvulos y adultos... El centro de la ciudad, compuesto de 600 casas grandes, y hermosas y a más los edificios públicos, todo fue destruido cayendo completamente 291 de aquellas, el resto inútil y



Figura 1. Imagen de la ciudad de Cartago después del terremoto de 1910. Disponible en: www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=340099

amenazado ruina, a excepción de 4 casas de piedra, 5 de horcones y 3 de tierra [adobe] solamente pueden componerse. Lo adornaban 7 templos de los cuales 5 se inutilizaron de un todo, y 2 admiten composición (Fumero, 2010, s.p)².

Este gran terremoto cuya magnitud fue medida entre 7 y 7,9 grados en la escala de Richter³ con una duración de 16 segundos marcó un hito en la historia de la construcción en tierra el país. A pesar de la gran destrucción que relatan los cronistas de la época, muchas fotografías demuestran que la destrucción no fue total como se puede observar en la figura 1. Las evidencias fotográficas posteriores al terremoto demuestran que gran cantidad de edificaciones permaneció en pie, pero fueron demolidas ante la incertidumbre creada. Fumero (2010, s.p) cita que "algunos hablan que destruyó el 60 por ciento, otros que el 90 por ciento de la ciudad de Cartago". Las clases políticas y económicas de la época fomentaron la introducción de nuevos materiales constructivos como la lámina metálica troquelada que fue utilizada para forrar las paredes en la construcción de gran cantidad de casas junto al bahareque francés adoptando la tipología criollas a dos aguas de las antiguas casas de adobe y en mayor cantidad la tipología Victoriana.

Desde entonces las nuevas construcciones en adobe y bahareque tradicional fueron menos frecuentes hasta que se dejaron de construir por completo. Sin embargo, las edificaciones de las otras provincias del país, que resistieron este gran terremoto, no fueron destruidas y muchas de ellas permanecen de pie y en buen estado ante continuos sismos a lo largo de estos 104 años.

Al día de hoy, estudios realizados sobre el terremoto de Santa Mónica han demostrado que la destrucción se dio, no solamente por el tipo de edificación existente, sino por las condiciones del suelo y la superficialidad del epicentro que corresponde a la falla de Aguacaliente de Cartago que pasa por la ciudad.

Fernández (2000, p. 9) cita "Al ser Costa Rica un país tropical con un elevado índice de precipitación y también altamente volcánico, es de esperarse que los suelos sean en su mayoría lo suficientemente suaves como para amplificar las ondas sísmicas cuando ocurre un terremoto"

Hoy día se conoce que el terremoto de Santa Mónica fue un sismo superficial aumentado por las condiciones de suavidad del suelo efecto de las altas precipitaciones y un suelo altamente volcánico que contribuye a amplificar las ondas sísmicas. Uno de las localidades que conserva mayor cantidad de casas en adobe y bahareque en buen estado es Santo Domingo de Heredia, cantón de la provincial de Heredia, al norte del Valle Central, muy cerca de la nueva capital San José. En San Miguel, distrito del cantón de Santo Domingo se encuentra una antigua iglesia construida con adobes, una de las 5 únicas iglesias que aún permanecen en pie en la actualidad.

2. UBICACIÓN

2.1 Establecimiento del asentamiento de San Miguel de Santo Domingo

San Miguel es el distrito 03 de Santo Domingo, Cantón 04 de la provincia de Heredia. Una provincia importante en las crónicas de los primeros años de la época de la

Colonia Española, al contar con grandes reservas indígenas como lo fue el asentamiento de Barva, el cual

pasó luego a ser una de las mayores reducciones indígenas de la zona norte del Valle Central.

Fue en el actual distrito de San Miguel, en el hoy conocido Barrio El Socorro, antigua Hacienda los Zamora, donde se establecieron los descendientes de Sebastián de Zamora, Alférez Real⁴, poseedor de cantidad de terrenos en Santo Domingo de Heredia y con residencia en Barva y Cartago, en esa época dos de los principales asentamientos del país. Estas tierras se dedicaban a la agricultura de subsistencia y a la ganadería vacuna, mular y caballar administradas por algunos de sus nueve hijos (Bolaños, 1999).

Su hijo mayor Antonio Aurelio Zamora heredó esas tierras, parte de las cuales aún conservan sus descendientes, las actuales familias Zamora, Ocampo, García, además de las familias de apellidos Villalobos, Azofeifa, Rodríguez, Gonzáles y otros, que en gran cantidad todavía viven en los ocho distritos de Santo Domingo y han mantenido muchas de las edificaciones en tierra que les fueron heredadas.

Esta concentración de población y su espíritu de trabajo, consolidó a Santo Domingo su paso de Villa a Ciudad en 1816. (Bolaños, 1999). Para entonces ya existían varias algunas ermitas, en su mayoría de adobe a lo largo de los diferentes núcleos poblacionales del cantón, las cuales fueron derribadas para dar paso a nuevas iglesias con mayor capacidad. La topografía montañosa y la riqueza del terreno de la zona de San Miguel motivó que ésta se dedicara principalmente a cultivos por lo que la mayor concentración de población del cantón, así como los

poderes políticos, económicos y religioso, se estableciera específicamente en el cruce de los caminos indígenas en la zona más plana del área.

Esta relación de zona urbana y rural aún se mantiene, siendo San Miguel una zona con un hermoso paisaje cafetalero que es una muestra del paisaje cultural de Santo Domingo de Heredia producto de la bonanza cafetalera de la época de mediados del siglo XIX. En la figura 2 se puede apreciar el traslape de los caminos indígenas en cuya convergencia se ubicó la primera plaza⁵ de Santo Domingo y la conexión con la parroquia el Carmen con el barrio El Socorro, sitio donde se estableció Aurelio Zamora en el centro.

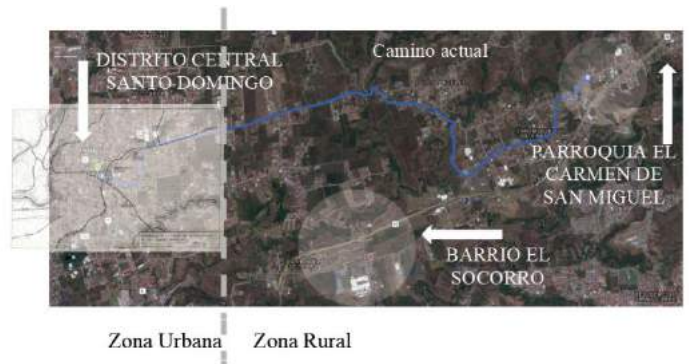


Figura 2. Ubicación de la ermita dentro del contexto del Cantón de Santo Domingo de Heredia.

2.2 Iglesia de Nuestra Señora El Carmen de San Miguel de Castilla

Ubicada en el antiguo Barrio de San Miguel, la pequeña parroquia llamada actualmente Nuestra Señora El Carmen en San Miguel de Santo Domingo fue construida en los terrenos donados por dos vecinos de la zona, Don Santos Chacón, quien donó la mayor parte, solicitando a su vecino contribuir para que la iglesia contara con mayor espacio.

Se construyó en al menos dos etapas constructivas sin que se haya podido determinar claramente la fecha inicial. Según fuentes orales, la primera etapa data de 1827 y la segunda de 1878 aunque existen referencias de una ampliación posterior.

Estas referencias se encuentran además en los registros de Presbítero Augusto Thiel⁶ en los relatos de sus visitas realizadas en la zona e iniciadas en 1880.

Monseñor Thiel dejó un amplio registro de las visitas canónicas realizadas a todos los pueblos de su diócesis en *...donde se le hacía un gran recibimiento, recibido por la Banda militar o la Filarmonía, niños oradores, las calles adornadas, repique de campanas y pólvora, la entrada pontifical del Prelado a la iglesia, la visita al Santísimo Sacramento, la visita de altares y del bautisterio; la revisión de los libros sacramentales y todos los utensilios* (Herrera Sotillo, 2009, p.13)

En el Decreto del 13 de julio 1888 para Santo Domingo Monseñor Thiel recomienda: *Exhórtese a los vecinos de San Miguel que arreglen bien su templo. Los vecinos de San Miguel nos*

recibieron con muestras de gran regocijo. La ermita estaba algo dañada a causa de los temblores, y es bastante pobre; pero el señor obispo exhortó a los vecinos a reparar pronto los daños y a conservarla como un monumento dedicado al príncipe de la corte celestial⁵ (Herrera Sotillo, 2009, p. 258)

La evidencia de la existencia de una ampliación en el área de la denominada ermita se encuentran en el Decreto No 26 del 31 de julio 1895 en que se lee: *...en la ermita de San Miguel debe retirarse del servicio una casuya blanca ya deteriorada, debe haber a lo menos un misal con las misas novísimas. 'Se debe aumentar unas cinco varas el terreno de la ermita y todo ha de titularse debidamente'. Los ornamentos han de asearse de tiempo en tiempo⁸. (Herrera Sotillo, 2009, p.414).*

Desde las crónicas de Thiel, no existen muchos registros de cambios o intervenciones sufridos por la iglesia. La familia de Don Santos Chacón continuó por muchos años con el mantenimiento y custodia de la iglesia, más aún después de que fuera declarada como Patrimonio Histórico Arquitectónico de Costa Rica, ya que desde que paso a ser patrimonio nacional, la iglesia católica⁹, propietaria del inmueble dejó de darle mantenimiento y hasta las colectas de las dos misas semanales pasaron a sumar fondos para la nueva iglesia construida frente a la nueva plaza de San Miguel.

A esta nueva iglesia fue llevada la imagen de San Miguel, tomando su lugar en el altar la imagen de Nuestra Señora El Carmen.

2.3 Intervenciones previas a la Parroquia El Carmen

La iglesia ha sufrido diversas intervenciones sin que se tenga registro de cada una de ellas. Personas de la comunidad hablan de una primera intervención de la cual no existe registro, en la que se le colocó el repello de concreto, según don Angel Calvo¹⁰ con el fin de "darle mayor fortaleza". Esta creencia se popularizó alrededor de los años 70s en los que se sustituyeron cantidad de revocos en muchas edificaciones de la zona.

Posteriormente, en el año 1982 se registró una intervención realizada por el INV¹¹, dado que aún no existía la institución a cargo de la conservación del patrimonio cultural como lo es actualmente El Centro de Patrimonio¹². En esta intervención se realizaron obras que fueron documentadas en una memoria que cuenta con un levantamiento de planos anteriores y luego de la intervención. Se constatan las siguientes intervenciones que han producido alteraciones a la integridad del inmueble:

- a. Movimiento de sitio del campanario. La torre del campanario se movió desde el borde del atrio de la iglesia hacia la pared de la entrada frontal, fundamentándolo en que en este último sitio estaría mejor apoyado.

Alteraciones: Se limitó el acceso al campanario por lo que se trasladaron las campanas hacia otra nueva torre construida en concreto para tal fin.

- b. Eliminación del coro. Se consignó que la estructura era débil y era mejor removerlo completamente.

Alteraciones: Se eliminó un elemento muy propio de las iglesias de esta época que servía como escalón de acceso al campanario anterior.

- c. Eliminación del vitral de arco medio punto situado sobre la entrada principal. Se observa en fotografías que varios de sus vidrios de color azul y rojo se encontraban quebrados.

Alteraciones: Se quitó la iluminación bicolor que ingresaba con la luz del oeste sobre la entrada principal.

- d. Se quitó el forro de madera tallada de las columnas de toda la iglesia. Dejaron las columnas como postes de madera sólida lisa de 15 cm x 15 cm. Sin más ornamento.

Alteraciones: Se eliminó la elaborada decoración del interior de la iglesia con un aspecto similar a los camerines aún existentes.

- e. Se unificó la altura de los techos. Eliminando el techo del altar que tenía una altura superior con ventanas a los costados.

Alteraciones: Se restó iluminación natural al altar además de ventilación al interior del inmueble provocando mayor humedad al interior.

En las figuras 3 y 4, nótese la diferencia en el campanario y la puerta principal con su vitral de arco de medio punto. Las campanas originales fueron trasladadas a un nuevo campanario construido en 1982 cuando se modificó el sitio original sobre el pórtico de entrada



Figuras 3 y 4. Estado de la iglesia alrededor de los años 60s y su estado actual.

Además de estas acciones, la iglesia también ha sufrido pérdidas de elementos originales, debido a normas eclesásticas producto del Concilio Vaticano II eliminando por completo el púlpito, el confesionario, la baranda del altar y las bancas con nombres de las familias importantes de la zona. Si bien estos elementos no son utilizados actualmente en los actos religiosos, constituyen parte de la historia del lugar.

3. MEMORIA DESCRIPTIVA

3.1 Técnicas constructivas

Las principales técnicas de construcción en tierra utilizadas en Costa Rica son el adobe y el bahareque. En la mayoría de los casos de viviendas, uso de la mayoría de las construcciones en tierra en el país, se encuentran combinadas las dos técnicas.

...Las casas de Costa Rica son las mejores de Centroamérica para resistir a las sacudidas. Son bajas y largas y están construidas con adobes o ladrillos sin cocer de dos pies de largo y de uno de ancho, fabricadas con barro al que mezclan paja para darle consistencia. Cuando están blandos se colocan con postes entre unos y otros, de modo que el sol al secarlos, los convierte en una sola masa que se mueve con la superficie de la tierra. (Gutiérrez, 2007, p.9)¹³

Varias restauraciones a construcciones de adobe de la época de mediados del siglo XIX constatan que la mayoría de los adobes en Costa Rica tienen las dimensiones descritas por Hale en sus crónicas.

Dicho adobe o ladrillos eran de una arcilla que parece tierra, que mezclan con césped picado bagazo de caña de azúcar, haciéndola pisar por bueyes para que estos ingredientes se amalgamen bien. Luego hacen ladrillos de dos pies de largo por unas doce pulgadas de ancho y cuatro o cinco de grueso, que ponen a secar al sol y duran setenta u ochenta años cuando están bien hechos (Fernandez, 1970, p. 24-25).

Comparaciones de las técnicas constructivas en tierra más utilizadas a lo largo de los países centroamericanos¹⁴ muestran similitudes en las técnicas constructivas utilizando en cada país, las calidades de tierras y pastos de cada zona.

Existen diferencias en los tamaños de los adobes, siendo los de Costa Rica los más grandes y con la sisa de mortero más ancha. Aun así, los adobes del área centroamericana triplican en tamaño a los utilizados en España y otros países del mundo.

3.2 Estudios preliminares para la restauración de la iglesia. Criterios de restauración

Toda intervención en el patrimonio cultural debe regirse al menos por los siguientes criterios:

- a. Máxima investigación
- b. Mínima intervención
- c. Que la nueva intervención sea distinguible
- d. Reversibilidad en la introducción de nuevos elementos, que estos puedan removerse sin causar daño alguno.
- e. Promover una correcta interpretación del edificio evitando confusiones y logrando una comprensión accesible a los usuarios.
- f. Uso de materiales compatibles que no provoquen daño alguno, para ello utilizando las técnicas recuperadas y materiales de la zona.

- g. Concluir con una documentación exhaustiva de la intervención, para lo que se toma el proyecto como parte del trabajo final de graduación para optar por el grado de master.

Siguiendo estos criterios y considerando la limitante de los fondos para la restauración, se realizaron los planos de restauración que fueron donados al Centro de Patrimonio para ejecutarse. Los trabajos preliminares iniciaron con inspecciones y pequeñas calas en las paredes para verificar espesores y estado de los adobes sobre todo en las esquinas que es donde se presentaban los mayores daños. A partir de estas calas y por la recopilación histórica, oral y documental, se realizaron los planos para devolverle a la iglesia los elementos que en la intervención previa había producido alteraciones. El proyecto de restauración planteado incluye actividades que han quedado para una segunda etapa para la cual se continúa con la búsqueda de fondos.

3.3 Primera etapa de restauración

Ante la iniciativa del Comité de apoyo de la Iglesia El Carmen, la Comisión de Patrimonio de la Municipalidad de Santo Domingo inició el apoyo para la restauración de la iglesia y se consiguieron fondos para las acciones prioritarias.

El Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural del Ministerio de Cultura y Juventud aprobó una partida para iniciar la restauración de la Iglesia que incluyó las siguientes actividades prioritarias:

- a. Sustitución de láminas de cubierta. Evitar las filtraciones de agua como una de las principales causas de daños.
- b. Limpieza y recolocación de tejas. Aumentar la vida útil de las tejas originales y las que se sustituyan en beneficio para la conservación de la cubierta y en general del inmueble.
- c. Eliminación de repellos en cemento. Recuperar la transpiración de las paredes de adobe es vital para mantenerlo en óptimas condiciones.
- d. Reparación de grietas en esquinas. Reforzar las esquinas para evitar desplazamientos que puedan afectar la estabilidad y amarrar la cubierta a las paredes.
- e. Resane general de grietas y evitar filtraciones
- f. Revoco general en tierra.

- g. Encalado general para mayor protección.

La preparación de la tierra y la cal como pasos fundamentales en una construcción en tierra se realizó desde el inicio. Se emplearon técnicas tradicionales encontrando tierra y 'pitilla'¹⁵ en los alrededores.

Si bien el proceso de restauración fue contratado a un profesional que ganó el concurso de licitación, se logró que éste contratara a dos operarios que han sido capacitados en talleres y obras de restauración en tierra realizadas previamente¹⁶. Adicionalmente se realizó una rigurosa inspección para asegurar la calidad de los materiales empleados y la aplicación de las técnicas.

Además de la restauración de cubiertas y paredes planteadas en los planos, esta restauración ha sido importante al lograr ir más allá de lo esperado. La restauración de la primera etapa de la Iglesia despertó el interés de la comunidad y del país en general. Quitar los repellos de concreto para dejar al descubierto los adobes centenarios motivo un despertar en la memoria colectiva.

La prensa le dio gran cobertura además de que son pocas las iglesias de este material que aún se conservan porque son muy pocas las restauraciones de construcciones en tierra que se realizan en la actualidad.

3.4 Resultados de recuperación de la memoria histórica de la iglesia

Este proceso de intervención ha dejado los siguientes resultados:

- a. Constatación de las dos etapas constructivas según la memoria oral de la comunidad.
- b. La existencia de una antigua puerta lateral que ha sido sellada con bloques de adobe que corresponden a la segunda intervención.
- c. La existencia de pintura mural en la jamba de la puerta bloqueada con evidencia de que se hubiera extendido a otras paredes.

- d. Constatación y rescate de algunas piezas del cielo raso original pintado a mano tal y como lo recuerdan los ciudadanos de mayor edad.
- e. Recuperación y restauración de la piletta bautismal de mármol de carrara.
- f. Recuperación de piezas del confesionario y otros objetos utilizados antiguamente en las misas y procesiones.

En la figura 5 se notan los dos tipos de adobe encontrados en la iglesia, que evidencia de dos etapas constructivas y, en la figura 6, un testigo para que los visitantes puedan



Figuras 5 y 6. Puerta sellada que se encontró al quitar el repello de concreto y testigo dejado justo en la parte superior de la puerta.

3.5 Documentación

Se ha dejado un testigo o ventana arqueológica en la que se observa el buque de la puerta sellado y los diferentes tipos de adobes encontrados así como los vestigios de la pintura mural encontrada. Además se han hecho



Figuras 9, 10 y 11.

observar, descubrir e interpretar las circunstancias en las que se bloqueó este acceso. En la restauración de la primera etapa se verificó la existencia de dos tipos de adobe en las paredes de la iglesia. Las dimensiones de los adobes son similares, lo que cambia es la composición de la tierra y el moldeado.

La sección más larga contiene adobes de 30 cm x 60 cm x 15 cm con las cuatro caras lisas, sin estrías, ni otro tipo de moldeado, a diferencia de los adobes de la segunda sección, que contiene marcas en las caras que corresponden al ancho del adobe; esta sección es la más pequeña y corresponde al altar actual con una medida equivalente a las 5 varas a las que se hace referencia en los escritos de monseñor Thiel.

exhibiciones de los elementos encontrados para que puedan ser observados por los visitantes además de una memoria del proceso de restauración. La figura 9 muestra parte de la exposición realizada con los hallazgos encontrados como la tabla del cielo raso original pintada a mano en la parte inferior de la imagen y el movimiento de recuperación de otros objetos y fotografías relacionadas al templo. La figura 10 muestra la importancia que el adobe tiene en el arte nacional, ya que fue inspiración para muchos artistas plásticos que crearon todo un movimiento alrededor. La figura 11 es parte de la reinauguración de la piletta bautismal recuperada y puesta en uso de la comunidad.

3.6 Calas arqueológicas y arquitectónicas para documentación

Se realizó un proceso de investigación junto a la arqueóloga Ana Cristina Aguilar. Se inició el trabajo en la esquina sobre la esquina que no tenía loseta de barro en un área de medio metro cuadrado, que resultó tener una capa de concreto sobre una cama de arena de aproximadamente 0,80 m de profundidad de una intervención no registrada.

Se removieron las losetas de barro contiguas, en un ancho de 0,60 m, ancho aproximado del cimiento que se esperaba encontrar. Se retiraron más losetas de barro, las cuales se encuentran colocadas sobre una capa de barro bajo la que se encuentran piedras bola, colocadas cuidadosamente sobre otra capa de barro formando una especie de calzada muy similar a las calzadas indígenas encontradas en otros sitios.

Cavando más en la línea de plomo de la pared, se pudo constatar que no hay piedra ni ningún tipo de cimentación bajo la pared en la esquina sur. Se pudieron observar dos hiladas de adobe bajo el nivel de suelo terminado y más abajo se encuentra tierra natural compactada.

Buscando el cimiento a mayor profundidad, se excavó hasta 0,80 m de profundidad apareciendo mucha humedad en la tierra y posteriormente llenando de agua un volumen de unos 5 galones de agua. Con la mano se pudo sentir la corriente de agua constante que viene en dirección N-S.

La zona cercana a la iglesia es conocida por contar con muchas vertientes de agua por lo que lo más conveniente en este caso es dejar fluir el agua como naturalmente lo ha hecho por muchos años. La arena encontrada en la esquina del área de trabajo, que anteriormente habían tenido algún problema de humedad en ese mismo sitio, por lo que se hicieron algunos trabajos como rellenar con arena.

Resultados y conclusiones preliminares de esta primera cala arqueológica:

- La humedad y afluente de agua encontrada ya había sido intervenida anteriormente aunque no hay registros de ello ya que en el sitio había una cama de arena.
- En ese agujero de arena y tierra se encontraron varios fragmentos de barro con acabado de cal con los colores encontrados en la jamba de la puerta clausurada, esto puede indicar que la iglesia mantuvo pintura mural que fue removida en alguna intervención anterior.
- Existe una cama de piedra bajo la loseta de barro original que podría haber sido parte de un primer piso. Para confirmar esto se debe verificar en otros puntos si esta capa de piedra se encuentra bajo todo el piso de la iglesia.
- No se encontró ningún tipo de cimiento ciclópeo en la cala investigada, por ello es imprescindible realizar

calas en otros puntos para determinar si esta condición se da en toda la iglesia o solamente en esta esquina por alguna razón a determinar.

- De confirmar que las paredes no cuentan con un cimientado, se debe determinar si son las columnas las que tienen cimientado necesario y son las que soportan las cargas de la cubierta y las paredes son solamente un cerramiento por lo que no sería un grave problema estructural.
- Es necesario profundizar más en la investigación para poder establecer las recomendaciones finales.

Los resultados de la primera cala dejan al descubierto la falta de cimientados en esa esquina. Se observó que los adobes de la esquina están colocados sobre la tierra



Figuras 12, 13 y 14. Etapas de la investigación

La figura 12 muestra el inicio del procedimiento, registrando paso por paso en una esquina que no tenía loseta de barro; la figura 13 presenta la área final descubierta, donde se puede observar la cama de piedra bola, así como el agujero que se encontraba relleno de arena gruesa; en la figura 14, la cantidad de agua que emerge de la vertiente bajo el piso de la iglesia.

compactada o terreno firme, a unos 60 cm bajo el nivel de piso terminado.

Con esta única muestra no se puede concluir que la iglesia entera no tenga cimentación de ningún tipo. Por lo que se ha solicitado al Centro de Patrimonio del Ministerio de Cultura permiso para realizar dos calas más para verificar las siguientes hipótesis:

1. Que la estructura principal que soporta la cubierta se encuentra apoyada sobre las columnas las cuales deben haber sido construidas con basamentos independientes.
2. Que en la fase más reciente si existe cimentación bajo las paredes de adobe.

El Comité de apoyo a la restauración de la Iglesia El Carmen de San Miguel solicita la aprobación para no volver a colocar la loseta de barro en esta área y dejar expuesta la piedra. Esto se puede hacer con un vidrio que soporte el tránsito peatonal y que pueda ser observado por los visitantes como parte del registro documental de la iglesia

3.7 Segunda etapa de la restauración

Se espera poder realizar una segunda etapa de restauración de la parroquia en la que se continúen trabajos urgentes como la consolidación de la loseta original y se le devuelvan elementos, inmuebles y muebles que son parte integral de la iglesia y permanecen aún en la memoria colectiva de la comunidad. De la mayoría de ellos aún existen vestigios que permiten volver a colocarlos con toda certeza.

Entre los elementos inmuebles tiene:

1. El coro situado en la esquina nor-oeste de la iglesia, orientado hacia el altar. Estructura de madera adoptada sobre 4 columnas y escalera adosada a la pared.
2. Los barandales del altar.
3. El campanario que fue desplazado de su sitio.
4. El vitral en forma de arco sobre la puerta principal del que se tienen fragmentos del vidrio.

5. Los forros de las columnas de madera similares a los de los camerines según fotografías antiguas.

Entre los elementos muebles de los que se han encontrado:

- Partes del confesionario.
- Los candeleros de bronce.
- La alcancía de madera con altar para imágenes.
- Los portavelas para las procesiones.
- Los anillos de los candeleros de las columnas con espejos.
- Las fuentes de losa para colocar el agua bendita.

Todos estos elementos han sido exhibidos a la comunidad y generado gran regocijo. Aún no se tienen los fondos para la restauración pero se están preparando los planos para incorporar los ajustes necesarios según los avances en la recopilación fotográfica e histórica generada en la primera etapa.

4. ANÁLISIS CRÍTICO

4.1 Carencia de investigación en el tema

A partir de 1910, año en que se incrementaron las recomendaciones para el cambio del sistema constructivo de adobe, recomendándose entonces el uso de las técnicas de bahareque francés y la utilización de láminas troqueladas, se inició el proceso de eliminación de toda construcción en tierra en el país. Las personas más adineradas utilizaron las nuevas técnicas y de ellas se puede observar algunas en Cartago principalmente; las

personas de menos recursos utilizaron la abundancia de madera como material predominante.

Las consecuencias de la falta de investigación han llevado a:

- Proceso de la pérdida de la técnica tradicional que se venía realizando casi en todo el país.

- Desvalorización del sistema al considerarse en desuso
- Inexistencia de arquitectura en tierra contemporánea.

La falta de cuestionamiento acerca de las necesidades y oportunidades relacionadas con la construcción en tierra han dejado que las técnicas tradicionales casi des-

parezcan por lo que si eventualmente se quisiera volver a la construcción, el proceso de recuperación debe hacerse desde la base. Es por ello que se ha venido trabajando en la recuperación del sistema tradicional para lograr su revalorización y apropiación de comunidades y autoridades.

4.2 Bases Legales

La primer norma que trató sobre las construcciones para que éstas fueran sismorresistentes, de acuerdo con la tecnología de la época, fue promulgada por Braulio Carrillo⁵⁴ en 1841, norma que fue olvidada una vez que le dieron el Golpe de Estado en 1842. En 1910, ocurrió el terremoto de Santa Mónica, en la provincia de Cartago, siendo Secretario de Fomento el Lic. Cleto González Víquez que promulgó oficialmente el primer Código Sísmico del que se tenga conocimiento en Costa Rica. Una vez que fue Presidente, fortaleció aún más este Código, el cual ha servido de base para llegar al código sísmico vigente en el país.

El pasado año 2010, fue ratificado, en El Código Sísmico de Costa Rica, la prohibición de construir en adobe por considerarse un peligro para la vida humana. El bahareque siguió la misma suerte siendo que consiste en un sistema constructivo que bien construido resulta muy resistente y seguro. ...*Se prohíbe el uso estructural de materiales y*

sistemas constructivos como el adobe, el tapial, el bahareque relleno y la mampostería sin refuerzo en los sistemas sismo resistentes de todas las edificaciones y obras afines a ser construidas en el territorio de la República de Costa Rica (Colegio, 2010, apartado 1.1, inciso f).

Si bien existe una base legal para detener la construcción en tierra en Costa Rica, no existe una base técnica que lo sustente. A nivel profesional, la responsabilidad de la construcción en tierra la asume completamente el profesional con las implicaciones legales que ello conlleva. Ya se han realizado conversaciones con el CFA – Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, quien regula el ejercicio profesional de ingenieros y arquitectos en el país y cuyos miembros integran la comisión que elabora y revisa el Código Sísmico del país, para analizar las investigaciones y normas existentes en otros países y lograr una apertura a la investigación y ejercicio de la profesión en las técnicas tradicionales y mejoradas en tierra.

4.3 Resultados de las investigaciones en otros países

Son extensas las investigaciones que se realizan en todo el mundo para conocer a fondo los sistemas constructivos en tierra, su valoración, estudio estructural y recomendaciones para mejorarlo. Muchas de estas investigaciones han logrado el establecimiento de lineamientos y normativas de construcción en tierra que

logren aumentar la calidad y por tanto la seguridad de las personas que habitan en estas construcciones y ciudades. Establecer las redes necesarias y buscar apoyos en los ámbitos académicos, profesionales y gubernamentales es vital para lograr que la construcción en tierra en Costa Rica no desaparezca del todo.

4.4 Limitaciones y potencialidades de la restauración de la Iglesia

La restauración realizada en la iglesia El Carmen contó con varios tipos de limitantes, siendo fundamental la limitante económica la cual determinó las acciones a seguir. Si bien no se realizó una restauración integral del inmueble, esta primera etapa dio pie a conocer mejor los lineamientos del trabajo a seguir. Por el momento, el apoyo de la comunidad ha sido vital en este proceso con quienes se ha extendido el proceso de sensibilización y

capacitación el cual se ha extendido hasta la casa colindante, de los descendientes de Don Santos Chacón, para lograr establecer un conjunto histórico que abarque varios inmuebles de la zona. Este potencial de la zona a partir de la iglesia ha motivado también la dirección de varios proyectos de graduación de estudiantes de diversas disciplinas enfocadas al rescate y fortalecimiento de aspectos relacionados con la arquitectura de tierra.

5. REFLEXIONES FINALES

5.1 Recuperación de valores a través de la restauración

La restauración física del inmueble le aumentó resistencia estructural al aplicarse técnicas mínimas de reforzamiento en paredes para el amarre de techos. Sin embargo de lo más valioso del proceso ha sido el alcance en diferentes aspectos relacionados a la conservación del patrimonio local. Tal como indica la carta de Burra "La conservación, interpretación y gestión de un sitio debe contemplar la

participación de la gente para la cual el sitio tiene especiales asociaciones y significados" (ICOMOS, 1979, artículo 12). Ninguna restauración estaría completa, si su resultado no involucrara a las comunidades aledañas. La mayoría de los esfuerzos actuales están enfocados en la revalorización por parte de la comunidad local.

5.2 Valores históricos

Se ha logrado el rescate de los valores históricos de una época y el reconocimiento del sitio origen de una comunidad con gran arraigo pero que requería de un estímulo para revalorar su historia y trasmitirla a nuevas generaciones de domingueños. Los tipos de construcción están relacionados estrechamente a los sistemas productivos e insumos del sitio en que se encuentran. Los hallazgos durante la primera etapa de restauración alimentan la documentación histórica del lugar.

5.3 Valores conceptuales

El sentido de lugar se ha reafirmado en una comunidad orgullosa de contar con inmuebles singulares con valores en peligro de desaparecer. ...*el espíritu del lugar está constituido de elementos materiales (sitios, paisajes, edificios, objetos) e inmateriales (memorias, relatos, ritos, festivales, conocimientos), que todos sirven de manera significativa para marcar un lugar dándole un espíritu, declaramos que el patrimonio cultural inmaterial da un sentido más grande y completo al patrimonio y, por consiguiente, se debe tener en cuenta en todo proyecto de conservación y de restauración de monumentos, de sitios, de paisajes, de rutas, de colecciones y de objetos (ICOMOS, 2008b, s.p).*

Una parte importante de la restauración de la iglesia es

lograr el conocimiento de la comunidad mediante la interpretación del patrimonio definida como tal en la Carta para interpretación y presentación de sitios de patrimonio cultural.

Interpretación se refiere a todas las actividades potenciales realizadas para incrementar la concienciación pública y propiciar un mayor conocimiento del sitio de patrimonio cultural. En este sentido se incluyen las publicaciones impresas y electrónicas, las conferencias, las instalaciones sobre el sitio, los programas educativos, las actividades comunitarias, así como la investigación, los programas de formación y los sistemas y métodos de evaluación permanente del proceso de interpretación en sí mismo (ICOMOS, 2008a, p. 2).

5.4 Valores técnicos

Dicho adobe o ladrillos eran de una arcilla que parece tierra, que mezclan con césped picado bagazo de caña de azúcar, haciéndola pisar por bueyes para que estos ingredientes se amalgamen bien. Luego hacen ladrillos 'de dos pies de largo por unas doce pulgadas de ancho y cuatro o cinco de grueso', que ponen a secar al sol y duran setenta u ochenta años cuando están bien hechos

(Fernandez, 2002, p. 15)¹⁶. Las construcciones antiguas, a pesar de su sencillez, cuentan con una maestría en los detalles técnicos que nos enseñan acerca de técnicas de carpintería que a pesar de hacerse con herramientas rudimentarias tenían una precisión envidiable. Las trabas en madera no requerían de ayudas mecánicas como clavos o tornillos logrando una sujeción muy estable.

5.5 Importancia de la calidad de los materiales

- La selección de la tierra es sumamente importante ya que es el inicio de un producto de calidad.
- Se ha corroborado la teoría de que las casas de adobe y bahareque han sido construidas principalmente en zonas en las que la tierra tiene una composición adecuada para ello. Estudios del suelo de La zona de Santo Domingo de Heredia así lo comprueban.

- El uso de tierra con una buena composición y bien procesada garantiza la calidad de los adobes y su mortero de pega y del relleno de las paredes de bahareque.
- Se requiere de un tiempo de al menos dos semanas de batido dos veces por día para lograr una buena homogenización del barro.

5.6 Capacitación. La buena técnica constructiva en la arquitectura de tierra.

La tradición constructiva vernácula contiene valores de sostenibilidad que sin normas demuestran la transmisión del conocimiento ancestral. Las construcciones de adobe del

1. Ubicación (fuera de áreas inundables o terrenos inestables)
2. Selección de la tierra (calidad de la materia prima)
3. Cimientos de piedra (soporte a profundidad adecuada)
4. Sobre cimientos (aislamiento de la humedad del terreno y salpique)

Al ser la humedad el peor enemigo de las construcciones en tierra y ser Costa Rica un país con una alta precipitación se considera que es imprescindible seguir estos lineamientos para conservar y mantener en buen estado las casas antiguas de adobe y bahareque. En la iglesia El Carmen de San Miguel de Castilla¹⁷ se puede

siglo XIX así lo demuestran. Numerosos autores han establecido los siguientes elementos que deben considerarse en la construcción en tierra:

5. Drenajes (evacuación de aguas)
6. Diseño (proporción de masas y vanos)
7. Proporción 3x1 (1 metro de ancho para 3 de alto)
8. Amplios corredores (protección contra el agua)

observar claramente la aplicación de las mejores prácticas para garantizar una buena construcción en adobe, trabas en las esquinas, cañas de castilla en hileras horizontales para amarres entre paredes, aleros amplios y encalados de protección.

5.7 Valores sociales

Como bien dice Taylor (2009), se debe establecer un diálogo entre los planificadores y técnicos acerca de su papel en la conservación y sobre la necesidad de que las intervenciones y acciones sean locales, integrando a las comunidades desde el inicio y considerando las condiciones físico-ambientales y sociales del área, además de las relaciones de éste con su entorno, para fortalecer el paisaje cultural histórico existente. Uno de los obstáculos para el desarrollo de proyectos integrales son los intereses políticos y económicos que se sobreponen a intereses comunes de las comunidades.

Dentro de este contexto, existen comunidades dentro de las cuales se están iniciando experiencias participativas para la conservación de su patrimonio. Santo Domingo de Heredia, uno de los cantones representantes del paisaje cultural cafetalero de finales del siglo XIX, hace esfuerzos para consolidarse como un paisaje urbano histórico enmarcado con las plantaciones cafetaleras aún en funcionamiento, la arquitectura en tierra aun presente en varios de sus distritos, fieles representantes de la bonanza cafetalera que contribuyó a su establecimiento como ciudad, las casas victorianas de la segunda bonanza

cafetalera de 1929 y sobre todo, la permanencia del domingueño, ciudadanos descendientes de una generación que supo transmitir una forma de ser que cien años después aún los distingue.

La transmisión y difusión de los valores sociales de la construcción de la iglesia, por sus técnicas tradicionales y por el sentido de comunidad con la que fueron construidas es una tarea que se realiza constantemente desde y hacia la iglesia El Carmen. Porque la transmisión es crucial para la conservación del espíritu del lugar y para la vitalidad de las comunidades humanas, su transmisión debe también ser fomentada con medios formales: programas educativos, bancos de datos informatizados, páginas Web, paquetes pedagógicos. El espíritu del lugar se transforma durante esas transmisiones y reapropiaciones sucesivas, y esas transformaciones contribuyen para renovarlo, hacerlo

vivo y también para revitalizar las comunidades que lo transportan. Reconociendo que la transmisión intergeneracional es un componente importante para la transmisión y la difusión del espíritu del lugar, recomendamos la asociación y la participación de las jóvenes generaciones en la elaboración de políticas y en la gestión del espíritu del lugar (ICOMOS, 2008b, puntos 11 y 12)



Figuras 15. Talleres comunales a estudiantes para el reconocimiento de las técnicas en tierra y su valor histórico.

Reconociendo que la transmisión intergeneracional es un componente importante para la transmisión y la difusión del espíritu del lugar, recomendamos la asociación y la participación de las jóvenes generaciones en la elaboración de políticas y en la gestión del espíritu del lugar (ICOMOS, 2008b, puntos 11 y 12)

5.8 Valores ambientales

Las construcciones en tierra representan además los valores de sostenibilidad por su bajo impacto al medio al utilizar materiales abundantes de la zona y la no utilización de materiales producidos industrialmente, el reciclaje al

permitir la reutilización de sus componentes, la autorregulación térmica que ha sido objeto de estudios de ventilación, humedad y confort térmico así como otras bondades.

6. CONCLUSIONES

- Las razones históricas a las que se hace referencia, han sido contundentes para la paralización de la construcción en tierra en el país.
- La recuperación de la técnica tradicional ha sido una iniciativa que ya lleva un proceso de un poco más de 7 años en los cuales se han obtenido buenos resultados a nivel de sensibilización y revalorización de un patrimonio modesto pero abundante en el país.
- Como un resultado más de este proceso, se han iniciado alianzas con universidades para incorporar clases

- en la temática así como proponer proyectos de investigación a las universidades del país.
- Se deben establecer las alianzas necesarias para comparar las técnicas tradicionales y mejoradas y aumentar sus resistencias entre los países centroamericanos en primera instancia y entre otros países con técnicas y problemáticas similares para acelerar la reincorporación de la técnica en la memoria colectiva de nuestro país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bolaños V., Rafael (1999). Al Occidente del Abra. Historia monográfica de Santo Domingo de Heredia. Colaboración de Floria Arrea Sierman y la Comisión de Cultura de la Municipalidad de Santo Domingo. Editorial Centro de Estudios e Investigaciones Sociales.
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (2010). Código Sísmico de Costa Rica 2010. Editorial Tecnológica de Costa Rica 2011. Cartago, Costa Rica.
- Esquivel Morales, María Bernadette (2011). Puesta en valor de la arquitectura en tierra. Experiencias desde la Comunidad Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. Revista Herencia, Editorial Universidad de Costa Rica.
- Fernández Guardia, Ricardo (2002). Costa Rica en el Siglo XIX. Antología de viajeros. Introducción, notas y traducción. Biblioteca de Clásicos de la Historia Costarricense, Editorial EUNED.
- Fernández Moya, Aarón. Informe final de investigación: Simulación de un escenario del terremoto de Cartago de 1910, No. 731-A8-160 Laboratorio de Ingeniería Sísmica, Instituto de Investigaciones en Ingeniería Universidad de Costa Rica.
- Fonseca, Elizabeth; Garnier, Jose Enrique (1998). Historia de la arquitectura en Costa Rica. San José: Universidad de Costa Rica.
- Fumero, Patricia (2010). Cartago y sus terremotos: San Estanislao (1822) y San Antolin (1841). In: *Revista Estudios*, I Sección, Historia de Costa Rica. De catástrofes y terremotos en Costa Rica. n.23, 2010. Disponible en: <http://www.estudiosgenerales.ucr.ac.cr/estudios/no23/papers/isec2.html>
- Gutiérrez Rojas, Manuel Elías (2007). La casa de adobes costarricense. San José: Editorial UCR, segunda edición. San José CR.
- Herrera Sotillo, Ana Isabel, 2009, Monseñor Thiel en Costa Rica, visitas pastorales 1880-1901. 1ª ed. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica
- ICOMOS (1979). Carta de Burra para sitios de significación cultural. Adoptada el 19 de agosto de 1979 por el ICOMOS Australia. Actualizada en 1981, 1988 y 1999.
- ICOMOS (2008a) Carta ICOMOS para interpretación y presentación de sitios de patrimonio cultural. Ratificada por la 16ª Asamblea General del ICOMOS, Québec, Canadá el 4 de octubre de 2008. Disponible en: http://www.international.icomos.org/charters/interpretation_sp.pdf

ICOMOS (2008b) Declaración de Quebec sobre la preservación del espíritu del lugar. Transmitir el espíritu del lugar para la salvaguardia del heritage. Patrimonio material e inmaterial, adoptada en Quebec, Canadá el 4 de octubre de 2008. Disponible en: http://quebec2008.icomos.org/es/99_intro_blog.htm

Moya Gutierrez, Arnaldo (1998) Comerciantes y damas principales de Cartago. Vida cotidiana (1750-1820). Cartago: Editorial Cultural cartaginesa.

Taylor, Ken (2009). El paisaje, la memoria y la identidad, como elementos básicos del sentido de lugar y los valores intangibles en su carácter de componentes del concepto de paisajes urbanos históricos. Universidad Nacional de Australia. 12th International Seminar Forum UNESCO - University and Heritage. Hanoi, Vietnam: Hanoi Architectural University

NOTAS

¹ Arnaldo Moya, historiador costarricense, autor de varios libros sobre el periodo colonial en Costa Rica, su arquitectura y formas de vida.

² Texto original se encuentra en El Archivo Nacional (ANCR. Serie Gobernación, Doc. 23, f 191)

³ El estudio de Fernández lo mide como un sismo de 6.4 de acuerdo a las mediciones actuales

⁴ Cargo honorífico cuya función era portar el estandarte real en ceremonias oficiales y días festivos.

⁵ Actual parque central de Santo Domingo.

⁶ Padre de origen alemán, de la orden de los Lazaristas que llegó al país y fue consagrado como obispo de Costa Rica el 5 de setiembre de 1880.

⁷ En carta del Eco Católico del 28 de setiembre de 1889 p. 304 y del 5 de octubre de 1889, p. 314

⁸ Correspondiente al decreto N° 26. El resaltado entre comillas no es original

⁹ Inscrita bajo la figura de las Temporalidades de la Arquidiócesis de la Iglesia Católica

¹⁰ Don Angel Calvo vive frente a la iglesia y fue por muchos años el custodio de la misma

¹¹ Instituto de Vivienda y Urbanismo era la institución pública encargada de las obras del estado

¹² El Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural es la instancia del Ministerio de Cultura y Juventud que de acuerdo a la Ley 7555 es la rectora del patrimonio histórico arquitectónico de Costa Rica

¹³ Manuel E. Gutiérrez R., quien realiza una investigación histórica y análisis técnico sobre este tipo de construcciones, se refiere a los relatos de John Hale (1929) en sus crónicas: Seis meses de residencia y viajes por Centro América, que fueron traducidas por Ricardo Fernández en 1929. John Hale fue un inglés que recorrió Centroamérica, Las Antillas y Colombia y llegó a Costa Rica en 1825. Este mismo año ofreció fundar una colonia con cien familias estadounidenses e inglesas ubicada en la provincia de Heredia sitio en el que aunque nunca se concretó la nueva ciudad, aún se conoce como la Montaña del Inglés.

¹⁴ Comparaciones realizadas en los cursos de la Maestría Centroamericana de Conservación y Gestión del Patrimonio Cultural para el desarrollo realizada en el año 2010

¹⁵ Pitilla es el nombre común de un tipo de pasto silvestre que fue frecuentemente utilizado en las construcciones en tierra del Valle Central de Costa Rica como fibra para favorecer el amarre de la tierra. Actualmente es común verlo en las regiones en que existen las casas de adobe y bahareque y se ha utilizado en el proceso de recuperación de las técnicas tradicionales.

¹⁶ A partir del 2007 se iniciaron los talleres de recuperación de la técnica y mediante otro proceso de licitación en una obra propiedad de la Municipalidad de Heredia se aplicaron técnicas de restauración de construcciones en adobe y bahareque en las cuales se comprobaron y mejoraron los procesos de restauración con técnicas aplicadas en la restauración de esta iglesia

¹⁵ Quien posteriormente escribió el libro: Temblores, terremotos, inundaciones y erupciones volcánicas en Costa Rica 1609-1910, editado por la Tipografía de Avelino Alsina en 1910.

¹⁶ La obra de Ricardo Fernández, que traduce las crónicas de John Hale, fue publicada originalmente en 1929 y tuvo en 1970 una segunda edición de la Editorial Universitaria Centroamericana (EDUCA); esta última versión ha sido publicada por la EUNED, Editorial Universidad Estatal a Distancia en el año 2002. El texto entre comillas no es del original.

¹⁷ Castilla es el nombre del barrio en que se encuentra la iglesia. El parque frente a ella lleva el nombre de Parque de Castilla en referencia a los Reyes de España.

AUTORA

María Bernadette Esquivel Morales, arquitecta experiencia en Restauración. Candidata a Maestría Centroamericana en Conservación del Patrimonio Cultural para el Desarrollo, USAC-UPV-UPM, candidata a Maestría Interdisciplinaria en Gestión Ambiental y Ecoturismo, UCR. Miembro ICOMOS CR e ISCEAH ICOMOS Internacional, Red PROTERRA, Comisión Nacional de Patrimonio de Costa Rica y de la Junta Administrativa de la Casa para la Cultura de Santo Domingo de Heredia.

1.6 Evaluación de aditivos orgánicos para intervención de la construcción prehispánica en tierra del sitio arqueológico de La Joya, Veracruz, México, a través de experimentos en el sitio. Yuko Kita/Annick Daneels

Yuko Kita¹, Annick Daneels²

¹Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, kitayuko@gmail.com

²Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, annickdaneels@hotmail.com.

Palabras claves: trópico húmedo, bitumen (asfalto), estabilizante.

Resumen

La planicie costera del Golfo de México tiene una tradición de construcción monumental de tierra sin protección de piedra o acabado con cal, vigente al menos del segundo milenio a.C. hasta el primer milenio d.C., después de lo cual se pierde. Sin embargo, no se sabía qué tecnología hiciera viable este tipo de arquitectura en las condiciones de trópico húmedo. De allí la importancia de los estudios físicos y químicos y los experimentos de preservación llevados a cabo desde 2009 en el sitio arqueológico de La Joya, en el Municipio de Medellín, Veracruz, que sientan las bases para el desarrollo de un conocimiento y protección de este patrimonio hasta la fecha desatendido.

Los estudios de materiales prehispánicos obtenidos en las excavaciones presentan una granulometría donde predomina la fracción fina (<2 µm) de montmorillonita (arcilla expansiva). A finales de 2012 los análisis de química orgánica revelaron hidrocarburos saturados y aromáticos, y triglicéridos principalmente, que se identificaron como bitumen (asfalto) diluido en aceite vegetal. Esto es un hallazgo hasta la fecha novedoso, demostrando que los arquitectos antiguos ya habían descubierto las propiedades estabilizantes del asfalto en la construcción de tierra.

Para entender la tecnología prehispánica y su potencial para la conservación del patrimonio, se diseñó a partir de la primavera 2013 un programa experimental para averiguar las concentraciones óptimas del asfalto en las mezclas de tierra. Partiendo de la evidencia obtenida de los materiales prehispánicos, se construyeron muros experimentales con el fin de monitorear y evaluar su resistencia a la intemperie. La primera serie compara la eficiencia como estabilizante de extractos vegetales, usados en la arquitectura de tierra vernácula de Centroamérica, y de productos bituminosos. Quince meses de monitoreo indican una alta resistencia de los muros elaborados con bitumen. La segunda serie evalúa la concentración de asfalto, el método de elaboración de los productos bituminosos (disuelto en aceite secante, en aceite semi-secante y como emulsión asfáltica comercial) y el uso de geotextil para la preservación. El monitoreo de esta segunda serie de enero a junio de 2014 permitió evaluar la resistencia a las lluvias torrenciales de junio. Hasta la fecha el muro que se preparó con el bitumen disuelto en aceite de maíz resultó ser el más resistente.

1. INTRODUCCIÓN

La tradición constructiva prehispánica de la costa del Golfo se percibió mucho tiempo como una arquitectura primitiva de tierra apisonada soportando construcciones de madera y bajareque. En vista de las condiciones de alta pluviosidad estacional, se consideraba imposible que hubiera arquitectura sofisticada de adobes, como la que hay desde el Sureste de Norteamérica hasta la zona andina. Sin embargo, las excavaciones en el área olmeca del Sur de Veracruz (del segundo y primer milenio a.C.) y ahora las de La Joya (primer milenio d.C.), demuestran la existencia de una arquitectura elaborada similar en todo punto a las tradiciones mesoamericanas de construcción en piedra, pero hecha de tierra cruda (Daneels et al., 2013). En vista de que esta tradición se perdió entre el 1000 y el 1500 d.C., no existen datos históricos o etnográficos que informen sobre la tecnología constructiva que hizo posible tal arquitectura en las condiciones de trópico húmedo, con precipitaciones anuales que alcanzan entre 1500 a 3500 mm, concentradas en los meses de verano, alternando con meses de sequía y vientos huracanados en invierno. Esta investigación es relevante por un lado por la reconstrucción de una tecnología prehispánica hasta la

fecha desconocida, demostrando el desarrollo de una estrategia de estabilización de tierra con asfalto que permitió la construcción monumental en tierra en condiciones de trópico húmedo; por otro lado abre la posibilidad de aplicar un método de preservación de patrimonio arqueológico, afín a la estrategia original. Sin embargo, es un trabajo en curso: están contemplados a futuro estudios más avanzados de micromorfología, composición química, porosidad, resistencia, intemperización de adobes prehispánicos y experimentales, así como un programa de monitoreo continuo del vestigio para evaluar el desempeño de las capas aplicadas y sus efectos. El programa en su conjunto, objeto de un registro minucioso de las intervenciones y de su seguimiento, representa una contribución hasta la fecha única en los esfuerzos de preservación de patrimonio arqueológico de tierra en ambientes tropicales de México. Presentar los avances en eventos especializados como el SIACOT permite obtener la retroalimentación tan necesaria en este tipo de empresa, donde se carece de antecedentes y metodologías claramente probadas y recomendables.

2. ANTECEDENTES

El sitio de La Joya se ubica en el municipio de Medellín, estado de Veracruz, México. Era una capital estatal con un gran complejo monumental, incluyendo una gran pirámide y tres palacios tipo acrópolis (véase Piña; Daneels, este volumen). Desde el siglo XIX han aprovechado la tierra de los edificios para fabricar ladrillos, por lo que actualmente sólo queda apro-

ximadamente un 5% del complejo original. Se empezó el proyecto de excavación para el rescate del sitio en 2004. Fue hasta 2008, cuando se descubrió la fachada de la pirámide principal, que el Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia solicitó una intervención de preservación.

2.1 Deterioros e intervenciones anteriores de la pirámide principal de La Joya

El principal deterioro de la construcción de tierra del sitio de La Joya es el deslav e gradual de tierra por las lluvias torrenciales y constantes. Por lo tanto, en 2009 se empezó la primera intervención, rellenando las grietas de escurrimiento pluvial en la fachada de la pirámide con tierra mezclada con polvo de ladrillo y cubriendo el vestigio con geotextil. Después se aplicaron 3 capas de sacrificio utilizando 1) lodo limoso, 2) una mezcla aguada de limo arcilloso, arena y mucílago de nopal, y 3) limo. Se aplicó por aspersion hidrofugante de silicona (SILRES@BS 1001A, Wacker Chemie AG) en una concentración de 2,5% en agua. Esta capa de sacrificio no resistió a la primera lluvia intensa (50 mm en media hora) y se deslavó. (Daneels; Piña, 2013; Daneels et al., 2014)

En 2010, se experimentó con una capa de sacrificio de lodo y arena con consolidante de EVA base agua

(VINNAPAS@5044N, Wacker Chemie AG) al 0,75% en peso e hidrofugante de silicona base agua (Polvo D, Wacker Chemie AG) al 0,3% en peso, añadiendo también extracto de neem (*Azadirachta indica*) como biocida (ibid.). Esta capa de sacrificio resistió al huracán Karl (250 mm en dos días), pero en la época de lluvia fue invadida por una biopelícula negra. Por lo tanto, se aplicó la misma capa de sacrificio al resto del vestigio en 2011, sin agregar extracto de neem que se creía era el causante de la biopelícula. Sin embargo, después de la época de lluvia del 2012, la capa de sacrificio se llenó de la misma biopelícula, que en la época de secas se levanta causando exfoliación de la superficie de la capa de sacrificio. Ahora se supone que la biopelícula prolifera por las siliconas del hidrofugante, que contienen compuestos orgánicos volátiles que alimentan microorganismos.

2.2 Estudios sobre la construcción prehispánica de tierra

Desde 2009 se estudian las muestras de construcción prehispánica con un equipo de arqueólogos, arquitectos, ingenieros, químicos y biólogos. El análisis de Efluorescencia de Rayos X detectó óxidos de sílice (SiO_2) y aluminio (Al_2O_3) como componentes principales en material de construcción. El análisis de Difracción de Rayos X sobre fracción fina ($< 2 \mu\text{m}$) identificó el tipo de las arcillas en los materiales como esmectita (montmorillonita) principalmente y un poco de clorita. El estudio sedimentológico señala que la fracción fina conforma más del 40 % en todas las muestras y en el caso de los repellos entre 60 y 70%. Estos resultados indican que los edificios fueron construidos con mayor cantidad de arcilla expansiva estabilizándola con algún aditivo orgánico bajo las condiciones de alta humedad. (Daneels; Guerrero, 2011)

El aditivo orgánico para construcción de tierra más conocido en México es el mucílago de nopal (*Opuntia spp.*), pero el nopal no es frecuente en la planicie costera. En El Salvador para adobes o repellos se utiliza un extracto de malva (*Sida rhombifolia*) o de guácima (*Guazuma ulmifolia*) (Ohi; Girón, 2000), plantas también abundantes en La Joya. Con base en estos antecedentes se empezó desde 2012 a estudiar los residuos orgánicos en las muestras prehispánicas por métodos de química analítica orgánica en el Instituto de Química de la UNAM, con el Dr. Alfonso Romo de Vivar del Laboratorio de Productos Naturales. Mediante espectroscopia de infrarrojo (IR), resonancia magnética nuclear (RMN) y espectrometría de masas (MS) se identificaron los componentes principales: hidrocarburos saturados y aromáticos, y triglicéridos. (Kita et al., 2013a)

Por el alto contenido de hidrocarburos y ésteres aromáticos, los espectros de las muestras de construcción prehispánica no coinciden con los de extractos vegetales recientes. Los hidrocarburos y ésteres aromáticos se pueden interpretar como materiales petrolíferos: bitumen o chapopote (Kita et al., 2013a). Se refuerza esta interpretación con el uso de bitumen de afloramientos de petróleo crudo a lo largo de la zona costera del Golfo por las culturas antiguas de la región, como decoración de figurillas de barro e impermeabilización de vasijas y canoas (Culpepper, 1971; Daneels, 2006).

En cuanto al uso para la construcción de tierra, se conocen pisos impermeabilizados con una capa de bitumen del periodo Preclásico, tradición que continúa a la fecha (Wendt; Lu, 2006; Wendt; Cyphers, 2008). Para mezclar bitumen con tierra, se necesita cambiar su estado sólido o viscoso al estado fluido, lo que es posible con aceite (Espinosa, 1859). Así, los triglicéridos de las muestras podrían provenir de un aceite vegetal (Kita et al., 2013b).

Las culturas antiguas del Medio Oriente, Egipto e Indo también han aprovechado el bitumen como cementante o impermeabilizante (para una síntesis reciente, véa Connan 2012). Por su parte, la estabilización de tierra con emulsión asfáltica es una tecnología ampliamente aplicada desde finales del siglo XIX en ingeniería civil y construcción de tierra (California Research Corporation, 1963, Hall et al, 2012; Houben; Guillaud, 1994; O'Connor, 1973). En EE.UU. en los años 1930's se empezó a utilizar emulsión de asfalto para la intervención de patrimonio construido en tierra (Chamov, 2011; Olivier, 2000). Sin embargo, aún no se había encontrado evidencia del uso de asfalto disuelto en la antigüedad.

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La investigación anterior aportó a la comprensión de una antigua tecnología de construcción de tierra mesoamericana que no había sido reportada aún y abrió nuevas perspectivas a los estudios arquitectónicos, arqueológicos, antropológicos y de conservación de este patrimonio cultural construido de México. Sin embargo, resta comprobar el uso intencional de bitumen disuelto en

aceite en la construcción prehispánica y evaluar su viabilidad para la protección del vestigio arqueológico de La Joya, usando una tecnología la más cercana posible a la original, en vista que los intentos previos con polímeros vinílicos e hidrofugantes de silicona no habían resultado satisfactorios.

3.1 Origen de las sustancias orgánicas en materiales de construcción prehispánica

Están en curso los análisis de materiales petrolíferos, midiendo la concentración y proporción de las sustancias orgánicas (hidrocarburos saturados y aromáticos, compuestos de Nitrógeno-Azufre-Oxígeno y asfaltenos) y la distribución de biomarcadores (esteranos y hopanos)

para identificar el origen de material petrolífero por cromatografía líquida y de gases (CG), análisis isotópico carbono estable ($\delta^{13}\text{C}$) y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG/EM), según el protocolo de GeoMark Research Ltd. (2013).

3.2 Comprobación de la efectividad de aditivos orgánicos en el sitio

Paralelamente se está evaluando la resistencia a la intemperie de muros experimentales hechos in situ con diferentes aditivos orgánicos, a fin de buscar alternativas para la preservación de la construcción en tierra, junto con estudios de deterioro en laboratorio de los mismos

materiales. El presente trabajo se enfoca a los resultados del monitoreo de las dos series de muros experimentales construidos en el perímetro protegido de la pirámide principal del sitio de La Joya.

4. PRIMERA SERIE DE EXPERIMENTOS (2013)

4.1 Selección de estabilizantes

Como aditivos orgánicos para estabilizar tierra se seleccionaron dos extractos vegetales y dos productos bituminosos. Se utilizaron el extracto acuoso de malva de flores amarillas (*Sida rhombifolia*) y el extracto acuoso de guácima (*Guazuma ulmifolia*), con base en la dicha información etnográfica y su abundancia en el sitio de La Joya. El extracto de malva se preparó machacando los tallos, hojas y flores de malva sobre un tronco con un palo de madera y remojando en agua por un día. El extracto de guácima se preparó pelando las cortezas del árbol de guácima, cortándolas en pedazos y remojando en agua por un día; desarrolló burbujas finas que indican la presencia de saponinas, componentes tensoactivos. El extracto de guácima presentó una viscosidad alta, similar al mucílago de nopal, que señala que contiene una cantidad mayor de polisacáridos. Por lo tanto, ambos extractos vegetales retienen agua, que da plasticidad a la mezcla y retrasa el secado. Con base en la evidencia arqueológica, se diseñaron experimentos con bitumen para entender el proceso tecnológico usado en la anti-

güedad. Al hervir bitumen sólido en agua salió una sustancia aceitosa a la superficie, pero sin que hubiera cambio en el peso de bitumen sólido. Con esta agua se preparó la mezcla para los adobes y juntas de mampostería. Después de identificar los triglicéridos en los materiales de construcción prehispánica, se disolvió bitumen en aceite. Se utilizó este bitumen líquido fluido al 1% en volumen de la mezcla para los revocos. Se seleccionó aceite de linaza (aceite secante), ya que lo disuelve mejor. La linaza (*Linum usitatissimum*) no existía en Mesoamérica, pero la composición química de su aceite es similar al de la chía (*Salvia hispánica*), una planta endémica de México y utilizada desde la antigüedad como alimento y en la elaboración de lacas (Baughman; Jamieson, 1929; Palma et al, 1947; Vandenabeele et al, 2007). El último experimento usó un producto comercial de emulsión asfáltica base agua (Impertop A, Comex) de aspecto pastoso, para comparar su rendimiento y manejabilidad.

4.2 Construcción de muros

Por lo tanto, fueron 5 muros experimentales: un muro como control [C] (sin estabilizantes); dos muros con extractos vegetales de malva [M] y de guácima [G]; dos muros con productos bituminosos: bitumen [B] y emulsión asfáltica comercial [A]. Cada muro se construyó con mampostería de adobe del tamaño de los ladrillos que fabrican en el sitio (24 cm de largo x 13 cm de ancho x 5 cm de alto), con 80 cm de largo x 28 cm de ancho x 80 cm de altura desde el suelo. En la superficie de cada muro se aplicaron 3 capas de revocos: grueso, intermedio y fino bruñido, dividiendo en 5 franjas el muro para aplicar 5 revocos: C (control), M (malva), G (guácima), B (bitumen) y A (emulsión asfáltica) respectivamente.

Para el muro C, se utilizaron los ladrillos crudos fabricados por ladrilleros locales para construir el muro de mam-

postería. La mezcla para juntas y revocos fue de tierra arcillosa local del banco de los ladrilleros, agregando paja (5% del volumen de la mezcla) y agua. Para los adobes, juntas de mampostería y revocos de los muros M y G, se utilizó la tierra arcillosa local, agregando 5% del volumen de la mezcla y el extracto vegetal acuoso que requirió la mezcla. El muro B consistió en un muro de mampostería de adobes fabricados con el extracto acuoso de bitumen sólido y pajas al 5% del volumen de la mezcla, utilizando misma mezcla para las juntas. La mezcla para revoco se hizo con tierra húmeda, paja (5% del volumen), bitumen diluido en aceite de linaza (1% del volumen) y agua. Para el muro A, la mezcla para los adobes, juntas y revocos consiste en tierra húmeda, paja (5% del volumen de la mezcla) y emulsión asfáltica comercial (1% del volumen).

4.3 Monitoreo por 15 meses (desde marzo de 2013) y evaluación de la primera serie

Como se podía esperar, los revocos de los muros de extractos vegetales [M], [G] se secaron menos rápido que el muro de control [C] y por ello no se agrietaron como el revoco del muro C. Después de fraguarse, el revoco del muro de bitumen [B] no cambió el color de la tierra, mientras el del muro de emulsión asfáltica [A] cambió el

color a un poco más oscuro. Un mes después, en abril de 2013, se observó un notorio cambio de color en los revocos de M y G al café rojizo, como consecuencia de la oxidación de los extractos vegetales por los intensos rayos del sol de la época seca.



A partir de junio de 2013, con el inicio de la época húmeda, la velocidad de deterioro aumentó. En julio una parte del muro C ya se estaba desintegrando, los muros y los revocos de M y G se fueron deslavando más progresivamente. Todos los muros y los recubrimientos con productos bituminosos (B y A) resistieron mucho mejor a las lluvias torrenciales y huracanes, impactando desde el Norte (a la izquierda en la Figura 1). El deterioro severo del muro C también se debe también a que los ladrillos crudos no contienen paja. La paja trabajó como una red que retiene tierra, aglomerando la estructura del adobe.

Figura 1. Monitoreo por 15 meses de los muros de prueba de la resistencia a la intemperie (1ª)

5. LA SEGUNDA ETAPA DE EXPERIMENTOS 2014

5.1 Selección de estabilizantes

Aunque los muros y los revocos de productos bituminosos (B y A) de la primera serie de pruebas resistieron bastante bien en comparación con los otros muros, tuvieron un deterioro observable a lo largo del año, lo que motivó el planteamiento de una segunda serie de experimentos, aumentando la proporción de los productos bituminosos y variando los métodos de preparación. Como aditivos, se preparó bitumen disuelto en aceite de maíz (aceite semi-secante), bitumen disuelto en aceite de linaza (aceite secante) y emulsión asfáltica comercial (ImperTop A, Comex). El aceite secante diluye más el bitumen que el aceite semi-secante (1), por lo tanto en un litro de aceite de linaza se disolvieron 450 g de bitumen sólido, mientras

en un litro de aceite de maíz sólo se disolvieron 150 g. Se hizo un experimento también con cal a fin de compararse su efectividad con la de los productos bituminosos, aunque la cal es un estabilizante inorgánico que no se encuentra en la construcción prehispánica del sitio de La Joya. Se utilizó "Calidra" de Grupo Calidra, que es hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) en forma de polvo que se forma al agregarse una cantidad pequeña de agua al óxido de calcio (CaO) (cal apagado en seco). Para poder evaluarlos, se realizó una réplica de estos materiales y sistemas constructivos en el muro de contención del talud norte de la pirámide y en el corte este del vestigio con la modificación sin geotextil o polímero vinílico.

5.2 Construcción de muros

Esta serie cuenta con 10 muros experimentales: un muro sin estabilizante (estándar) [E] y un muro de emulsión asfáltica al 1% [A1] como referencia para comparar con la primera serie; tres muros con productos bituminosos al 6%, de bitumen disuelto en aceite de linaza [L6], bitumen disuelto en aceite de maíz [M6] y emulsión asfáltica comercial [A6]; un muro sin estabilizante salvo la última capa de dos franjas de revocos con bitumen disuelto en aceite de linaza y de maíz respectivamente [El/Em] para averiguar la necesidad de agregar estabilizante a los adobes; un muro con cal al 6% [C6] para comparar con los productos bituminosos; tres muros para evaluar la función de geotextil: [Tg] (tabique - ladrillo cocido - con geotextil), una réplica del talud de contención que se construyó al lado norte de la pirámide, [T] (tabique, la versión de Tg sin geotextil, y [A1g] (emulsión asfáltica al 1% con geotextil), una modificación de [A1]. Para esta serie, se fabricaron los adobes de un tamaño normal en México, 40 cm de largo x 20 cm de ancho x 10 cm de alto (2). Todos los adobes contienen paja picada gruesa al 5% en volumen de la mezcla. Cada muro se construyó con mampostería

de adobes, alternando dos adobes a soga y dos a tizón hasta completar 10 hileras, por lo tanto cada muro mide aproximadamente 40 cm de largo x 40 cm de ancho x 90 cm de alto desde el nivel del suelo. En cada muro se aplicaron 3 capas de revocos: grueso, intermedio y fino bruñido. Para los muros de T y Tg, se utilizaron ladrillos cocidos de tamaño convencional de 24 cm de largo x 13 cm de ancho x 5 cm de alto. Se colocaron cuatro ladrillos en cada hilera dejando un vacío en el centro; se pegaron con una mezcla de lodo con cal hidratada (Calidra) al 2,5% en volumen. Los vacíos del centro fueron rellenados con tierra apisonada. Los muros A1g y Tg se cubrieron con geotextil (poliéster non-woven de 200 g/m²), clavándolo. A los muros T y Tg se aplicaron los revocos iguales que los del muro de contención al lado norte de la pirámide, mezclando lodo, mucílago de nopal (para evitar la evaporación rápida de agua), emulsión asfáltica al 5% en volumen, consolidante EVA al 0,75% en peso, agregando paja solamente para el revoque base. Al muro A1g se aplicaron los revocos igual que A1, con mezcla de lodo y emulsión asfáltica al 1%.

5.3 Monitoreo por 6 meses (desde enero de 2014) y evaluación de la segunda serie

Cuando fraguaron los revoques finos, se observó que todos los aplicados directamente a la mampostería de adobe no presentaron grietas visibles, mientras que los colocados sobre el geotextil o sobre áreas de tierra apisonada presentaron grietas, que se deben a que el geotextil por ser delgado y mal adherido a la pared vertical se cuelga por el peso del lodo.

No se evidenciaron deterioros significativos durante la época seca; solamente después de las primeras lluvias, se observaron pequeños cráteres dejados por gotas de lluvia en la cara superior del muro E. En el muro C6 (cal 6%) se notó la eflorescencia de sales de CaCO_3 (3) y exfoliaciones finas (sobre todo de la cara superior). En la cumbre del muro A6 (emulsión asfáltica 6%) salió una fisura a lo largo de la junta de los 2 adobes superiores. Apenas entrando al mes de junio, un disturbio tropical provocó un

aguacero de 190 mm de lluvia en tres horas, e inmediatamente se vio la diferencia en la resistencia de cada muro. Los revoques del muro E (estándar) se deslizaron completamente y los adobes de la hilera superior empezaron a deteriorarse. El muro E/Em (E con revoques finos con bitumen disuelto en aceite de linaza/maíz) se deterioró de manera muy similar al muro E. En el muro A6 (emulsión asfáltica 6%) los acabados resistieron bastante mejor que el muro A1 (emulsión asfáltica 1%) en el que ya empezaron a quedar al descubierto los adobes. De los 3 muros con productos bituminosos al 6% (A6, L6: bitumen disuelto en aceite de linaza y M6: bitumen disuelto en aceite de maíz), el muro M6 fue el más resistente y quedó casi intacto, solamente se observa una fisura fina a lo largo de la junta de los adobes sobre la cara superior.



Figura 2. Monitoreo por 6 meses de los muros de prueba de la resistencia a la intemperie (2ª serie).

El muro L6 sigue al M6: presenta solamente pequeñas grietas sobre la cara superior y también una fisura fina a lo largo de la junta de los adobes como en el muro M6. La fisura a lo largo de la junta de los adobes se ve más pronunciada en el muro A6 y los revoques de la cara superior ya empezaron a desintegrarse. El muro C6 resistió bastante, sin embargo el deterioro de los revoques de la cara superior es más avanzado que el del muro A6 y los adobes de la última hilera ya están aparentes. En cuanto a los muros con geotextil, los revoques sobre el muro A1g ya se están deslizando poco a poco, dejando al descubierto pequeños sectores de geotextil en la cara superior. Se siguen observando fisuras sobre el muro Tg, y se exfoliaron unas zonas de la cara superior del muro T.

Después de lluvias intensas, los recubrimientos de los muros con geotextil (A1g y Tg) y el del muro A6 se secaron más rápido; los L6, A1 y T se secaron menos rápido y los M6, E y E/Em se quedaron húmedos por mucho tiempo mientras se secaban sus caras superiores. El C6 se quedó húmedo por más tiempo. Sin embargo, el M6 ha resistido más a la intemperie mientras los muros E y E/Em son los menos resistentes de todos, por lo que no se observó correlación entre la velocidad de secado y la resistencia. (Figura 2)

6. APLICACIÓN DE BITUMEN AL CORTE ESTE DE LA PIRÁMIDE

Se está realizando paralelamente un monitoreo de prueba sobre el corte este de la pirámide, donde se evaporaba la humedad capilar del vestigio desde que fue excavado. Después de cubrirse con geotextil y capa de sacrificio con polímeros vinílicos y hidrofugado con silicona, se observó en varios sectores una acumulación de humedad que provocó el desprendimiento de la capa de sacrificio.

Para resolver este problema, era necesario aumentar la permeabilidad al vapor de agua del corte. Por lo tanto se retiró la capa de sacrificio con polímeros y el geotextil.

Después se aplicaron 3 capas delgadas de repello con 5% de emulsión asfáltica, como prueba de material alternativo para la capa de sacrificio de la pirámide. Se vio la efectividad inmediatamente, la humedad capilar del vestigio se distribuyó a toda la superficie, evaporando homogéneamente como lo hacía recién excavada la pirámide sin capa de sacrificio. La nueva capa de sacrificio está resistiendo también a la intemperie de la época de lluvia, aunque empezó a exfoliarse en las partes resaltadas por los clavos que sujetaban el geotextil (4). (Figura 3)



7. CONCLUSIÓN

7.1 Observaciones del monitoreo

El seguimiento de las dos series de muros experimentales y de la aplicación de una capa de sacrificio con bitumen al corte este de la pirámide, resultaron en las siguientes observaciones:

- 1) Los extractos vegetales de malva y guácima fueron útiles al momento de fabricar los adobes o aplicar los revocues, dando plasticidad y reteniendo agua en la mezcla, lo que retrasa el fraguado y en consecuencia evita el agrietamiento.
- 2) Sin embargo, ya que los extractos vegetales son extractos acuosos (se disuelven en agua), no resistieron a las lluvias torrenciales de la época húmeda en esta zona de trópico húmedo y tanto recubrimientos como adobes se deslizaron.
- 3) Los muros estabilizados con productos bituminosos, a pesar de su proporción muy baja (1% en volumen de la mezcla), fueron bastante resis-

tentes a la intemperie, comparado con el muro sin estabilizante y los muros con extractos vegetales.

- 4) Cuando se agregan estabilizantes sólo a los revocues y no a los adobes, el muro no resiste a la intemperie, lo que confirma la necesidad de agregar un estabilizante no solamente a los recubrimientos sino también a los adobes.
- 5) A los 6 meses de monitoreo, el bitumen disuelto en aceite de maíz hizo más resistente el muro de prueba, a pesar de presentar una concentración bituminosa un tercio más baja que el aceite de linaza, por tener menos poder solvente.
- 6) La capa de sacrificio con emulsión asfáltica al 5% es más permeable que la capa de sacrificio actual con polímeros vinílicos e hidrofugante de silicona, y permite la evaporación de la humedad capilar de la pirámide.

7.2 Reflexiones para los próximos experimentos y para un plan de preservación y mantenimiento a futuro

Se estudió la eficacia y el potencial de materiales bituminosos como estabilizante alternativo para la capa de sacrificio de la construcción de tierra en zonas de trópico húmedo. Como antes mencionado, se utilizaba bitumen macizo para la impermeabilización de pisos de tierra desde la cultura Olmeca, técnica que se sigue usando en construcción vernácula de la zona costera del Golfo de México. Para ello se utiliza el bitumen sin mezclar con tierra, por lo tanto forma una capa negra e impermeable, fácilmente reconocible. Utilizando el bitumen disuelto como estabilizante en la construcción de tierra, este ya no se discierne a simple vista, lo que dificulta

su identificación. Como aditivo, la evidencia arqueológica y los experimentos demuestran que es efectivo con los sedimentos locales. Para evaluarlo como estrategia de conservación, están programados estudios de porosidad y resistencia. La experiencia de ingeniería civil indica que hay límites específicos de la proporción de bitumen según la proporción de arcilla que contiene la tierra con la que se mezcla, ya que una cantidad demasiado alta de bitumen encapsula las partículas de tierra y desintegra los materiales. En el caso de la tierra de La Joya, el adobe empieza a desintegrarse agregando alrededor de 10% de bitumen disuelto en aceite de linaza y 15% de bitumen di-

suelto en aceite de maíz. Por lo tanto, bitumen como estabilizante de construcción de tierra no puede llegar a una concentración tal que impermeabilice la estructura. La prueba del talud norte de la pirámide demuestra que los muros con productos bituminosos absorben la humedad capilar y el agua pluvial, y a su vez dejan evaporar esta humedad. Se seguirá el monitoreo a largo plazo con sumo cuidado para reconocer la eficacia de cada material en diferentes proporciones. Para el próximo experimento se enfocará a examinar la permeabilidad al vapor de agua del geotextil con capa de sacrificio con

material bituminoso; comparar la permeabilidad de la capa de sacrificio estabilizada con material bituminoso de diferentes grosores; comparar la resistencia y elasticidad de la construcción de tierra estabilizada con material bituminoso de diferentes concentraciones. Combinado con el programa de análisis de laboratorio, estos experimentos permitirán llegar a formular un plan de preservación y mantenimiento de la pirámide del sitio arqueológico de La Joya, que podría ser útil para otros sitios de tierra en la zona de trópico húmedo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baughman, W. F.; Jamieson, G. S. (1929). Chia Seed Oil. *Oil and Fat Industries*, Vol. 6, No. 9. p. 15-17.
- California Research Corporation. (1963). *The Manufacture and Use of Asphalt Emulsion Stabilized Adobe Bricks*. Richmond: California Research Corporation.
- Charnov, A. A. (2011). 100 Years of site maintenance and repair: conservation of earthen archaeological sites in the American Southwest. *Journal of Architectural Conservation*, Vol. 17, No. 2, p. 59-75.
- Connan, J. (2012). *Le bitume dans l'Antiquité*. Arles: Éditions Errance.
- Culpepper Belt, S. (1971). Veracruz ceramic techniques. Ethnic Arts Council of Los Angeles (ed.) *Ancient Art of Veracruz*. Los Angeles: County Museum of Natural History, p. 38-41.
- Daneels, A. (2006). La cerámica del Clásico en Veracruz, 0-1000 d.Cr. En B. L. Merino Carrión y Á. García Cook (eds.) *La producción alfarera en el México Antiguo, Volumen II; La Alfarería durante el Clásico 100-700 d.Cr.* Colección Científica, Serie Arqueología no. 495. México, D.F.: Instituto Nacional de Antropología e Historia, p. 393-504.
- Daneels, A.; Guerrero L. (2011). Millenary earthen architecture in the tropical lowlands of Mexico. *APT Bulletin*, 42 (1), p. 11-18.
- Daneels, A.; Piña, D. (2013). Preservación y mantenimiento en el sitio arqueológico de La Joya, Veracruz, México. *Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT) 13, 2013, Valparaíso, Chile, Material Universal, Realidades Locales, Td: Patrimonio y conservación*. Valparaíso: Centro de Extensión Duoc y Red Iberoamericana PROTERRA.
- Daneels, A.; Guerrero Baca, L. F.; Liberotti, G. (2013). Monumental earthen architecture in the humid tropics of Mexico: archaeological evidence of a millenary tradition. *WIT Transactions on the Built Environment*, Vol. 131, p. 457-468.
- Daneels, A.; Guerrero, L.; Kita, Y.; Liberotti, G.; Piña, D. (2014). Conservación de edificios prehispánicos de tierra cruda en la costa de Veracruz. Cervantes Reyes, L.A.; Niglio, O.; Sánchez Cruz, P.A. (eds.) *México. Restauración y Protección del Patrimonio Cultural*. Roma: Aracne, p. 109-130.
- Espinosa, P. C. (1859). *Manual de Construcciones de Albañilería*. Madrid: Severiano Baz.
- GeoMark Research Ltd. (2013). OILS 2013. An Internet Enabled, Global Oil Geochemical Database, GIS Mapping System, and Associated Analytical Service Program (Reservoir Fluid Database – Oil Information Library System). Houston: GeoMark Research. Disponible en: <http://geomarkresearch.com/database-products/>
- Hall, M. R.; Najim, K. B.; Keikhaei Dehdezi, P. (2012). Soil stabilization and earth construction: material, properties and techniques. Hall, M. R.; Lindsay, R.; Krayenhoff, M. (eds.) *Modern Earth Buildings. Materials, engineering, construction and applications*. Cambridge: Woodhead, p. 222-255.
- Houben, H.; Guillaud H. (1994). *Earth Construction. A Comprehensive Guide*. London: Intermediate Technology Publications – CRA Terre-EAG.
- Kita, Y.; Daneels, A.; Romo de Vivar, A. (2013a). Chemical analysis to identify organic compounds in pre-Columbian monumental earthen architecture. *The Online Journal of Science and Technology*, Vol. 3, No. 1, p. 39-45. Disponible en <http://www.tojsat.net>
- Kita, Y.; Daneels, A.; Romo de Vivar, A. (2013b). Estudio químico para la identificación del aglutinante en muestras arquitectónicas prehispánicas. *Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT) 13, 2013, Valparaíso, Chile, Material Universal, Realidades Locales, Td: Tecnología e innovación en la construcción con tierra*. Valparaíso: Centro de Extensión Duoc y Red Iberoamericana PROTERRA.
- Kita, Y.; Daneels, A.; Romo de Vivar, A. (2014). Chapopote como Estabilizante de la Construcción de Tierra Cruda. Román Kalisch, M. A.; Canto Cetina, R. E. (coords. y eds.) *Technohistoria. Objetos y artefactos de piedra caliza, madera y otros materiales*. Mérida: Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Yucatán y la Dirección de Estudios Históricos del INAH, p. 174-193.
- Masschelein-Kleiner L. (1995). *Ancient Binding Media, Vanishes and Adhesives*. Rome: ICCROM.
- Mills, J. S.; White, R. (1994). *The Organic Chemistry of Museum Objects. Second edition*. Oxford: Butterworth Heinemann Ltd.
- O'Connor, J. (1973). *The Adobe Book*. Santa Fe: Ancient City Press.
- Ohi, K.; Girón, I. (2000). Los muros de morteros y los materiales para la restauración de la arquitectura de tierra en la zona Casa Blanca. K. Ohi (ed.) *Chalchuapa, Informe de la investigación interdisciplinaria de El Salvador (1995-2000)*. Kyoto: University of Foreign Studies, p. 262-266.

Olivier, A. (2000). *Fort Selden Adobe Test Wall Project –Phase I: Final Report*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute y New Mexico State Monuments.

Palma, F.; Donde, M.; Lloyd, W. R. (1947). Fixed oils of Mexico. I. Oil of Chia-Salvia Hispanica. *The Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 24, No. 1, p 27-28.

Vandenabeele, P.; Ortega-Avilès, M.; Tenorio Castilleros, D.; Moens, L. (2007). Raman spectroscopic analysis of Mexican natural artists' materials. *Spectrochimica Acta, Part A*, Vol. 68, p. 1085-1088.

Wendt, C. J.; Lu, S. T. (2006). Sourcing archaeological bitumen in the Olmec region. *Journal of Archaeological Science*, Vol. 33, p. 89-97.

Wendt, C. J.; Cyphers, A. (2008). How the Olmec used bitumen in ancient Mesoamerica. *Journal of Anthropological Archaeology*, Vol. 27, No. 2, p. 175-191.

NOTAS

(1) Los aceites secantes son de linaza, chía, tung (*Vernicia fordii*), adormidera (*Papaver somniferum*), perilla (*Perilla frutescens*), nuez (*Juglans regia*), cártamo (*Carthamus tinctorius*), girasol (*Helianthus annuus*), etc., los aceites semi-secante son de maíz (*Zea mays*), algodón (*Gossypium spp.*), ajonjolí (*Sesamum indicum*), soya (*Glycine max*), etc. El aceite de oliva (*Olea europaea*), almendra (*Prunus dulcis*), cacahuete (*Arachis hypogaea*), coco (*Elaeis oleifera* o *Elaeis guineensis*), camelia (*Camellia oleifera*), colza (*Brassica napus*), etc. son aceites no secantes; también diluyen bitumen aunque menos que los otros aceites que tienen un valor más alto de yodo. (Masschelein, 1995; Mills; White, 1994)

(2) El tamaño de los adobes prehispánicos del sitio de La Joya era de 80cm x 40cm x 10cm.

(3) La eflorescencia de sales de CaCO_3 en la superficie es producto de la carbonatación de hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) que se disuelve en agua y migra a la superficie.

(4) Los clavos con los que se fijó el geotextil en 2009 están oxidados, cambiando su forma y uniéndose a la matriz de tierra, por lo que no se pudieron sacar sin dañar el vestigio original.

AGRADECIMIENTOS

La primera autora realizó las investigaciones como Becaria del programa de las Becas Posdoctorales en la UNAM en el Instituto de Investigaciones Antropológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México y actualmente como Becaria "Genaro Estrada" para Expertos Mexicanistas otorgada por la Secretaría de Relaciones Exteriores del Gobierno de México.

El proyecto arqueológico en el sitio de La Joya está a cargo de la segunda autora, del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México. Las intervenciones de preservación y los estudios de muestras estructurales prehispánicas de donde derivan los datos aquí presentados contaron con los permisos del Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia de México y recibieron financiamiento de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (PAPIIT IN405009 e IN300812) y del CONACyT (Fondo Institucional 90636).

AUTORES

Yuko Kita, Arquitecta, especializada en conservación del patrimonio arquitectónico por la Universidad Nacional de Artes de Tokyo (maestría) y la Universidad de Tsukuba (doctorado), Japón. Actualmente realiza investigaciones sobre los materiales de construcción en tierra para entender la técnica constructiva original y diseñar los materiales adecuados para la preservación.

Annick Daneels, Arqueóloga (licenciatura y doctorado) por la Universidad de Gante, Bélgica, doctora en antropología por la UNAM, México. Investigadora del Instituto de Investigaciones Antropológicas, responsable del proyecto Exploraciones en el Centro de Veracruz, desde 2004 estudiando arquitectura de tierra como tecnología prehispánica y patrimonio. Miembro de la Red PROTERRA.

1.7 Mejoramiento de la imagen urbana en centros históricos de dos comunidades salvadoreñas. Mario A. Melara/Erick Orellana

Mario A. Melara¹; Erick Orellana²

Secretaría de Cultura de la Presidencia/Dirección Nacional de Patrimonio Cultural
1mmelara@cultura.gob.sv; 2eorellana@cultura.gob.sv

Palabras claves: Patrimonio; Puesta en valor; Mejoramiento; Turismo; Comunidad

Resumen

El patrimonio cultural de El Salvador está, en gran medida, constituido por sistemas tradicionales a base de tierra y elementos estructurales de tipo orgánico y vegetal. Este modesto patrimonio representa la interpretación latinoamericana de estilos traídos durante la colonia en algunos casos, y replicados posteriormente durante la república bajo la misma línea de mixtura estilística; es un conjunto arquitectónico que da forma a las ciudades salvadoreñas y que mezcla estilos históricos en Europa al momento de ser importados a América, no sólo como esquemas constructivos sino también ligados a un modo de vivir.

En El Salvador esta arquitectura muchas veces contextual y muy pocas monumental y grandiosa en términos de escala, es una herencia importante que define parte de la identidad del país y que también muestra muy buenos ejemplos de calidad constructiva. Ciudades como Santa Ana, Zacatecoluca e Izalco son buenas representaciones donde pervive con la modernidad esa muestra de colonización replicada históricamente y que dibuja el paisaje urbano de nuestros pueblos dando cuenta de un momento anterior en el cual la arquitectura en tierra era una integración efectiva con la histórica geografía. Lo sigue siendo...

Este patrimonio edificado, no es cosa del pasado, convive con el presente más actual y ofrece una variedad de formas de interactuar con las sociedades donde está inmerso y contribuir a mejorarlas.

Éste es el caso de los proyectos de mejoramiento de imagen urbana implementados en el marco del Programa de Apoyo Temporal al Ingreso (PATI) llevados a cabo en las tres ciudades mencionadas, en los cuales la coordinación de varias instituciones hace posible el mejoramiento de inmuebles a base de tierra a través de la capacitación, interacción y trabajo laborioso de personas de edades variadas que viven en lugares donde, además de pobreza evidente, existen grandes riesgos sociales, se asume tal condición y se parte de la capacidad de tales personas, de empoderar su patrimonio cultural aprendiendo cosas nuevas, útiles y productivas para su vida, contribuyendo así a la construcción de sus ciudades, y además conviviendo al realizar una labor reparativa, de embellecimiento de preciosas fachadas de tierra repelladas con cal, patrimonio propio de tales comunidades y de escala local. Éstos son algunos comentarios de tal experiencia.

1. NOCIONES SOBRE PATRIMONIO EDIFICADO

El Patrimonio edificado de los países de América Latina se constituye siempre de una arquitectura construida con sistemas tradicionales como el bahareque, el adobe, y por réplicas de las tipologías y configuraciones arquitectónicas de la colonia con sistemas importados como el *deployé* - metal desplegado- o la lámina troquelada durante la república y los inicios del siglo XX. En este caso y para abordar la arquitectura hecha en tierra es necesario decir que ésta, es concebida como patrimonio bajo una óptica particular y distinta de la que se tiene del patrimonio monumental y europeo, que desde la dignidad y modestia de sus materiales, goza actualmente de una simpleza natural moldeada por sus mismos hacedores, constructores locales, albañiles, familias que buscan en ella el cobijo básico para solventar la necesidad. Anteriormente también albergó a las clases más acomodadas de la sociedad salvadoreña cuando los principales centros históricos comenzaban a expandirse, ahí se mezclaron materiales como tierra, adobe, caña brava, barro, molduras de madera, tímpanos calados, balcones remachados de hierro forjado, papel tapiz, y mobiliario importado. Así, se demuestra en cierta forma, que esta arquitectura en tierra de nuestros pueblos es versátil y adaptable a las condiciones y medios físicos, económicos e incluso políticos. Tales muestras, son fácilmente visibles en centros históricos como los que en éste artículo se hacen mención, Santa Ana, Zacatecoluca, en los cuales, a diferencia de la ciudad capital, las dinámicas urbanas no han sido aún tan depredadoras y abrasivas.

En cuanto al Patrimonio Edificado la Carta de Restauo de 1932 (inciso 2 y 3 respectivamente) hablaba de

"documentos históricos y artísticos traducidos en piedra, no menos preciosos que los que se conservan en los museos" y consideraba "el criterio que deriva del propio sentimiento de los ciudadanos, del espíritu de la ciudad, con sus recuerdos y nostalgias". La Carta de Venecia en 1964 (artículo 1) ya afirmaba que la noción de monumento histórico comprende tanto la creación arquitectónica aislada, como el ambiente urbano o paisajístico que constituya el testimonio de una civilización particular, de una evolución significativa o de un acontecimiento histórico. Esta noción se aplica no solo a las grandes obras, sino también a las obras modestas que con el tiempo hayan adquirido un significado cultural.

La Declaración de Ámsterdam 1975 (artículo I, inciso 3) afirmaba que la noción de patrimonio arquitectónico abarca hoy todos los conjuntos construidos que se presentan como una entidad, no solamente por la coherencia de su estilo, sino también por la huella de la historia de los grupos humanos que allí han vivido durante generaciones. Además en el mismo artículo, expresaba y suscribía la abolición de "toda segregación jerárquica entre los conjuntos de mayor interés artístico y los de menor interés". Dicho lo anterior, los conjuntos de América Latina y en el caso particular de El Salvador, forman parte de ellos cuyo valor no depende solo de criterios esteticistas, que de hecho muchos tienen excepcionales muestras de riqueza arquitectónica, sino también del valor vivencial e histórico que le imprimen sus mismos habitantes. Santa Ana y Zacatecoluca, son conjuntos cuya valoración debe verse desde esa óptica. Además dentro de los conjuntos existen hitos urbanos muy destacables como muestras de arquitectura en tierra,

iglesias y algunos edificios civiles se constituyen en los puntos que sobresalen por encima de los tejados de los conjuntos urbanos. Por otro lado hablando de la legislación nacional, la Ley Especial de Protección al Patrimonio Cultural y su Reglamento establece en el Capítulo I, Artículo 3 de la ley, que se consideran además, como bienes culturales todos aquellos monumentos de carácter arquitectónico, escultórico, urbanos, jardines históricos, plazas, conjuntos históricos, vernáculos y etnográficos, centros históricos, sitios históricos, y zonas arqueológicas (CONCULTURA, 2005, p.11).

Gran parte de los bienes culturales de carácter arquitectónico están construidos en tierra. En su artículo 7 establece que *“Los municipios, para los fines de conservación de los bienes culturales de su circunscripción, se atenderán a las normas y técnicas que dicte el Ministerio”* (CONCULTURA, 2005, p.12). Es decir que se establece un orden jerárquico de acción de lo nacional a

lo municipal. En su artículo 8 establece que (CONCULTURA, 2005, p.13) cuando se esté causando daño o estén expuestos a peligro inminente cualquiera de los bienes a que se refiere esta ley, o que, a criterio del Ministerio puedan formar parte del tesoro cultural salvadoreño, éste adoptará las medidas de protección que estime necesarias, mediante providencias que se notificarán al propietario o poseedor de dichos bienes y a las instituciones mencionadas en el artículo 26 de la presente ley.

Lo que estimula a pensar que entonces debe haber un estado claro de cuanto existe y en qué consiste el Patrimonio Edificado del país y por otro lado que aunque existen mecanismos normativos deben predominar también criterios claros para la normalización, control, protección y conservación del patrimonio edificado que vayan más allá de la prohibición y doten a los propietarios o arrendatarios de insumos para la conservación de las edificaciones de su propiedad.

2. RIESGO SOBRE EL PATRIMONIO EDIFICADO

Así, habiendo determinado o esbozado brevemente lo que se constituye como Patrimonio Edificado en El Salvador en cuanto a arquitectura en tierra, es preciso también hablar de la situación existente sobre el mismo, dado que para su conservación a futuro, éste necesita tener solventadas ciertas condiciones físicas, de uso e incluso de tipo inmaterial que garanticen su estado de permanencia. Tales condiciones no se presentan en el común de los casos reunidas en su totalidad, por lo que dichos conjuntos urbanos, como el de Santa Ana o Zacatecoluca, se ven expuestos en mayor o menor grado a deterioro y pérdida. Asimismo se nota una desarticulación e incompatibilidad respecto de su uso, de los intereses de los nuevos propietarios o arrendatarios, de su manejo o ausencia del mismo desde las instituciones municipales y con el resto de arquitectura de distintos materiales, tendencia estilística y periodos temporales posteriores.

Los riesgos que existen sobre el patrimonio son por un lado antrópicos: falta de cuidado de las estructuras portantes y los detalles ornamentales porque no se tiene, de parte de sus propietarios o arrendatarios, la conciencia del valor de estas edificaciones ni del lugar privilegiado que ocupan dentro de la ciudad. Por otro lado, aunque se tenga la conciencia no existen los medios técnicos ni económicos para solventar las intervenciones que los edificios necesitan para ser -conforme a sus sistemas constructivos- correctamente mantenidos, reparados, restaurados, rehabilitados. A esta ausencia se suma entonces el hecho de que tales edificios necesitan ser ocupados para generar alguna rentabilidad a sus propietarios por lo que dada la carencia de los medios, se procede a una intervención convencional a veces provisional e improvisada, para resolver un problema físico que termina agravándose pues, la incompatibilidad de materiales, la superposición de partes, la perforación innecesaria, la adaptación a nuevo uso, sea esta última con dispositivos tecnológicos, ampliación de espacios, o simple mobiliario, sobrepasan la capacidad de los edificios y terminan deformando tanto su rostro urbano, la fachada de características tipológicas heredadas de la colonia, o bien su interpretación republicana, con la consiguiente pérdida de perfiles enteros en los centros históricos. De ahí la importancia de la generación de proyectos de mejoramiento de imagen

urbana de los que se habla en este artículo, que implican la reparación locativa del exterior de los inmuebles, y que sin solventar la raíz del problema ni pretender resolver la totalidad de lo que adolecen las construcciones en tierra, esta alternativa busca la puesta en valor, la renovación de la imagen para lograr un impacto en las conciencias ciudadanas o institucionales locales, municipales que pueda tener un efecto expansivo y activo en la realidad de las ciudades.

En la misma línea, aparte de las intervenciones inadecuadas, existen otros riesgos generados por la falta de recursos de las instituciones encargadas de velar por la conservación del patrimonio para cubrir un amplio rango del territorio nacional. A esto se suma, agravando la problemática, la falta de incentivos para los propietarios y los arrendatarios que estimulen la conservación adecuada de los edificios en tierra. A mediano y largo plazo, la obsolescencia, el abandono, el deterioro, el vandalismo, comienzan a hacer presencia. Cabe mencionar también la necesidad de profundizar en las instituciones encargadas del desarrollo y ordenamiento territorial, el tema de planes que no incurran en acciones que vayan en detrimento y desaparición de la arquitectura y de los barrios que la contienen, sobre todo aquellas proyecciones de obras de ingeniería masivas o bien vías de alto tráfico en sectores donde los criterios culturales y patrimoniales se invisibilizan y tales muestras del pasado, aún vigentes, quedan comprometidas en su materialidad y contexto.

De estas situaciones anteriormente descritas proviene el hecho de que otro tipo de causas también se hagan presentes y amenacen con la desaparición de nuestra identidad arquitectónica en tierra. Los edificios se vuelven propensos a riesgos medioambientales que en situaciones normales no causarían su efecto nocivo sin embargo, ante la vulnerabilidad que presentan estos bienes culturales, sus condiciones pasan de riesgos a daños. Así, las humedades características de nuestros climas, sin el debido mantenimiento preventivo, y las apocalípticas lluvias que caen sobre edificios con poco sobrecimiento, y paredes desprovistas de pañetes o recubiertas con materiales incompatibles, que comienzan a ser erosionadas por el viento y el agua, con techumbres dañadas o con faltantes de piezas irrumpen a diario en la solidez estructural, el

desajuste y pudrición de las piezas estructurales y ornamentales, pequeñas fisuras y grietas no reparadas producto de movimientos sísmicos repetidos se acumulan en las paredes, todo al final deriva en la falta de resistencia paulatina de los elementos de sustentación de las construcciones.

En las edificaciones con poco mantenimiento, la falta de algunas piezas en las partes portantes de los techos permiten el alojamiento de animales, las floraciones de

cianobacterias, producen suciedad, costra y pudrición, el mal ambiente y la contaminación olfativa contribuyen a la inhabilitación y a la percepción negativa de la arquitectura en tierra, hasta que se declara inútil, muchas veces, sin estar considerablemente afectada y pudiendo todavía aportar uso, recurso, alojamiento, habitación a la ciudad. Nótese entonces la presión y el espectro amplio de riesgos y amenazas a los que se encuentran sometidas las edificaciones patrimoniales en tierra.

3. SANTA ANA Y ZACATECOLUCA DENTRO DEL ASPECTO URBANO ARQUITECTÓNICO

En El Salvador compartimos en gran medida la forma y disposición que poseen las centralidades históricas en América Latina, cuyos orígenes se remontan a los antiguos trazados coloniales que fueron concebidos según normas u ordenanzas dispuestas desde la corona española para aquellas "provincias" que fuesen fundadas en el descubrimiento de las Indias Occidentales-, ejemplo de ello son las ciudades de Zacatecoluca y Santa Ana, que muestran una organización espacial bien definida y dispuesta a partir de una plaza central rodeada por la alcaldía municipal -antes conocida como cabildo-, una iglesia o parroquia -que inicialmente eran muy modestas- entre otros edificios que representaban el núcleo central o las manzanas fundacionales que delimitaban el poder administrativo de un territorio.

A partir de las disposiciones establecidas en las leyes de los reinos de las Indias, la iglesia católica tomó un papel importante en la urbanidad misma bajo las venias que se consideraban necesarias materializar en la difusión de la fe católica, especialmente en la edificación de una iglesia parroquial, que ciertamente, no solo abrió las puertas a la doctrina sino que también dio paso a un sentido de identidad muy arraigado en aquellos asentamientos de población indígena -naturales- ladinos y criollos, que iniciaron en algunos casos como pequeños "pueblos de afuera" pero que poco a poco se fueron convirtiéndose en barrios. Así, el barrio como parte de la ciudad es, según Ferro (2010, p. 1869):

Una estructura espacial y urbana, hijo o unidad mínima de la ciudad que hunde sus raíces en los códigos culturales de marcado acento hispánico: se trata de una gramática o lenguaje espacial organizado generalmente por la iglesia -la edificación-, la parroquia -la entidad administrativa-, la plaza, la traza urbana en damero -ajedrez-, entre otros, reproduciendo la unidad mínima de ciudad bajo la autoridad y administración de la Iglesia católica. Esto, por supuesto, ha evolucionado y cambiado, pero las huellas y muchas de sus dinámicas continúan vigentes hasta el día de hoy (...) la mayoría de los barrios se ha fundado y organizado en torno a la parroquia y a las actividades que desde allí se generan. Hay todavía, por lo menos en América Latina, una estrecha asociación e identificación entre barrio y parroquia.

Además los barrios son marcas identitarias indelebles en la vida de sus habitantes, y contenedores de una memoria colectiva que incluye (Ferro, 2010, p.187): Polos de atracción, puntos de tensión, de convergencia, fronteras, jerarquías, continuidades y comunicación entre los diversos elementos urbanos (...) toponimia del barrio,

puntos de referencia, direcciones, nomenclaturas, límites, lugares hostiles o amables, en fin, lugares conocidos por todos.

Dado que los barrios son quienes conforman la ciudad, el aspecto arquitectónico y urbano de los mismos, así como su posición espacial respecto a la centralidad histórica y su ubicación temporal de origen y formación dice mucho de su carácter, identidad, y de lo que es en esencia, como parte de la ciudad que lo contiene. Así para el caso de Santa Ana, en el año 1955 según Armas (1955, p. 14) la circunscripción municipal estaba dividida en nueve barrios (...) Santa Cruz, Santa Bárbara, San Lorenzo, San Juan Las Delicias, Santa Lucía, San Sebastián, San Miguelito, San Rafael y la prolongación del de San Sebastián, llamado Barrio Nuevo". De estos, los seis primeros son los más antiguos, según Armas (1955, p. 14) "Hemos comprobado su existencia en documentos anteriores a 1873. El de Santa Lucía fue pueblo hasta 1855". Posteriormente el de San Miguelito se forma en 1900.

Tales barrios tienen circunscripción a una parroquia representada por un templo alrededor del cual se desarrolla la vida cotidiana en un ambiente dominado, en el caso de El Calvario, El Carmen, (que no aparece especificado), San Lorenzo, por una iglesia que los organiza en conjunto con la plaza central y la catedral, y que dibujan sobre la ciudad una cruz latina, que aglutina o cobija en sus brazos la arquitectura en tierra objeto de este artículo y en consonancia con la dinámica urbana de control espacial y jerárquico mencionado anteriormente.

El caso de Zacatecoluca, que para el año de 1576 ya era descrita como un "pueblo grande" y para 1740 se le reportaban la presencia de indios tributarios, mulatos y mestizos y una cantidad mínima de españoles, no es muy distinto y es un ejemplo de cómo los barrios respectivos hacían clara distinción de las características etnográficas de su población, El Calvario, Santa Lucía, Candelaria, San José y Los Remedios formados paulatinamente alrededor de la plaza últimamente dedicada a José Simeón Cañas, confirman aquello de que los centros históricos y sus barrios son lugares de constante evolución, tensiones, conflictos, además de múltiples significados y connotaciones culturales y, como telón de fondo o escenario pero también como expresión concreta y reflejo de la sociedad, y de su experiencia vital, se encuentra la arquitectura en tierra. En ambas ciudades actualmente lo que se considera patrimonio edificado pertenece justamente o se suscribe a esos barrios mencionados, los más antiguos, en ambos casos y a sus respectivos hitos urbanos.

4. PATRIMONIO CULTURAL EDIFICADO, SISTEMAS CONSTRUCTIVOS TRADICIONALES Y CIUDAD

La organización espacial y la composición del conjunto de un bien cultural inmueble representa la relación de las diferentes funciones que configuran un espacio determinado y el medio que lo hizo posible o que lo configura, esto último es quizás parte de la esencia de su razón de ser, ya que el patrimonio edificado se encuentra inmerso también en diferentes variables o condiciones que aún se mantienen desde sus orígenes y que marcaron su existencia en un tiempo establecido, esta vigencia no sólo radica en la 'materialidad per se' sino que también por definición existe su capital humano que muchas veces no es visibilizado y que desde épocas prehispánicas, la afectación de lo construido ha marcado también los modos de vivir de una sociedad, en la que se han evidenciado las decisiones que construyeron su sentido de pertenencia como parte de la dialéctica de conformación de sus ciudades y que igualmente, imprimieron sus testimonios con la presencia física de sus obras arquitectónicas o civiles como parte de una herencia constructiva que han sabido subsistir desde épocas tempranas en beneficio de su investigación y que hoy en día, han estado siempre a merced de las tendencias a diferentes cambios o transformaciones muchas veces susceptibles de desaparecer.

Así y desde sus albores, la importancia de estos bienes se vinculó a la necesidad de responder a las exigencias reales de un territorio que llevó a soluciones íntegras desde la forma de concebir el objeto mueble específico u objetos utilitarios, partiendo de su pensamiento hasta la complejidad de abstraer y producir fábricas cuyas complejidades fueron concebidas bajo medios o recursos que sean posibles, en especial, de aquellos monumentos históricos que han sido edificados con técnicas constructivas de avanzada según el ingenio de nuestros antepasados, esta manera de figurar su realidad (por simple gusto o necesidad de habitar), ha marcado también la relación entre ciudad y Patrimonio Cultural, una relación intrínseca y contradictoria a la vez, ya que ninguna obra arquitectónica por muy sublime que sea bajo la apreciación de los expertos, no adquiere su trascendencia si la misma población salvadoreña no le da su reconocimiento bajo su calificación social como también, es impredecible conocer la forma en que evolucionará a futuro la comprensión de los procesos que construyen identidad.

Esa conciencia es básica de entender para la debida transmisión de la memoria y para estar en la corriente de aquellos "hacedores" que buscan el espacio estructurante bajo el modelo de ser 'civitas', concepto que posiciona al ciudadano como parte de una visión compartida quien es al final de cuentas, el actor principal del desarrollo de su ciudad y de los que deben ser los verdaderos canales o agentes en la conducción de su patrimonio cultural ya sea material ó inmaterial. Lo cierto es que aunque las condiciones de los bienes culturales inmuebles son cambiantes dentro los Centros y Conjuntos Históricos, le corresponde al colectivo (a la comunidad que la produce) conocer y ratificar sus valores para resguardar las múltiples y simultaneas oportunidades que poseen en sus funciones, y para que en su conjunto, no se vea condenado a un ostracismo que impida difundirse en el tiempo y en el espacio. Bajo esta providencia, se hacen algunas reflexiones superlativas al respecto.

Los bienes culturales inmuebles no deben ser vistos como simples modelos insertados al azar, sino más bien como elementos fundamentales que de forma aislada ó en consecución con otros bienes, son parte de un gran conjunto tácito que debe ser comprendido como una composición unitaria para la salvaguarda de sus valores. Esta acotación es necesaria pues, una vez adquirida una visión circundante dentro de su contexto arquitectónico, aparecen en escena entonces la impresión de un paisaje en donde cada una de estas edificaciones significan componentes importantes de lectura de un territorio específico que hablan por sí mismos de sus carencias en compases a veces acelerados, describe el rol socio-económico que ha jugado para la nación, medita en sus virtudes materiales -los aportes formales dentro del tejido urbano- y profundiza la valoración cultural dentro de su paisaje.

Por ejemplo, una arquitectura tradicional homogénea refleja un producto meditado como forma de reconocer el comportamiento colectivo codificado (legible urbanamente como obra sometida) cuyas edificaciones son atribuidas como parte de un mismo sistema dentro de un lenguaje que es propiamente modular y tendiente a dar continuidad volumétrica.

Se verá por otro lado, una arquitectura tradicional heterogénea que evoca trascendentalmente la personalización de productos como afirmación individual del rechazo a los comportamientos codificados -legible urbanamente como obra unitaria- en donde se alza un edificio como implantación que promueve un frente asimétrico. Las afirmaciones en este sentido recalca el valor en la variedad a veces sincrónica en áreas que son percibidas como "exclusivas" dentro de las ciudades y son parte también de la riqueza misma que ejercen como presencias singulares y necesarias dentro de su tejido urbano. Las muestras de este tipo son muchas en la ciudad histórica de Santa Ana, ya que a medida que el importe económico aumentaba en la época de oro del café, mayor era el auge en contener edificaciones que lo ubicaran como municipio hegemónico de las actividades agroexportadoras a nivel nacional.

Edificios patrimoniales (estructura creada) y territorio (ambiente), son binomios inseparables de la Historia y siempre se verán afectados por la actividad planificadora del hombre por lo que permanecen en constante crisis -por conflicto de intereses- entre los pocos que buscan la condición primaria de conservar en las instituciones competentes y los que a presura buscan la imposición de un uso en repetidas ocasiones inadecuado y disfrazado de un desarrollo que opera a *tabula rasa* dentro de las ciudades históricas, por lo cual y ante los escenarios que sean posibles visibilizar especialmente por nuestra realidad antrópica, se deben estudiar las funciones y el destino del edificio a manera de imperar la adaptación de un uso respetuoso de su integridad edilicia y que a su vez, se acorde a los movimientos y los tiempos que deberá asumir la población ante un modelo impuesto.

Por ello y en la toma de decisiones que sean consecuentes realizar en su protección, debe existir una conciencia crítica que conlleve el análisis de la oferta espacial que produce el edificio en los indicadores reales de ocupación y la retribución económica que ofrece a la población en general en términos de rentabilidad social

que entre otros aspectos, es una condición *sine qua non* que busca equilibrar y compensar la distribución de las cargas que sopesan en los aspectos urbanos y arquitectónicos en función de un recurso a la ciudad a cambio de permitir un uso privilegiado en límites que no sean infranqueables. Lo anterior, se puede lograr mediante una mediación mutua y transparente para que la puesta en valor adquiera niveles altos de objetividad y una participación socio-responsable y comprometida.

El patrimonio edificado representa la capacidad creativa y organizativa del espacio que en consecuencia física, materializan las funciones del hombre y su articulación con la ciudad a la que fue constituida, por lo tanto, cada edificación por muy modesta que sea representa la 'personalización' de una solución constructiva propia ó típica de una localidad específica, sea esta de sostén (estructura), de definición y protección de espacios habitables (cerramientos), de obtención de confort (acondicionamiento natural) o incluso de expresión de imagen o aspecto (decoración o tipología), por lo cual para su intervención, no debe ser tratada ó comparada desigualmente a modelos de otra localidad, sino más bien, debe ser visto desde sus mismas condiciones naturales, sin imponer los gustos del profesional a manera de respetar en la medida que sea posible su autenticidad.

Una edificación histórica permanece en las escenas de los recuerdos de las personas no como "muestra antigua", sino más bien por el acervo, evolución y desarrollo de los pueblos. Es allí donde radica la esencia de lo construido por la sociedad, ya que como vestigio arquitectónico configura la memoria histórica de su pensar y sentir, como también, la construcción material de los sucesos acaecidos en un periodo de la nación, que a su vez, forman parte de una estructura urbana compleja que habla por sí misma de las relaciones conferidas entre los individuos y donde reposó el espíritu de su convivencia. Por tanto, si la demolición de un edificio patrimonial se da bajo la sombra de preceptos infundados que en términos legales sean débiles o ambiguos para su protección, so pena de su nulidad, muchas veces es un efecto derrame que afecta negativamente al cuidado de los bienes culturales.

Es así como la concepción de lo construido debe ser reforzada en la conciencia de la gente como una forma de declaración continua de la propia existencia también como individuos, para que desde la comunidad se exija un buen manejo de la herencia cultural empezando por el desempeño en las capacidades técnicas de los municipios con un sentido de corresponsabilidad para que en sus decisiones no contengan fragilidades conceptuales en el tema de la salvaguarda de su patrimonio cultural edificado, ya que esto último y en los términos en que se amparan sus permisos, a menudo caen en vacíos que son bien aprovechados para realizar un acto deliberado que representa no sólo el borrón de su materialidad sino también la historia de los antepasados y constituye un ataque directo a las imágenes de la rememoración personal, por lo cual, la pérdida misma y la simple substitución por una nueva construcción que en principio no aporte a la resignificación en sus valores culturales, no dignificará la singularidad -constitución física propia- que representó la obra arquitectónica como elemento distintivo o -no aislado- dentro del núcleo urbano, esto es quizás lo más crítico de atender ante las solicitudes que emergen en este sentido a nivel nacional, no obstante,

como forma de redimir este tipo de acción, la sociedad misma es impulsada a reconstruir los recuerdos latentes de su memoria histórica y la convierte en testimonio de su realidad, a manera de revivir y reflexionar solidariamente sobre su pasado compartiendo así la trama sincrónica de los hechos como "lecciones aprendidas" a las futuras generaciones para evitar sus errores.

Todos los centros y conjuntos históricos a los que pertenecen, desde su formación se encuentran en procesos de transformación continuos -condiciones socio-económicas, culturales y componentes antrópicos variantes- por lo cual, aun cuando existan planos distintos en una misma localidad, debe someterse al actual momento con una cosmovisión de identidad colectiva para asegurar su permanencia.

En el rubro de artes y oficios tradicionales de la construcción, los edificios patrimoniales representan magníficas obras arquitectónicas en las que el constructor libera el pensamiento consciente y creativo sobre todo en la disponibilidad y el aprovechamiento de los recursos propios -materia prima local- que, además del conocimiento adquirido en la praxis -casi con la vocación de artesanos ciertamente instruidos- ocuparon lenguajes que siguieron estándares estéticos universales convirtiéndose así en artistas bien preparados y distinguidos que pudieron materializar y desarrollar técnicas tradicionales para la construcción entre estos el adobe, el bahareque o quincha, tapiapisada, toba o talpetate, calicanto, lámina troquelada, madera, deploye, mampostería no confinada (ladrillo de barro cocido y mortero a base de cal) y sus respectivas combinaciones y modificaciones que se utilizaron ampliamente en toda la región centroamericana y cuyos principios hoy en día siguen vigentes. Esta oportunidad de habitar dignamente tuvo un gran impacto en la población salvadoreña, ya que las edificaciones fueron configuradas como una forma de construir ciudadanía y reconocer al espacio en una unidad fija pero dinámica dentro en un continente integrado o como respuesta no segregada a su medio, abierto a la ciudad pero sobre todo, que sean únicas y verdaderas muestras de la identidad de los pueblos. Este aporte notable en su lenguaje tipológico nacido a la virtud de la nación durante varios periodos, dista mucho de las nuevas soluciones urbano-arquitectónicas que hoy en día se realizan en aras de la 'modernidad' que profesan los profesionales del ramo y que generalmente son atribuidas a conceder el desarrollo inmobiliario en función del máximo aprovechamiento económico del suelo (con la especulación del mismo), abarcando la división de los usos y ofreciendo la oferta 'tipo clúster' en la distribución casi serial o prototípica de las unidades habitacionales que separan los estratos sociales de un territorio.

Es por eso que es necesario reconocer que a partir de estas reflexiones, el patrimonio cultural edificado constituye un componente importante en las ciudades que dadas sus peculiaridades siempre representan un potencial que pueden generar cambios positivos a la ciudadanía y es cuando también, en ese sentido de relevación existirán iniciativas que son distinciones particularmente interesantes que deben ser difundidas que en este caso, marcó una experiencia realizada desde la Secretaría de Cultura, cuya transmisión es esencial compartirla en este presente artículo.

5. ACERCA DEL PROGRAMA DE APOYO TEMPORAL AL INGRESO (PATI) Y SU CONTEXTO SOCIAL

Tras la fuerte crisis económica que experimentó la República de El Salvador durante el transcurso del año 2009, en el que el crecimiento decayó al menos un 3,1%¹ en el producto interno bruto anual, El Salvador tuvo fuertes impactos en los indicadores socio-laborales que mostraron un constante deterioro sobre todo, en lo relacionado al empleo que, distintivamente de los sectores más estructurados, su desarrollo ha estado vinculado con el incremento de las personas ocupadas que principalmente son más percibidas en aquellas ramas productivas que han contribuido en mayor cuantía a la composición del PIB, a raíz de lo anterior, se estimó que entre los años 2007 y 2009, más de cien mil salvadoreños pasaron a ser desempleados o subempleados en el país (FUSADES, 2009), lo que representó una tasa de desempleo igual al 5,9% de la PEA (población económicamente activa) y que alcanzó en el año de la crisis, un porcentaje del 7,3% aprox. que afectó aún más a los jóvenes que evidentemente estaban bajo una situación de exclusión.

Por tal razón, el Gobierno de El Salvador en los años 2009 y 2010 impulsó el Programa Anti-Crisis y la estrategia de Comunidades Solidarias² que tuvo como premisa el prote-

ger los empleos existentes y generar nuevas fuentes de trabajo con los cuales nace también el Programa de Apoyo Temporal al Ingreso (PATI)³ que como mecanismo de auto focalización buscaba beneficiar de forma temporal (durante 6 meses) a personas provenientes de asentamientos urbanos precarios con la generación de ingresos en proyectos comunitarios que sirvieran como prácticas de empleabilidad para mejorar las capacidades laborales todo a través de una subvención económica mensual a cada participante de US \$100,00.

Para la Secretaría de Cultura de la Presidencia, el PATI representó la puesta en escena ideal para visibilizar el capital cultural de la nación visto como una estrategia institucional para el acercamiento y fomento a su identidad local, así, se estableció en el año 2011 un municipio piloto que dadas las características arquitectónicas que posee la mayoría de sus inmuebles y las condiciones endógenas que como territorio contiene, le daría impulso a la iniciativa como parte de un proceso de recuperación de su centralidad histórica, tal es el caso de Santa Ana y posteriormente Zacatecoluca.

6. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

6.1 Caso Santa Ana y Zacatecoluca

Durante el proceso se evaluó cual podría ser el diseño de la estrategia para poder concretar los lineamientos que el PATI solicitaba, dado que también, requería el análisis de los territorios en donde se le apostaba la implementación de la iniciativa, que en el caso de la ciudad de Santa Ana tomó un particular interés de impulsarla mediante una plataforma de Ciudades Emergentes y Sostenibles (CES) promovido por el BID⁴. Así, surgieron dos directrices:

a) Incidir en la vida de 30 participantes mediante el desarrollo de actividades de sensibilización y formación que garantice el empoderamiento de conceptos tan necesarios en el tema del patrimonio cultural.

b) Establecer alianzas con el gobierno local que es el que mejor conoce las necesidades de actuación de su territorio y la diversidad cultural con la que cuenta, para potenciar las formas de corresponsabilidad en la protección del patrimonio cultural con equilibrio de sus capacidades y el aporte de sus recursos.

En torno a lo anterior, se compartieron los escenarios posibles con actores locales y se analizó el impacto a escala local de una revitalización del espacio público que pueda detonar el desarrollo de la economía local, como también en el impulso de otros ejes transversales como la convivencia ciudadana, la prevención de la violencia social en los territorios urbanos y la ejecución de políticas orientadas al fortalecimiento del proceso de descentralización en materia de gestión del espacio público y su patrimonio cultural edificado, entre otros aspectos, por lo cual se llegó a la puesta en común de poder realizar acciones con énfasis en los procesos de mejora física de los bienes culturales inmuebles que conforman los centros históricos en mención, de tal manera que con su aprendizaje, se les motivó a formar parte de un proceso integral de desarrollo y superación personal de los partici-

pantes mediante el acercamiento y el contacto con la historia, su patrimonio y su cultura, para que tenga un efecto positivo en el mejoramiento de su calidad de vida, como también, en su capacidad laboral. Todo lo anterior, apuntó a realizar el remozamiento de las fachadas principales: resanes de paredes, mejoramiento de sus elementos de composición entre éstos: cornisas y decoraciones de las fachadas, marcos de puertas y ventanas de madera, balcones de hierro forjado u otros elementos de valor añadido, en inmuebles que se sitúan sobre una arteria principal y así, mejorar la calidad estética de cara a la ciudad como una forma de promover e incentivar la conservación de su valor arquitectónico que es memoria de la cultura y de las tradiciones constructivas, de tal manera que las obras que se realizaran pudieran marcar también el fortalecimiento del municipio en el tema de los criterios o lineamientos que fuera posible ejecutar para el mejoramiento de su imagen urbana.

Los criterios que se establecieron fueron los siguientes:

I. Que contengan espacios públicos de uso colectivo que sean nodos urbanos de relevancia cuyas condiciones tenga la visibilidad y accesibilidad requerida para que se estimule la participación activa de los ciudadanos y que con sus acciones se conviertan en verdaderos espacios de convivencia barrial, valiosos para reforzar los lazos inclusivos y de uso equitativo en un ambiente de seguridad.

II. Poseer edificaciones patrimoniales que sean desde inmuebles de trascendencia nacional y local, así como también edificaciones ambientales que proporcionen un aporte como recurso cultural en los procesos de sensibilización social requeridos y que morfológicamente sea un apoyo formal en las cuadras emplazadas, con especial énfasis en aquellos que mantengan el estilo arquitectónico original.

III. Poseer la bondad de tener remates visuales creados intencionalmente para interconectar en su trayectoria y con su paisaje, focos primarios -Monumentos históricos- como dispuestos al final del recorrido para un impacto del peatón.

IV. Poseer un potencial para el desarrollo mixto del espacio privado sin que afecte el uso residencial o habitacional, regulando sus afectaciones y su flujo.

Para el caso de Santa Ana se delimitó la 2da. Calle Poniente (ver figura 1) y los participantes obtendrían un beneficio económico y social, como también la reciprocidad que con el esfuerzo realizado, pudieran retribuir al municipio las acciones a favor de la renovación de una parte de la ciudad a manera de plasmar sus apropiaciones simbólicas.

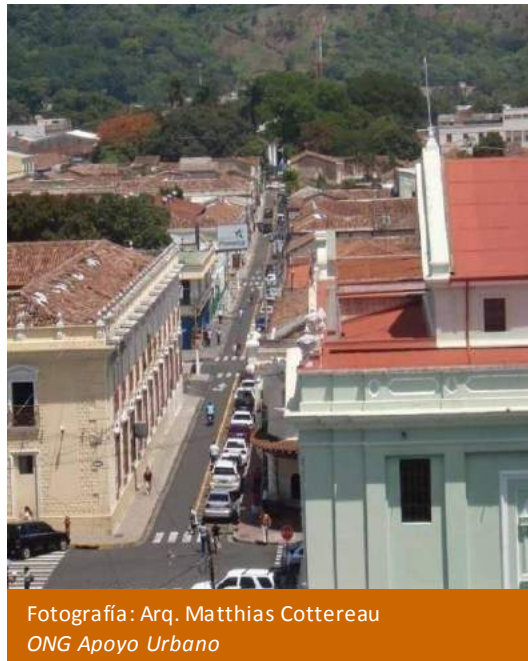
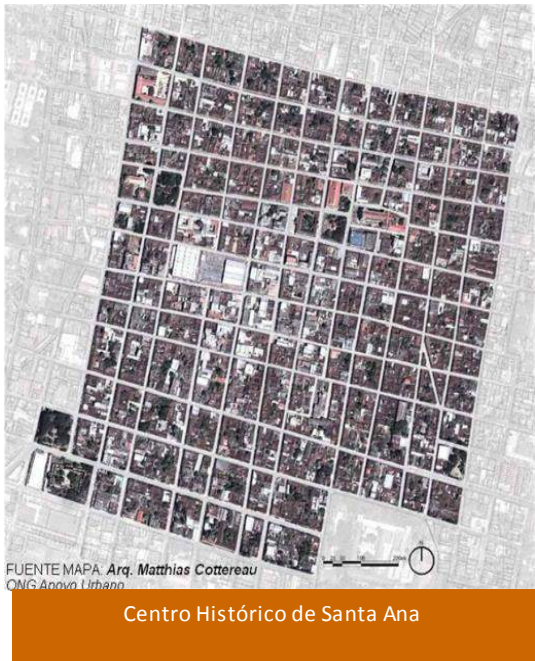


Figura 1: Vistas panorámicas de la 2da. Calle Poniente conocida actualmente como "Villa Morena" y sus remates visuales.

La planificación llevó a determinar por un lado la participación de diferentes actores en diversos niveles entre éstos el Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local (FISDL), alcaldías municipales, entre otros socios naturales que se sumaron al esfuerzo, lo cual proporcionó un enfoque multidisciplinar, ya que cada una de las instituciones aportaba financiamiento para recursos tal es el caso del FISDL quienes además de promover y facilitar la empleabilidad de sus participantes, impartieron cursos por el Instituto Salvadoreño de Formación Profesional (INSAFORP) dentro de su oferta normal en diferentes áreas vocacionales de acuerdo al potencial productivo local e igualmente también, los municipios aportaron en sus facultades los materiales de construcción, herramientas y equipo, como también mano de obra el cual fue instruido por la Secretaría de Cultura.

Asimismo, la relación del derecho a la ciudad implicó en el proyecto la realización de procesos participativos de la

sociedad misma, que incluyó la realización de campañas de sensibilización que pusiesen de manifiesto el empoderamiento de la ciudadanía; entre éstos estaban los propietarios beneficiarios que vieron con expectativa el proyecto. Lo anterior conllevó a detectar una gran debilidad respecto a los mecanismos oficiales de participación pero que pese a sus dificultades, el abordaje y las gestiones tuvieron éxito gracias al enfoque que generó naturalmente el proyecto en los temas del reconocimiento de los bienes culturales inmuebles como activos para la cohesión social en función de su municipio. En tal sentido, la planificación dentro del componente de la coordinación de acciones y metas, se resume en lo siguiente:

Fase de sensibilización y formación (figura 2):

1. Implementación y desarrollo teórico mediante una campaña de sensibilización impartida conforme a ponencias de varios temas, dinámicas de grupo con el

fin de animar un trabajo en equipo. Asimismo, se realizaron recorridos en diferentes inmuebles relevantes y partes del centro histórico posibles para la comprensión de los conceptos que fueron impartidos.

2. Desarrollo de jornadas prácticas a los participantes, en las que se pretende que aprendan la naturaleza de la

obra haciendo ejercicios previos a una intervención física, como parte de un plan de instrucción especializado con demostraciones de prácticas de obra real en un inmueble de sistema constructivo tradicional, entre estas, la elaboración de calas cromáticas.



Figura 2: Actividades realizadas en la formación de los participantes .

Fase de intervención (Documentación digital del Centro Histórico y remozamiento de fachadas):

1. Constituida en dos etapas, la primera: el levantamiento fotográfico de los perfiles urbanos y formulación de enmascarados (propuesta cromática de las fachadas) para la autorización de los propietarios con base a cala cromática y la segunda: realizar las gestiones y preparatorias pertinentes en cada uno de los municipios para la ejecución de las obras físicas.

2. La etapa final representaba la ejecución de obra física en inmuebles previstos con lo cual se pretendía que los y las participantes desarrollaran y retroalimentaran sus conocimientos en las acciones de remozamiento de las fachadas, con el acompañamiento técnico de la Secretaría de Cultura y las municipalidades.

Lo anterior permitió en términos generales como ganancias colaterales lo siguiente:

1. Los participantes no sólo obtuvieron un beneficio económico sino que también con el acercamiento de la cultura a sus vidas, fueron motivados y reforzados en los lazos incluso afirmando el potencial que poseen como capital humano, pudiendo así reconocerse como parte activa del desarrollo de su municipio.
2. El proyecto dio la pauta para promover nuevas modalidades y experiencias de desarrollo dentro de sus municipios, quienes a su vez, en su sentido de corresponsabilidad del cuidado de los bienes patrimoniales inmuebles, pudieron expandir el efecto, como lo ejecutado en Santa Ana, cuyas acciones conllevaron a la creación de una mesa permanente de trabajo y un comité pro-rescate del Centro Histórico, en que participan la Asociación del Patrimonio Cultural de Santa Ana -APACULSA-, la empresa privada, actores municipales, entre otros.
3. El remozamiento de más de una veintena de inmuebles

- y una ordenanza específica del paseo urbano denominado también: "Villa Morena" (ver figura 3).
4. Una ordenanza macro -en construcción- sobre la normativa y regulación para el Centro Histórico.
5. La creación de una Oficina del Centro Histórico incluida dentro del aparato organizativo de la Alcaldía Municipal de Santa Ana, encargada del cuidado y manejo del patrimonio cultural edificado.
6. Asociaciones entre otros organismos expertos en la materia de ordenamiento territorial como lo es la ONG francesa Apoyo Urbano y el BID, entre otros.
7. Obtención de empleo para los participantes relacionados a la misma rama, entre otros aspectos.
8. La implementación de proyectos de revitalización en espacios públicos de importancia en el centro histórico de Zacatecoluca.

Antes



Después



Antes



Antes



Después

Después

Antes



Después



Figura 3: resultados finales en la intervención de inmuebles de "Villa Morena"

Es así como este tipo de iniciativas marca la pauta para renovar las conexiones y los recursos del municipio basado en la equidad social y la participación de la comunidad que sin lugar a dudas, colocan al patrimonio cultural

edificado como verdadero motor de las transformaciones sociales a la palestra de las dinámicas urbanas de las ciudades históricas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Armas J., (1955). Hombres y cosas de Santa Ana. Santa Ana, pág.14

Consejo Nacional para la Cultura y el Arte de El Salvador - CONCULTURA, (2005). Ley especial de protección al patrimonio cultural de El Salvador y su reglamento, San Salvador: Dirección de Publicaciones e Impresos, pág. 5-36

Ferro M.,G. (2010). Guía de observación etnográfica y valoración cultural a un barrio. *Revista Apuntes*. Vol. 23 N°2. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, pág.: 182-193.

Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social-FUSADES-(2009). Como está El Salvador, *Informe de FUSADES*. El Salvador: Departamento de Estudios Económicos y Sociales –DEES- con la colaboración del Departamento de Estudios Legales –DEL, pág.:146

NOTAS

¹ Según el Banco Mundial. Disponible en:

<http://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG/countries/SV-XJ?display=graph> [10-07-2014]

² El Programa Comunidades Solidarias del Sistema de Protección Social estuvo formulado para cubrir dos grandes áreas prioritarias: a) Precariedad severa y alta, establecida en base a los indicadores del Programa de Pobreza Urbana en El Salvador; y b) Alta incidencia de violencia establecida en el mapa de violencia elaborado por la Secretaría de Asuntos Estratégicos (SAE).

³ La Secretaría Técnica de la Presidencia de la República (STP) conduce el programa, en coordinación con el Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local (FISDL), el Ministerio de Trabajo y Previsión Social (MTPS) y el Instituto Salvadoreño de Formación Profesional (INSAFORP). El programa es apoyado financieramente por un préstamo del Banco Mundial aprobado en 2009, y recursos de donaciones de otros cooperantes (USAID, Unión Europea).

⁴ Según documento del BID, Santa Ana sostenible, plan de acción, la plataforma CES define una ciudad sostenible como aquella que ofrece una alta calidad de vida a sus habitantes, que minimiza sus impactos al medio natural y que cuenta con un gobierno local con capacidad fiscal y administrativa para mantener su crecimiento económico y llevar a cabo sus funciones urbanas, con la participación ciudadana.

AUTORES

Erick Orellana, Arquitecto graduado de la Universidad de El Salvador, Durante el periodo 2008-2012 apoyó técnicamente las áreas correspondientes a la regulación del patrimonio cultural edificado de los municipios, como también, en los planes de protección y manejo formulados por el BID en el caso de Santa Ana. Ha participado y colaborado con la Cooperación Italiana en investigaciones relacionadas a los sistemas constructivos tradicionales realizando como productos manuales de recuperación arquitectónica y urbana en el Municipio de Izalco. Dentro de la Secretaría de Cultura ha elaborado declaratorias individuales de bienes culturales inmuebles y conjuntos históricos. Las áreas de competitividad son la protección de los Bienes culturales inmuebles de la nación y la gestión de proyectos de cooperación que tengan como objetivo la puesta en valor del patrimonio cultural edificado.

Mario Alberto Melara Martínez, Arquitecto graduado de la Universidad Politécnica de El Salvador en 2008. Post-grado en Patrimonio Cultural y Territorio en la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, Colombia, Ha trabajado en el proyecto: "Restauración y Rehabilitación del Teatro Nacional de San Salvador" en 2004 con la empresa asignada al proyecto. Su Tesis de grado "Identificación de bienes culturales y propuesta de conservación de la Colonia Costa Rica de San Salvador" ganó en 2008 diploma de reconocimiento como "Mejor trabajo de Arquitectura" de la Universidad Politécnica por parte de la Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos (ASIA) y la invitación al programa "Debate cultural" de Canal 10 de El Salvador para abordar el tema en un programa completo. Ha expuesto óleos y dibujos en la Casa de la Cultura de Planes de Renderos en San Salvador. En 2009 participó en el taller literario "La casa del escritor" en San Salvador. Dentro de la Secretaría de Cultura elaboró declaratorias de conjuntos históricos coordinando también los inventarios de los mismos y actualmente es docente de la Universidad José Matías Delgado

ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA EN TIERRA Y SUSTENTABILIDAD

2.1 Análisis experimental para determinar la productividad térmica en la tierra vertida. Yolanda G. Aranda J./Edgardo J. Suárez Domínguez

Yolanda G. Aranda J.¹, Edgardo J. Suárez Domínguez²

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Mexican Institute of Complex systems.

yoli212@yahoo.com.mx, sd@mics.edu.mx

Palabras clave: conductividad, difusividad térmica, tierra vertida.

Resumen

A partir del proyecto de investigación denominado: Vivienda Experimental Sustentable financiado por COTACYT (Consejo Tamaulipeco de Ciencia y Tecnología) el cual utiliza como sistema constructivo muros de tierra vertida, una vez terminado, se inicia el monitoreo térmico. El sistema de muros de carga a base de tierra vertida ha sido poco estudiado en cuanto a sus propiedades físicas y químicas, por lo que determinar su capacidad de conductividad térmica es uno de los factores que permitirán seguir conociendo las propiedades de dicha técnica.

El presente trabajo describe y analiza, a partir de un experimento diseñado para tal efecto, la conductividad térmica de los muros de tierra vertida de 25 cm de ancho del prototipo. Se determinó la variación temporal de la temperatura interior y exterior de los muros en diversas zonas, incluyendo la losa, y se realizó una correlación entre los valores encontrados. Se encontró que aún cuando los muros así como la losa tienen diversos espesores pueden tener una temperatura interior similar debido a un mecanismo de convección-conducción aún cuando experimentalmente, la difusividad y conductividad térmica en el material es bajo en comparación con otros materiales, como el hormigón y el ladrillo.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el déficit de vivienda en México ha llevado a la creación de diversos programas de apoyo hacia la población de menores recursos, sin embargo, diversos sectores de la población difícilmente tienen acceso a los mismos. En diversas poblaciones de nivel bajo del estado de Tamaulipas y el país entero recurren a la edificación vernácula, predominando la madera y palma, aunque en ocasiones es combinada con otros materiales como cimentaciones simples de piedra o de concreto y estructuras a base de lámina galvanizada o de cartón. La construcción con tierra, a base de adobe, es común en

diversos estados del país y ha mostrado durabilidades razonables para ser utilizadas por las poblaciones (Bui et al, 2009).

En el presente trabajo se analizó en el prototipo mencionado, la transferencia de calor a través de los muros. En la segunda parte se explica cómo se realizó el estudio incluyendo los experimentos a nivel laboratorio y por último los resultados y discusión empezando por las pruebas de laboratorio, se finaliza con las conclusiones respectivas.

2. MARCO TEORICO

La tierra vertida es una técnica constructiva cuyos materiales principales son suelo arcilloso con agregados pétreos (Houben; Guillard, 1994) y en algunos casos cemento que estabiliza la mezcla, sin embargo es poco conocida así como sus propiedades. Existen algunos estudios que demuestran una aceptable resistencia a la compresión, así como características físicas que difieren del adobe tradicional, principalmente su impermeabilidad. Sin embargo, es poca la información existente en la construcción sobre tierra vertida, predominando los estudios empíricos (Suárez-Domínguez et al, 2013) que se han extendido a diversas áreas, como por ejemplo los análisis de resistencia y efecto de sismos en estructuras existentes (Morris et al, 2010).

El estudio térmico, es un área dentro de la arquitectura, de importancia relevante por su relación con el confort. Aun cuando materiales como la madera presentan ciertas ventajas en cuanto transferencia de calor (Salinas et al, 2004) se cree que los materiales de tierra tienen menor

conductividad del calor (Doat et al, 2004) en comparación con el concreto, que presenta coeficientes de transferencia de calor elevados (Gea et al, 2009). Sólo se han realizado algunos modelos aplicados al tapial (Hall; Allinson, 2010) y experimentos aplicados al adobe (Revuelta-Acosta et al, 2010).

El prototipo de vivienda fue construido de acuerdo a la planta mostrada en la figura 1. La tierra vertida se obtuvo a partir de suelo denominado champayan proveniente del banco del mismo nombre de la ciudad de Tampico, Tamaulipas, México, compuesto, según análisis de suelo por 2,5% arcilla, 18% limo, 79,5% arena, y agregados gruesos (rocas) de buena calidad compuestas por sulfatos cálcicos, estabilizado con cemento al 6%. Los muros tuvieron un espesor de 25 cm mientras que la losa se construyó con bambú recubierto con concreto aligerado y de 8 cm de espesor. Este prototipo formó parte de un proyecto apoyado por el Consejo Tamaulipeco de Ciencia y Tecnología (Aranda-Jiménez et al, 2012).

2. METODOLOGIA

2.1 De las mediciones para corroborar experimento.

Se registró la temperatura durante 9 meses. Para efectos del presente trabajo, se presenta el monitoreo del mes de agosto, por ser estadísticamente el más caluroso. En la figura 1 se muestran los puntos donde se midió la

temperatura superficial interior y exterior de los elementos verticales y de la losa para lo cual se utilizó un equipo de tipo Data-logger marca HobboOn set Modelo U-12 con entrada de termopares.

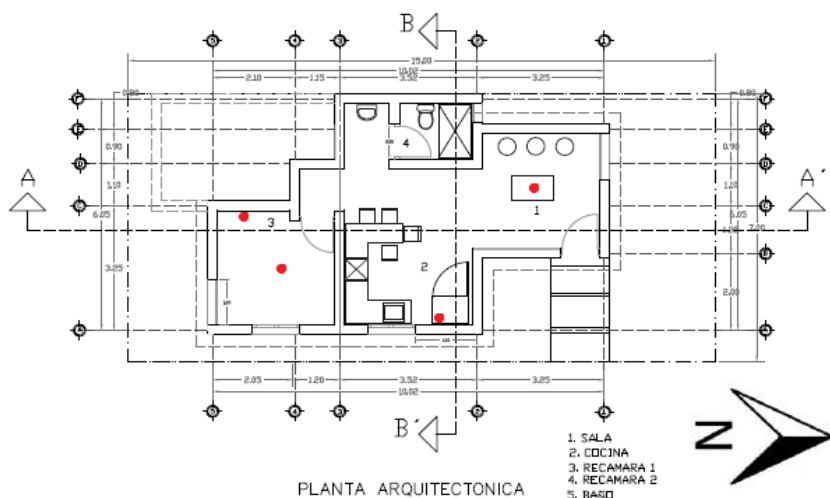


Figura 1 –

Planta de la vivienda fabricada con tierra vertida. Los puntos indican la posición de los hobbos para medición de temperatura, los puntos al centro son de la losa y los pegados a los muros miden esa temperatura.

2.2 Del experimento de conductividad térmica

Durante la fase constructiva del prototipo se tomaron muestras de los muros por medio de cilindros de acuerdo a la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005, y se determinó la densidad a partir de la norma NMX-C-126-1982. Los cilindros se recubrieron con poliestireno expandido para evitar la transferencia de calor hacia el exterior y se

colocó una fuente de calor a 42°C en la cara del mismo, midiendo la temperatura en diversos puntos. Para determinar la conductividad térmica de los muros se utilizó un equipo medidor de difusividad térmica modelo: KD2 Pro Thermal Properties Analyzer de la marca Decagon Devices, inc.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Pruebas de laboratorio.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se encontró que experimentalmente el material tuvo una conductividad térmica $k = 0,814 \pm 0,049 \text{ W} \times \text{K}^{-1} \times \text{m}^{-1}$ a una temperatura de 29°C. Puede notarse en primera instancia que la conductividad térmica es menor a la reportada para otros materiales como el concreto $k = 0,930 \text{ W} \times \text{K}^{-1} \times \text{m}^{-1}$ y el ladrillo de sílice $k = 1,070 \text{ W} \times \text{K}^{-1} \times \text{m}^{-1}$ aunque es superior al yeso y bloques huecos con valores en derredor de $k =$

$0,391 \text{ W} \times \text{K}^{-1} \times \text{m}^{-1}$ (Lira-Cortés et al, 2008), estos últimos generalmente presentan baja resistencia. En cuanto a la densidad del material se tuvo que fue de $\rho = 1,89 \pm 0,09 \text{ g} \times \text{cm}^{-3}$. Se sabe que la densidad aproximada del concreto es de $2,35 \text{ g} \times \text{cm}^{-3}$. Con estos dos valores puede inferirse que es probable que la densidad del material pueda probablemente impactar en la transferencia de calor.

3.2 Pruebas de temperatura en cilindros

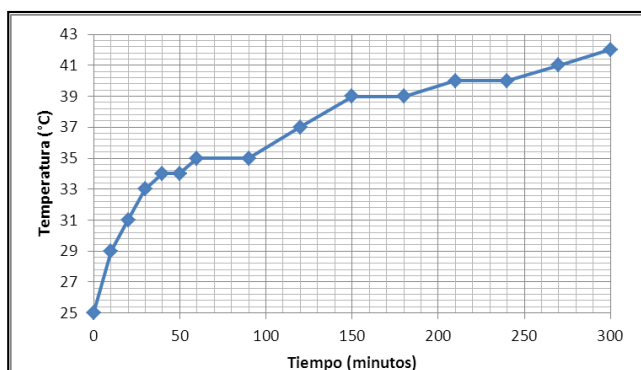


Figura 2 – Estudio temporal para la variación de la temperatura con respecto al tiempo cuando una de las caras del sólido se encuentra a

Para observar el comportamiento de los cilindros, se tomó la temperatura del cilindro a 10 cm de la base del mismo, donde se localizó la fuente de calor.

En la figura 2 se muestran los resultados para la fuente de calor de 42°C. En la figura 2 puede observarse que son necesarias 5 horas para alcanzarse el equilibrio térmico con la misma fuente de calor.

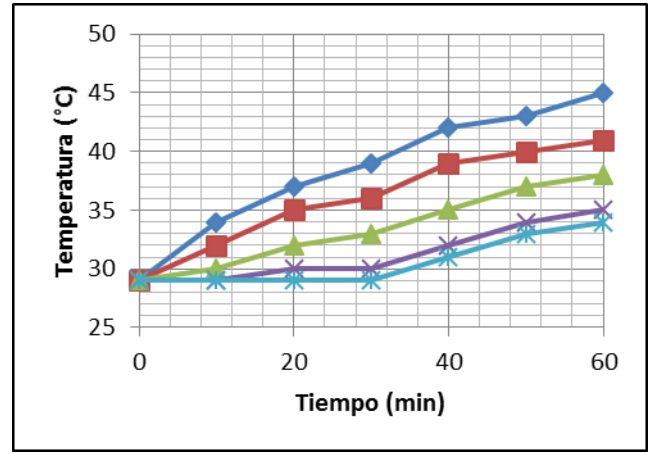
El comportamiento es exponencial, sin embargo se nota un comportamiento recto los primeros 60 minutos.

Para visualizar mejor el efecto al inicio, se realizó un segundo experimento, pero con 60°C en la fuente de calor y censando la temperatura a los 1, 3, 5, 7 y 10 centímetros de distancia a la base de la fuente de calor.

En la figura 3 se muestran los resultados obtenidos. Las curvas corresponden de arriba abajo a 1, 3, 5, 7 y 10 cm respectivamente.

Distancias (cm)	a	b	r ²
10	0,2536	30,821	0,9591
7	0,2000	30,000	0,9655
5	0,1571	28,714	0,9919
3	0,1071	28,071	0,9073
1	0,0893	27,893	0,8054

Figura3 – Izquierda: comportamiento experimental de la variación temporal de la temperatura (para los primeros 60 min) cuando una de las caras se encuentra a 60°C. Derecha: valores de a y b para la línea de tendencia para cada curva mostrada a la izquierda.



Se distingue un comportamiento casi recto mientras mayor sea la distancia censada a lo largo del tiempo durante los primeros 60 minutos, lo cual puede notarse para los diversos valores del coeficiente de correlación (r²). La incertidumbre de las mediciones fue del 2%. Se observa en

los valores dados que la diferencia entre la temperatura interior y exterior es amplia y que ésta se modifica más rápidamente en la cara exterior del muro, pero no así en la interior. Esto garantiza, para las temperaturas elevadas utilizadas, una temperatura más agradable en el interior con respecto a la exterior).

3.3 Resultados en el prototipo de vivienda (nivel piloto)

En la Figura 4 se presentan los resultados de temperatura en la cara exterior e interior para la losa. Con línea roja aparecen las temperaturas exteriores y con azul las interiores. Se presentan las temperaturas del mes de agosto del 2013, debido a que es el mes con mayores temperaturas registradas en la ciudad de Tampico, Tamaulipas. Para la losa se encontró que el retraso térmico es de aproximadamente 60 minutos y una diferencia entre la temperatura interior y exterior de hasta 12°C. La sensibilidad de la medición de temperatura fue de 0,5°C.

En la Figura 5 se presentan los resultados obtenidos para el muro poniente, que fue el más crítico en el experimento debido a que recibió los rayos solares durante mayor tiempo.

El eje 'x' corresponde al tiempo en 0,5 horas y el eje 'y' la temperatura en °C. La curva roja (de mayor amplitud) corresponde a la cara exterior del muro, la curva de amplitud más baja (verde) corresponde a la cara interior y la curva azul (intermedia) es la temperatura ambiente del cuarto.

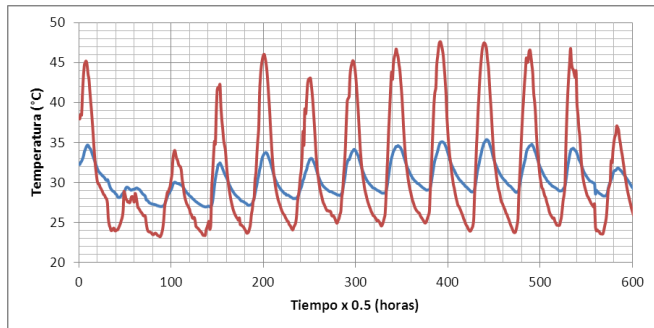


Figura 4 – Estudio en campo de una losa de 8 cm de espesor en el mes de agosto de 2013.

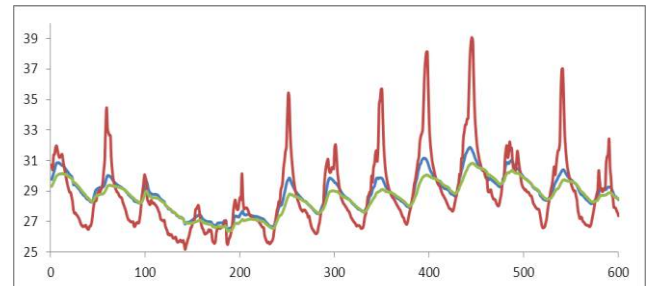


Figura 5.- Comportamiento temporal de la temperatura para un muro lado sol poniente a) cara exterior, b) cara interior y c) ambiente interior.

Puede observarse que la diferencia entre la temperatura interior y exterior fue de aproximadamente 8°C. Sin embargo, para los muros no comprometidos fue de aproximadamente 3°C. En el denominado muro poniente, el sensor se encuentra localizado en la recámara como se observa en la Figura 1.

Sin embargo, es importante destacar la cercanía del valor de temperatura de las caras interiores de los muros y la temperatura ambiental interior, pues el espesor del muro igual a 25 cm debería, de acuerdo a los resultados experimentales en los cilindros, tomar mayor tiempo en transferir calor hacia la cara interior. Al parecer la cara interior de los muros presenta un calentamiento mayor no debida a la transferida por conducción si no a la convección interior.

4. CONCLUSIONES

Se encontró que el material tiene menor conductividad térmica que la reportada para otros materiales, basados en los resultados experimentales al comprobar que se requieren hasta 5 horas para alcanzar la temperatura indicada por la medición en campo.

En laboratorio la densidad fue menor que la reportada para el concreto, la cual podría dar un indicio de su menor capacidad de transferir calor. Los cilindros estudiados mostraron un comportamiento lineal al inicio, mostrando ser exponencial cuando se visualiza el experimento de forma global, lo cual se corresponde a los comportamientos normales mostrados para transferencia de calor en sólidos.

Los resultados muestran un diferencial de temperatura entre la cara exterior e interior que fue mayor de 10°C tanto a nivel laboratorio como para los muros de la casa estudiada.

En los resultados del prototipo de vivienda se estableció que la losa, elemento expuesto a los rayos solares por más tiempo a lo largo del día, presentó un retraso térmico de 1 hora y un diferencial de temperatura de hasta 8°C. Este mismo elemento al parecer es el principal aportador de calor en los espacios interiores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aranda-Jiménez Y. G.; González-Defelice A. A.; Roux-Gutiérrez R.; Espuna-Mujica J. A.; Arvizu-Sánchez, E. (2012). Tierra vertida. Hormigón verde. Estudio de los materiales componentes, su dosificación, interacción y puesta en obra de dos contextos. Informe Técnico. Programa de cooperación bilateral México- Argentina. CONACYT-MINCYT

[Bui, Q.](#); [Morel, J.](#); [Venkatarama Reddy, B.](#); [Ghayad, W.](#) (2009). Durability of rammed earth walls exposed for 20 years to natural weathering. *Building and Environment*, 44(5), 912-919.

Doat, P.; Hays, A.; Houben, H.; Matuk, S.; Vitoux, F. (1990). Construir con tierra. Tomo I. Bogotá: Fondo Rotario Editorial.

Gea, M.; Tilca, F.; Placco, C.; Caso R.; Machaca, A.; Saravia, L. (2009). Acumulación térmica en hormigón de la energía solar captada por un concentrador tipo fresnel para la generación de vapor. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 13:113-119.

Hall M. R.; Allinson, D. (2010). Transient numerical and physical modelling of temperature profile evolution in stabilised rammed earth walls. *Applied Thermal Engineering*, 30:433

Houben, H.; Guillard, H. (1994). Earth construction. A comprehensive guide. London: ITDG publishing.

Lira-Cortés, L.; González Rodríguez, O. J.; Méndez-Lango, E. (2008). Medición de la conductividad térmica de algunos materiales utilizados en edificaciones. Simposio de Metrología, 2008 Santiago de Querétaro, México, 22 al 24 de Octubre. Disponible en: https://cenam.gob.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/S4/SM2008-S4C2-1100.pdf

Morris, H.; Walker, R.; Drupsteen, T. (2010). Observations of the performance of earth buildings following the september 2010 Darfield Earthquake. *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, 43:(4).

Revuelta-Acosta, J. D.; García-Díaz, A.; Soto-Zarazúa G. M.; Rico-García, E. (2010). Adobe as a sustainable material: a thermal performance. *Journal of Applied Sciences*, 10:2211-2216.

Salinas C.; Ananías R.; Alvear, M. (2004). Simulación del secado convencional de la madera. *Maderas. Ciencia y Tecnología* 6(1): 3-18.

Suárez-Domínguez, E. J. Aranda-Jiménez, Y.G.; Roux-Gutiérrez, R. S. (2013). Tierra Vertida: Una descripción global. *Arquitectura y Humanidades*. Junio. Disponible en: <http://www.architectum.edu.mx/Architectumtemp/colaboradores/dominguez.et.al/dominguez.et.al.htm>

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación fue auspiciada por el CONACYT proyecto No 0175615

AUTORES

Yolanda Gpe. Aranda Jiménez, Arquitecta, Doctorado en Arquitectura con énfasis en vivienda. Mención Honorífica. Premio Universitario a la Investigación de Excelencia 2010. Catedrático Tiempo completo FADU/UAT Tampico, México

Edgardo Jonathan Suarez Dominguez, Arquitecto y LQI, Master en Ingeniería Administrativa, 2014, Presidente del Mexican Institute of Complex Systems, A.C.

2.2 Reflexões do projeto versus contributo do património vernáculo para a arquitectura contemporânea sustentável. Mariana Correia/Filipa Gómes/Gilberto Duarte Carlos/João Correia

Mariana Correia¹, Filipa Gomes², Gilberto Duarte Carlos³, João Alberto Correia⁴

CI-ESG, Escola Superior Gallaecia, Portugal
¹marianacorreia@esg.pt; ²filipagomes@esg.pt; ³gilbertocarlos@esg.pt; ⁴joaocorreia@esg.pt

Palavras-chave: arquitectura vernácula, sustentabilidade, arquitectura contemporânea

Resumo

O presente resumo é desenvolvido no âmbito do projeto de investigação Europeu VerSus: Contributo do Património Vernáculo para uma Arquitectura Sustentável, no âmbito do Programa Cultura 2000. O património vernáculo representa um recurso de notável potencial, demonstrando elevada capacidade de definição de princípios para a arquitectura contemporânea sustentável. Dessa forma, os principais objetivos do projeto VerSus visam a valorização do conhecimento sobre os princípios fundamentais do património vernáculo, bem como, a exploração de novas formas de integração desses princípios na arquitectura contemporânea sustentável. A abordagem metodológica e operativa do projeto VerSus é baseada numa abordagem conceptual, fornecendo conhecimento operacional, que podem ser integrados no processo de projeto de arquitectura contemporânea, abordando, numa perspectiva holística, transversal, e multidisciplinar, o conceito de sustentabilidade.

O património vernáculo é analisado através da aplicação de uma metodologia específica, baseada em três níveis de leitura / âmbitos de sustentabilidade: o meio ambiente, o âmbito sociocultural e o âmbito socioeconómico. Destes são extraídos os princípios e estratégias aplicados. No sentido inverso, procede-se também à análise, segundo a mesma metodologia operativa, de projetos de arquitectura contemporânea. No âmbito do presente artigo, serão analisadas obras contemporâneas de arquitectura em terra, sob a perspectiva do contributo do património vernáculo. Estes projetos pretendem constituir exemplos válidos de arquitectura contemporânea sustentável. Os principais resultados alcançados no projeto VerSus, no âmbito do desenvolvimento sustentável, é a definição de princípios, métodos e propostas relativas ao contributo do património vernáculo, como resposta a desafios atuais da arquitectura contemporânea.

1. INTRODUÇÃO

O presente artigo é desenvolvido no âmbito do projeto de investigação Europeu 'VerSus: Lições do Património Vernáculo para uma Arquitectura Sustentável (2012–2792/001–001 CU7 Coop7)', enquadrado pelo Programa Cultura 2000 e financiado pela União Europeia. A ideia e a proposta para o projeto partiu da ESG - Escola Superior Gallaecia (Portugal), coordenadora do projeto, e teve a parceria da UPV - Universitat Politècnica de València (Espanha); UNICA - Università degli Studi di Cagliari (Itália); UNIFI - Università degli Studi di Firenze (Itália); e a CRATERRE-ENSAG - Centro Internacional de Arquitectura de Terra na Escola Nacional Superior de Arquitectura de Grenoble (França).

O projeto VerSus é sustentado por uma linha de investigação arquitectónica que concilia a área pedagógica, científica e técnica. De acordo, com os autores Frey e Bouchain (2010), deveria haver responsabilidade ética na procura de soluções mais equilibradas entre a tecnologia

e o ambiente natural. O património vernáculo, objecto de estudo do projeto, representa um excelente recurso na definição de princípios para aplicação na arquitectura contemporânea sustentável.

O projeto VerSus tem, assim, como principais objetivos obter conhecimento através das lições fundamentais e princípios do património vernáculo. Baseia-se assim, no estudo e abordagem a novas formas de exploração e integração desses princípios na construção contemporânea sustentável.

Este artigo, corresponde a um resumo do processo de desenvolvimento do projeto e dos marcos mais importantes alcançados, explorando também, o método de abordagem operativa, através da sua aplicação a um exemplo de património vernáculo em terra e um exemplo de arquitectura de terra contemporânea.

2. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

A investigação foi estruturada com base nas recomendações do programa Europeu Cultura 2000, que sugere duas áreas principais para o desenvolvimento de projetos de investigação, de carácter criativo: a atividade científica, e a de divulgação e comunicação (Correia et al., 2013a). A primeira etapa do projeto consistiu na identificação de uma extensa bibliografia, coleta e revisão da literatura; e uma recolha de dados preliminar que consequentemente gerou a interpretação e a análise comparativa dos dados recolhidos. Nesta fase inicial da investigação foi possível definir o estado da arte e a abordagem operativa de pesquisa.

A segunda etapa foi marcada pela designação dos critérios de seleção dos estudos de caso e a implemen-

tação de procedimentos a desenvolver durante a investigação. Esta segunda fase foi assinalada pela elaboração de missões, com o objetivo de uma análise *in situ* de alguns dos estudos de caso vernáculos selecionados, bem como, de exemplos contemporâneos, que integram princípios sustentáveis pré-identificados.

Em paralelo, foram programadas workshops científicas, com o objetivo de avaliar a implementação dos métodos de investigação. Foi igualmente desenvolvida sensibilização para o projeto, entre os meios académicos e profissionais. A realização de duas conferências internacionais, de publicações e de vários trabalhos científicos foram pré-determinados como indicadores de divulgação científica.

3. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão de literatura foi assinalada numa fase inicial pela coleta e análise da bibliografia referente à Arquitetura Vernácula e à Sustentabilidade e consequente revisão de literatura e correlação de ambas temáticas. A fase inicial destacou-se, pela identificação de padrões de abordagem comum, na revisão da literatura efetuada, conduzindo a um processo de investigação mais preciso.

A identificação da literatura relativa à arquitetura vernácula revelou um elevado número de inventários descritivos, no qual, as características sustentáveis estavam relacionadas principalmente com os valores culturais e os aspectos etnográficos. Contudo, no início do século XXI, surge uma nova tendência, identificada na literatura revista (publicações gerais, conferências e artigos assentes na problemática do património vernáculo), o interesse sobre a potencialidade da arquitetura vernácula, no campo da sustentabilidade (Asquith; Vellinga, 2006) (Frey; Bouchain, 2010). Após, este período, a problemática bioclimática/ sistemas passivos começa a atrair o interesse de diversos investigadores da arquitetura vernácula. A publicação, em relevantes jornais internacionais e conferências do trinómio ambiente – energia – economia, contribuiu para delimitar os temas onde a pesquisa se focou (Correia et al., 2013a).

Verificou-se igualmente, que os métodos e as estratégias do património vernáculo têm sido desvalorizados e não aplicados na nova edificação. Porém, de acordo com Sánchez-Montañés (2007), princípios e componentes importantes podem ser apreendidos a partir deste património, para aplicação na arquitetura sustentável, através

do confronto entre os desempenhos de construção e os estudos sobre a aplicação das soluções tradicionais na arquitetura contemporânea. Deste modo, por meio do estudo, análise e interpretação do património vernáculo, associado a estratégias de desenho para o projeto contemporâneo, são estabelecidos os objetivos do projeto VerSus.

Contudo, é necessário ter em conta que, apesar de uma parte significativa das referências analisadas destacarem os vários critérios de abordagem, o facto é que foram identificados poucos arquitetos, que realizam uma real conciliação das diferentes áreas da sustentabilidade, na abordagem aos exemplos vernáculos.

Muitas das referências publicadas, que combinam a ligação dos elementos vernáculos e as suas potencialidades sustentáveis, encontram-se sustentadas em estudos relacionados com critérios higrométricos. Um número significativo dos exemplos em causa estudam o desempenho de soluções de sombreamento, ventilação natural e da inércia térmica dos materiais aplicados. Através, de uma extensa análise, foram identificados dois tipos de abordagem de análise: 1) Os que se concentram numa região específica e unitária com uma tipologia característica, sem elementos de comparação para uma maior compreensão do seu potencial, de acordo com parâmetros reais. 2) Os exemplos fundamentados nos mapas climatológicos (baseados, na maioria, na classificação de Köppen-Geiger ou Straler), onde diferentes tipologias são relacionadas com regiões de condições climáticas semelhantes (Correia et al., 2013a)

4. PROCESSO DE ABORDAGEM METODOLÓGICA E OPERATIVA

A proposta de abordagem metodológica e operativa emerge da revisão de literatura, sobre a qual foi possível determinar as limitações provenientes do estado da arte; bem como, a falta de articulação entre as diferentes áreas científicas dos temas em estudo e a evolução do conceito de sustentabilidade (Correia et al., 2013a).

O termo sustentabilidade tem sido utilizado de modo constante e por vezes, até incorreto, no meio arquitectónico e urbanístico, o que demonstra a falta de rigor científico que abrange o tema, contribuindo, assim, para o desvalorização do conceito, e acima de tudo, para o desconhecimento do seu potencial e poder de alcance, especialmente, quando ponderado como um requisito para a arquitetura (Correia, 2009).

De acordo com o mencionado anteriormente, tomou-se imperativo entre as considerações da equipa de investigação que o projeto abordasse claramente o conceito de sustentabilidade a partir de uma perspectiva holística, evitando critérios quantitativos isolados. Dessa forma, foi estabelecido que os âmbitos de sustentabilidade selecionados teriam que revelar uma interpretação dos resultados através do estudo de um indicador arquitectónico. Determinou-se, desse modo, que a escala de intervenção permitiria que os estudos de caso pudessem ser selecionados, desde a escala territorial à abordagem construtiva.

Por outro lado, os resultados não poderiam ser interpretados através de uma natureza restritiva, mas deveriam permitir a reflexão sobre as vantagens tangíveis ou intan-

gíveis, refletidas em critérios objetivos ou subjetivos de avaliação. Esta simples premissa, bastante ambiciosa, determinou o desenvolvimento de uma estrutura conceptual que devesse constituir a principal orientação para a recolha de dados e uma orientação preliminar para a identificação de contribuições dentro de um sistema estruturado e fiável de análise.

No seguimento de um trabalho bastante amplo de estudo e de interpretação definiram-se critérios de seleção para a abordagem dos estudos de caso mais representativos. Articulado a sistematização efetuada com a revisão da literatura, foi elaborada uma estrutura de abordagem, assente em três âmbitos da sustentabilidade: o âmbito do ambiente; o âmbito sociocultural; e o âmbito socioeconómico. A seleção foi fundamentada na visão global dos principais sistemas de avaliação da temática da sustentabilidade (Hegger et al., 2007). Posteriormente à definição dos âmbitos de sustentabilidade, foi estruturada a definição dos principais 'objetivos' implícitos nas soluções do património vernáculo.

A elaboração do método de abordagem gerou um processo de relevância para as últimas fases do projeto: a) A delimitação do foco do pesquisador (alcançando resultados mais precisos); b) A comparação da solução vernácula com um exemplo de arquitetura contemporânea sustentável, sob os mesmos parâmetros de avaliação (Correia et al., 2013a).

O seguinte nível do método de pesquisa foi baseado na compreensão dos 'princípios' fundamentais, utilizados

como resposta aos 'objetivos' previamente definidos. A estruturação estabelecida permitiu alcançar uma evolução na estrutura conceptual em termos de flexibilidade,

conduzindo à produção de informação mais precisa (figura 1).

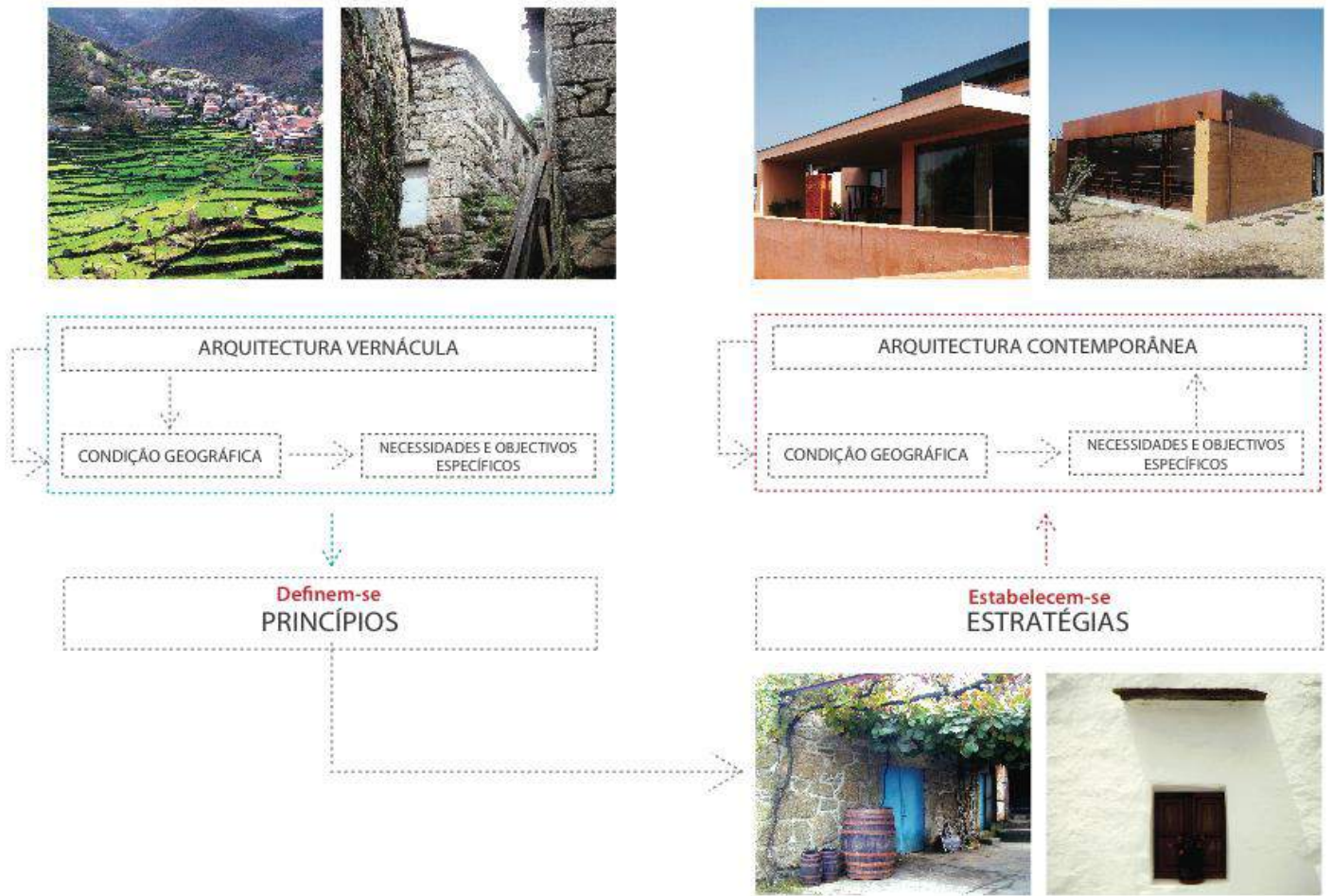


Figura 1. Esquema interpretativo da abordagem metodológica e operativa do VerSus.

A estrutura de abordagem deve ser compreendida como uma estrutura conceptual, que pode ser adaptada e testada de acordo com os diferentes contextos geográficos e culturais. Para além, de um resultado formal, esta deve ser considerada como uma contribuição metodológica. A proposta operativa é assim baseada nos

três âmbitos de sustentabilidade 'ambiente (meio-ambiente), sociocultural e socioeconómico'; e nos principais 'objetivos', que geram os 'princípios' implícitos nas soluções vernáculas e na definição de 'estratégias', que podem ser aplicadas em projeto contemporâneo sustentável.

4.1. Ambiente

O âmbito do ambiente deve ser considerado como a capacidade da intervenção humana em reduzir e evitar os impactos negativos dos edifícios no meio-ambiente, reagindo à mudança nele materializada. É amplamente interligado ao âmbito socioeconómico, especialmente,

nos aspectos sobre consumo de energia e os ciclos de vida do edifício (Correia et al., 2013a). De acordo com as premissas estabelecidas, o âmbito do ambiente é dividido em cinco 'objetivos' principais, que desenvolvem em mais de vinte 'princípios' de atuação (figura 2).



4.2. Sociocultural



O âmbito sociocultural está intrinsecamente ligado ao sentido de pertença, identidade, desenvolvimento comunitário, agrupando todos os impactos positivos em termos sociais e culturais observados na arquitetura vernácula. Trata-se da proteção das paisagens culturais, da transmissão da cultura construtiva, da capacidade de

gerar criatividade, no reconhecimento dos valores culturais (tangíveis e intangíveis) e na contribuição para a coesão social (Correia et al., 2013a). Através das premissas estabelecidas, o âmbito sociocultural, encontra-se dividido em seis 'objetivos' principais, que se desenvolvem em mais de vinte princípios de atuação (figura 3).

4.3. Socioeconómico

A âmbito socioeconómico surge como o mais quantitativo, sendo caracterizado pela capacidade de redução do esforço aplicado no processo de construção, no desempenho e na manutenção do edifício. Neste caso, as soluções vernáculas incentivam a uma maior autonomia, estimulam a atividade local, optimizam os

esforços de construção, aumentam a vida útil dos edifícios e preservam os recursos (Correia et al., 2013a). Através das premissas estabelecidas, o âmbito socioeconómico encontra-se sustentado em seis 'objetivos' principais, que de desenvolvimento em mais de vinte 'princípios' de atuação (figura 4).



5. APLICAÇÃO DO PROCESSO DE ABORDAGEM METODOLÓGICA E OPERATIVA

O processo de abordagem metodológica e operativa fundamenta-se nos três âmbitos da sustentabilidade, o ambiente, o sociocultural e o socioeconómico, associadas à definição de diferentes princípios, para aplicação na análise do património vernáculo. As lições derivadas do património vernáculo podem ser aplicadas na concepção do projeto de arquitetura contemporânea.

Nesse sentido, será efectuada uma análise a um estudo de caso vernáculo, aonde serão evidenciados os seus princípios sustentáveis. De seguida, será realizada a análise de um exemplo de arquitetura contemporânea sustentável, exemplo que será analisado a partir da abordagem metodológica e operacional do projeto VerSus.

5.1. Património vernáculo: Estudo de caso

O edifício vernáculo em estudo foi edificado em xisto e taipa (figura 5). O contributo do estudo de caso é

determinado a partir dos três âmbitos de sustentabilidade e de quinze princípios de atuação.



Figura 5. Imagens de habitação vernáculo no Alentejo, Portugal. (Créditos: Correia, 2007)



5.1.1. Localização e caracterização

A habitação localiza-se na aldeia do Outeiro, no concelho de Reguengos de Monsaraz, distrito de Évora, região do Alentejo, Portugal. A habitação foi construída em 1940, baseada na tipologia habitacional característica da região alentejana. A construção foi edificada com embasamento em alvenaria de xisto ordinária e paredes exteriores em taipa, material característico da região (Correia, 2007). Morfologicamente, a habitação é caracte-

terizada por uma planta rectangular, composta por um piso térreo. A fachada é caracterizada pela presença de linhas rectas e forma maciça e com a existência de poucos vãos. O volume da chaminé destaca-se na fachada principal. O interior é caracterizado por uma organização simples, dividida entre o espaço comum (cozinha/ sala) e o espaço privado (alcofas).

5.1.2. Aplicação da metodologia

Neste subcapítulo é aplicada a metodologia operativa, da qual se extraíram os princípios de atuação, implícitos no edifício em análise (figura 6).

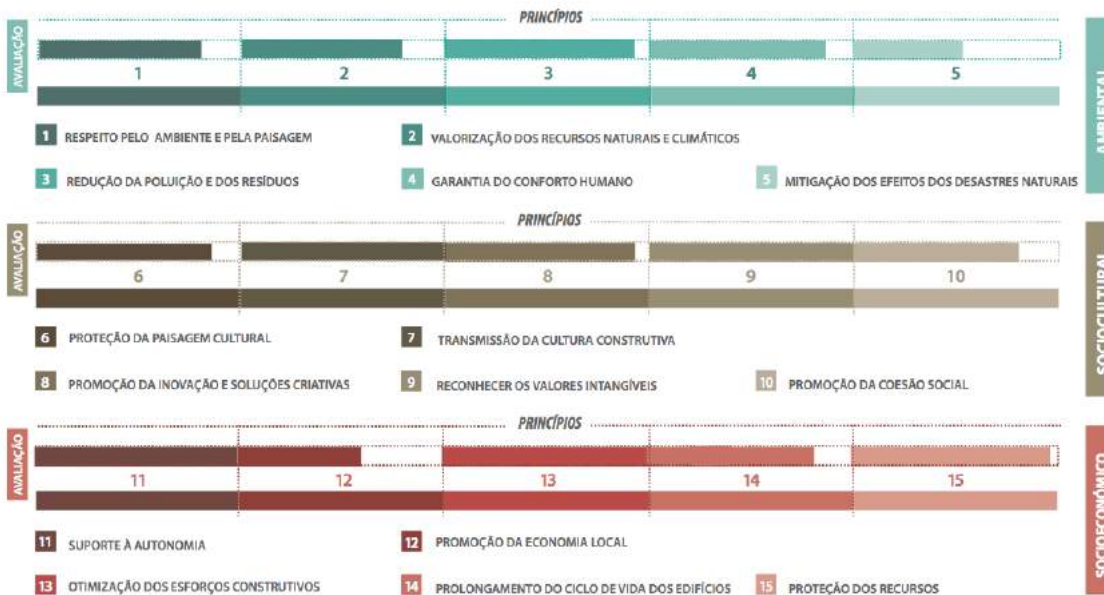


Figura 6. Aplicação da abordagem metodológica e operativa ao exemplo vernáculo, no âmbito do ambiente, âmbito sociocultural e âmbito socioeconómico. (Créditos: CI-ESG)

5.2. Arquitetura contemporânea: Estudo de caso

O presente subcapítulo é caracterizado pela análise de uma edificação contemporânea sustentável, sob a perspectiva do contributo do património vernáculo (figura 7). A análise consiste na interpretação dos projetos de acordo com os três âmbitos da sustentabilidade esta-

belecidos e dos quinze princípios subsequentes. Nenhum projeto responderá integralmente e de forma objetiva, a todos os princípios, mas pretende-se que, pelo menos, os projetos considerados sustentáveis, sejam transversais aos três âmbitos de análise.

5.2.1. Localização e caracterização

O edifício selecionado como caso de estudo contemporâneo é o Centro de Monitorização da ETAR - Estação de Tratamentos de Águas Residuais, localizado no distrito de Évora, em Portugal¹. O Centro de Monitorização da ETAR de Évora caracteriza-se morfologicamente, por linhas rectas e edificação monolítica. A utilização de técnica da taipa evoca a cultura construtiva local que se caracteriza

pela sua integração, pragmatismo e conforto ambiental devido à sua performance térmica, numa região seca e quente. A articulação construtiva entre a taipa, a cobertura e caixilharia em metal têm um impacto contemporâneo, com recurso a uma técnica construtiva vernácula. O edifício recorre, assim, à aplicação de métodos e princípios tradicionais de uma forma sustentável e atual.



Figura 7. Centro de Monitorização em Évora, Portugal. (Créditos: Filipa Gomes, 2011)



5.2.2. Aplicação da metodologia

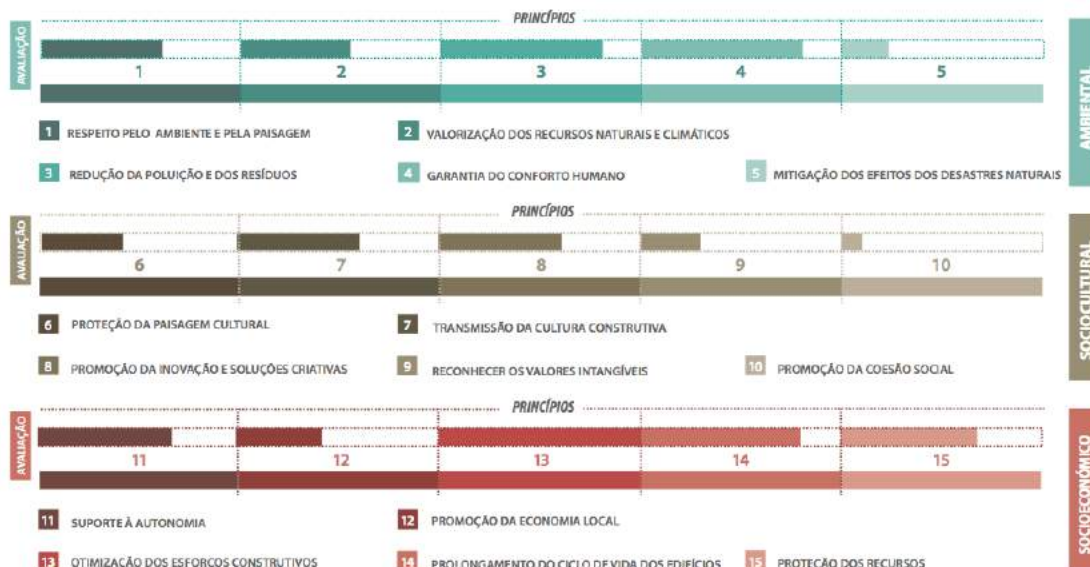


Figura 8. Aplicação da abordagem metodológica e operativa ao exemplo contemporâneo. (Créditos: CI-ESG, 2014)

No presente subcapítulo, é aplicada a metodologia operativa, de modo a se extraírem, os princípios de atuação, implícitos no edifício em análise (figura 8).

6. RESULTADOS DA INVESTIGAÇÃO

6.1. Conferências internacionais

Em Outubro de 2013, a Escola Superior Gallaecia e o ICOMOS-CIAV/ Comité Científico Internacional de Arquitectura Vernácula organizou conjuntamente, em Vila Nova de Cerveira, Portugal, três importantes conferências internacionais CIAV 2013 - 7ºATP - VerSus 2013. O evento contou com a conferência VerSus, que foi desenvolvida no âmbito do projeto VerSus. As atas da conferência 'Contribuições para o desenvolvimento sustentável do vernáculo património e arquitetura de terra' foram publicadas pela CRC/ Taylor e Francis Group (Correia et al., 2013b). A conferência CIAV2013 teve como objetivo a apresentação dos resultados preliminares do projeto de investigação europeu, VerSus, especialmente em áreas de contribuição relevante para o conhecimento como: património cultural e culturas construtivas; materiais e

técnicas de construção; território e adaptação ambiental; eficiência energética e design sustentável; riscos naturais e mitigação de riscos; educação e novo foco de pesquisa. A conferência geral e a publicação contribuiu para a reflexão sobre, que futuro para a arquitetura vernácula no mundo de hoje, de rápida mudança global. Em Setembro de 2014, a Universitat Politècnica de València, Instituto de Restauración del Patrimonio e a Escola Superior Gallaecia em Valencia (Espanha), a Conferência Internacional Património Vernáculo, Sustentabilidade e Arquitectura em Terra VerSus2014 | 2ºMEDITERRA | 2ºResTAPIA. A conferência internacional VerSus 2014 recebeu mais de 400 contribuições, proporcionando um olhar sobre a importância e pertinência da problemática em estudo e do projeto de investigação VerSus.

6.2. Workshops científicos e competição internacional de estudantes

No desenvolvimento do projeto foram planificados várias workshops científicas como elemento de verificação do conceito e da forma da abordagem metodológica do projeto VerSus. O processo foi confirmado, progressivamente, através das workshops organizadas durante as reuniões plenárias entre os diferentes parceiros. As workshops foram direcionadas a estudantes de mestrado em arquitetura, mestres e doutorandos. Os resultados das workshops científicas contribuíram para a validação e melhoria do método de pesquisa operacional.

O Concurso Internacional VerSus para estudantes de arquitetura promoveu igualmente o projeto no meio académico. A competição contribuiu para a melhoria do conhecimento sobre as lições de sustentabilidade do património vernáculo como princípio de aplicação à arquitetura contemporânea sustentável. Neste contexto, os estudantes universitários e recém-licenciados foram convidados a competir através da exposição de um projeto de arquitetura contemporâneo sustentável, sustentado nos princípios sociais, económicos e ambientais do património vernáculo.

6.3. Booklet VerSus

O booklet (Guillaud et al, 2014) foi criado com o principal objetivo de disseminar objetivos e princípios de atuação, assim como de estratégias e soluções do património

vernáculo para a aplicação em arquitectura contemporânea. O booklet, desenvolvido para acesso livre, encontra-se disponível no website do projeto

(www.esg.pt/versus) e representa uma estratégia de comunicação visual, para ampla disseminação. O facto de se apresentar em cinco idiomas (português, espanhol, italiano, francês e inglês) possibilita uma maior amplitude de impacto geográfico.

A simplificação da abordagem operativa do projeto VerSus para o booklet, possibilitou a obtenção de uma comunicação visual intuitiva. O booklet transmite assim, através de um conjunto de imagens representativas, os princípios ilustrados no património vernáculo dos quatro

países parceiros (Portugal, Espanha, Itália e França). A ampla diversidade de expressões e imensa variedade de contextos físicos, sociais, culturais e económicos evidencia a riqueza e o potencial dos princípios emergentes do património vernáculo, como elemento de aplicação no projeto de arquitetura contemporânea sustentável. O booklet expõe, também, uma seleção de projetos contemporâneos dos países parceiros, analisados à luz das lições de património vernáculo. Estes projetos foram abordados como referências de arquitetura contemporânea sustentável.

6.4. Publicação científica

A publicação científica emerge como elemento sintetizador dos resultados obtidos durante os dois anos de investigação, salientando as principais dimensões de sustentabilidade relacionadas com a arquitetura vernácula e a sua relação com a arquitetura contem-

porânea. Os resultados foram, com exigência e consistência, sistematicamente desenvolvidos para criar uma visão relevante da contribuição do património vernáculo para a arquitetura contemporânea sustentável.

7. CONCLUSÕES

O presente artigo, abordou a evolução do projeto de investigação VerSus, expondo uma reflexão sobre a sua estrutura conceptual, as diferentes fases e os resultados alcançados. O projeto VerSus tem como objetivo promover e valorizar o património vernáculo sob uma abordagem mais ampla, para além, dos convencionais parâmetros quantitativos, melhorando as perspectivas transversais dos princípios de sustentabilidade. Dessa forma, foi criada uma abordagem metodológica e operativa desenvolvida com base numa abordagem

conceptual, facultando conhecimentos operacionais sobre o património vernáculo, que podem ser integrados no processo de projeto de arquitetura contemporânea sustentável, abordando o conceito de sustentabilidade numa perspectiva holística, transversal, e multidisciplinar. VerSus sustenta, assim, ambições no âmbito social, económico e cultural como resposta às necessidades da sociedade atual, contribuindo para a preservação e valorização do património vernáculo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asquith, L.; Velinga, M. (eds) (2006). *Vernacular architecture in the twenty-first century*. Oxon: Taylor & Francis
- Correia, M. (2007). *Taipa no Alentejo*. Lisboa: Argumentum
- Correia, M. (2009). *Sustentabilidade: Conceito e desenvolvimento*. In *Energias Renováveis*. Porto: Atelier Pã, p.68-76.
- Correia, M.; Carlos, G.; Merten, J.; Viana, D.; Rocha, S. (2013a). *VerSus: Vernacular heritage contribution to sustainable architecture*. In Correia, Carlos & Rocha (eds) 2013. *Vernacular Heritage and Earthen Architecture. Contributions for Sustainable Development*. London: CRC/ Balkema/ Taylor & Francis Group, p.833-838
- Correia, M.; Carlos, G.; Rocha, S. (eds) (2013b). *Vernacular heritage and earthen architecture. Contributions for sustainable development*. London: CRC/ Balkema/ Taylor & Francis Group.
- Frey, P.; Bouchain, M. (2010). *Learning from vernacular: towards a new vernacular architecture*. Tours: Actes Sud
- Guillaud, H.; Moriset, S.; Sánchez Muñoz, N.; Sevillano Gutiérrez, E. (eds) (2014). *Booklet - VerSus: Lessons from vernacular heritage to sustainable architecture*. Grenoble: CRAterre & Escola Superior Gallaecia.
- Hegger, M.; Fuchs, M.; Stark, T.; Zeumer, M. (2007). *Energy Manual - Energie Atlas. Sustainable Architecture*, Birkhäuser Verlag, Basel/Berlin: Edition Detail
- Sánchez-Montañés Macías, B. A. (2007). *Estrategias medioambientales de la arquitectura vernácula como fundamento de sostenibilidad futura. Necesidad de la aplicación de los principios científicos de la arquitectura. Arquitectura vernácula en el mundo ibérico: actas del congreso internacional sobre arquitectura vernacular*. Sevilla: Universidad Pablo Olavide, p.406-414.

NOTA

¹ Autoria do Arq. João Alberto Correia

AUTORES

Mariana Correia. Doutorada por Oxford Brookes University (Reino Unido); Mestre pela CRAterre-ENSAG (França); Arquitecta pela FAUTL (Portugal). Coordenadora do PROTERRA. Presidente do Conselho de Direção da ESG/Escola Superior Gallaecia (Portugal); Diretora do CI-ESG; Membro da UNESCO Chair-Arquitetura de Terra, ICOMOS-CIAV e ICOMOS-ISCEAH. Consultora Internacional do ICOMOS para sítios património da UNESCO. Membro do Comité Consultivo do programa WHEAP-UNESCO.

Filipa Gomes. Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo, na Universidad da Coruña (Espanha); Mestre e Arquitecta pela Escola Superior Gallaecia (Portugal). Bolseira de Investigação da FCT no CI-ESG, Centro de Investigação da Escola Superior Gallaecia, onde colabora em projetos de I&D. Publicou sobre arquitetura vernácula, em conferências internacionais e em capítulos de livros.

Gilberto Duarte Carlos. Doutoramento e DEA em Arquitetura pela Universidad da Coruña (Espanha); Arquitecto pela FAUTL (Portugal). Estagiou em Tóquio (Japão). Coordenador da Linha de Investigação em Arquitetura e Património do CI-ESG, aonde é investigador residente. É Vice-Diretor e Professor no Mestrado Integrado de Arquitetura e Urbanismo da ESG/ Escola Superior Gallaecia (Portugal).

João Alberto Correia. Doutorado em Construção Sustentável por Salford University (Reino Unido). Mestre e Arquitecto pela FAUTL (Portugal). Projetou, em Portugal, obra de habitação e equipamento público. Ganhou o Prémio Internacional *Outstanding Earthen Architecture in Europe*, com o projeto e obra do Centro de Monitorização da ETAR de Évora. É investigador no CI-ESG.

2.3 Vivienda alpaquera altoandina. Caso de estudio tipológico en Puno, Perú. Magaly del Pilar Gayoso/Orlando Carlos Pacheco Zúñiga

Magaly del Pilar Gayoso Carranza¹; Orlando Carlos Pacheco Zúñiga²

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú ¹magaly.gayoso@gmail.com; ²orlandopz23@gmail.com

Palabras Clave: vivienda rural, tipología, patrimonio vernáculo, comunidades altoandinas.

Resumen

Las zonas altoandinas del continente sudamericano presentan condiciones adversas para el desarrollo de la vida del hombre. La arquitectura como expresión de la cultura material de los pueblos que habitan a más de 4000 msnm es el objeto de estudio. La vivienda refleja diversas soluciones adoptadas por los hombres buscando proveerse de un espacio controlado dentro de un amplio espacio natural. Estas soluciones 'espontáneas' forman parte de la tradición constructiva en nuestra historia; con valor cultural y arquitectónico incalculable que debieron ser rescatado y promovido para enfatizar la diversidad cultural de la región en tiempos de globalización acelerada. Se analizan viviendas de tierra y piedra cuyo diseño ha sido determinado por el ritmo de vida de los usuarios en comunidades alpaqueras y por condiciones climáticas imperantes. La inexistencia de estudios actuales que busquen sistematizar y conservar esta arquitectura rural altoandina motiva la realización del presente estudio. Se considera que es responsabilidad del arquitecto promover la continuidad cultural reconociendo y poniendo en valor la tecnología local. Por ello es objeto de esta investigación identificar variables culturales que condicionan el entorno construido, establecer tipologías de vivienda y generar un registro de las viviendas, sus espacios y usos a nivel descriptivo, gráfico y fotográfico. Los resultados preliminares muestran tres tipologías de vivienda, cuya autoconstrucción es consecuencia de la situación socio-económica de los usuarios. Se concluye que los materiales de construcción no industrializados como el adobe y piedra, son idóneos para contrarrestar las inclemencias climáticas del lugar de manera sostenible incorporando conocimiento tradicional y permaneciendo acordes al paisaje cultural altoandino.

1. INTRODUCCIÓN

En el continente sudamericano las viviendas desarrolladas en la región andina son el resultado de una particular forma de apropiación del espacio. Hace más de 6000 años la simbiosis que se forjó entre hombre y animal hizo admisible para el hombre asentarse en áreas hostiles y soportar las inclemencias climáticas en territorios donde la temperatura puede descender hasta -22°C.

Sin embargo ambos actores resultaron beneficiados; el animal encuentra refugio, alimento y protección contra los depredadores; y el hombre se provee de abrigo, alimento, combustible para sus cocinas e ingresos económicos generados por la venta de fibras. Es así como el pastoreo simboliza, no solo una actividad económica, sino el sustento de vida del pastor. La forma de habitar en comunidades rurales es distinta a la que se desarrolla en las urbes, la actividad económica a la que se dedican y los amplios terrenos donde se

emplazan (aproximadamente 200 ha) hacen que el espacio existencial del usuario no se circunscriba únicamente dentro de la vivienda, sino también fuera de ella.

Es probable que la primera observación que se haga sobre estas edificaciones este referida a su precariedad física pues no cumplen con los cánones de habitabilidad y calidad de vida que se establecen en las urbes. Sin embargo se debe considerar la dimensión socio-cultural para obtener un enfoque ético y así entender las formas de comportamiento y la arquitectura.

Observando y analizando las distintas dinámicas que el pastor establece en el escenario altiplánico es posible estudiar de forma más completa la configuración de su vivienda y además determinar cuáles son las estrategias constructivas empleadas por los pastores para adaptarse al medio que los rodea.

1.1 Geomorfología

El estudio se desarrolla en la comunidad rural Choroma (Figura 1) que se localiza en los Andes del sur del Perú a 20 km aproximadamente del centro poblado Santa Lucía, dentro de la región ecológica denominada Puna. Ésta se encuentra delimitada por territorios entre los 4000 y 4800 msnm, tomando como referencia el límite superior efectivo de la agricultura.

La topografía de estas zonas es de altiplanos, cuencas y laderas interrumpidas por cadenas montañosas con picos nevados. El grupo de plantas que caracterizan este escenario, son los pastos cortos, conocidos como *ichu*.

Se presentan temperaturas relativamente constantes todo el año, con fluctuaciones pronunciadas entre las horas del día y la noche. Estas diferencias de temperatura pueden

llegar, en los meses más fríos, hasta 21°C. Los meses de abril y mayo presentan temperaturas moderadas que fluctúan entre 16°C y 3°C. Cabe destacar que a lo largo del año la radiación solar es alta, con vientos diurnos y una atmósfera seca.

Las lluvias son estacionales, comienzan en noviembre, aumentan de intensidad durante diciembre, enero y febrero; y disminuyen de manera progresiva durante abril y mayo.

Los meses sin lluvia (mayo, junio, julio, agosto y septiembre) registran el mayor número de días con heladas y la temperatura puede oscilar entre 15°C y -7°C. Las nevadas son esporádicas y desaparecen con los primeros rayos del sol.



Figura 1 – Vista de la comunidad Choroma (Fuente: Propia)

2. MARCO TEÓRICO

La investigación se sustenta en tres conceptos fundamentales. En primer lugar la vivienda como expresión material de la cultura y por tanto condicionada por elementos socio-culturales (Rapoport, 2003); en segunda instancia la apropiación del espacio como el proceso

para materializar la vivienda y determinar el espacio existencial del usuario (Muntañola, 2001). Finalmente las tipologías como clasificación de la vivienda según las estrategias constructivas que se han desarrollado para adaptarse al entorno (Caniggia; Maffei, 1995).

3. METODOLOGÍA

La metodología para el desarrollo de la presente investigación es el estudio de caso. La muestra corresponde al 30% de la totalidad de viviendas que se ubican en la comunidad altoandina alpaquera Choroma, para su análisis, comparación y posterior clasificación. Las técnicas aplicadas para la recolección de información están referidas a la revisión de bibliografía, elaboración de encuestas con preguntas cerradas politómicas, desarrollo de entrevistas semiestructuradas y el levantamiento gráfico y fotográfico de la vivienda.

Durante el trabajo de campo se emplea la observación directa, referida al contacto directo entre el investigador y el objeto a estudiar; y la observación participante artificial, que permite recoger información fidedigna sobre las costumbres de la comunidad. Posterior al trabajo de campo se aplica el análisis de contenido para filtrar la información que se considera relevante; la clasificación de información según las variables de interés y finalmente la sistematización e interpretación de datos mediante una matriz que refleja los datos trascendentales de la vivienda.

4. RESULTADOS

El primer resultado de la investigación es la determinación de variables socio-culturales que influyen en el proceso de concepción de la vivienda. Estos incluyen cosmovisión, actividad económica, nivel de pobreza, dinámica social, educación, estilo de vida, formas de alimentación, festividades sociales y religiosas, etc.

Se incluye la definición de apropiación del espacio como el método que, mediante determinadas estrategias (concepción, planificación y ejecución) logra conformar un espacio arquitectónico y un espacio existencial conforme a los anhelos del usuario.

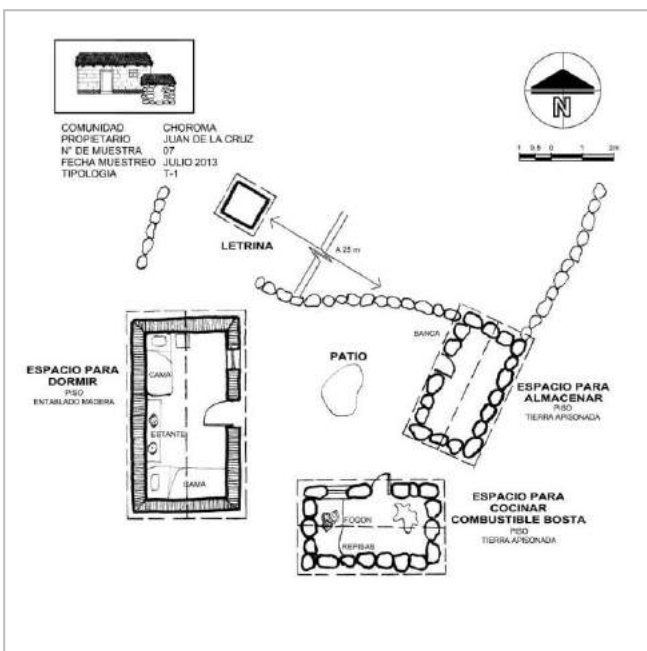


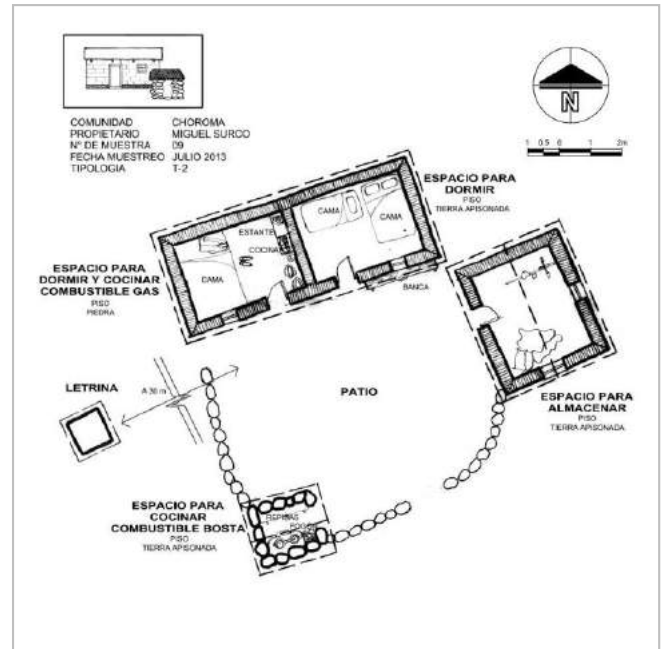
Figura 2 – Planta de una vivienda autóctona (Fuente: Elaboración propia)

En tercera instancia se determinan tres tipologías de vivienda alpaquera. La primera denominada autóctona (T-1) agrupa aquellas viviendas compuestas por volúmenes independientes distribuidos alrededor de un patio central, los materiales utilizados son tradicionales, es decir, elaborados por el hombre o usados directamente del medio natural; como son el adobe y la piedra para los muros y la paja para los techos. (Figura 2).

La segunda clasificación es la tipología 'tradicional' se subdivide en tres organizaciones distintas. El tipo 'tradicional-base' (T-2a) presenta como máximo cuatro volúmenes independientes organizados alrededor de un patio, sin embargo dentro de un volumen se pueden encontrar dos espacios; los materiales utilizados en los muros son tradicionales (adobe y piedra), pero la mayoría de techos son de material industrial (calamina) (Figura 3). La tipología 'tradicional-simplificada' (T-2b) presenta tres volúmenes como máximo, cada uno con un ingreso independiente y no cuenta con un patio organizador defi-

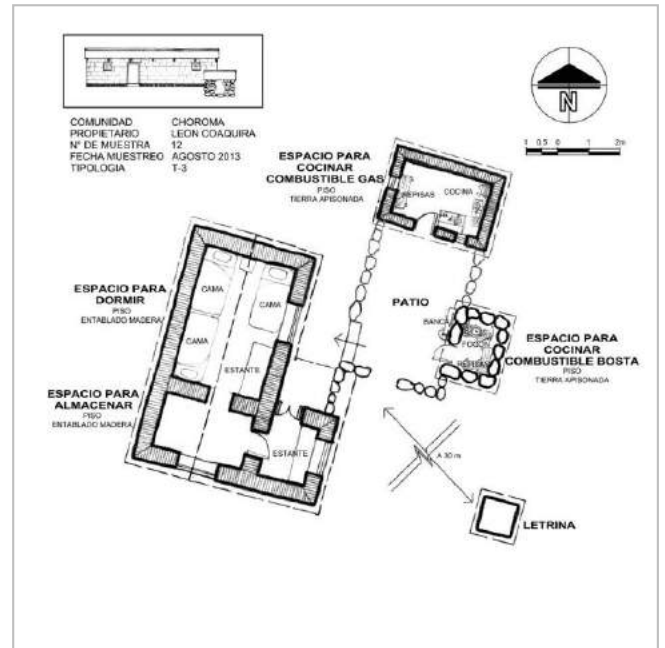
nido; los materiales de los muros son tradicionales (adobe y piedra) mientras que los techos son indistintamente de tradicionales (paja) o industriales (calamina). La tipología 'tradicional-expandida' (T-2c) consta de seis volúmenes independientes como mínimo, éstos pueden contener más de un ambiente al interior, cuentan con un patio extendido o múltiples patios organizadores; los materiales usados en los muros pueden ser industriales (calamina) o tradicionales (adobe y piedra) al igual que los techos (paja).

Figura 3 – Planta de una vivienda *tradicional-base* (Fuente: Elaboración propia).



El tercer tipo identificado es la tipología tradicional en transición a contemporánea (T-3) se considera como transición pues experimenta con nuevas formas volumétricas pero usa elementos de la tipología tradicional. Presenta un patio organizador y a su alrededor se distingue al menos un volumen con un espacio interior a través del cual se accede a otro espacio, es decir sin tener acceso directo desde el patio; los materiales usados pueden ser tradicionales o industriales (Figura 4).

Figura 4 – Planta de una vivienda *tradicional en transición a contemporánea* (Fuente: Elaboración propia).



Finalmente se logró la identificación de estrategias constructivas que sirven como referente para que posteriores intervenciones arquitectónicas sean pertinentes y promuevan la continuidad cultural. Dentro de ellas destacan la compacidad de los volúmenes, el esquema organizacional alrededor de un patio, el área reducida de los vanos para evitar pérdidas de calor y el uso del adobe como material térmico.

5. MEDIOS DE VERIFICACIÓN

Gran parte de la investigación se apoya en la información recogida en el estudio de campo, realizado de manera objetiva y concisa en visitas efectuadas durante los meses de junio y octubre entre el año 2012 y 2013. La ubicación y orientación de las cabañas fue obtenida por medio de puntos GPS, así mismo las características físicas y de función de las viviendas se determinaron mediante fotografías, encuestas y entrevistas a los pobladores y autoridades del distrito. Los datos históricos y de actividad económica fueron recogidos de bibliografía referente a arquitectura prehispánica en los andes (Lumbreras, 2000), antropología andina (Milla, 2003) y adaptaciones del hombre al ande (Flores, 1977). Los datos estadísticos se obtuvieron de entidades estatales peruanas como son el

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, el Instituto Nacional de Estadística e Informática, indicadores realizados por el Ministerio de Salud y la Municipalidad Distrital de Santa Lucía que proporcionó la relación de pobladores del distrito por comunidad, planos topográficos, entre otras.

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Respecto a la cosmovisión, estilo de vida y actividad económica se distingue que la esencia de los pobladores en Choroma es la relación que mantienen con los animales, dedican todo el año a su cuidado pues, sobre todo las alpacas, son animales propensos a sufrir enfermedades y morir en sus primeros meses de vida. La vivienda incluye espacios para agrupar al ganado tales como canchones o enmallados. Los pastores pueden

permanecer todo el día fuera de su vivienda para llevar a los animales a pastar y regresar en la tarde para guardar el ganado, comer e irse a dormir. El pastoreo es una actividad familiar, muchos de los habitantes del poblado no han asistido a la escuela pero el oficio ha sido enseñado por sus familiares de generación en generación. Los ingresos económicos son escasos, las condiciones actuales los colocan en el rango de pobreza extrema. Sus

ingresos se distribuyen principalmente en alimento y herramientas para el cuidado de los animales. La comunidad no cuenta con redes de agua potable, desagüe ni alumbrado eléctrico.

El combustible para las cocinas (fogón) es la bosta. La alimentación se basa principalmente en alimentos hervidos, la ingesta de frituras es inusual, por ello los implementos de cocina solo son ollas mas no sartenes. El lavado de ollas se efectúa al exterior de la vivienda donde se utiliza agua recolectada de fuentes naturales y almacenada en baldes.

En relación a la apropiación del espacio se observó que la vivienda alpaquera, también denominada cabaña, se encuentra emplazada dentro de un amplio predio de aproximadamente doscientas hectáreas. Se sitúan cerca a fuentes naturales de agua o a caminos que conduzcan a ella, al no contar con agua potable los pobladores deben realizar recorridos diariamente para recolectar. Cuentan con una vista panorámica hacia puntos estratégicos tales como vías asfaltadas, centro del caserío o áreas donde duerme o pasta el ganado.

La vivienda alpaquera está conformada por volúmenes independientes que cumplen distintas funciones (Figura 5). Los espacios destinados al uso familiar son el espacio para dormir, espacio para cocinar-comer y en algunos casos los espacios para dormir-cocinar-comer. Por otro lado los espacios para almacenar sirven para guardar herramientas de trabajo, pieles, entre otros. Todas las viviendas cuentan con al menos un patio que suele ubicarse entre los volúmenes techados y funciona como un espacio repartidor.

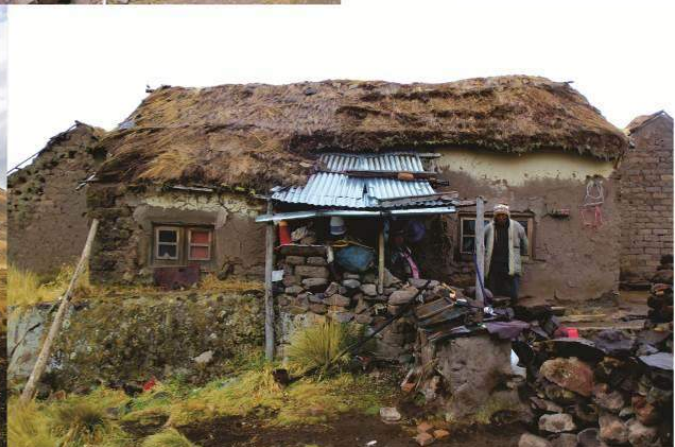
Los espacios para cocinar también son usados para comer, todas las viviendas cuentan con una cocina con combustible a bosta que incluye escaso mobiliario interior, las repisas o espacios para guardar los utensilios de cocina son improvisadas por los usuarios, del mismo modo se encuentra una tabla con dos apoyos que cumple la función de banca. Al no contar con red de agua ni electricidad no existen zonas de lavado o refrigeración en dicho espacio. Algunas viviendas cuentan con cocinas a gas y éstas se ubican en volúmenes independientes, dentro del volumen donde se ubica el fogón o dentro del espacio para dormir.

La familia nuclear pernocta en un mismo espacio para dormir, el mobiliario de este lugar incluye camas (muchas veces elaboradas por los usuarios) y algunos muebles pequeños para guardar sus pertenencias. En caso de ser una familia extendida existe más de un espacio para dormir. La extensión de la vivienda no se restringe a los límites físicos de los distintos espacios para comer, cocinar, dormir o almacenar, pues los pastores realizan diariamente extensos recorridos junto a su ganado, o para la recolección de agua que forman parte de su espacio existencial.

Las tipologías son el resultado de la clasificación de las viviendas según los aspectos de forma, función, material y conformación espacial. La totalidad de edificaciones encontradas en esta comunidad se plantean de manera ortogonal, son volúmenes de planta cuadrangular y rectangular con techos de una, dos o cuatro aguas. Las viviendas de la tipología tradicional en transición a contemporánea presentan al menos un volumen con planta asimétrica.



Figura 5: Cabañas de distintas tipologías en la comunidad Choroma. En la zona central superior se distingue una vivienda *autóctona*, a la derecha se observa una vivienda *tradicional* y al lado izquierdo una vivienda *tradicional en transición a contemporánea* (Fuente: Propia)



Los materiales usados en los muros de la vivienda son el adobe, con bloques de 0,30 m x 0,40 m x 0,20 m x 0,15 m, la piedra con barro y en menor escala las planchas de zinc, en casos aislados los muros cuentan con tarrajeo interior y exterior. Mientras que para los techos se usa la paja o la calamina con estructuras de madera rolliza o cepillada que en muchas ocasiones es reciclada o adaptada para dicha función. Para evitar filtraciones en los techos se usa a manera de cielo raso el costalillo (costales de rafia abiertos). Los pisos de todos los espacios para cocinar-comer y almacenar son de tierra apisonada, mientras que en algunos espacios para dormir cuentan con piso de madera. Todos los vanos son de tamaño reducido, tanto de las puertas como de las ventanas. Las puertas son elaboradas usando bastidores de madera y coberturas de hojalata. El 90% de los vanos presentan filtraciones al igual que los encuentros de muros con techo.

Los espacios para dormir son en su mayoría de adobe con techos de calamina a un agua, tienen ventanas peque-

ñas para permitir la iluminación interior. Los ingresos son independientes, generalmente distribuidos desde el patio, a excepción de la tipología tradicional en transición a contemporánea que presenta espacios conectados entre sí pero con un solo ingreso desde el patio. Las cocinas que usan como combustible bosta son principalmente de piedra con techos de paja a dos aguas; no cuentan con ventanas pero debido a la gran cantidad de humo que producen al cocinar, ventilan por pequeños vanos en los muros o por el encuentro entre muro y techo. Así mismo los espacios para almacenar tienen mayoritariamente muros de piedra y techos de calamina de un agua, además son los espacios que presentan peor estado de conservación.

Finalmente se observa que el entorno modificado por el hombre se mimetiza con el medio natural (Figura 6), esto se debe en gran parte a que los materiales usados en la construcción de la vivienda han sido transformados manualmente por el hombre usando como base los recursos provistos por la naturaleza.

Figura 6:
Paisaje
natural y
cultural
(Fuente:
Propia)



7. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se mencionan a continuación surgen como resultado de la investigación realizada, enfatizando en las viviendas, la interacción de los usuarios con su entorno y las soluciones constructivas desarrolladas. Las siguientes observaciones son orientadas para ser idealmente replicadas o tomadas en cuenta para futuras intervenciones arquitectónicas dentro del mismo escenario. Las conclusiones se enfocan en tres campos que son los siguientes:

El aspecto socio-cultural-económico, mediante el cual es posible comprender los anhelos y sueños del usuario y con ello la repercusión que tienen sobre las propiedades físicas y funcionales de la vivienda. De este campo se concluye que:

- Estudiando las particularidades sociales, culturales y económicas de un grupo humano es posible determinar las características de su vivienda, rescatables para diseñar y crear espacios habitables de acuerdo a los requerimientos del usuario, y no emplear tendencias de grupos foráneos que además de ser incom-

patibles pueden generar el desuso o abandono de la vivienda.

- La conformación de las viviendas se realiza mediante la auto-construcción y auto-planificación que a su vez están determinadas, además de la tradición cultural, por factores económicos. Los escasos ingresos monetarios no permiten a los pastores mejorar sus viviendas.
- El nivel de pobreza económica hace que la bosta sea el combustible más utilizado para la preparación de alimentos pues es gratuito. Los espacios para cocinar y comer son volúmenes independientes ya que el humo que se genera al cocinar contamina a los usuarios, del mismo modo, se prevén que en caso se produzca un incendio se minimicen los daños en su vivienda.
- En caso se perciban mayores ingresos monetarios, la primera intervención en la vivienda es el cambio del

material de los techos. Se remplazan los techos de paja por cubiertas de calamina (plancha de zinc), ya que es considerada por los pobladores como un material de mayor durabilidad que la paja, de fácil instalación y que simboliza modernidad.

- La actividad económica a la que se dedican, el pastoreo, exige que los usuarios permanezcan largas horas fuera de su vivienda, por ello el espacio más usado es el dormitorio que también es el de mayores dimensiones.
- La cosmovisión de los pastores sitúa a los animales en un rol protagónico, son un regalo de la naturaleza y es su deber cuidarlos; por ello corrales y canchones se sitúan próximos a la vivienda.
- El patio tiene una gran importancia en la conformación de la vivienda alpaquera, su ubicación es mayoritariamente central y su uso no es solo de distribución sino que sirve para el descanso del pastor y se transforma en espacio social en caso de requerirlo.
- El uso del adobe como material de construcción está basado en el saber popular y la transmisión oral de vivencias. Los pobladores están convencidos que los espacios contruidos con adobe son más cálidos que otros contruidos con piedra o calamina. Contradictoriamente indicaron que si tuviesen mayores ingresos económicos preferirían cambiar el material a ladrillos de arcilla cocida ya que estos son usados en las urbes. Por todo ello es necesario considerar que las imágenes crean en el usuario ciertas expectativas pero es factible realizar diseños acordes con la cultura, con materiales favorables y que aun así cumplan con las expectativas del usuario.

Respecto a la apropiación del espacio que se desarrolla cuando el usuario genera vínculos con el espacio donde desea habitar se infiere que:

- El usuario se relaciona, integra, experimenta y plasma sus conocimientos en un medio físico, convirtiéndose en actor de su propia transformación. Esta dinámica entre usuario y espacio genera sistemas de lugares y al mismo tiempo crea espacios vivibles que formalizan aquellos conceptos pre-concebidos influenciados por sus vivencias y tradición cultural que hacen a los usuarios percibir estos espacios como suyos.
- Las formas de apropiación del espacio incluyen la concepción, planificación y ejecución de la vivienda por parte del usuario, donde se incorporan técnicas, materiales y saberes acumulados a lo largo de la historia. El pastor es auto-constructor y auto-transformador de las materias primas que les ofrece su entorno inmediato.
- El proceso de apropiación del espacio se realiza en un lapso indefinido, el tiempo y las nuevas experiencias generadas por el usuario hacen que sus imágenes e ideales cambien, por ello después de la primera etapa de apropiación concerniente a la conformación de la vivienda, se presenta la continuidad o los cambios de la misma.
- La relación entre hombre y animal hace que las actividades del usuario se realicen mayoritariamente fuera de la vivienda, esto y los recorridos realizados, hacen que la vivienda no se circunscriba únicamente

a límites físicos sino también virtuales, la vivienda es ilimitada.

- El entorno modificado por el hombre se mimetiza con el medio natural (Figura 1), esto se debe en gran parte a que los materiales usados en la construcción de la vivienda han sido transformados manualmente por el hombre usando como base los recursos provistos por la naturaleza.
- En referencia a los volúmenes de la vivienda se concluye que los espacios para dormir tienen gran flexibilidad de usos, pueden albergar una cocina siempre que el combustible sea gas. Si el espacio se desgasta rápidamente con el paso del tiempo puede transformarse en un almacén. Es el espacio más importante de la vivienda, que además de ser el más usado, es el envolvente y protección del usuario.
- El espacio para cocinar que tiene como combustible la bosta, es el segundo espacio más usado. Si se deteriora puede convertirse en almacén o quedar en desuso pero nunca adoptará la función de dormitorio.
- Los almacenes son espacios útiles y necesarios pero son los que menor cuidado requieren, la prioridad son los espacios para dormir.
- El mayor problema encontrado en la conformación de la vivienda es la falta de acceso a servicios básicos tales como agua potable, desagüe, electrificación, etc. Que genera condiciones insalubres de vida.

Respecto a las estrategias constructivas, que indican las tácticas que han aplicado los usuarios para adaptarse al medio y soportar las inclemencias climáticas, se determina que:

- Los volúmenes que albergan espacios para dormir son compactos, presentan muros de adobe de gran espesor y vanos de pequeñas dimensiones, por lo que deberían hacerlos cálidos. La razón de que esto no suceda en la actualidad se debe a la gran cantidad de filtraciones existentes no solo en los vanos sino también en el encuentro de muros y techo.
- Los muros de adobe de gran espesor usados en las viviendas, son favorables principalmente por tres motivos. En primera instancia, porque al ser la tierra un material con gran retraso térmico, absorbe la energía calorífica del sol durante el día por la superficie exterior del muro y la transmite lentamente hacia el interior, generando un retraso de aproximadamente 8 horas. Esto es favorable por la gran diferencia de temperatura entre el día y la noche. En segunda instancia porque se puede elaborar con materiales propios del entorno sin generar contaminación, siendo sustentable en el tiempo. Finalmente porque resulta ser un material culturalmente aceptado y económico.
- La falta de acabados (tarrajeo) en los muros de adobe hace que estos erosionen y se desgasten con mayor facilidad.
- El uso de muros de piedra en los espacios para cocinar-comer (usando bosta como combustible) se debe primordialmente a su resistencia en caso de incendios.
- Los fogones no cuentan con chimenea por lo que el humo producido al cocinar hace que los espacios para cocinar-comer sean ventilados por medio de

aberturas sobre las puertas, además de pequeños orificios en los muros.

- Existe una marcada tendencia por usar planchas de zinc (calamina) como material en los techos. Para los pobladores simboliza progreso y modernización además de ser considerados más duraderos y de bajo mantenimiento. Sin embargo dicho material, sin ningún tipo de aislamiento, solo genera pérdidas de calor en las horas más frías (durante la noche).
- Los techos en los espacios para dormir se presentan de calamina a un agua con un ángulo de inclinación de 11°; en los espacios para cocinar-comer son principalmente de paja a dos aguas con un ángulo de inclinación de 28°, así como también los hay en menor cantidad de cuatro aguas con un ángulo de 41° y finalmente en los espacios para almacenar son de calamina a un agua con un ángulo de inclinación de 10°. Los techos de calamina están en el rango adecuado (10°), caso contrario los techos de paja sean de dos o cuatro aguas deberían tener un ángulo de inclinación de aproximadamente 45°.
- Todos los pisos de los espacios para cocinar y almacenar son de tierra apisonada, mientras que en los espacios para dormir representan más del 90%. El ideal para los pastores es que los pisos de los espacios para dormir sean de madera machihembrada asentada sobre una base de piedra, procurando dejar una capa aire entre la piedra y la madera, para así aislarla la humedad del suelo, evitar que el calor del interior de las viviendas se pierda y además, al ser madera en vez de tierra apisonada, sea más fácil de

limpiar. El motivo para que este cambio no se genere es la falta de ingresos económicos.

- El material de las ventanas (vidrio con perfil metálico en la mayoría de casos) y las filtraciones que estas presentan, genera pérdida de calor en el interior de las viviendas por las noches. Por ello es favorable que los vidrios sean fijos con marcos de madera y de preferencia con contraventanas.

Se concluye que la concepción de la vivienda alpaquera está en transición pues los usuarios, condicionados por su capacidad económica, no se sienten satisfechos completamente con las tres tipologías que actualmente desarrollan y siguen experimentando a fin de conseguir una arquitectura que responda de manera más eficiente a su estilo de vida y además los proteja de las condiciones climáticas imperantes.

Por ello, tomando en consideración los elementos arquitectónicos y culturales identificados en el presente estudio de la vivienda alpaquera altoandina, es posible realizar intervenciones arquitectónicas e incluso una nueva tipología de vivienda *contemporánea* que respete los ideales y anhelos del usuario, mezclando sus patrones culturales y el saber ancestral con técnicas constructivas que permitan disminuir las pérdidas de calor al interior de las viviendas y el desgaste de los muros por erosión ante las lluvias.

Finalmente es fundamental, considerando que el pastor tiene un rol activo en el proceso de apropiación del espacio, que cualquier intervención a realizar en un escenario similar, el usuario debe formar parte e intervenir en el proceso de diseño, planificación y ejecución participativa empleando la mano de obra local.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Caniggia, G.; Mafferi, G. (1995). *Tipología de la edificación: Estructura del espacio antrópico*. (Margarita García, Trad.) Madrid: Celeste ediciones, 192 p.
- Flores, J.; (Comp.). (1977). *Pastores de Puna: uywamichiq punarunakuna*. Lima: IEP ediciones, 305 p.
- Lumbreras, L. (2000). *Reinos y señoríos Aymaras y Quechuas (Siglos X-XV d.C.)*. Lima: IFEA: Lluvia Editores, 62 p.
- Milla, C. (2003). *Ayni: Semiótica andina de los espacios sagrados*. Lima: Universidad de San Martín de Porres. Facultad de Ingeniería y Arquitectura: Asociación Cultural Amaru Wayra, 278 p.
- Muntañola, J. (2001). *La arquitectura como lugar*. México D.F.: Alfaomega, 223 p.
- Rapoport, A. (2003). *Cultura, arquitectura y diseño (Primera ed.)*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 212 p.

AUTORES

Magaly del Pilar Gayoso Carranza, Bachiller Arquitecta. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú.

Orlando Carlos Pacheco Zúñiga, Bachiller Arquitecto. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú.

2.4 Presente y futuro de la construcción con tierra en Chile: oportunidades y desafíos. Hugo Pereira Gigogne

Instituto del Medio Ambiente, Chile
pgigogne@gmail.com

Palabras claves: sustentabilidad, energía, térmico, acústico, fuego, sismo

Resumen

La construcción con tierra en Chile es consustancial a su historia, sin embargo, diversos factores han contribuido a la mutación de ésta. Entre ellos, el más importante es el maestro sismo. Durante décadas se construyó preferentemente utilizando adobe y técnicas mixtas de tierra madera en espacios habitados y tapial en cercos rurales.

A raíz del sismo de 1939, se comenzó a normar el uso del adobe. Durante la década del 50 el Ing. Raúl Ramírez inventó en un programa exterior la bloquera manual CINVA-RAM. Si bien este invento ha tenido una sostenida presencia a nivel mundial, su uso en Chile ha sido escaso. Desde la década del 70 se realizaron importantes investigaciones en relación al uso de la tierra especialmente relativa a análisis de suelo y otras líneas investigativas. Lo anterior probablemente motivado indirectamente por la crisis petrolera de entonces. Desarrolló un sistema constructivo de adobe pos-tensado con alambres de púas que ha tenido un excelente comportamiento durante los recientes sismos que han azotado Chile.

Desde fines del siglo pasado a la fecha, se ha generado una corriente de profesionales que han creado un nicho de trabajo en este tipo de construcción. La motivación de esta es la búsqueda de una arquitectura medioambiental y económicamente aceptable. La transferencia de conocimientos y experiencias de otras latitudes, sumado al saber hacer ancestral, han logrado una cierta transformación de los procedimientos tradicionales de la construcción en tierra.

Sin embargo, el impacto que estas arquitecturas han tenido es más bien puntual y en sectores socioeconómicos medios y medios altos, sin alcance efectivo en los sectores mayoritarios de la población. Se ha logrado normar la restauración patrimonial, sin embargo la gestión de homologar sistemas constructivos de vivienda económica en tierra es prácticamente inexistente. Faltan normas de cálculo estructural, entre otras, que avalen la construcción en tierra y les permita insertarse en el sistema económico. Con lo anterior, se lograría diseminar y potenciar la construcción con tierra en forma generalizada.

1. BREVE RESEÑA HISTORICA

La moderna construcción en tierra en Chile es un tanto reciente, en contraste con el inmenso acervo del uso del material tierra en la historia, especialmente durante el período colonial. Las señales de modernidad, vienen aparejadas por un lado con programas de cooperación internacional, como el programa CINVA¹ desarrollado en Colombia y por otro con la investigación científica asociada al material y su aplicación en proyectos puntuales.

En primer ámbito, destaca el invento de la mundialmente reconocida, reinventada y potenciada bloquera CINVA-RAM² (el acrónimo RAM son las tres primeras letras del apellido del inventor) en el marco del programa CINVA. Esta prensa se dedicó a la producción de bloques de tierra sin requerir alimentación de energía eléctrica alguna, siendo accionada por un operador humano (Figura 1).

Existe escasa bibliografía investigativa acerca de las condiciones en que se originó éste invento. Solo se reconoce la genialidad de inventar un artefacto, en el que aplicando el simple principio de palanca de Arquímedes, se logra otorgar una mayor tasa de compresión al bloque de tierra, en comparación con la lograda manualmente. Lo anterior produce tremendas ventajas desde el punto de vista de su resistencia mecánica y durabilidad.

En el segundo ámbito destaca la actividad de investigación desarrollada en la escuela de construcción civil

de la P. Universidad Católica de Chile a mediados de los años ochenta. Se realizaron varios ensayos de resistencia mecánica de módulos de construcciones de tierra a escala natural con mesa inclinable.

Este grupo de investigación ideó un sistema de alambre de refuerzos internos de alambre de púas post-tensado aplicado en construcciones de un piso de albañilería de adobe de soga de muros de 30 cm de espesor. La aplicación de este sistema tuvo un excelente comportamiento sismo-resistente durante el último gran sismo del 27 de Febrero de 2010, el cual afectó gran parte de la zona central de Chile³. Durante esos años se presentó un proyecto de norma de construcción en adobe al Ministerio de Vivienda y Urbanismo. La iniciativa no tuvo mayor acogida y se ignora su destino.

Foto 1 –
Bloquera
CINVA-
RAM.
Fuente:
Archivo
Red
Habiterr-
CYTED



2. ACTUALIDAD DE LA CONSTRUCCION EN TIERRA Y LOS SISMOS

Paradójicamente, la investigación aplicada de construcciones sismo-resistentes descrita en el punto anterior no tuvo la suficiente difusión e impacto. Sin embargo, se han

desarrollado otras búsquedas de reforzamiento estructural de las edificaciones monolíticas en tierra. En la década del 90, en el marco de la red temática HABITERRA del

subprograma XIV del CYTED, se transfirió desde la Universidad de Mérida en Venezuela a Chile, el sistema de tapial reforzado. Esta transferencia la realizó la consultora Tierra Nueva. Las construcciones que han aplicado estos refuerzos, han tenido un buen comportamiento frente a los sismos posteriores, siendo el más grande el señalado en el punto anterior.

La Universidad Técnica Federico Santa María ha generado un sistema constructivo tierra con refuerzos internos de un material suficientemente resistente al esfuerzo cortante. Sería útil la publicación de los resultados de los ensayos realizados en laboratorios de esa casa de estudios superiores.

En todo caso, en las tipologías constructivas de técnicas mixtas, han existido notables ejemplos de aplicación. Se

reconocen básicamente dos tipos de materiales que acompañan la tierra. Estos son la madera y el acero. En el caso de la madera destaca el sistema del 'palillaje', consistente en un entramado de madera rústica afianzada a una estructura. Esta recibe el barro proyectado conformando la envolvente.

En el caso del acero, se ha desarrollado un ingenioso sistema que utiliza una estructura interna de malla metálica plegada, debidamente afianzada, la cuál recibe el barro en estado plástico mediante proyección mecanizada. Este sistema se identifica como 'tecnobarro'. Una precaución necesaria a considerar en éste caso, es la protección de ésta estructura de acero, producto del normal proceso de oxidación, el cuál se verifica por la transferencia de humedad interior-exterior del muro.

3. NORMATIVIDAD DE LAS CONSTRUCCIONES EN TIERRA

3.1. Aspectos relativos a la estructura portante

El estado actual del adobe en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC)⁴, cuerpo legal que regula la edificación en Chile es el siguiente:

Artículo 5.3.1. Clase F: Construcciones de adobe, tierra cemento u otros materiales livianos aglomerados con cemento. Entrepisos de madera. Artículo 5.3.2. Las clases de construcción señaladas en el artículo anterior, salvo que el proyecto de estructuras señale otra cosa, tendrán las siguientes restricciones: Las construcciones Clase F no podrán tener más de un piso y su altura libre máxima será de 3,5 m. En casos en que se justifique debidamente que no existen normas técnicas aplicables a la materia, los proyectos de cálculo estructural deberán ser realizados sobre la base de normas técnicas extranjeras, cuya aplicación se adecue más al proyecto, a criterio del

Revisor del Proyecto de Cálculo Estructural. A pesar de varios intentos de eliminar la categoría F otorgado al adobe, éste no ha sido eliminado de la clasificación oficial. Lo anterior no se debe tanto a la necesidad de contar con éste antecedente para efectos de proyectos nuevos; más bien está relacionado con la necesidad regulatoria en cuanto a tasaciones fiscales. El artículo 5.3.2. entrega la opción de aplicar normativa internacional ante la ausencia de normativa local. Si bien existe esta opción, no se ha recurrido a ésta vía de aprobación de proyectos estructurales en tierra. Lo anterior debido a que no existe la confianza profesional de normas generadas en otros países y habida consideración el alto nivel sísmico a nivel nacional.

3.2. Aspectos térmicos

A nivel nacional, el comportamiento térmico está regulado por el Art.4.1.10 de la OGUC a partir del año 2007. Para el cumplimiento de ésta exigencia legal, la ley entrega dos caminos. El primero es el acoger la solución de la envolvente de una edificación a una serie de sistemas constructivos aprobados previamente por la División Técnica del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. El segundo camino es calcular el comportamiento térmico de acuerdo a la metodología expresada en la norma chilena N°853 del año 2007. El adobe (no la tierra) con una

densidad aparente entre 1100 kg/m³ y 1800 kg/m³ presenta una conductividad térmica (λ - Lambda) equivalente a 0,90 W×m/K. Este antecedente permite desarrollar un cálculo específico para algún muro de adobe en determinadas condiciones de espesor y zona climática de Chile, según anexo A de la citada norma. Es necesario consignar, de que éste antecedente, se refiere tan solo a la tipología de construcción en adobe, excluyendo la enorme gama de tipologías de construcción con tierra existentes.

3.3. Aspectos relativos al comportamiento al fuego

Existen pocos antecedentes técnicos de medición de la resistencia al fuego de la tierra. Sin embargo, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo en Chile entrega alguna información detallada en la tabla 1. La nomenclatura detallada indica luego de la letra F, los minutos en que la cara de un muro combustiona aplicando fuego en la cara opuesta. Según las exigencias del Ministerio citado, se requiere como muro medianero entre dos propiedades un mínimo de F-60, vale decir una hora. Cualquier guarismo de la tabla 1 cumple ese mínimo exigido.

Tabla 1 – Resistencia al fuego de componentes de la construcción
División Técnica, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile, 2010.

Nuevo listado oficial consolidado de comportamiento al fuego de elementos y componentes de la construcción 2010. Ministerio de vivienda y Urbanismo, Chile.				
División técnica y de fomento habitacional (DITEC)				
Título : Elementos estructurales verticales en la construcción				
Capítulo I Productos tradicionales				
Muro de albañilería de Adobe				
Espesor total del elemento básico, en mm.	200	250	300	350
Sin revestimiento	F-90	F-120	F-150	F-180
Con estuco o enlucido por ambas caras	F-120	F-150	F-180	F-210

3.4. Aspectos relativos al comportamiento acústico

Antecedentes técnicos relativos al comportamiento del material tierra como aislante acústico son escasos. Sin embargo el centro CRATERRE de Francia, entrega un coeficiente que indica objetivamente cuál es su desem-

peño. Lo entrega, "un muro de tierra de 40 cm de espesor posee un nivel de absorción del sonido con frecuencia de 500 Hz equivalente a 56 Db (Decibelios)" (Doat et al, 1979, tomo II, p. 48).

4. SUSTENTABILIDAD DE LAS CONSTRUCCIONES EN TIERRA

El bajo consumo energético abre las puertas a la construcción en tierra, considerando su bajo nivel de energía contenida. En la figura 3 es posible conocer el consumo de energía medido en BTU de tres tipos característicos de bloque para confeccionar albañilerías: *bloque concreto* (21x21x41,5) cm, 29.018 BTU; *ladrillo común* (6,5x8x18,5) cm, 13.750 BTU; *adobe* (26x10,5x35,5) cm, 2.500 BTU.

Salas (1987b, p. 12) afirma que "La tierra tiene futuro si contamos con los consumos energéticos: una tonelada de tierra estabilizada con un 4 % de cemento supone un consumo de 55 termias⁵, frente a las 170 del hormigón, las 700 de la cerámica o las 7.800 de la lana mineral". Los ahorros de energía que se obtienen en la fabricación con tierra, forma parte de las medidas necesarias para disminuir las emisiones de CO₂ a la atmósfera, factor determinante en el negativo proceso de calentamiento global del planeta. Actualmente, las políticas de eficiencia energética en Chile, están orientadas a la calificación y certificación energética de viviendas como una primera etapa. Se estima que el año 2016 la calificación energética de viviendas será obligatoria.

Actualmente éste proceso se encuentra en marcha blanca.

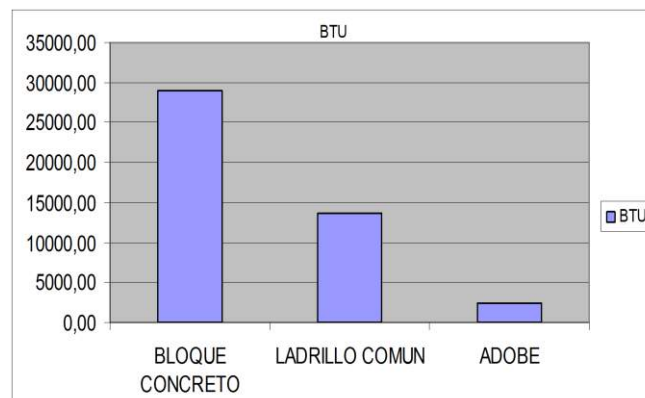


Figura 2 – Energía utilizada en construcción de edificios (Energy, 1976)

5. ACTUALIDAD DE LAS CONSTRUCCIONES EN TIERRA

Actualmente en Chile, existe marginalidad de la construcción en tierra, produciéndose su uso masivo en algunos casos de emergencia tales como terremotos. Se estima que a raíz del terremoto del 1 de Marzo de 1985, el cuarenta por ciento de la reconstrucción habitacional se produjo en sistemas de técnica mixta tierra-madera. Lo anterior debido a dos factores fundamentales. Por una parte la economía de recursos materiales. Buena parte de ésta reconstrucción se produjo en áreas rurales o periurbanas donde existía disponibilidad del recurso tierra. Por otra parte. Debido a la fecha en que se produjo el sismo era conveniente construir con sistemas prefabricados de rápida ejecución por autoconstrucción asistida. Esto permitió que los moradores utilizaran las viviendas durante la estación invernal.

Algunos casos relevantes fueron la reconstrucción en las Comunas de Alhue, Melipilla y San Felipe con la ayuda de la cooperación de organizaciones no gubernamentales (ONG) preferentemente extranjeras. El gran terremoto Mm 8.8. del 27 de Febrero del año 2010, afectó importante patrimonio de tierra de la zona central. Con el propósito de generar subsidios estatales especiales de reconstrucción de mayor monto que los habituales, la autoridad generó Planes de Regeneración Urbana (PRU) definiendo áreas poligonales de intervención en los cascos históricos de varios pueblos, pequeñas ciudades y villorrios.

Si bien la acción del Estado tuvo una buena focalización de su acción en estas áreas, esta se cruzó con los graves daños que produjo el tsunami en el borde costero. Se crearon lineamientos de reconstrucción para las zonas típicas y pintorescas declaradas como tales por el Consejo

de Monumentos nacionales del Ministerio de Educación. Para que la ayuda del Estado llegara a lugares apartados, en que las constructoras no tenían interés económico en intervenir, se creó un subsidio especial de autoconstrucción asistida. Este consistía en entregar recursos económicos a los propietarios para que estos adquirieran herramientas y materiales necesarios para la reconstrucción vía autoconstrucción asistida por parte del propietario. Esta es una modalidad que no se realizaba por parte del Estado desde hace unos veinticinco años.

La gestión de recuperación patrimonial de las edificaciones de tierra, generó instancias de capacitación técnico profesional con la concurrencia del sector público y privado. Lo anterior se origina debido a la prácticamente inexistente formación técnico, académica y profesional en centros de formación técnica y Universidades. En este sentido es destacable la iniciativa del apoyo de la cátedra UNESCO de tierra a escala universitaria. Aunque esta se encuentra en etapa inicial, se han suscrito protocolos de acuerdo de cooperación con varias Universidades chilenas.

Paralelamente, la construcción en tierra mantiene una presencia marginal en sectores medios. Lo anterior ligado a un nivel socio cultural que valoriza este tipo de técnicas desde un punto de vista ambiental. La 'comunidad ecológica' de la década de los ochenta, en la comuna de Peñalolén, en la región metropolitana es un ejemplo de ello. En ésta, se han construido una considerable cantidad de viviendas con sistemas de técnicas mixtas, adobe y tapial. También existe un jardín infantil construido en tierra. Esta experiencia ha sido posible debido a que no se aplica

en ésta área instrumento de planificación territorial. Por lo anterior se podría decir que estas construcciones son 'irregulares' ya que no pasan por los procesos regulares de aprobación en las Direcciones de Obras Municipales.

Lo anterior demuestra la urgente necesidad de contar con las normas necesarias para construir en tierra. En 2013 se generó una norma de cálculo estructural para edificaciones patrimoniales en tierra (INN, 2013). Esta apunta expresamente a resolver el problema de la estabilidad en proyectos de conservación y restauración arquitectónica. A su vez, el MINVU evaluó recientemente una norma similar dirigida a la reconstrucción patrimonial en tierra (MINVU, 2013). Si bien estas normas no abren la puerta a la construcción masiva en tierra, constituyen un primer paso muy valioso en el reconocimiento del material.

También se constata la presencia de bloqueras de bloques de tierra comprimida. Estas son de origen Norteamericano y Colombiano. Actualmente sus gestores están en proceso de certificación y validación del comportamiento sísmico entre otros en el marco de las onerosas y engorrosas exigencias estatales. La generación de normas técnicas del ámbito constructivo implican un gran esfuerzo de trabajo y de inversión de recursos. Esto es abordado sin mayores inconvenientes por empresas instaladas en el mercado, en varias ocasiones integrantes de transnacionales. Vale decir, las condiciones de competitividad de las empresas que pudieran producir componentes de sistemas constructivos de tierra es baja.

Esta situación podría cambiar, en la medida en que el estado pudiera otorgar líneas de financiamiento para generar normas. Actualmente existe una línea de financiamiento de generación de normas del Banco Interamericano de Desarrollo. Sin embargo estas no son suficientemente beneficiosas y tienen poca difusión.

Algunas oficinas profesionales han desarrollado en modalidad particular proyectos arquitectónicos en dos plantas utilizando técnicas mixtas de acero-tierra. En este caso la estructura portante consiste en mallas metálicas plegadas, electro soldadas. Una mezcla de barro y paja es lanzada en estado plástico sobre la estructura de acero. Un molde provisorio evita que la mezcla traspase la pared. Este sistema ha demostrado excelente comportamiento sismo-resistente (Figura 3).



Figura 3 – Casa Munita González, Comuna de Colina, SUR TIERRA

También se han desarrollado sistemas constructivos alternativos, como la construcción con fardos de paja. Estos sistemas utilizan barro en su revoque, aprovechando la permeabilidad del mismo, evitando la pudrición de los fardos.

Desde un punto de vista sustentable, este sistema tiene el mérito de aprovechar la paja de trigo, desecho agrícola que se pierde en grandes volúmenes luego de las faenas de trilla debido al innecesario bodegaje. En la actividad agrícola, se guarda en bodegas durante el invierno la cantidad suficiente para alimentar el ganado y el resto se incinera.

En forma experimental se han desarrollado también en el ámbito de encargos privados de vivienda, sistemas como el tapial reforzado. Este ha logrado un muy buen desempeño luego del gran sismo del 27 de Febrero de 2010 (Figura 4).



Figura 4 – Casa Victoria Wiedmaier, Comuna de Talagante,

El futuro 'formal' de la construcción en tierra podría estar ligado en el futuro inmediato a consideraciones de tipo económico y ambiental. Como causa basal del primer factor de tipo económico está el encarecimiento de la construcción, especialmente por los costos de mano de obra. La construcción industrializada en tierra, podría derivar en importantes economías del costo directo de construcción en relación a los sistemas tradicionales (Salas, 1987a).

Es necesario tener presente, que en el costo directo no están considerados los costos de mantención de la vivienda, especialmente el de calefacción, los cuáles son absorbidos en su totalidad por el usuario. En este sentido el uso de la tierra y su comportamiento puede llevar a economizar importantes recursos económicos durante el tiempo de uso de la vivienda.

6. CONCLUSION Y PROYECCIONES

Las ventajas que ofrecen los sistemas constructivos que utilizan tierra, ofrecen indudables ventajas desde un punto de vista de desarrollo sustentable. Lo anterior tanto en la economía de recursos en la fase de producción de materiales como en la de uso y mantenimiento de la edificación. Actualmente se han desarrollado sistemas de este tipo que son marginales en su alcance de aplicación y con vacíos normativos significativos. Para lograr un real impacto a escala del sector construcción, es fundamental la formalización en este aspecto y contar con varias normas del material. Entre estas, la de sismo-resistencia es básica en un país tan sísmico.

La crisis energética por la que atraviesa el país, genera condiciones objetivas las que deberían conducir al desarrollo de estas tecnologías. La suscripción de tratados internacionales como el de la OCDE por parte de Chile, obliga al país a cumplir ciertas metas en cuanto a eficiencia energética. En este contexto, se debería

valorizar el excelente comportamiento del material en este sentido.

El año pasado se creó al alero del comité de tecnología del Colegio de Arquitectos de Chile, la Red ProTierra-Chile, organización a escala nacional de la red PROTERRA internacional. Uno de sus objetivos esenciales es conseguir generar las normas técnicas necesarias para actuar en el mercado formal de las edificaciones, especialmente en el de la vivienda. Por el momento, el grupo trabaja en el catastro de obras contemporáneas en tierra, en la organización de un primer encuentro nacional de arquitectura y construcción con tierra y en el diseño de un prototipo de vivienda de emergencia para áreas sísmicas concebido en estas técnicas.

Esta iniciativa generada a partir de la sociedad civil, abre las puertas al reconocimiento de estas tecnologías constructivas, aprovechando sus bondades y recogiendo sus grandes desafíos tecnológicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Doat, P.; Hays, A.; Houben, H.; Matuk, S.; Vitoux, F. (1990). Construire en terre. Bogotá, Colombia: Fondo rotatorio editorial.
- Energy use for building construction, Energy Research Groups, University of Illinois, Urbana, Illinois, and Richard G. Stein y Asociates., Architects, New York, December, 1976
- Instituto de Ciencia de la Construcción Eduardo Torroja (1987). La tierra, material de construcción. Monografía nº 385/386. Madrid: IETcc.
- Instituto Nacional de Normalización (2007). NCh 853. Acondicionamiento térmico – Envolvente térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas. Chile: INN
- Instituto Nacional de Normalización (2013). NCh3332. Estructuras – Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda. Requisitos del proyecto estructural. Chile: INN
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2013). NTM 002 Proyecto de intervención estructural de construcciones de tierra. Establecida mediante Res. Ex. Nº 8955 de fecha 5/12/2013. Santiago: MINVU
- Salas, J. (1987a). Aspectos económicos de las construcciones con tierra. En: La tierra, material de construcción. Monografía nº 385/386. Madrid: Instituto de Ciencia de la Construcción Eduardo Torroja, p. 77-82.
- Salas, J. (1987b). Presentación. En: La tierra, material de construcción. Monografía Nº 385/386. Madrid: Instituto de Ciencia de la Construcción Eduardo Torroja.

NOTAS

- (1) Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento Urbano 1952-74, Colombia, Organización de los Estados Americanos (OEA)
- (2) Esta sencilla prensa tenía dimensiones de 45 cm X 45 cm x 51 cm de caja, pesaba 67 kg, producía bloques de 29 cm x 14 cm x 9 cm. En la fabricación de bloques, se ejercía una presión manual equivalente a 38 kg, se lograba una $R_c = 21 \text{ kgf/cm}^2$ y participaban dos operarios produciendo diariamente entre 300 y 500 unidades. El inventor de la bloquera CINVA-RAM fue el Ing. Raúl Ramírez.
- (3) Este grupo fue liderado por el destacado profesor de esa casa de estudios, Constructor civil Sr. Gastón Barrios Lamarque. Editó un manual de adobe, el cuál ha sido de gran utilidad en la aplicación de esta tecnología. En éste presenta el sistema de refuerzos internos con alambres de púas postensados de albañilería de adobe de sogá, citado en éste artículo, el cuál ha sido muy exitoso en el último gran sismo del 27.02.10 de 8,8 Mm. También el profesor Barrios junto al Arquitecto Sergio Rojo Anabalón, prepararon un anteproyecto de norma de construcción en adobe presentado al MINVU. El Arquitecto Rojo durante muchos años se especializó en cálculo estructural en tierra con destacada labor en el ámbito de la restauración arquitectónica.
- (4) La OGUC es el reglamento de la Ley General de Urbanismo y Construcciones y regula el procedimiento administrativo, los procesos de planificación urbana, de urbanización, de construcción y los estándares técnicos de diseño e de construcción exigibles en los dos últimos. Este documento es de responsabilidad de Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), organismo que le compete estudiar sus modificaciones.
- (5) Una termia equivale a la energía necesaria para elevar en 1°C una tonelada de agua.

AUTOR

Hugo Enrique Pereira Gigogne, Arquitecto, docente del Instituto del Medio Ambiente y la UTEM, Universidad Tecnológica Metropolitana, analista de SERVIU-MINVU. Integrante de la Red PROTERRA, ICOMOS-CHILE, Comité de tecnología del Colegio de Arquitectos de Chile. Reconocimiento "Fermín Vivaceta" 2000, Colegio de Arquitectos de Chile. Coordinador general 13° SIACOT, Valparaíso, Chile, 2013, Coordinador Red PROTIERRA-Chile.

2.5 Por qué construir con tierra? Universalidad y sostenibilidad. Wilfredo Carazas Aedo

Wilfredo Carazas Aedo

Arquitecto Consultor-Habitat y Patrimonio
w.carazasaedo@gmail.com; wilfredo.carazas-aedo@grenoble.archi.fr

Palabras Clave: Arquitectura Universal y Sostenible.

Resumen

El presente artículo es fruto de 'Habitar la Tierra: Manifiesto por el derecho a construir con tierra cruda', que fue elaborado por el equipo CRATerre, UNESCO y otros, propuesto y difundido a nivel internacional como un llamado a todos los que, de alguna manera, tenían los poderes y las posibilidades, y también a aquellos que pueden contribuir de manera positiva sobre este derecho que llama y reúne a todos que es construir con la tierra.

El documento toma algunos párrafos importantes de este manifiesto. Con algunas preguntas, se busca demostrar de pertinencia y la eficacia de la arquitectura de tierra, que tiene un valor universal, porque la historia de la evolución del hombre fuera acompañada por un desarrollo arquitectural propio de una cultura constructiva.

La arquitectura de tierra también se inscribe dentro de los valores sociales y de economía que ha servido y sirve para modelar formas de economía propias de una sociedad cuidadosa sus recursos naturales.

En una primera parte se realiza un breve pasaje por todos los contextos geográficos y sociales y después del Por qué? se hace una suerte de propuestas que pretenden responder a la pregunta inicial, que se puede hacer; para finalmente concluir con el análisis del contexto sísmico en Centroamérica.

1. POR QUE?

“Desde la antigüedad la humanidad ha hecho prueba de una sorprendente capacidad de edificar con tierra, desde las simples viviendas domésticas hasta palacios y ciudades enteras” (Habitar, s.d, s.p).

Son numerosos los países que en el mundo testimonian de la calidad arquitectónica de la construcción con tierra, con respuestas coherentes y racionales al contexto propio, construidas con tecnologías y materiales afines. Sitios de excepción como Chan Chan en el Perú, Mary en Siria, Mesa Verde en EE.UU, Paquime en México, La Joya de Cerén en el Salvador y tantos otros fueron grandes centros que albergaron una civilización y un desarrollo cultural de importancia.

Actualmente existen en el mundo ciudades vigentes que son fruto de este legado como Shiva en Yemen (figura 1), D'jenné en Mali, Cusco en el Perú, Ghadames en Libia, Quito en el Ecuador, y otras. Estas demuestran la perennidad de la arquitectura de tierra desarrollando una estructura urbana propia de una dinámica social y

económica dentro de un contexto físico geográfico, es decir una respuesta coherente.

Recientes estudios demuestran que la mitad de la humanidad vive en un hábitat en tierra, construcciones que están presentes en todos los continentes, según el Departamento Americano de Energía el 50% de la humanidad se abriga en una vivienda con tierra, además que un 15% de los monumentos u obras arquitecturales inscritas en la lista de Patrimonio Mundial son en tierra.

Es verdad que actualmente la tierra es relacionada al concepto de desarrollo social. Pero construir con tierra no solo está en el dominio de la respuesta social, aunque se conocen poco, actualmente también se desarrollan propuestas o realizaciones contemporáneas que le han dado el exacto valor al material tierra, para dar una respuesta arquitectural reconocida, tales como ejemplos de la Capilla de la Reconciliación en Alemania, de Martin Rauhs, edificaciones de Rick Joy, en EE.UU., Jourda & Perraudin para construir las casas de Isle d'Abeau en Francia, Mauricio Rocha en México, Francis Kéré con escuelas primarias en África, y otras más.



Figura 1 – Shiva, Yemen. Foto CRATerre



Figura 2 – Isle d'Abeau, Francia

2. CONSTRUIR CON TIERRA...

2.1 Es para pensar al habitante y su desarrollo social

Construir con tierra es defender el derecho de poner en obra un material de construcción natural y ecológico, que abunda fácilmente, disponible, accesible para las mayorías, que permite a las poblaciones desamparadas construir su hábitat con aquello que tienen debajo de los pies (Habitar, s.d, s.p).

Aspecto importante que define los valores y condicionantes de una dinámica económica de una región tomando las variables demográficas poblacionales, grupos y géneros. El impacto e incidencia de los modos de producción de los centros productivos y de servicios, todo esto va a determinar niveles sociales y económicos dentro de un contexto regional.

Construir con tierra posibilita crear nuevas fuentes de trabajo y nuevas dinámicas económicas y sociales más solidarias y comprometidas con la preservación y protección de la riqueza natural del planeta y en acorde con un desarrollo durable. En América Central algunos sectores sociales y económicos de pocos recursos viven en edificaciones de tierra, muchas veces bajo la forma de autoconstrucción o de ayuda mutua, local que resulta eficaz como un camino hacia la búsqueda de un desarrollo social y económico; de igual manera este entorno social con una cultura propia crea lazos e interrelaciones comunitarias.

2.2 Es pensar al recurso local

Construir con tierra es defender el derecho de poner en obra un material de construcción natural y ecológico, que abunda fácilmente, disponible, accesible para las mayorías, que permite a las poblaciones desamparadas construir su hábitat con aquello que tienen debajo de los pies (Habitar, s.d, s.p).

La tierra para construir hay que descubrirla, por ahora todavía es mal desconocida a pesar de su abundancia y

estar bajo de los pies, entonces es un recurso que está al alcance de las manos. En la práctica este recurso ha sido siempre importante para resolver el problema de la vivienda, hace parte del cotidiano, y su versatilidad para adaptarse según sus características, tiene una extraordinaria paleta de técnicas constructivas, muros monolíticos, esbeltos y mixtos da formas arquitecturales propias de una cultura local que aprovecha de su recurso.

2.3 Es pensar a la cultura local (Contexto cultural y cultura constructiva)

Construir con tierra es reconocer el valor cultural de una edificación vernácula y oponerse a su destrucción y promover la rehabilitación de la edificación respetando el material y la expresión arquitectural.

Construir con tierra es revalorizar, adaptar y transformar más de 11 mil años de conocimientos y saber hacer y asociar a una arquitectura innovadora (Habitar, s.d, s.p).

La cultura es un aspecto importante en la sociedad humana que ayuda a promover la inclusión y la cohesión social creando sentimientos de identidad común y de pertenencia. A pesar de que, en el transcurso de los últimos decenios, estos valores se han estado perdiendo con la aparición de nuevos materiales para las construcciones modernas y sofisticadas, que sofocan y destruyen formas de construcción tradicionales, estas han resistido porque son más compatibles con el entorno y el desarrollo sostenible.

La región de América Central posee valores culturales forjados a lo largo de su historia compartida y actualmente siguen vigentes, una de ellas es la cultura constructiva, el conocimiento y dominio de la tecnología constructiva con tierra. Estos valores comunes pueden ser aprovechados y compartidos entre todos y se convierte en un formidable instrumento para el acceso de la vivienda digna y durable.



Figura 3 – Vivienda tradicional en China. Foto CRATerre

2.4 Es pensar al entorno físico (Contexto físico, clima y geografía)

Es repensar globalmente y localmente el empleo de los recursos de nuestro planeta, asociando la tierra, el agua, el sol como un verdadero desafío tecnológico, cultural, económico y sobre todo ambiental (Habitar, s.d, s.p).

Todo desarrollo poblacional está estrechamente ligado al contexto físico natural, área, entorno o espacio físico apropiado para vivir. Un entorno natural contendrá lógicamente aspectos como la morfología, geografía, hidrología, geología (suelos) y el clima; esta se puede

designar en dos: entornos próximos (urbanos o locales) y entornos extensos (regiones o continentes).

Por ejemplo: la geografía de la América Central se compone de un territorio extenso y firme y rodeado de pequeñas islas importantes en el mar Caribe. Este mismo Centro Americano se comporta como una franja delgada de territorio que separa al océano pacífico del océano atlántico, uniendo así las dos masas continentales sur y norte.

Una característica principal de la morfología física de esta región centroamericana es que se encuentra en una zona sísmica, o punto de subducción de las placas de Cocos y del Caribe, que son las más importantes fallas además de otras regionales o menores, formando así el llamado cinturón de fuego con más 27 volcanes activos. Fenómenos climatológicos periódicos, como los huracanes, afectan en la parte occidental de la región, además de los pasajes del fenómeno del Niño-Niña que, en suma, producen alteraciones climáticas importantes. Entonces, un mejor conocimiento de estas condiciones físicas geográficas y de entorno deberá ser un factor de prevención de los riesgos mayores y aprovechamiento de los recursos locales. Conciliar el desarrollo social y la protección del medio ambiente supone promover un desarrollo sostenible y durable, esto también supondría un aprovechamiento

de las condiciones favorables y el mejor control de las condiciones desfavorables.



Figura 4 – Manzanillo, Cuba

2.5 Es pensar a la tecnología

Es desarrollar la innovación para optimizar el material, simplificar las puestas en obra y producir nuevas arquitecturas (Habitar, s.d, s.p).

La cultura constructiva de la región Centro Americana ha desarrollado también sistemas constructivos y uso del recurso local propio, muchas de las edificaciones antiguas testimonian la capacidad de los habitantes Mesoamericanos para dominar la tecnología constructiva. Actualmente hay grandes avances en la recuperación de la

tecnología de la construcción con tierra y en muchos países de la América central, existen centros de investigación, organismos regionales e internacionales que están trabajando en la optimización del material y los sistemas constructivos, aptos para enfrentar los problemas sísmicos y huracanes, materiales de tierra modernos, sistemas de refuerzo adecuados. Esta opción tecnológica permite crear líneas o actividades de producción y de construcción, contribuyendo así al desarrollo local.

2.6 Es pensar a la concepción (Espacio, función, estética)

Es continuar con el desarrollo del arte de construir y la puesta en forma compleja dentro de un conjunto reuniendo arquitectura, estética y decoración (Habitar, s.d, s.p).

Construir es un arte, producir espacios funcionales y estéticos, ejemplos de realización, están presentes actualmente, la capacidad creadora de poblador debería ser recuperada, estudiada y propuesta como una alternativa tangible y vigente.

Profesionales de la construcción: arquitectos, ingenieros y técnicos deberían aprovechar de las bondades del material tierra, que tiene su propio lenguaje estético, para crear arquitecturas como síntesis física de la interacción de los valores del contexto a donde se pertenece.



Figura 5 – Interacción de los valores

3. PERO... PARA CONSTRUIR CON TIERRA...

3.1 Hay que educar y capacitar

Crear fuentes de capacitación en todos los niveles es importante para revalorizar la construcción con tierra. Solo ello garantizará una transmisión de conocimientos. Deberían ser realizados en centros universitarios, centros de investigación, organizaciones poblacionales y entes administrativos que son los llamados a apropiarse de la tarea de enseñar e investigar el material tierra. La región cuenta con universidades afines a la construcción y esto es una ventaja en el proceso de implementación de la enseñanza de la construcción con tierra, estructurando redes locales y regionales. En resumen, enseñar la arquitectura de tierra como una disciplina completa.



Figura 6 – Educar y capacitar

3.2 Hay que investigar



Figura 7 – Investigar e innovar

Si, la tierra es un material de construcción por excelencia local y disponible, pero ésta requiere del concurso de los investigadores que cumplen un papel importante en el proceso de optimización de las calidades constructivas que después serán propuestas y transmitidos a la comunidad.

Investigar la tierra como una materia prima, los sistemas constructivos, las técnicas de puesta en obra y también la cultura constructiva con todo su proceso evolutivo a lo largo de la historia y tener estos conocimientos compartidos serán instrumentos de desarrollo que garantizan las calidades constructivas durables.

3.3 Hay que difundir y sensibilizar

Formas de difusión y sensibilización de las bondades de la tecnología de construcción con tierra son importantes para el desarrollo de la tecnología. Crear mecanismos de sensibilización a diferentes niveles que sean capaces de

generar una amplia cobertura poblacional, en los ámbitos escolares, universitarios, comunitarios y también en los entes administrativos del gobierno.

3.4 Hay que reglamentar y fomentar

Un aspecto importante para desarrollar la construcción con tierra y el desarrollo sostenible es que se disponga de un conjunto de normas o reglamentos que permita avalar o garantizar las calidades constructivas del material tierra, una reglamentación para fomentar el desarrollo de la

construcción social, fomentando la utilización de un recurso local y natural como el material tierra; que es una real alternativa ecológica frente a materiales nocivos para el hombre y su entorno.

En muchos países, lamentablemente, la construcción con tierra ha sufrido de un rechazo sistemático por desconocimiento o por la aparición e influencia de materiales nominados como modernos, incluso de 'nobles' y los entes gubernamentales muchas veces han avalado esta posición. Pero la realidad es diferente, en la práctica, una inmensa masa poblacional construye su vivienda siguiendo los conocimientos recogidos de forma oral de generación en generación.

Pero existe una corriente de investigadores, estudiosos y administradores gubernamentales que han entendido de la pertinencia de contar con una reglamentación para la construcción con tierra. El Perú es uno de ellos, y muchos otros países están preparando sus respectivas reglamentaciones.



Figura 8 – Investigaciones en la Universidad Católica del Perú

4. Y LA SISMICIDAD EN LA REGIÓN?

Numerosos son los eventos sísmicos que han destruido vidas humanas y sus moradas y las construcciones con tierra generalmente son señaladas como las culpables ideales. Pero investigaciones actuales demuestran lo contrario y además prosiguen con investigaciones para ofrecer nuevas alternativas de solución para la construcción con tierra, son algunas las puestas en práctica para resolver urgencias habitacionales y la promoción del desarrollo habitacional dentro de contextos sísmicos. Es verdad que la región de América Central tiene esta condicionante sísmica y esto que hace compleja la

respuesta apropiada para la construcción con el material tierra, esto obliga a buscar soluciones válidas.

Centros de investigación en el mundo se ocupan de proponer nuevas soluciones como la Pontificia Universidad Católica del Perú, la Universidad Kassel en Alemania, la Universidad Tecnológica de Sidney en Australia, entre otros; la Escuela Nacional de Arquitectura de Grenoble, con su laboratorio CRATerre, realiza estudios y proposiciones importantes para el avance de la cultura constructiva sismorresistente en tierra, y otros organismos, tales como la Fundación Getty y la Universidad de Rabelo en

Italia se ocupan de estudiar los antecedentes históricos de la construcción parasísmica.

Bases fundamentales para la construcción sismorresistente

Criterios y disposiciones técnicas constructivas sismorresistentes para la construcción con tierra existen y es de conocimiento de muchos profesionales y, en muchos casos, son utilizados en numerosos proyectos de construcción de viviendas de interés social.

Las cuatro pilares de la construcción sismorresistente son:

- ✓ *a calidad de los suelos – los suelos “duros” asimilan mejor y los suelos “blandos” amplifican las ondas sísmicas, entonces será importante tomar en consideración este aspecto para proponer una respuesta adecuada.*
- ✓ *los materiales – una mala calidad del material también*

inciden en el comportamiento de la construcción, es indispensable optimizar y garantizar la calidad de los materiales.

- ✓ *a calidad de la construcción – deficientes prácticas de puesta en obra y malas disposiciones técnicas son puntos negativos en la construcción.*
- ✓ *a concepción de la estructura y arquitectura – importante aspecto a considerar.*

En suma, estos cuatro elementos o pilares de la construcción parasísmica en tierra son indisolubles, de ello dependerá la calidad de la propuesta constructiva en tierra. Al asumir estos valores constructivos evitase que se fomen opiniones o formulaciones negativas de la tierra como material constructivo y es este conjunto que garantiza la resistencia de la construcción con tierra frente a las ondas sísmicas.

5. EXPERIENCIA CONCRETO EN MESOAMÉRICA

La región Mesoamericana tiene una situación geográfica bastante compleja por encontrarse en la intersección de dos placas tectónicas (Caribe), que generan un sin número de movimientos sísmicos y convierte en una constante amenaza para los pobladores de toda la región; cuando ocurre este fenómeno sísmico se genera grandes desastres naturales y pérdidas humanas. Esto ha generado que muchas organizaciones sociales y gubernamentales en muchos de los países centroamericanos se hayan vuelto la mirada hacia el uso del material local como respuesta a la problemática habitacional y los sismos.

En 1995, FUNDASAL promueve un primer intercambio de experiencias de tecnología constructiva sismorresistente con material local. Después, con el sismo 2001, se inicia desarrollo de experiencias con la construcción de viviendas de adobe y de bahareque, lográndose consolidar una 'plataforma' con las CARITAS de las diferentes diócesis de El Salvador, y estructurar un desarrollo sostenible que hasta la fecha está dando frutos y ya forma parte de la cultura local como un modo eficaz para construir.

También se inician las primeras experimentaciones sobre la recuperación de una técnica constructiva ancestral desarrollada por los antiguos pobladores de la Joya de Cerén. La técnica fue mejorada y propuesta a los pobla-

dores, que han reconocido el valor de la tecnología que viene de su propia cultura. Después, organizaciones de desarrollo, como la Fundación San Alonso Rodríguez de Honduras, se han apropiado de la tecnología y vienen desarrollando acciones de apoyo con este sistema constructivo, además del adobe reforzado.

Actualmente, organizaciones como el Movimiento de Trabajadores Campesinos (MTC), la Pastoral Social, la Arquidiócesis de los Altos y ASO SEPRODI forman la Coordinadora Interinstitucional del Occidente – CIIO y por otro lado, el Comité Campesino del Altiplano (CCDA) inician un proceso de coordinación entre ellos, para desarrollar acciones de capacitación para la reconstrucción y el mejoramiento de viviendas afectadas por el sismo último, con el apoyo de MISEREOR.

Concretizándose en las primeras alternativas de construcción de viviendas sismorresistentes con material local, una primera experiencia en la comunidad de Ojo de Agua - Sololá y otra en el Caserío la Fuente de San Carlos de Sijá - Quetzaltenango.

Estas acciones han permitido valorar las capacidades de organización de la población y sus instituciones de apoyo y la pertinencia del uso del material local y valorar la cultura constructiva propia de la región.



Figura 9 – Experiencias en Guatemala

6. RETOS

La arquitectura de tierra está a la escala del hombre.

Ocasiones como la Red PROTERRA ofrece con el desarrollo de los SIACOTs es inmejorable para propiciar el avance del desarrollo de la arquitectura y construcción con tierra. El presente indica que ya es el momento de consolidar esfuerzos, clarificar visiones que permitan alcanzar logros tangibles en el proceso de desarrollo de la arquitectura y construcción con tierra. Es un derecho de construir con tierra, es un derecho de la población de poseer un hábitat durable y, para que esto ocurra, todos están comprometidos: los arquitectos e ingenieros con su capacidad de creación y tecnicidad, los responsables

comunales como depositarios de una herencia constructiva propia, los responsables de gobierno que, con la autoridad que les corresponde, serán los generadores de reglamentos y normas para construcción con tierra y, finalmente, los ámbitos universitarios y de formación de donde saldrán propuestas renovadas de la tecnología. Contribuir al desarrollo de la población es un reto, reducir la pobreza y romper con el déficit de la vivienda en la región es tarea de todos aquellos que están comprometidos con la arquitectura y construcción con tierra.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Habitar la Tierra: Manifiesto por el derecho a construir con tierra cruda. CRATerre – Escuela Nacional Superior de Arquitectura de Grenoble; Red Cátedra UNESCO; EcologiK; Architectures à vivre; Dominique Gauzin-Müller; Jean Dethier; Lipsky-Rollet; Anna Heringer; Martin Rauch; Francis Diébédo Kéré; Marcelo Cortes; Rick Joy; Red PROTERRA; AsTerre; Sandy Minier, Disponible en: <http://prensalibrepuemblosoriginarios.blogspot.com/2012/07/sistema-de-construccion-con-tierra.html>

AUTOR

Wilfredo Carazas Aedo, consultor especialista en temas del Hábitat y Patrimonio en África, Asia, América, Europa; Investigador Asociado Unidad de investigación AE&CC-CRATerre_ENSAG-Francia. Miembro del equipo pedagógico del laboratorio CRATerre, de la Red de reflexión "Polo de Riegos Mayores de GAIA" – Francia y de la Red Iberoamericana PROTERRA. Publicaciones: *La vivienda popular en el Cusco – Perú; Guías parasísmicas de construcciones con tierra*". Investigación: *La tierra una materia trifásica – Test Carazas, ensayos de correlación; Bahareque Cerén, desarrollo de sistemas constructivos sismorresistentes.*

2.6 Lienzo de barro. Patricio Cevallos/Jorge Ramón/Francisco Trigueros/Elena De Oleza

Patricio Cevallos S.¹, Jorge Ramón², Francisco Trigueros³, Elena De Oleza⁴

Ingeniería Alternativa, Chaquiñán Taller de Arquitectura

¹p.cevallos@yahoo.es; ²chqn.da@gmail.com; ³frantriguerosm@gmail.com; ⁴elena_de_oleza_llobet@hotmail.com⁴

Palabras clave: Sistema constructivo, adobe

Resumen

La manera de apilar los adobes previos a la cocción para la elaboración de ladrillos despertó la curiosidad de dos arquitectos noveles y que habían contratado su primer diseño arquitectónico, estaban interesados en hacer un debut novedoso, para ello primero se decidieron por la tierra y luego propusieron que el adobe sea colocado de canto.

Esto en principio parecía una locura ya que verticalmente no había trabe, cada adobe tiene un espesor de 7 cm y esta debía ser la base de apoyo y en el mejor de los casos el trabe sería de 3,50 cm, muy escaso.

Luego de varias sesiones se logró definir que los muros debían tener una similitud a un estante de libros y que para transportarlos en bloque, los libros deben ser comprimidos lateralmente y de esta manera formar un solo cuerpo. Con esta reflexión se armaron bloques de adobes de tres hilas y con 8 adobes cada hilada, así el trabe no era entre adobes sino entre bloques de adobe algo parecido a lo que sucede con los muros de tapial.

Cada bloque fue armado con varillas de Ø 8 mm en cada hilada y con una lámina metálica a cada lado del bloque de manera que comprima las hiladas, el refuerzo vertical se planteó con cable metálico, una solera de hormigón armado donde se fijaba el cable que partía desde la cimentación de mampostería de piedra.

Pese a que, en el taller, se trató de definir todo el proceso constructivo, la realidad de la obra y la experticia de los obreros facilitaron mucho el trabajo de armado de los bloques y la construcción pudo realizarse en los plazos adecuados y a costos que corresponden a una obra en tierra.

1. ANTECEDENTES

La propuesta de diseñar una vivienda/museo en la que se pueda exhibir la obra del maestro Eduardo Kigman, llevó a plantear una obra en adobe con muros llenos, sin vanos para ventanas, donde puedan colgarse los cuadros y que, la iluminación principal venga de la cuarta pared, toda de vidrio logrando, de esta manera, suficiente luminosidad en su interior. Al proyecto que se lo denominó 'Lienzo de Barro'

La propuesta arquitectónica planteaba que los muros de adobe debían tener la textura o la apariencia que tienen las pilas de adobes en los talleres artesanales donde se elaboran los ladrillos artesanales (Figura 1). Los muros quedarían expuestos, es decir sin ocultar el color de la tierra, únicamente deberán llevar una protección contra la acción de los agentes naturales, sol, lluvia, y viento.

2. EL DISEÑO

El diseño arquitectónico se lo realizó en un equipo conformado por los arquitectos, el ingeniero estructural y la familia que habitaría dicha obra. De esta manera se combinarían las necesidades del cliente, el diseño arquitectónico y los requerimientos estructurales para una vivienda de adobe que de las garantías para una zona sísmica como es la del Valle de Tumbaco junto a la ciudad de Quito.

Se procuró que el diseño sea de lo más simple y donde puedan lucir los materiales como la tierra, la madera y el vidrio que son los que predominan. El proyecto tiene un gran salón donde se exhiben parte de las obras, una alcoba con baño, cocina y comedor, esta vivienda se integra a otra cuya estructura es de bambú (Figuras 2 y 3).



Figura 1 – Pilas de adobes en talleres artesanales de elaboración de ladrillos. Apariencia que se desea dar a los muros en la obra Lienzo de Barro.

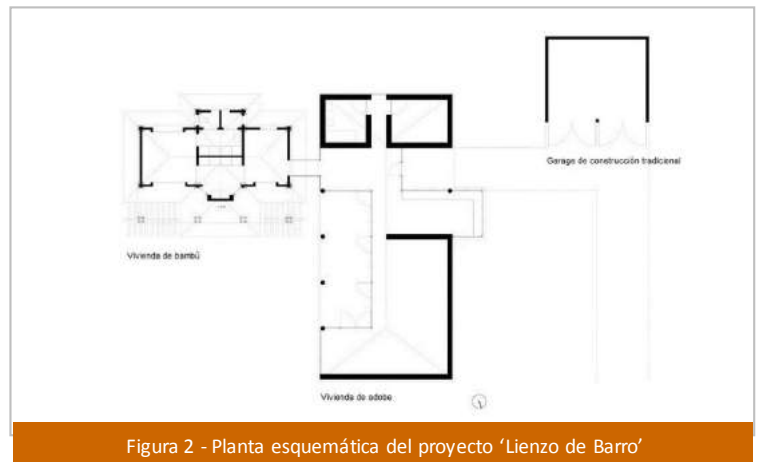
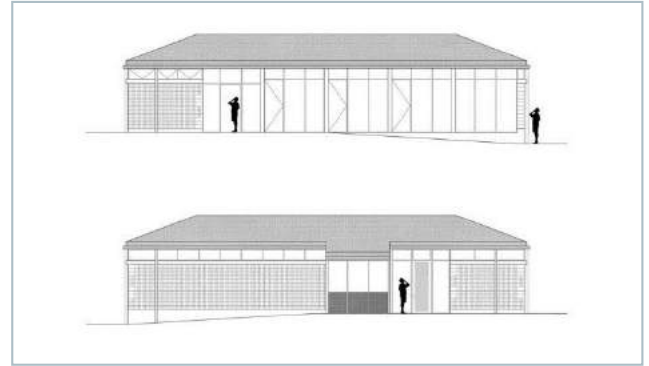


Figura 2 - Planta esquemática del proyecto 'Lienzo de Barro'

Sobre la solera, de hormigón armado, de los muros exteriores de adobe v a una ventana que permite iluminar desde arriba y sobre la ella se monta una cubierta liviana, a cuatro aguas, de madera y lámina asfáltica. Los muros interiores van nivelados con los muros exteriores de manera que la cubierta queda solamente apoyada en el perímetro de la construcción.

Figura 3 - Fachadas del proyecto 'Lienzo de Barro'



3. EL SISTEMA CONSTRUCTIVO

Para satisfacer el requerimiento de la construcción de la vivienda/museo de la Familia Kigman, se utilizaron muros portantes de adobe artesanal debidamente reforzados, tanto vertical como horizontalmente, de manera que se garantice la estabilidad y tenga características de vivienda sismo resistente. La cimentación se realizó en mampostería de piedra cuyas dimensiones fueron: 40 cm de profundidad y 40 cm de ancho, se colocó bajo toda la longitud de los muros y se remató con una cadena de hormigón armado de 30 cm de ancho y 20 cm de altura que sobresale del nivel natural del terreno (sobre cimiento), sobre esta se apoyan los muros de adobe y los refuerzos verticales del muro van sujetos a los hierros de esta cadena.

El primer reto, por ser una experiencia nueva en cuanto a la forma de uso del adobe, fue conformar muros portantes con adobes de "canto", el trabe es inexistente y los planos de falla estarían en todo el muro, se trabajó en este tema y se decidió hacer un bloque conformado por varios adobes, de manera que los trabes no eran con cada adobe sino con cada bloque de adobes (Figura 4). Este bloque de adobes se conformó con tres hiladas de ocho adobes cada una, confinados lateralmente con placas metálicas empernadas, reforzadas horizontalmente con varillas de Ø 8 mm y verticalmente con cables de acero que parten desde la cimentación y se traban en la cadena solera del muro. La decisión del cable se debió a que este daba mayor facilidad para insertar los bloques de adobe.

Esta manera de armar el bloque de adobes, procura emular la manera en que se transportaría un grupo de libros apiñados no verticalmente sino horizontalmente. (Figura 5). Para favorecer los trabes y a base de la experiencia con la construcción en tapial, los bloques debían ser rectos para los claros de los muros y en forma de L para las esquinas, de manera de que se tenga encuentros "monolíticos" de muros y evitar su fisuración por concentración de esfuerzos y corte por flexión (Figuras 6 y 7).



Figura 4 – Esquema de trabe entre bloques de adobes

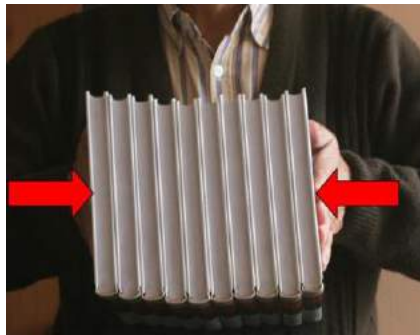


Figura 5 – Criterio para formar cada bloque de adobes

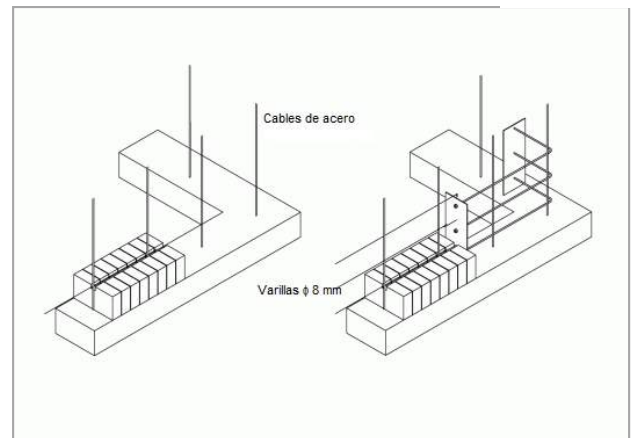


Figura 6 – Detalle de la primera hilada de los mega bloques de adobe

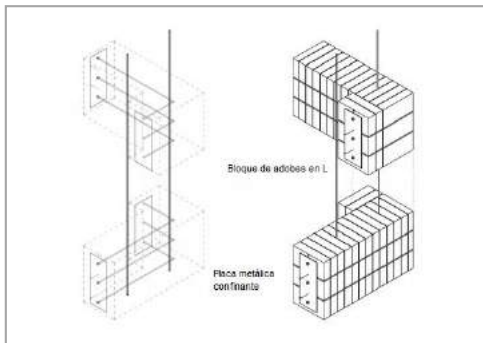


Figura 7 -
Detalle de un
encuentro
en esquina



Figura 8 –
Detalle de
refuerzos,
varilla y
cable.

El proceso constructivo no estuvo libre de discusiones entre los técnicos y luego de varias deliberaciones se optó por conformar el bloque de adobes a pie de obra para posteriormente izarlo y colocarlo en la posición correspondiente en el muro. Todo parecía claro y fácil de construir, había que pasar el filtro de los obreros y, la experiencia de ellos, definieron un proceso lógico y viable tanto constructiva como económicamente. El bloque de



Figura 9 – Detalle de la solera y escurridor de agua lluvia

adobes se construiría *in situ* y los traveses entre estos debidamente recubiertos de manera que todo el muro sea con una misma textura y no se insinúen los grandes bloques de adobes. El muro remata con una viga solera de 40 cm de ancho y de 20 cm de espesor, la solera sobresale 10 cm hacia el exterior de la vivienda, de manera que sea un elemento que evite que el agua lluvia, que viene desde la cubierta, ruede sobre la superficie del muro y lo erosione. (Figuras 8 y 9).

4. LA CUBIERTA

La cubierta se diseñó en madera clase B según la clasificación del Manual de Diseño con Maderas del Grupo Andino de la Junta del acuerdo de Cartagena. Sobre la solera de hormigón armado se anclaron perfiles tipo IPE que irían conformando los vanos de la ventana superior y sobre estos perfiles se ancló una viga de madera que soportaría una cubierta liviana de madera y lámina asfáltica como elemento impermeabilizante. (Figuras 10 y 11).

En los extremos de la cubierta se colocaron canales metálicos que recolectan el agua lluvia y mediante tuberías de Ø 3" (77 mm) se conducen a la descarga de aguas lluvia de la casa en general. Los canales y bajantes de agua lluvia se mantienen separados de los muros de adobe, siempre con el criterio de evitar que el agua ruede sobre el muro.



Figuras 10 -Detalles del perfil IPE donde se anclara la cubierta.



Figura 11 –Detalle de la cubierta

5. RECUBRIMIENTO DE MUROS E INSTALACIONES

Finalmente y para proteger a los muros de la erosión por agentes externos y naturales, se le dio un recubrimiento de resina sintética con agua. La mezcla es de 1:10, una parte de resina por 10 partes de agua, relación en volumen, de manera que el muro pueda 'respirar' y esté protegido del agua y los vientos (Figura 12).

Las instalaciones son vistas y todos los bajantes de agua lluvia se mantienen separadas del muro, de manera que no exista un contacto fuerte de agua sobre los adobes.

Figura 12
–Detalle
del
acabado
del muro



Las uniones de los adobes fueron debidamente tratadas de manera que tienen canales entre 1,5 cm y 2,0 cm de espesor y 2,0 cm de profundidad.

Las instalaciones eléctricas son vistas, de manera que cualquier reparación que se necesite, no requiere dañar el muro (Figura 13).



Figura 13 –
Detalle de la
instalación.

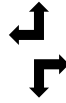


Figura 14 –
Vista exterior



6. CONSIDERACIONES FINALES

Desde el interés del cliente, la vivienda, comparada con otros materiales, redujo el 30% en el costo de muros y la climatización es muy adecuada para el clima cálido y seco del Valle de Tumbaco. Técnicamente se cumplieron con las recomendaciones que internacionalmente se hacen para los muros de tierra en zonas sísmicas, en todo

caso es importante someter a ensayos dinámicos a muros de estas características. Arquitectónicamente, se obtuvieron fachadas novedosas y que en ningún momento se pretende esconder al material, al contrario, el adobe luce totalmente y en todos los ambientes de la vivienda.

AUTORES

Patricio Cevallos Salas. Ingeniero Civil por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Especialista en construcciones con tierra y madera. Miembro del Consejo Consultivo de PROTERRA. Consultor independiente para proyectos vinculados con materiales alternativos. Consultor estructural del Taller de Arquitectura `Con lo que Hay` en la PUCE.

Jorge Ramón Giacometti, Arquitecto por la Universidad Politécnica de Valencia, Docente Universitario, Director en: Chaquiñán Taller de Arquitectura.

Francisco Triqueros es arquitecto por la Universidad Politécnica de Valencia en 2011. Desde 2013 reside en Ecuador donde desempeña el ejercicio de la profesión en colaboración con el Chaquiñán Taller de Arquitectura. Actualmente es profesor asociado en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Elena de Oleza Llobet es arquitecta por la Universidad Politécnica de Valencia en 2011 donde fue parte del colectivo Arquitectura Se Mueve. Desde 2012 reside en Ecuador donde ha colaborado con Alborde arquitectos, Chaquiñán Taller de Arquitectura y con la Fundación Museos de la Ciudad de Quito.

2.7 IEIASCA: Cuidar la vida. Transferencia de tecnologías con tierra. Una obra contemporánea de arquitectura sostenible. Lucía Esperanza Garzón Castañeda

Lucía Esperanza Garzón Castañeda

luciagarzon@gmail.com, bioarquitecturatierra@gmail.com

Palabras claves: arquitectura tierra, ecología, innovación

Resumen

La arquitectura con tierra en Colombia está renaciendo con obras contemporáneas que parten de la cultura tradicional y la memoria ancestral y proyectan nuevas posibilidades tecnológicas. Proyectos como IEIASCA, edificación particular destinada a la educación informal, busca crear un espacio de intercambio, formación y encuentro humano, para propiciar el crecimiento humano y la transferencia tecnológica con una visión humanista.

Este proyecto experimental es un laboratorio de arquitectura sostenible, donde se plasman varias técnicas y se espera seguir investigando y monitoreando el comportamiento del material y las técnicas constructivas aplicadas. IEIASCA es una escuela de vida, es un espacio para la formación integral y holística relacionada con la protección y cuidado del medio ambiente.

El proyecto implemento varias técnicas de construcción con tierra y otras innovaciones tecnológicas aptas y de bajo costo ambiental, económico y social. Dentro de las técnicas con tierra desarrolladas en la obra está: el BTC, o bloques de tierra comprimidos, la tapia pisada diseñada (con texturas y colores, denominada artística), los revestimientos de cal y arena, la cubierta semi plana con tierra y cal, entre otros. Paralelamente se realizó la cubierta con ladrillo cocido de 'cúpula pañuelo', técnica mexicana de bajo costo y alta eficiencia.

Durante el proceso de construcción del proyecto, se realizó capacitación en varios niveles, dentro del marco de esta construcción se realizó el primer taller Internacional de construcción sostenible denominado 'dialogando con la tierra', taller que inicia el proceso de capacitación y educación informal, propósito de este espacio.

1. INTRODUCCIÓN

IEIASCA¹ es una obra de arquitectura contemporánea realizada desde febrero hasta julio de 2014, cuyo objetivo fue canalizar la experiencia técnica constructiva, formativa y de transferencia tecnológica. El proyecto tiene como filosofía 'proteger y cuidar', desde el entorno natural, hasta el crecimiento humano de sus futuros ocupantes; al estar emplazado en un territorio natural y ancestral, la obra, busca crear un símbolo arquitectónico dentro del imaginario, y por el volumen será un hito en el paisaje.

La finalidad es compartir, enseñar, expresar con otros lenguajes y buscar la reconexión del hombre con la naturaleza y de esta forma simbólica: 'volver a la tierra'. El objetivo de la obra es eminentemente educativo y demostrativo, al crear un espacio experimental, que sirva de escuela de formación en el futuro inmediato, cons-

Figuras 1–
Fachada de
acceso
vista
occidental,
IEIASCA



truido con materiales naturales, comenzando por la tierra local, la madera, la caña, el ladrillo y la cal como cementante.

2. BIOCLIMÁTICA Y DISEÑO

La obra fue concebida para generar un nuevo espacio cultural local, que propicie el intercambio de saberes, con amplios espacios, que incluyen: un salón múltiple para 50 personas, cocinilla, una habitación para invitados, dos baños y un altillo dormitorio/estudio. Está destinada a la educación informal y actividades de crecimiento personal, con carácter social, y fomentar valores humanos a través del arte (la plástica, la música y la arquitectura).

El proyecto fue diseñado a partir de la geometría, enmarcada en un pentágono regular con lados de seis metros, creando una superficie del salón de 80 metros cuadrado que ascendiendo de la planta forma una cúpula de seis metros de altura conformada por cinco arcos catenarios, con proporciones áureas; todo dentro de formas orgáni-

cas que exaltan formas femeninas de la arquitectura, con sensaciones acogedoras, líneas curvas, cambios de texturas, que dejan a la vista la tierra y surge un diseño con múltiples detalles en los espacios. Morfológicamente es un centro generador el pentágono, de allí se amplían unos espacios anexos, el baño, con sanitario ecológico seco, una habitación lateral, para oficina o dormitorio, polivalente, y un altillo amplio de 30 metros cuadrados, sumando en total un área de 127 metros cuadrados. Sobre este segundo piso se proyectó una terraza descubierta que se comparte con un balcón cubierto, con vista al oriente y se abre al paisaje de la mañana frente a la montaña sagrada: Iguaque (origen cosmogónico de los muiscas/ donde nace la vida).

La envoltura es con BTC elaborados en la obra y las columnas se elevan desde el nivel de la tierra se proyectan al cielo con los arcos que conforman la cúpula, cobertura que conecta a la bóveda celeste en la sensación de forma y el color, y al interior, el espacio remata en el ojo de la cúpula (conexión del microcosmos con el macrocosmos). El arte, la ciencia y la técnica se conjugan en este proyecto al ofrecer un lenguaje innovador, con colores, texturas y sensaciones orgánicas, que proporcionan de forma bioclimática un amplio cobijo comunitario.

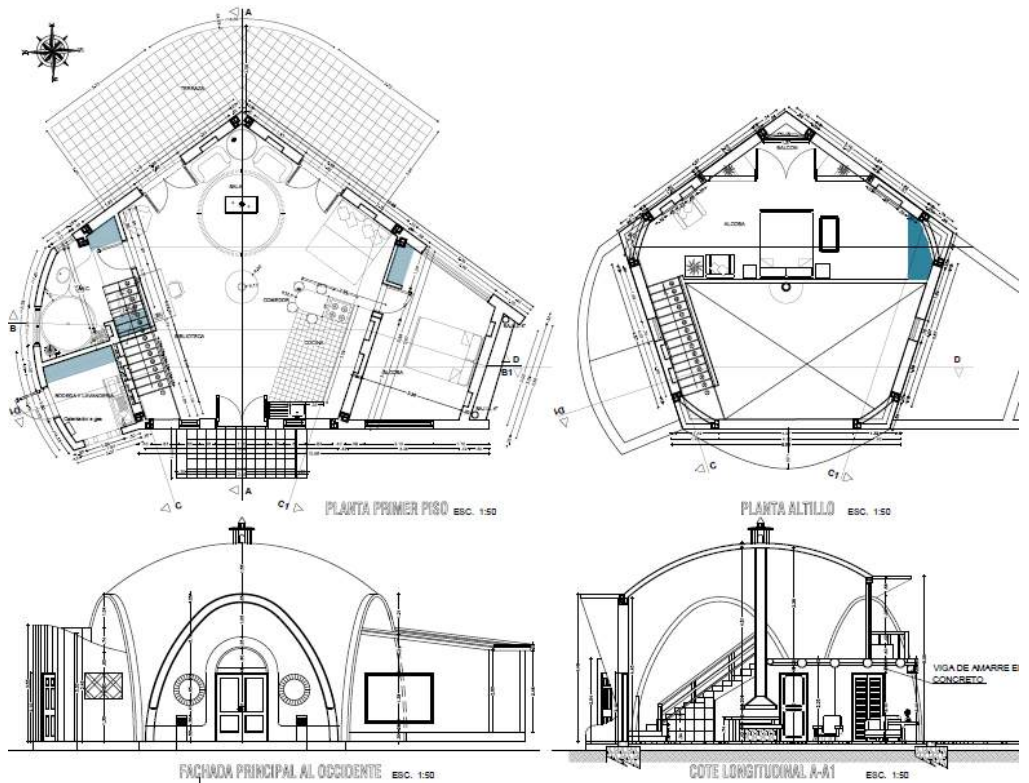


Figura 2 – Plano arquitectónico de IEIASCA

La obra está localizada en la zona andina del departamento de Boyacá, a 57 km de Tunja, capital del departamento, coordenadas 5°45'03"N 73°32'58"O, altura 2520 msnm, en una región que aún conserva bosques secundarios, con fauna silvestre y flora nativa, de importancia para el ecosistema de bosque andino. La humedad relativa es de 80% a 85%.

En la cercanía hay bosques de robles y por las condiciones climáticas y la pluviosidad son beneficiados con dos periodos de lluvia al año (marzo – mayo y septiembre – noviembre entre 1.200 mm y 1.400 mm. El piso térmico es frío, con temperaturas que oscilan entre 12 y 18 grados centígrados, clima andino de montaña, alta radiación solar hasta de 6 horas por día, y está en una zona de sismicidad media. La obra está rodeada de un paisaje natural. Se proyectó un huerto de pan coger y aprovechando el recurso hídrico (agua) que es ofrecida de vertientes naturales, no existe acueducto.

La topografía es quebrada, sin embargo el proyecto se localizó en un plano en lo alto de una loma; tiene manto orgánico entre 70 cm y un metro, debajo de este se encuentran suelos altamente arcillosos y estables. Los suelos locales fueron aprovechados como material para la construcción y de allí se aprovechó el recurso para implementar las técnicas con tierra. Al estar localizada la obra en este ambiente natural, el proyecto fue diseñado y orientado con parámetros bioclimáticos. El primer objetivo fue absorber el sol, por ello se trazó y emplazo con brújula, una de las principales fachadas es hacia el sol naciente, y como remate visual, el imponente macizo andino que encuadra una perspectiva sobre la cumbre de la montaña sagrada de Iguaque, permitiendo divisar 360 grados del paisaje boscoso andino.

Figura 3- Entorno de IEIASCA

La obra está localizada sobre una montaña de menor altura, denominada el 'Mogote', y la fachada occidental que recibe el sol de la tarde ofrece el acceso; en todo el entorno se percibe la fauna y flora nativas, que interactúan con el paisaje, en un diálogo con los elementos naturales. Otro parámetro para el diseño y los materiales fue la baja emisión de carbono, con menores consumos energéticos. Y por ello se diseñó con muros dobles de BTC (30 cm con vacío interior) y un emplazamiento hacia el Leste y el Oeste, captando mayor radiación durante la mañana y la tarde, así equilibrar en la noche las temperaturas más bajas del nivel de confort.

Cada fachada y la cubierta esférica de la cúpula, en sus diferentes planos reciben y absorben el calor del sol y a través de ellas, por los colores (tono oscuro del azul), los materiales absorben la energía solar y lo transmiten al interior, brindando mayor calidad ambiental interior.



3. DETERMINANTES AMBIENTALES Y MATERIALIDAD

La tierra es la esencia del proyecto, es la inspiración, es el material de construcción, y, en el diseño, se procuró comunicar este propósito y reflejarlo en el ambiente construido. La ubicación del proyecto, al estar emplazado en la zona rural, campestre, entre el verde y el azul natural de la región andina, conjuga paisajes excepcionales y ofrece diversos remates visuales. Y con la forma esférica, la materialidad y el volumen, el conjunto juega en el espacio abierto de estas montañas.

La tierra

Después de realizar el laboratorio casero respectivo se detectó que son suelos arcillosos en un 70%, se optó por estabilizarlos con cal apagada (por la empatía entre estos materiales) debidamente hidratada. Con este análisis del estudio de las determinantes ambientales locales y para dialogar con el lugar, el diseño de la obra procuro cuidar el exceso de agua y aplicar las técnicas de construcción con tierra evitando los efectos nocivos que la alta pluviosidad puedan causar, así como las variables climáticas de temperaturas que exige el interior, y así, brinda un mayor nivel de confort.

Se partió del uso de la energía solar pasiva, captando el sol a través de la envoltura de paredes y cubierta, en este caso, el uso de la tierra como principal material en volumen y peso. La tierra, al captar el calor solar y retenerlo por la inercia del material, busca conservarlo en el interior, y luego devolverlo en las horas frías de la noche. Para disminuir el coeficiente de pérdidas, e los vanos, como son por los vidrios, y para generar un puente térmico, se usaron postigos de madera en puertas y ventanas; algunas de ellas fueron diseñadas con doble vidrio. Más adelante, con el fin de evaluar el comportamiento térmico y ambiental de esta propuesta, se realizaran mediciones de estos sistemas. Otro parámetro para el uso de los materiales fue la baja emisión de carbono y menores consumos energéticos. IEIASCA busca reconectarse al entorno y por



Figura 4 – Cúpula construida en ladrillo con la técnica sin formaleta, al interior de IEIASCA

ello éstas determinantes ambientales fueron consideradas. El triángulo de confort debe atender varias condiciones desfavorables: la obra exige ampliar el rango de temperatura, mejorar y nivelar la estabilización de la humedad y lograr un ambiente sano y cómodo al interior. Estos conceptos y consideraciones están reflejados en el sol muisca, dibujado en la cúpula y la rosa de los vientos, que quedó plasmada en la marquesina superior de la cubierta.

4. TECNICAS APLICADAS DE CONSTRUCCION CON TIERRA

4.1 BTC o bloque de tierra comprimida

La tradición local del municipio es el adobe hecho a mano, y Gachantiva tiene un valioso patrimonio de arquitectura vernácula, construido con esta técnica, aun existente en la cultura local muchas obras de viviendas rurales conservadas. Por esa razón y por ser abundante en el lugar el recurso de suelos, se proyectó el BTC para todas las paredes, elaborado con el insumo local, estabilizado con arena y cal.

Se produjeron 7.000 unidades con dos máquinas CINVA RAM durante tres semanas. El producto es un bloque macizo, de color natural de la tierra de tono amarillo crema, que ofreció una bella estética cálida para los muros.

Las paredes, por las temperaturas oscilantes entre la noche y el día (10/12 grados centígrados en la noche a 18/20 en el día) y estar bajo la zona de confort, se diseñaron dobles, o sea de 30 cm de ancho, con una

cámara interior de aire; en México, ha sido denominada esta técnica 'pared tipo estibas'. Al dejar espacios interiores vacíos, se logra el efecto 'termo', buscando un confort térmico interior. El emplazamiento hacia el Leste y el Oeste, captando mayor radiación durante la mañana y la tarde, permite equilibrar en la noche las temperaturas más bajas del nivel de confort.

Se realizara un seguimiento de las condiciones térmicas, entre el interior y el exterior, para conocer un resultado sistémico y bioclimático con datos comparables de otras técnicas con tierra en zonas frías.

La aceptación de esta técnica, desde los obreros, hasta los visitantes locales, al ver las paredes con BTC, está cambiando paradigmas al ver una obra contemporánea. Este recurso de la tierra renueva la tradición constructiva ancestral del adobe, posibilitando revitalizar la sabiduría local y fortalecer la memoria del patrimonio.

4.2 Tapia pisada artística

La segunda técnica fue aplicar la tapia pisada denominada 'artística', renovando la posibilidad técnica al usar diseños, colores y texturas, ofrecidas con el suelo local, con un nuevo aporte estético. Se realizaron tres tapias de 30 cm, jugando básicamente con tres colores

ofrecidos por el terreno y estabilizadas con cal. Dos de las tapias son el remate visual de acceso al proyecto, al entrar a espacio múltiple, y hacen parte de las paredes que sirvieron de formaleta para construir los arcos catenarios.

4.3 Bahareque

La tercera técnica con tierra es el bahareque, usado para una pared en el segundo piso o alfillo, y fue realizado con cañas locales y tierra del lugar. Adicionalmente esta pared fue construida con ventanas recicladas de vidrio templado de doble cámara, usado en neveras comerciales de empresas de bebidas comerciales, que

son vendidas en el mercado de recicladores y ofrecen una calidad de aislación superior y de muy bajo costo. La pared se realizó con esta técnica por la levedad que proporciona y la facilidad constructiva, permitiendo una vista al oriente y ofreciendo aislación térmica en este espacio.

4.4 Revestimientos de cal y arena

Los revestimientos para algunas de las paredes, especialmente en las zonas húmedas, fue realizado con arena de peña o sucia, otro insumo proveniente de la tierra y estabilizado con cal apagada. El proyecto uso cal como cementante en todas las técnicas anteriores, por ofrecer beneficios tanto en la calidad y durabilidad del material cementante, como por los aspectos sostenibles,

al tener un menor impacto ambiental, en relación al cemento industrial, como bajas emisiones de CO₂ y ofrecer reciclaje y sostenibilidad. La cal, además de ser de larga duración, aplicadas en pañetes o revestimientos exteriores, permite proteger la erosión, la humedad y es un desinfectante natural.

4.5 Cubierta de tierra, cal y carbón vegetal de baja pendiente

La cubierta de la habitación del primer piso es experimental. Al aplicar la tierra como cobertura, se colocó sobre la caña una capa del carbón vegetal de 8 cm en promedio, usado como material aislante, sobre esta tres capas de tierra con cal de aproximadamente 8 cm, generando una capa aislante de 16 cm. Está cubierta fue impermeabilizada con cal, ofreciendo una alternativa aislante térmica, acústica, electromagnética, que

absorbe la humedad ambiental, con un bello acabado, y que evoca la cultura tradicional local de las casas vernáculas. Esta cubierta será monitoreada durante los próximos años, para ver la calidad, y su comportamiento con las condiciones locales, esperando responda a las determinantes ambientales.

5. OTRAS INNOVACIONES TECNICAS

5.1 Cúpula pañuelo sin formaleta

Las cubiertas o envoltorios superiores de una construcción son una búsqueda permanente para los sectores de menores recursos, debido a que esta actividad consume entre el 25% y 30% del presupuesto de los costos de una obra (según análisis y experiencias prácticas en América Latina). Es importante para reducir costos de la construcción en este ítem, e investigar y experimentar alternativas. La arquitectura requiere buscar cubiertas innovadoras, que respondan a las inclemencias del clima, sean estéticas y económicas, además de ecológicas.

En Colombia, y desde años anteriores, se vienen realizando experiencias en otras obras, que buscan este propósito: transferir tecnologías, usar el ladrillo recargado sin formaleta, formar obreros y capacitar personal para realizar estas cubiertas y buscar otra estética constructiva con formas orgánicas, como son las cúpulas y bóvedas

Para seguir explorando en el tema se invitó como asesor al Dr. Arq. Alfonso Ramírez Ponce, de México, pionero, maestro y promotor de esta técnica, que lleva cerca de 200 años desarrollándose en su país. Como experto, fue quien acompañó la idea desde el diseño, hasta la

construcción y así lograr eficientemente esta obra. El, con 35 años de investigación, es el maestro que ha difundido esta alternativa de cubiertas en varias partes del mundo y formado muchos profesionales que siguen su investigación, de donde surge la denominación de 'bóvedas mexicanas'.

Esta técnica constructiva de cubiertas de ladrillo sin cimbra es una técnica milenaria en el Cercano Oriente y es una técnica secular en México. Sus antecedentes se encuentran especialmente, en la antigua Mesopotamia y en la parte meridional de Egipto y en una época más cercana en la zona central de la República Mexicana. Uno de sus vestigios está en el Centro Funerario de Ramsés o Ramesseum, sito en el Valle de los Reyes, en la ribera opuesta del Nilo a la ciudad de Luxor. Esta construcción, que aún en nuestros días puede observarse, fue realizada hace 3300 años. Las cubiertas se conocen como bóvedas núbicas. Las nuestras las llamaremos 'bóvedas' mexicanas. (Ramírez, sd, p.5)

La cubierta de IEIASCA se proyectó con el diseño denominado popularmente por los mexicanos con

'adobito recostado', con forma de una cúpula, técnica que implica que las puntas o base de la cubierta, sale del piso, y se eleva en lo alto, hasta formar la esfera, generando unos mantos que unen paredes a la cubierta, sin elementos horizontales, vigas, formaleta o cimbra y/o ninguna estructura adicional a los arcos, que la sustentan.

En este diseño, todo parte de las cinco columnas vigas en forma de arco catenario, con una cimentación de zapatas y un anillo superior que las amarre, hechas en concreto armado, dadas las grandes dimensiones.

Esta cúpula de 10 metros de diámetro y 6 metros de altura fue proyectada, y en esta experiencia se corroboró el bajo costo equivalente a 65 dólares por m², siendo estéticamente hermosas, ecológicas, económicas y accesibles de transferir por la tradición del uso del ladrillo en el país.

La obra de la cúpula fue realizada en 21 días por los expertos en realizar bóvedas, maestros y artesanos experimentados, señores Nacho Dorantes padre e hijo, quienes fueron invitados con el fin de capacitar obreros colombianos y transferir la técnica.

La obra se realizó con el ladrillo tipo adoquín de 20 cm x 10 cm x 4,5 cm, que pesa 1,5 kg y con textura estriada para mejor adherencia. El mortero es tipo 'terciado' que contiene cemento, cal y arena (en este caso fue de 1:2:5).

El ladrillo fue adquirido en una ladrillera semi artesanal, que garantiza la estandarización del producto y una alta calidad en la resistencia mecánica a la compresión y al corte. Son ladrillos extrusados y quemados a altas temperaturas (promedio 800°C) de buena calidad, baja contaminación ya que la empresa está dentro de un plan ecológico, que se rige por el acuerdo de Kioto.

El reforzamiento de la cúpula encima del cascarón de ladrillo de 10 cm de grueso, se hizo con una capa de concreto que osciló entre 5 cm a 6 cm. Y dentro de esta, se dejó inmersa una malla electro soldada anclada a los ladrillos, dejando así, una cobertura con un grosor aproximado a los 16 centímetros.

Para esta ocasión y en este proyecto se dio una innovación estética para la cúpula con dibujos en la parte exterior e interior: en el interior y en parte más alta, se

diseñó un 'sol de la cultura muisca', recreado de un 'huso' de hilar lana y algodón, objeto tradicional y ancestral. El dibujo se hizo jugando con dos colores de ladrillos de color natural: rojo ocre y otro más oscuro de tono café.

En el exterior se realizó otro dibujo en la parte más baja de la esfera, con un zigzag que representa en la pictografía indígena local, 'la energía de la montaña' y juega con dos colores: azul oscuro y blanco.

Considerando que la obra está emplazada en una zona de sismicidad media, esta cúpula en este país tiene grandes dimensiones; por ello, estuvo acompañada por asesores profesionales idóneos; los cálculos estructurales fueron revisados por el ingeniero estructural de gran prestigio nacional: Sr. Ing. Luis Guillermo Aycardi, quien desde el diseño inicial, y con su vasta experiencia profesional, por más de 50 años, propuso una adaptación de acuerdo las normas colombianas de sismorresistencia. Para esta obra, realizó las recomendaciones de los reforzamientos de la cimentación, las vigas catenarias y amarres horizontales, y aportó su conocimiento para llevar el proyecto con seguridad sísmica y de acuerdo a las normas colombianas (NSR 10, 2010).

Adicionalmente, se está evaluando la forma de homologar este tipo de estructuras para zonas sísmicas dentro del concepto de cubiertas de cascarón, caso del concreto que tiene norma nacional.



Figuras 5a y 5b – Proporciones áureas de las paredes construidas con tierra.

5.2. Impermeabilización

Para la impermeabilización se optó por experimentar la protección de la lluvia y de las inclemencias ambientales con cerámica nacional. Esta tableta cerámica de 20 cm x 20 cm x 3 mm de espesor fue colocada en la esfera de la cúpula de forma artesanal, con un diseño que respondiera a la forma, y como alternativa de acabados. Desde ahora estará en fase de ensayo, para evaluar la funcionalidad de esta alternativa, elegida y estudiada como una nueva posibilidad para esta zona de mediana pluviosidad.

La instalación de este cerámico resultó un poco compleja, demoró más tiempo que la elaboración de la cúpula misma. Esto se presentó por la inexperiencia del personal

de obra, en estas formas curvas y, por la altura, las proporciones y los riesgos de estar sobre 6 metros de altura al subirse al ojo de la misma. La tableta es una cerámica nacional, usada para baños, en pisos y paredes.

El color que se eligió, azul índigo, tuvo como criterio aportar a la bioclimática de la obra y estéticamente mimetizarse con el cielo, conjugar con los colores del bosque, entre el verde intenso y tonalidades de azules verdosos. Para el diseño de la cobertura se dibujó una greca que se proyectó además del dibujo como un lenguaje filosófico al acercar lo supremo con lo terrenal, lo sagrado a lo humano, la montaña, al cielo.

5.3 Escalera catalana

Partiendo del arco como estructura y ampliando el espectro de posibilidades y aplicaciones de las bóvedas, se sugirió, por parte del asesor mexicano, experimentar y

realizar una escalera catalana. Esta se hizo en dos tramos con tabletas de 10 cm x 20 cm x 3 cm, adheridas en la primera capa con yeso de mortero y la segunda con

mortero terciado, permitiendo sobre estos arcos trazar los 16 escalones y realizar un ascenso de piso a muy bajo

costo, fácil elaboración y hermosa forma.

6. CAMBIO DE PARADIGMAS

6.1 Personal de obra

Para todo el personal que participo durante la obra, la construcción fue una escuela de formación, cumpliendo con el objetivo final para el propósito del espacio, transferir diversas técnicas. Durante el proceso estuvo practicando un joven estudiante que dibujo los planos y participo en la vivencia constructiva hasta ver concretada la obra. Este practicante, perteneciente al SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje), estuvo desde el primer día de trazado de la planta en el terreno, elaboro los BTC, hizo una tapia pisada y conoció todas las técnicas alternativas para la construcción con tierra, estuvo compartiendo con los bovederos y se formó como ayudante de obra.

Así mismo muchos de los obreros que acompañaron las diferentes etapas de la obra fueron de forma indirecta

capacitados, al conocer desde el proceso de la cal en el pozo, hasta el aprovechamiento de la tierra en la arquitectura contemporánea. Durante la obra paso mucho personal, en parte por la movilidad de los obreros en la construcción local, la amplia oferta hace difícil lograr la permanencia del personal en estos trabajos, y también por las innovaciones técnicas, el cambio de paradigmas y la dificultad de tener que aprender en este tipo de proyectos con materiales no convencionales, sin embargo en el proceso, todos los obreros participantes fueron descubriendo otras posibilidades técnicas para su vida profesional. Ahora IEIASCA será la sede para la formación de nuevos interesados y semestralmente se propone un taller o escuela de formación permanente.

6.2 Taller internación de formación técnica

Estas obras son un taller permanente de formación, tanto para los profesionales que participan, como para los obreros que la ejecutan.

Durante la obra y como política profesional se realizó un taller de formación abierto a profesionales. Durante esta obra, se realizó el Taller Internacional de Construcción Sostenible, que tuvo una duración de 40 horas, fue teórico práctico, estuvieron cuatro maestros expertos en diferentes tópicos del conocimiento; a este taller asistieron 32 personas, de ellas algunos extranjeros, y en él se desarrollaron 5 técnicas. Las cuales hacían parte de las prácticas y actividades de la obra.

- 1 – Tapia pisada artística
- 2 – BTC y laboratorio de suelos
- 3 – Revestimientos con cal, pañete marroquí
- 4 – Escalera catalana

5 – Cúpula pañuelo de ladrillo recargado.

El taller 'Dialogando con la tierra' cumplió con el propósito de IEISCA y fue la primera práctica. El objetivo de este espacio, más allá de acercarse a simples técnicas, o de realizar transferencia de conocimiento, busca, en este momento histórico, fomentar valores humanos, tomar conciencia del paso por el planeta tierra, y construir colectivamente una nueva humanidad.

Se necesita tomar conciencia y responsabilidad del impacto que la construcción está causando a la gran casa: el planeta tierra, y para aportar en este despertar ha surgido la IEIASCA lugar que busca convocar, propiciar el encuentro, el intercambio de saberes, un laboratorio experimental y es el inicio de una escuela de formación y de encuentro de saberes para 'cuidar la vida!'

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Ministerio de Ambiente, Vivienda e Desarrollo Territorial (2010). NSR-10 Reglamento colombiano de construcción sismo resistente. Bogotá: Decreto n. 925 de 2010. In: Diario Oficial de 26 de marzo de 2010. Disponible en: http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/NSR-10_diario_oficial_26marzo10.pdf
- Ramirez Ponce, Alfonso (sd). Curvas de suspiro y barro. Cyted. Disponible en: www.dtic.upf.edu/~rramirez/Arponce/CYTED.pdf

NOTA

1 IEIASCA es un término de lengua muisca, de los Chibchas, que significa partera –quien cuida de la vida. Los Chibchas habitaron las regiones centrales de Colombia. En el momento de la llegada de los españoles, en 1526, los chibchas tenían una población de casi medio millón de habitantes. Poseían sacerdotes los cuales estaban a cargo de mantener numerosos templos y santuarios, además de encargarse de ceremonias y rituales. El sol era su máxima deidad, además de poseer otros dioses a los cuales les ofrecían cultos a través de sacrificios de animales e incluso humanos. Poseían una artesanía con decoraciones de animales y hombres, además de seres fantásticos de su imaginación, además hacían hermosos tejidos entre otras cosas. Las casas estaban hechas con materiales como de caña y barro. Entre sus edificaciones se incluyó el templo, destinado a los diversos cultos; el palacio en donde vivía el cacique; y las pequeñas viviendas de los habitantes. Disponible en: <https://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20071029050649AAfZOO>

AUTORA

Lucía Esperanza Garzón, Arquitecta (U. Piloto de Colombia), participante de la Red Proterra y exmiembro del consejo consultivo. Diseña, construye, investiga y transfiere tecnologías en cursos, diplomados y talleres. Residió y ejerció en Chile durante 1991 y 2001. Gestiona y coordina pedagógicamente diversos programas de formación; promueve diplomados y seminarios internacionales sobre tecnologías sostenibles con tierra, como CONSTRUTIERRA 2006, Un techo pa'todos-2009, entre otros.

FORMACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

3.1 Fogones mejorados de adobe. Mujeres constructoras de familias más sanas y comunidades más sostenibles. Jon de la Rica Extremiana/Elena Carrillo Palacios

Jon de la Rica Extremiana¹; Elena Carrillo Palacios²

Colectivo Zompopo, España - Nicaragua

¹ fonfika@hotmail.com; ² elena64@hotmail.com; colectivozompopo@gmail.com

Palabras clave: fogón mejorado, mujeres, construcción tradicional, adobe

Resumen

Diseño participativo y auto-construcción de treinta cocinas de leña eficientes y saludables con tierra. 'Corredor Seco' de Jinotega (Nicaragua) Enero - Septiembre 2014.

Si bien 'fogones mejorados de adobe' responde a las problemáticas sanitarias y medioambientales ocasionadas por la cocina tradicional de leña, el proceso aporta también numerosos beneficios socio-culturales donde el material tierra juega un rol determinante. Su objetivo principal es transformar un elemento básico del hogar para mejorar las condiciones de vida de las mujeres y de sus familias, reduciendo la deforestación y las enfermedades derivadas del humo. Sin embargo, el proyecto se presenta también como un medio para reforzar los saberes constructivos tradicionales, basados en el uso de la tierra cruda, aportando nuevos conocimientos que mejoren las técnicas existentes.

Las cualidades térmicas de la tierra se revelan idóneas para la conformación de un aparato de cocción eficiente y el uso de materiales locales permite la sostenibilidad del proyecto en el tiempo. El diseño participativo adapta una tecnología al contexto cultural local respondiendo a unas necesidades pero también a unas aspiraciones. La capacitación a la auto-construcción con tierra potencia los recursos propios, tanto materiales como humanos, generando unas capacidades que podrán seguir transmitiéndose.

En estas comunidades rurales con viviendas de adobe y 'henchido', las mujeres auto-construyen con tierra hornos y 'hornillas' tradicionales y dan mantenimiento a muros y suelos; una cultura popular femenina transmitida entre generaciones. El proceso se nutre de estos saberes populares y fortalece unos conocimientos constructivos que permiten a la población local, y en especial a las mujeres, apropiarse y difundir la tecnología del fogón mejorado pero también mejorar una cultura arquitectónica propia.

'Fogones mejorados de adobe' empodera a unas comunidades, refuerza la auto-estima colectiva y realza el rol de la mujer; una actuación de arquitectura mínima pero de amplio efecto social.

1. ANTECEDENTES GENERALES

En la actualidad, un tercio de la humanidad vive en viviendas de tierra, y en países en vías de desarrollo, estas construcciones representan más de la mitad (Minke, 2010). Según estadísticas de las Naciones Unidas, un cuarto de la población mundial vive sin techo o sin habitabilidad básica¹. Pero las inmensas necesidades habitacionales en el mundo no parecen poder resolverse con materiales industrializados como el acero y el hormigón, ni con las técnicas productivas que estos requieren. La falta de capacidad de producción y de medios económicos de los países en vías de desarrollo, invita a explorar otras posibilidades. Una única solución viable para encarar esta demanda, parece residir en los materiales naturales localmente disponibles así como en técnicas de auto-construcción, para las que la tierra es ideal.

Millones de personas en el planeta dependen de modalidades de generación de energía contaminantes y el 39% de la población mundial utiliza la biomasa como fuente de energía para cocinar y calentarse (Blanco, 2013). Sólo en América Central, más de 20 millones de personas cocinan a fuego abierto (Wang et al, 2012). Esta tecnología, poco eficiente e insalubre, está comprometiendo la sostenibilidad de los ecosistemas así como muchas vidas. La exposición al humo de la cocina es el cuarto mayor riesgo para la salud en el mundo, causando más de cuatro millones de muertes al año (Cordes, 2013).

Además, la galopante deforestación de los bosques está aumentando las áreas desérticas y la erosión de los suelos.

En Nicaragua, la biomasa es la fuente de energía más importante, siendo la leña el componente principal dentro de este grupo energético (96%) (Wang et al, 2012). La Encuesta Nacional de Leña de 2007 indica que el 87% del consumo de ésta es residencial (Multiconsult & Cía. Ltda., 2007). En este contexto, se observa que existen grandes dificultades para la sustitución de la biomasa por otras fuentes de energía como el gas petróleo líquido. La leña es el combustible único utilizado en el 96% de los hogares rurales y en el 45% de los urbanos (Multiconsult & Cía. Ltda., 2007).

Desde los años 1970, en América Latina, África y Asia se están promoviendo las estufas mejoradas de biomasa, prácticas de cocinas limpias más eficientes y sostenibles. (Westhoff; German, 1995). Frente al elevado precio del gas y el fácil acceso a la madera, la biomasa seguirá utilizándose mientras exista pobreza, sin embargo, si se rentabiliza la leña empleada y se evita la inhalación del humo, su impacto negativo es mucho menor.

En los últimos 40 años, pocos proyectos de fogones mejorados han tenido éxito debido a que se ha primado la eficiencia energética ante las costumbres culinarias locales, muy enraizadas y difíciles de cambiar, conde-

nando así el fogón al desuso. (Wang et al, 2012). En países en vías de desarrollo, como Nicaragua, se han realizado múltiples proyectos de fogones mejorados, siendo la Cocina Lorena (de lodo y arena) una de las primeras en llegar hasta los hogares rurales (Mc Cracken; Charron, 2010). Tal modelo ha sido muy infravalorado por la tecnología moderna, alegando su baja eficiencia energética y menospreciando cuestiones tan importantes como su aceptación social, el aporte de los futuros usuarios y el uso

de materiales locales, carencias de la mayoría de las estufas modernas (González, 2013). Hoy en día, las intervenciones de fogones mejorados no se ciñen sólo a una cuestión de eficiencia energética, su trasfondo es mucho más amplio y profundo: igualdad de género, educación, salud pública, pobreza, empleo local, cambio climático o sostenibilidad ambiental, son algunos de los temas transversales que este tipo de prácticas incorporan.

2. CONTEXTO LOCAL

2.1 Corredor Seco y cambio climático

El sector sur del departamento de Jinotega (Nicaragua), comúnmente conocido como 'Tierra Caliente', pertenece al Corredor Seco Centroamericano, franja de mayor índice de inseguridad alimentaria de la región subcontinental (Van der Zee et al, 2012). Clasificado dentro de la 'zona de sequía severa' (figura 1 Izq.), este territorio se encuentra en riesgo climático pues es muy vulnerable frente a los prolongados períodos de aridez, dada su dependencia a una agricultura de subsistencia (Van der Zee et al, 2012). En los últimos años, la actividad agrícola de grano básico y la ganadería bovina se han visto afectadas por la falta de precipitaciones durante la época de lluvias (Van der Zee et al, 2012). Como ya ocurrió en 2009 y 2011 este año, el fenómeno climático 'El Niño' está ocasionando grandes pérdidas económicas para las familias que se traducen incluso en migraciones estacionarias.

En este contexto, la reducción del uso doméstico de leña puede aminorar la deforestación y mejorar las condiciones climáticas y productivas de la zona. 'Fogones mejorados de adobe' es un proyecto realizado por 'Colectivo Zompopo' en colaboración con la Asociación de Educación y Comunicación 'La Cuculmecca', organización local que facilita e incide en la gestión sostenible del medio ambiente y la participación de las comunidades en su propio desarrollo.

Desde 2008, La Cuculmecca desarrolla en las comunidades del Corredor Seco de Jinotega el proyecto 'Promoción de la Agricultura Campesina' contribuyendo así a la seguridad alimentaria de las familias a través de diversas acciones que fomentan la producción ecológica, la protección ambiental y la participación comunitaria. El presente proyecto se enmarca en este trabajo como complemento para la mejora de las condiciones de vida campesinas.

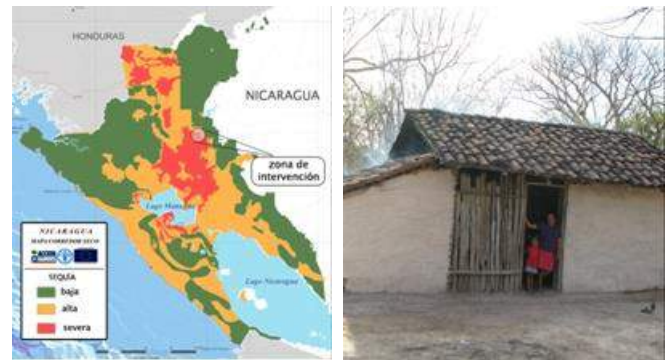


Figura 1 - Izq. Mapa del Corredor Seco en Nicaragua y emplazamiento de la zona de intervención. Dcha. Vivienda tradicional de henchido en Agua Zarca.

2.2 Comunidades aisladas con recursos propios

En las comunidades rurales de Jocomico, Paso Ancho, Los Calpules, Trucasán, Walasá, La Estancia y Agua Zarca, la carencia de infraestructuras y la degradada situación de los caminos, así como la falta de acceso a electricidad y agua potable, provocan unas condiciones de aislamiento que preservan un modo de vida campesino tradicional. El difícil recurso a productos importados potencia los materiales localmente disponibles y mantiene hábitos desaparecidos en lugares donde la globalización ha podido llegar. Las viviendas, a menudo auto-construidas, son de 'henchido', técnica tradicional próxima al bahareque o taquetzal, compuesta por dos entramados de troncos rústicos dispuestos vertical y horizontalmente y entre los que se rellena con tierra y piedras, posteriormente 'embarrados' (revocados) con tierras blancas o barro con ceniza (figura 1 Dcha.). Las estructuras de madera rolliza

soportan a menudo cubiertas de teja artesanal que cohabitan con láminas de zinc, de fácil transporte. Los materiales locales, entre los que predominan la tierra cruda y la madera, permiten construir a bajo coste pero también mantener las tradiciones constructivas; un verdadero patrimonio intangible vigente.

En los últimos años, un pequeño grupo de vecinos ha comenzado a experimentar con adobe. Sin embargo, su inexperience en construcción con bloques les ha llevado a combinar esta técnica con la del henchido, y estas viviendas 'experimentales' presentan muros de abobe con pilares de madera embebidos, concibiendo el ladrillo como un simple relleno. No por ello, estas casas dejan de ser admiradas por la población local, percibidas como construcciones novedosas y 'modernas'.

2.3 Mujeres constructoras y transmisión de conocimientos.

En estas comunidades, la tradición constructiva se refleja también en prácticas femeninas, transmitidas de madres a

hijas. Las mujeres, expertas conocedoras del material tierra, son portadoras de una cultura popular estrecha-

mente relacionada con la construcción. Si bien suelen ser los hombres quienes construyen las viviendas, son ellas las que les dan el mantenimiento cotidiano, enluciendo fachadas y recomponiendo suelos de tierra (figura 2 Izq.) Por otro lado, como en numerosas áreas rurales del país, las mujeres auto-construyen con tierra hornos y 'hornillas' (cocinas) tradicionales. La hornilla es una construcción sencilla, compuesta de una mesa maciza de tierra y piedra o un 'tapesco' de troncos sobre la que se construye un cuerpo en 'U' entre los que se coloca la leña y

sobre los que asienta la hoya (figura 2 Dcha.). No son fogones eficientes ni saludables sin embargo el manejo de los recursos locales sirve de precedente para el proyecto. Aunque no es tanto el objeto construido, sino el proceso socio-cultural, el valorado en este caso; la auto-construcción femenina de este elemento cotidiano, adaptado íntimamente a sus costumbres, así como la transmisión entre generaciones de esta práctica tradicional.



Figura 2 - Izq. Mantenimiento del enlucido de una fachada, La Estancia. Dcha. Hornilla tradicional en Agua Zarca

3. FUNDAMENTOS DEL PROYECTO

Tomando en cuenta el modo de vida campesino, 'Fogones mejorados de adobe' se plantea como una alternativa- técnica y socio-cultural- para reducir el

impacto de la cocina tradicional de leña sobre el medio ambiente y la salud de la familia.

3.1 Materiales locales y auto-construcción

A menudo, las cocinas mejoradas se enfocan a poblaciones rurales y de bajos ingresos, donde los bienes naturales priman sobre los económicos. 'Fogones mejorados de adobe' potencia los recursos propios, tanto materiales como humanos y se dirige a familias con necesidades pero también con capacidades. El objetivo es construir cocinas eficientes y saludables, duraderas y económicas con materiales locales y de bajo coste, a través de la auto-construcción y de la participación activa de los actores involucrados. Se diseña así un fogón mejorado compuesto principalmente de adobe, elabo-

rado por las familias, y ladrillo cocido artesanal, producido en las comunidades (figura 3). Se utilizan también otros materiales de fácil acceso como piedra o ceniza. Solo la plancha, pequeños pedazos de varilla y tubo metálico así como media bolsa de cemento son comprados en ferretería.

El adobe es una técnica constructiva propicia a la auto-construcción que permite una participación plural e igualitaria. La idea no es formar a un reducido grupo de expertos sino que todos y todas puedan construir su propio fogón. Para ello, es necesario diseñar fogones 'low-tech' (de baja tecnología) que requieran técnicas constructivas sencillas y con herramientas de fácil manejo. La auto-construcción con tierra en estas comunidades puede fortalecer una cultura constructiva existente para generar nuevas capacidades que podrán seguir transmitiéndose. Además puede aportar otros beneficios sociales, realzando la auto-estima individual y colectiva o fomentando el trabajo en equipo y la solidaridad intra-familiar.



Figura 3 – Izq. Ladrillos cocidos artesanales, Paso Ancho. Dcha. Elaboración de adobes durante taller de capacitación.

3.2 Las propiedades térmicas de la tierra al servicio de la eficiencia energética

La eficiencia energética del fogón se consigue gracias a un manejo adecuado de la tierra en distintos estados -cocida y cruda- potenciando sus cualidades térmicas. La tierra cruda permite levantar la estructura del fogón; paredes aislantes y transpirables construidas con 110 ladrillos de dimensiones 30 cm x15 cm x10 cm. La cámara de combustión, basada en los principios de la estufa 'Rocket', es un espacio reducido y bien ventilado. Constituida con ladrillos de tierra cocida, el 'corazón de la cocina' respeta los '10 principios básicos para una combustión eficiente' (Byden et al, 2010). Aislada con materiales refractarios y de gran resistencia térmica,

mantiene y aprovecha el calor obteniendo así un ahorro energético. La chimenea canaliza el humo alejándolo del hogar, evitando enfermedades respiratorias y degradación de la vivienda. El estudio de fogones mejorados (González, 2013) determina el diseño de una chimenea duradera, barata, aislante y anti-sísmica, descartando las metálicas y de cemento dado su elevado precio, su corta durabilidad y sus malas reacciones al calor. Construida con ladrillos cocidos de varios tamaños, se levanta una columna piramidal estable ante temblores que aísla del calor evitando quemaduras por contacto.

3.3 Una tecnología apropiada a través de la participación

'Fogones mejorados de adobe' trata de poner al alcance de la población rural una alternativa al modo tradicional de cocina, involucrando a los futuros usuarios en el proceso de una manera reflexiva, inclusiva y activa. Una 'tecnología apropiada' basada en el empleo de los recursos cuantitativos y cualitativos localmente disponibles que genera conocimientos teóricos y prácticos enfocados a un desarrollo comunitario a largo plazo (Massuh, 2005).

'La cocina antes del fogón' (Lambes; Atteridge, 2012) pone como eje central los aspectos sociales de una actividad ancestral y estrechamente ligada a las tradiciones culturales. El fogón mejorado es un objeto que

debe tener muy en cuenta las costumbres de los usuarios; manejo de la leña y el fuego, prácticas y utensilios de cocina, elaboración de recetas, gustos alimenticios,... Para poder integrar todos estos factores que determinarán la aceptación social del fogón, la participación de los usuarios a lo largo del proceso parece indispensable.

El proyecto se dirige principalmente a las mujeres, pues son ellas las que cocinan, primeras usuarias de los fogones. Sin embargo, se trata también de involucrar a toda la familia en el proceso, pues 'comer es una necesidad de todos'. De esta manera, se pretende mejorar las condiciones del trabajo femenino y realzar su rol familiar.

3.4 Hacia una cultura del fogón mejorado

'Fogones mejorados de adobe' es una respuesta local a una problemática global, un proyecto de pequeña escala pero con posibilidades de mayor alcance. Con la transferencia de conocimientos en técnicas constructivas accesibles y un diseño basado en materiales locales y económicos, se pretende fomentar la re-productividad del fogón mejorado. Se busca un 'efecto multiplicador' que dé lugar a futuras construcciones, más allá de las treinta consideradas en el marco del proyecto.

Se apuesta por la generación de una 'cultura del fogón mejorado' integrada en un contexto socio-cultural específico que pueda seguir transmitiéndose en el tiempo

dando res-puesta a las carencias en materia de cocina de una población mucho más amplia a la inicialmente involucrada.

De esta manera, se empodera a unas comunidades con las herramientas -físicas, culturales y sociales- necesarias para generar fogones mejorados por sí mismos, desde la auto-gestión comunitaria. Bajo esta premisa, el proyecto integra y complementa algunos instrumentos sociales que puedan facilitar la organización de los pobladores en la producción de fogones mejorados de adobe, tales como el 'Comité de Fondos Revolventes'² el 'Banco de materiales'³ y el 'Banco de herramientas'⁴.

4. CONOCIMIENTOS COMPARTIDOS

'Fogones mejorados de adobe' se desarrolla en cuatro etapas articuladas en doce talleres, concebidos como espacios de aprendizaje horizontales donde se generan conocimientos teóricos y empíricos. La experiencia

vivencial de los comunitarios y sus saberes populares, se complementa con aportes técnicos a lo largo de todo el proceso, desde el diagnóstico hasta la construcción familiar, pasando por la formación y el diseño.

4.1 Diagnóstico y diseño participativo

Las primeras semanas de proyecto se dedican a elaborar un 'diagnóstico de la situación de vida del grupo comunitario' para conocer el contexto de las treinta familias que se podrían involucrar en el proceso. Se hacen visitas individualizadas a los hogares y se convocan tres talleres abiertos a todo participante interesado. Tomando como punto de partida el sueño colectivo de mejorar la práctica de cocina, en estos primeros encuentros, se

construye un discurso crítico alrededor de las temáticas de salud, medio ambiente y género que pueda incidir en la realidad y generar un cambio. Se analizan también las características de la homilla tradicional, sus deficiencias y las mejoras que podrían integrarse en el 'fogón soñado'.

El diseño participativo pretende adaptar una tecnología eficiente a un contexto cultural, integrando las experien-

cias de los futuros usuarios. Por tanto, no existe un modelo de fogón predeterminado sino una multitud de conocimientos que deben articularse para responder a unas necesidades y aspiraciones específicas. Se busca la eficiencia energética, reduciendo el consumo de leña y las emisiones de CO₂, pero también adaptar el fogón a las costumbres culinarias locales.

Durante los tres primeros talleres de diseño, se establecen algunas normas técnicas siguiendo los 'diez principios básicos para una combustión eficiente'. Estos fundamentos físicos son experimentados a través de varias pruebas simples que permiten al grupo asimilarlos y validarlos. Paralelamente, se estudian las prácticas culinarias locales, esta vez, con las mujeres como maestras. Expertas conocedoras de los hábitos de cocina, aportan datos indispensables para el diseño del fogón que se verifican de manera práctica. Se comparten imágenes de distintos modelos de fogones mejorados, debatiendo aspectos de ergonomía, estética, coste económico, durabilidad... ampliando el espectro de posibilidades formales e insistiendo en la importancia de los aspectos culturales. Por último, esta serie de talleres teórico-prácticos busca un 'fogón a medida' y una vez más son las mujeres las que establecen cuales son las dimensiones

ideales de la cocina. Con la suma de los aportes individuales se establece una altura media de la mesa y de la encimera.

Durante esta etapa, se realiza un viaje a la comunidad de Sabana Grande, Totogalpa, en el departamento de Madriz. Este taller de campo permite intercambiar experiencias con la 'Cooperativa de Mujeres Solares' que trabaja con energías limpias, apoyadas por el Grupo Fénix y la Universidad Nacional de Ingeniería. Las anfitrionas comparten su experiencia en estufas mejoradas e invitan a los visitantes a cocinar en sus fogones familiares. Además, la jornada permite conocer una variedad de técnicas constructivas con tierra, aplicadas en los edificios de la asociación a través de cursos formativos. Los participantes pueden descubrir así nuevas posibilidades de este material para revocos y acabados de suelos.

Como cierre de la etapa de diseño, se evalúa colectivamente el fogón mejorado prototipo, construido en base a la información producida en los meses anteriores. Se verifican distintos aspectos del diseño elaborando una comida típica con tortillas de maíz y arroz. Una vez más, la experiencia práctica de los usuarios nutre el proyecto y sus observaciones se integran en el diseño final.

4.2 Capacitación a la construcción de fogones mejorados

Esta etapa se desarrolla a través de cuatro talleres, impartidos en grupos reducidos de entre siete y doce familias, organizados en tres equipos según sus comunidades. Se realizan tres fogones modelo en espacios comunitarios que se convierten en un foco de atención para toda la comunidad durante algunas semanas. Se comienza con el taller 'Reconocimiento de tierras y elaboración de los adobes' concebido como una introducción a la técnica constructiva pero también como un refuerzo sobre el manejo del material predominante en estas comunidades. Los participantes practican pruebas de campo para analizar la composición de distintas tierras. Se realizan ensayos de olor, lavado de manos,

caída de bola y cinta (o prueba de puro) así como una muestra de sedimentación. Distinguiendo entre tierras arcillosas, arenosas y limosas, se asocian comportamientos y propiedades a cada una de ellas. De esta manera, se refuta el mito de las 'tierras buenas y malas', llegando a la conclusión de que la gran mayoría de suelos pueden ser apropiados para la construcción, siempre que se reconozca su composición y se agreguen aditivos cuando sea necesario. Aplicando estos conocimientos, se realizan distintas 'recetas' variando las proporciones de dos tipos de tierra arcillosa, arena y estiércol de caballo. Por último, estas mezclas permiten elaborar, en pequeños grupos, los adobes necesarios para los tres fogones modelo.



Figura 4 – Izq. Taller de capacitación 'Construcción del fogón modelo I' en La Estancia Dcha. Taller de capacitación 'Construcción del fogón modelo II' en Agua Zarca

Los talleres 'Construcción del fogón modelo I y II' se enfocan a la transmisión de conocimientos específicos pero permiten también formar sobre aspectos más generales relativos a la técnica del adobe (figura 4). Todos los participantes colocan ladrillos de tierra cruda así como aprenden a utilizar herramientas tales como el nivel, la escuadra o la cinta métrica.

Durante estos talleres, se utiliza, como instrumento didáctico, una maqueta desmontable del fogón a escala 1:4 que permite a los participantes entender la lógica de aparejo de los ladrillos y amarre de las esquinas. Se utiliza también un manual de auto-construcción que, a través de dibujos simples, explica cada uno de los pasos a seguir. (Figura 5).

Figura 5 - Izq. Construcción de fogón modelo con ayuda de maqueta. Dcha. Extracto del Manual de auto-construcción del fogón mejorado



El último taller, 'Repello del fogón mejorado', se centra en proporcionar nuevos conocimientos para enriquecer las técnicas tradicionales de enlucido practicadas en las comunidades. Tomando el fogón como objeto de referencia, no se pierden de vista otras posibles aplicaciones en la vivienda. Se plantea un intercambio en el que los participantes -especialmente las mujeres- muestran sus técnicas de 'repello' así como las mezclas que acostumbran a utilizar. Los técnicos destacan la calidad de los acabados tradicionales, sin embargo, ellas identifican ciertos problemas: micro-fisuras superficiales, poca impermeabilidad, deterioro acelerado de paredes expuestas a las inclemencias, poca estabilidad de las superficies que sueltan polvo y se desprenden por golpes. Con las vivencias de Totogalpa como referente colectivo, donde las Mujeres Solares recomendaron el uso de ingredientes naturales tales como agua de guásimo o de pitahaya, harina de trigo cocida o estiércol de vaca, los facilitadores aportan hipótesis sobre los efectos de estos nuevos aditivos que podrían ayudar a solucionar los problemas detectados en los revocos tradicionales. Así pues, se efectúan pruebas con distintos productos y en cantidades variables, consiguiendo resultados satisfactorios. Se abre un abanico de posibilidades con el que los comunitarios podrán seguir experimentando en sus casas y enriquecer su cultura constructiva. Por otro lado, se proponen nuevas técnicas para el aplicado de los revocos, recomendando la utilización de una llana de madera y plás-

tico para el pulido de la última capa, siempre como un complemento y no como un sustituto de las costumbres tradicionales.

Como cierre de los doce talleres, se inauguran los fogones modelo para comprobar que responden a las expectativas de los usuarios. (figura 6 Izq). Además, se entrega un diploma que certifica los saberes adquiridos por más de 50 asistentes asiduos. Se trata de reconocer el aprendizaje y valorar su aporte al proceso de intercambio de conocimientos. Un gesto simbólico que busca mejorar la auto-estima de personas muchas veces desprovistas de una cultura académica pero también un sincero reconocimiento a su trabajo. Tanto en el diseño del fogón mejorado como en la formación en técnicas de construcción con adobe, los saberes no fueron transferidos de forma unidireccional. Más bien se generan espacios de confluencia de experiencias que aportan una riqueza cultural entre tradición e innovación.

Figura 6 – Izq. Inauguración del fogón modelo en Agua Zarca. Dcha. Fogón familiar en uso, La Estancia.



4.3 Auto-construcción del fogón familiar

Durante los últimos meses del proyecto, se llevan a cabo las construcciones de los fogones familiares, supervisadas por los asistentes técnicos y asumidas por los futuros usuarios. Es el momento para completar una formación, más individualizada, subrayando ciertos aspectos técnicos importantes. Es la ocasión ideal para integrar a nuevos aprendices pero sobre todo para consolidar conocimientos y demostrar las capacidades de los comunitarios para construir por sí mismos. Los habitantes asumen la responsabilidad de la construcción doméstica aportando recursos materiales y humanos. Antes de transformar su cocina, elaboran los adobes y preparan la mezcla de mortero. Familias al completo se movilizan para colaborar en la construcción.

Delegando la mayoría del trabajo a las familias, muchas veces la supervisión de obra por parte de los técnicos es sobre todo una presencia que anima a los constructores, valoriza su trabajo y les aporta confianza. En este sentido, algunos participantes demuestran una excelente incorporación de los conocimientos técnicos y mayor seguridad en sí mismos al asumir gran parte de la construcción sin necesidad de asistencia técnica. También hay personas dispuestas a participar en varias construcciones familiares con el interés de practicar sus conocimientos y ampliar su formación. Se generan así relaciones de ayuda de unas familias con otras, muchas veces facilitados por parentesco y vecindad pero que no dejan de ser un interesante factor social. Durante las construcciones familiares, se constatan las primeras trans-

misiones de conocimientos intra-familiares, lideradas por los diplomados. La construcción en la casa permite involucrar a otros miembros de la familia que, si bien no asistieron a los talleres, tienen interés por aprender y poder colaborar en el hogar. Especialmente hijas, muchas veces adolescentes, se muestran muy receptivas, atraídas por el trabajo con tierra y el objeto de la cocina que ya acostumbran a utilizar cotidianamente. Los hombres también se solidarizan en la construcción pero de una manera muy distinta. Desde un segundo plano, apoyan en trabajos físicamente pesados, elaborando la mezcla de mortero o acarreado materiales.

Varias mujeres de Agua Zarca, motivadas por la ausencia de un marido que pueda ayudarlas, optan por conservar la mesa de su antigua homilla sobre la que levantan solo las últimas tres hileras de adobe que envuelven la cámara de combustión. De esta manera, la construcción es más rápida y sencilla, requiriendo menos adobes y su consiguiente trabajo físico.

La auto-construcción es la manera de que los usuarios se apropien definitivamente de la tecnología. Pequeñas variantes en el diseño, adaptan 'el fogón al gusto de la cocinera' y reflejan que no son objetos estandarizados sino 'homillas mejoradas' personalizadas. (figura 6 Dcha.) La construcción del fogón mejorado se convierte además en una 'escusa' para dignificar la cocina. En numerosos casos, las familias aprovechan para mejorar el espacio; alzan cubiertas, recomponen suelos o enlucen paredes que ya no volverán a ennegrecerse.

5. CONCLUSIONES

El fogón como corazón del hogar, irradia calor a la vivienda y congrega a toda la familia. Desde este punto central, el proyecto genera conocimientos técnicos aplicables más allá de la cocina y beneficios sociales que otorgan a las mujeres liderazgo en el núcleo familiar.

La transmisión de conocimientos se integra en un tejido social de arraigadas tradiciones, transferidas entre generaciones. 'Homillas mejoradas de adobe' es una innovación que camina de la mano con saberes populares sin querer sustituirlos, sino enriquecerlos. El proceso incrementa el capital cultural de unas comunidades fortaleciendo una identidad arquitectónica propia. La transferencia de tecnología en construcción con tierra valoriza los recursos propios y realza la auto-estima colectiva. Una 'arquitectura mínima' de amplio efecto socio-cultural.

Sólo en Nicaragua, más de 4 millones de personas cocinan a fuego abierto por lo que se necesitará seguir trabajando durante muchos años para mejorar todos los entornos familiares. Promover procesos que generen capacidades propias es una manera de encarar este problema masivo. No son solo treinta fogones sino el camino que se hace al andar...

La tierra como material de construcción es hoy, más que nunca, un puente entre la tradición e innovación. Sus saberes y técnicas son un excelente bagaje para responder a las nuevas problemáticas contemporáneas, un elemento de nuestro pasado y futuro. En un mundo cada vez más desigual, globalizado e individualista, fomentar prácticas locales y auto-suficientes basadas en la participación colectiva puede ser una alternativa real de cambio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco Rodríguez, José María (2013). Estufas mejoradas de leña en Centroamérica: Detonando los Mercados. San José: BUNCA.
- Bryden, M.; Scott, P.; Hoffa, G.; Ogle, D.; Goyer, K. (2010). Principios de diseños para estufas.
- Cordes, L. (2013). Igniting change: Una estrategia para la adopción universal de estufas y combustibles limpios. Washington: La Alianza Global para las estufas limpias.
- González, J (2013). Cocinas mejoradas en Nicaragua. Sistematización y guía técnica. Managua: PNUD.
- Lambes, F; Atteridge, A. (2012). Putting the cook before the stove: a user-centred approach to understanding household energy decision-making. Estocolmo: Stockholm Environment Institute
- Massuh, Héctor (2005). Acerca de las tecnologías apropiadas y apropiables para la vivienda popular. Centro experimental de la vivienda económica (CEVE). Disponible en: <http://www.ceve.org.ar>

McCracken, J; Charron, D (2010). La evaluación de la eficacia y efectividad del EcoStove por reducir las exposiciones de contaminación atmosférica interiores entre las mujeres nicaragüenses. Managua: Centro para la Relación Empresarial en la Salud Internacional y Desarrollo.

Minke, Gernot (2010). Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual. Teruel: EcoHabitar.

Multiconsult & Cía. Ltda. (2007). Energía y medio ambiente. Encuesta nacional de leña. Programa nacional de biomasa. Managua: Ministerio de Energía y Minas.

Van der Zee, A; Van der Zee, J; Meyrat, A; Poveda, C; Picado, L. (2012). Estudio de caracterización del Corredor Seco Centroamericano. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO).

Wang, X; Franco, J; Masera, O; Troncoso, K; Rivera, M. (2012). ¿Qué hemos aprendido del uso de la biomasa en los hogares de América Central? Unidad de energía para América Latina y Caribe y Banco Mundial.

Westhoff, B; Germann, D. (1995). Estufas en imágenes, una documentación sobre las estufas mejoradas y tradicionales de África, Asia y América Latina. Frankfurt: Comisión de las Comunidades Europeas.

NOTAS

1. 'Habitabilidad básica': es la que colma las necesidades esenciales de cobijo que tenemos todas las personas. Su satisfacción requiere, que se cubran las urgencias residenciales del vivir: no sólo las que conciernen a la mera vivienda, sino también a los espacios públicos, infraestructuras y servicios elementales que constituyen, en conjunto, un entorno externo propicio para la reproducción vital. Instituto Juan de Herrera. Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura, UPM. Disponible en: www.aq.upm.es/Instituciones/jherrerahabitabilidad/habitabilidad.

2. 'Comités de Fondos Revolventes' (CFR): Desarrollados por La Cuculmeca y gestionados por grupos de comunitarios. Las familias participantes del proyecto asumen el 50% del costo total de los materiales del fogón (20 US\$). La contribución pasa a formar parte del fondo comunitario, permitiendo a otras familias solicitar créditos a bajo interés para la construcción de cocinas mejoradas.

3. 'Banco de materiales', vinculado a los CFR, facilita el acceso a los materiales del fogón mejorado a familias externas. Con existencias para 15 fogones, suministra a bajo interés, materiales subvencionados por el proyecto al 50% del precio de costo.

4. 'Banco de herramientas' presta utensilios para las construcciones de fogones mejorados a los participantes del proyecto y a familias externas que pidan un crédito al Banco de materiales.

AUTORES

Jon de la Rica Extremiana, (Bilbao, 1985) Arquitecto (ENSAP Bordeaux, 2010) co-fundador del Colectivo Zompopo (2013). Trabaja en Nicaragua en proyectos sociales de vivienda y habitabilidad básica vinculados a la tierra, la auto-construcción y el diseño participativo. Ha trabajado también en España, Francia y Chile.

Elena Carrillo Palacios, (Albacete, 1987) Arquitecta (ETSA Valencia, 2012) co-fundadora del Colectivo Zompopo (2013). Trabaja en Nicaragua junto con Jon de la Rica en proyectos de arquitectura social. Colaboradora en proyectos de bio-construcción e investigaciones de urbanismo social en España, Italia y Brasil.

3.2 Izalco. El Salvador. Curso de restauración urbana. Michele Zampilli/Alessandra Sprega

Michele Zampilli¹; Alessandra Sprega²

Dipartimento di Architettura Università Roma Tre - Via Madonna dei Monti, 40 - 00184 Roma-Italia ¹michele.zampilli@uniroma3.it;

²alessandrasprega@gmail.com

Palabras claves: Formación, cultura constructiva local, adobe, restauración urbana

Resumen

El trabajo presenta una intensa actividad educativa dirigida a un grupo de estudiantes y profesores de la Escuela de Arquitectura de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador y funcionarios de la Secretaría de Cultura del Salvador. La actividad se realizó desde el 17 de agosto al 3 de septiembre 2010 por los profesores del Departamento de Arquitectura de la Universidad Roma Tre, bajo el proyecto denominado 'Creación de un Centro de capacitación para la restauración, conservación y promoción del patrimonio cultural en El Salvador', implementado por el Instituto Italo-Latinoamericano con apoyo financiero de la Cooperación Italiana para el Desarrollo.

El asunto principal de las actividades de formación han sido un curso de restauración urbana del centro histórico de Izalco, ciudad de planteamiento colonial con un fuerte sincretismo con la cultura indígena, rodeada de un paisaje de incomparable belleza y dominada por un volcán conocido como el 'Faro del Pacífico'.

El objetivo de este curso era enseñar a los estudiantes de arquitectura, las técnicas de levantamiento arquitectónico y constructivo a fin de elaborar las pautas principales para la restauración del tejido urbano y de los edificios de adobe tradicionales.

La forma urbana colonial de Izalco está todavía conservada, sin embargo, está sujeta a una transformación lenta pero continua, como es el caso de la composición funcional fragmentada de la tipología original de las casonas con patio y corredores, las estructuras de muros a través de la demolición de los muros de adobe y bahareque, como así también los acabados exteriores variando los colores tradicionales.

El levantamiento puntual y de los detalles de algunas casonas del centro histórico evidencia las técnicas constructivas tradicionales, otorgándoles valor a las calidades estructurales decorativas y del medio ambiente.

Finalmente, se elaboró un proyecto, como ejemplo de recuperación de una vieja casona, para ser reutilizado como eco-museo, en el cual se recuperan los valores materiales e inmateriales del territorio y, por lo tanto, un medio para conservar el patrimonio cultural.

1. INTRODUCCIÓN

Se está tomando conciencia cada vez más que la recuperación de los centros históricos es un importante recurso cultural para el desarrollo social y económico de un territorio en los países desarrollados y también en los países en vías de desarrollo, incluyendo América Latina.

La cultura del patrimonio, entendida como la necesidad de aprender, preservar y promover los testimonios del pasado, así como su transmisión a las generaciones futuras en las mejores condiciones, se extiende tanto a los edificios monumentales, expresión y símbolo para la comunidad, así como a las viviendas, testimonio de la tradición constructiva y vivencial y que es el tejido conectivo necesario para dar vida a los edificios colectivos y espacios públicos. Sin embargo, aún hoy en día, muchos centros históricos en cualquier lugar de la tierra, viven en un estado de abandono, mal uso o profunda transformación. Por un lado, el abandono de muchos pequeños asentamientos de las zonas más marginales, causa un deterioro no sólo del patrimonio construido, sino también del paisaje natural que lo rodea. Según Galdieri (1982, p.200), "La construcción de adobe o barro ya no tiene historia: los edificios todavía en uso están destinados a desaparecer en un tiempo relativamente corto, condenados por razones psicológicas antes de la técnica y económica".

Por otro lado, la presión del turismo masivo y la renta de bienes raíces están en el origen de una conversión pesada e inadecuada de los tejidos urbanos donde el proceso de sustitución de los edificios tradicionales causa la pérdida de grandes partes de la ciudad representativas de la

cultura del pasado. Esto se refleja también en América Latina, donde el fenómeno se ve agravado por el fuerte crecimiento económico de los últimos años. A esto hay que añadir que, en gran parte de América Latina, la desconfianza arraigada en la sociedad civil hacia las características tecnológicas y constructivas de los edificios que componen los centros históricos, hace considerar las construcciones de tierra, como sinónimo de atraso y pobreza y se asocian a los desastres naturales, los terremotos, la devastación y muerte. Las estadísticas muestran que al menos un tercio de la población mundial vive en ciudades donde las casas están construidas de tierra (Vidal de La Blache, 1921). Estas poblaciones se encuentran entre las más pobres del mundo, que viven en zonas difíciles y con riesgo de los fenómenos naturales más desastrosos.

Sin embargo, en la evaluación de los daños causados por los terremotos (por ejemplo, la de agosto del Perú 2007), se encuentra que muchos de los edificios en tierra respondieron satisfactoriamente a las solicitaciones sísmicas (Cancino, 2009). Los factores que causaron el daño, por lo tanto, no son necesariamente atribuibles a los materiales y técnicas utilizadas, pero sí a la calidad de los primeros y la manera de aplicar las segundas. De hecho, se puede observar que en los territorios más afectados por la acción sísmica y que a su vez han sufrido numerosos colapsos, estos no han sido provocados en sí por el uso de materiales y técnicas inadecuadas, sino por razones imputables a la mala calidad de los materiales utilizados (mezclas pobres en arcilla y paja), para la ejecución inadecuada de las estructuras de soporte (poco cuidado

en el tratamiento de la esquina, un mal anclaje entre los elementos verticales y horizontales, estructuras de techo que empujan los muros), a un precario estado de conservación de los edificios (sin protección de las fachadas y cimientos por los fenómenos de la infiltración de agua), y, a veces, debido a un manejo inadecuado de la reestructuración y mejora funcional. En la mayoría de los casos, los edificios que presentaban al menos una o más de las condiciones arriba mencionadas, mostraron una mayor debilidad frente al terremoto respecto a aquellos bien construidos, en buen estado, y no manipulados.

Por tanto, los edificios construidos en tierra pueden hacer frente a los fenómenos sísmicos, gracias a una tradición antigua que ha producido valiosas estructuras arquitectónicas, pero estos son muy percederos y por tanto requieren de un mantenimiento continuo para garantizar su durabilidad y fiabilidad estructural. Por esta razón, es importante conocer completamente las características y los procedimientos ejecutivos tradicionales de un lugar, con el fin de entender los valores estructurales y arquitectónicos, las debilidades intrínsecas, y la capacidad de resistencia igualmente intrínseca y de autoprotección. Esta última, llamada 'cultura sísmica local' (Ferrigni; Helly, 1990; Ferrigni et al. 2005), es la tradición de la manera de construir de un lugar, la expresión de un conocimiento ancestral que ha progresado lentamente, con marcada atención al problema de la reducción del riesgo sísmico, proporcionando los avances técnicos que han permitido a muchos centros que han sido repetidamente golpeados y dañados por los terremotos, de sobrevivir y ser reconstruidos en las piezas dañadas, manteniendo el perfil original, como la escala urbana y de la edificación.

Las actividades de investigación y educativas que el Departamento de Arquitectura de la Universidad de Roma Tre desarrolla en América Latina, en colaboración con las Universidades y las Autoridades Locales, tienen el objetivo

de iniciar a los estudiantes, a los arquitectos e ingenieros al levantamiento e interpretación constructiva de edificios de tierra, con el propósito de identificar los criterios y la mejor manera de asegurar su conservación y, al mismo tiempo, mejorar las condiciones de vida y seguridad. En la creencia de que los edificios tradicionales de tierra, si están bien construidos, bien mantenidos y, lo más importante, no alterados por las intervenciones modernas incongruentes, pueden soportar hasta los sismos más severos.

Los modelos de actuación se encuentran en las experiencias desarrolladas en Italia y en Europa desde la segunda posguerra del siglo pasado: desde la recuperación de los centros históricos de ciudades como Bologna (Cervellati; Scannavini, 1973) y como, la reconstrucción después de los terremotos y guerras en ciudades como Venzona, Mostar, Varsovia, Dresden, a la experiencia más reciente de la revitalización de los pueblos abandonados como Sassi di Matera, Stefano di Sessanio, Colletta di Castel Bianco. Estas van acompañadas de los estudios e investigaciones sobre los edificios históricos, sus cualidades mecánicas y físicas y los criterios para la prevención sísmica acogidos por la cultura local de la construcción, gracias a una práctica antigua en la convivencia con los desastres naturales. Estas experiencias se han recogidos en los manuales de la recuperación de Roma (Giovannetti, 1997a), Palermo (Giovannetti, 1997b), Città di Castello (Giovannetti, 1992), región de Sardeña (Achenza; Sanna, 2008), y los códigos de prácticas de Castelvetere sul Calore (Giuffrè et al, 1988), Ortigia (Giuffrè, 1993), Sassi di Matera (Giuffrè; Carrocci, 1997) y Regione Marche. Se favorece el desarrollo de un método de intervención que busca combinar la necesidad de mejorar las condiciones de vida y la seguridad de las casas, con el deseo de preservar las características arquitectónicas y materiales de construcción tradicional.

2. IZALCO¹

Izalco es un lugar con una fuerte identidad, 'el lugar de las casas de obsidiana', 'ciudad mística', 'ciudad misteriosa' ha sido descrita por los viajeros que la han visitado en su larga historia quedándose embrujados (Larde; Larín, 1957). Su identidad se hace evidente en los sitios y sitios arqueológicos misteriosos, en la trama urbana del sistema colonial que se adentra en la exuberante vegetación tropical, en sus sencillas casas con paredes de adobe y techos de teja que esconden patios verdes con árboles grandes de frutas, en las iglesias pintadas de cal blanca y en las figuras religiosas, expresivas, en el paisaje dominado por el volcán inactivo llamado el 'Faro del Pacífico', en sus tradiciones ancestrales, en sus ritos religiosos y paganos, en las fiestas coloridas y animadas, en su población indígena, devastada por las persecuciones, pero al mismo tiempo orgullosa y feliz.



Figura 1 – Izalco en una foto de 1944. Detrás de la ciudad la imagen del volcán aún humeante. (Creditos: reelaboración de la foto de Luis Marden, National Geographic. Nov. 1944).

El patrimonio cultural de Izalco es significativo, tanto el material como el inmaterial, y es un deber conservarlo y valorarlo también para mejorar las perspectivas de crecimiento a una zona muy pobre, centrado en un turismo, con bajo impacto ambiental, sostenible y responsable. Operación que será un éxito, porque existen todas las condiciones para hacer una ciudad atractiva hermosa y acogedora, el punto de partida ideal para visitar un territorio con gran partido y aún incontaminado en gran parte. Son los mismos ingredientes que llevaron al éxito que recogen las pequeñas ciudades de arte italianas

y europeas, las ciudades precolombinas y coloniales de América Latina (Cusco y Arequipa en Perú, Popayán y Cartagena de Indias en Colombia, Salvador de Bahía en Brasil, etc.) y también Shocithoto en El Salvador, para citar un ejemplo cercano. Favorecer el desarrollo turístico significa, sobre todo, mejorar las condiciones de vida de sus habitantes para que, a través de la máxima participación de la población, se garantice en el tiempo un ambiente urbano bien conservado y un contexto social seguro. En lo que nos concierne, el mantenimiento de la identidad arquitectónica y urbanística de un lugar pasa a través del reconocimiento de sus caracteres y materiales de construcción, de los fenómenos y las causas de la degradación, de los criterios para la conservación y restauración.

Y lo que se ha hecho hasta ahora y la actividad que se presenta en las páginas siguientes, es la herencia de un trabajo muy profundo realizado en varias formas, desde el 1989 por un grupo de investigadores y estudiantes de la Universidad de El Salvador en colaboración con el Ayuntamiento de Izalco y la Secretaría de Cultura de El Salvador. Se remontan al 2009 los primeros cursos de restauración en el contexto urbano y la construcción histórica de Izalco que han llevado al relieve y al proyecto de restauración de la Casa Barrientos para destinarla a un centro de formación para la restauración, preservación y promoción del patrimonio cultural de El Salvador. En este proyecto, que recientemente ha visto concretados, los primeros resultados han participado agentes culturales, restauradores y maestros locales en una obra de reapropiación colectiva de un bien público del gran valor simbólico. El trabajo realizado en esta última fase ha tenido como objetivo profundizar en algunos aspectos de la renovación urbana de la ciudad, aprovechándose de la cooperación entre el Instituto Italo Latino Americano, el Municipio de Izalco, la Secretaría de Cultura y la Universidad de El Salvador aplicando los métodos de investigación e intervención que se han desarrollado en Italia en los últimos 20-25 años.

Los objetivos específicos fueron:

- estudiar y catalogar las técnicas de construcción, materiales y componentes de construcción tradicionales para el conocimiento y la preservación de la identidad local, a fin que el patrimonio de edificación histórico sea adecuado a las necesidades de las habitaciones actuales, en una relación equilibrada entre la tradición y la innovación;

- mejorar las capacidades de las administraciones municipales e instituciones tutelares en la gestión y el control de las actividades de restauración del centro histórico.

Esto dio lugar a dos tipos específicos de actividades:

- el estudio profundo de las características de la construcción histórica y tipológica de Izalco y del proceso de formación y transformación de lo construido para inferir en el modo de cambiar y actualizar lo que puede considerarse coherente y aquellos que, por el contrario, se configuran como acumulaciones degradantes y, por tanto, ser eliminados;

- la formación de una cartografía digital, ya sea a escala urbana que de cada una de las manzanas, que contienen toda la información necesaria para el conocimiento de la construcción histórica: la subdivisión de los lotes, tanto a la consistencia geométrica y material de las unidades individuales del edificio, el estado de conservación de elementos de construcción y acabado. Todo ello reunido en un archivo informático en un entorno GIS capaz de comunicar entre ellos todos los datos conocidos y capaces de ser implementados y actualizados rápidamente.

Las actividades descritas a continuación son el resultado de un trabajo colectivo realizado en un período relativamente corto de tiempo, algo menos de tres semanas, por un pequeño grupo de estudiantes salvadoreños dirigidos por sus profesores y seguidos por enseñantes italianos. El gran entusiasmo mostrado por estos jóvenes, acompañado por la extraordinaria capacidad de aprender rápidamente enseñanzas que para ellos en gran parte eran desconocidas, ha permitido desarrollar un nivel de profundidad que en un principio podían parecer inalcanzables.²

3. LAS ACTIVIDADES DEL TALLER DE RESTAURACIÓN URBANA

Las actividades propuestas para el curso de la restauración urbana en el centro histórico de Izalco recorren un modelo metodológico ya experimentado por los mismos autores en Italia (Stabile et al., 2009), y en Perú

(Zampilli, 2011). Todas las actividades se describen en el volumen *El centro histórico de Izalco El Salvador: Curso de restauración urbana* (Zampilliet et al, 2012).

3.1. La cartografía

Por el centro histórico de la ciudad de Izalco se ha realizado una cartografía digital y desarrollada en ámbito SIG, reuniendo en un mismo sistema de referencia geográfica todos los mapas existentes, fotos aéreas, satélite. Posteriormente fueron adquiridas informaciones útiles sobre los edificios individuales, a través de levantamientos in situ, con la elaboración de fichas de datos estructurados en dos partes: la primera parte, constituidas por dibujos, útiles para la preparación de las bases gráficas; una segunda parte, formada por un texto

descriptivo, que es necesario para la creación de la base de datos.

En el siguiente paso se estructuró SIG, a través de la digitalización de bases cartográficas y la introducción de las informaciones en la base de datos adjunta permitiendo la elaboración de mapas temáticos relacionados con el análisis de la situación actual.

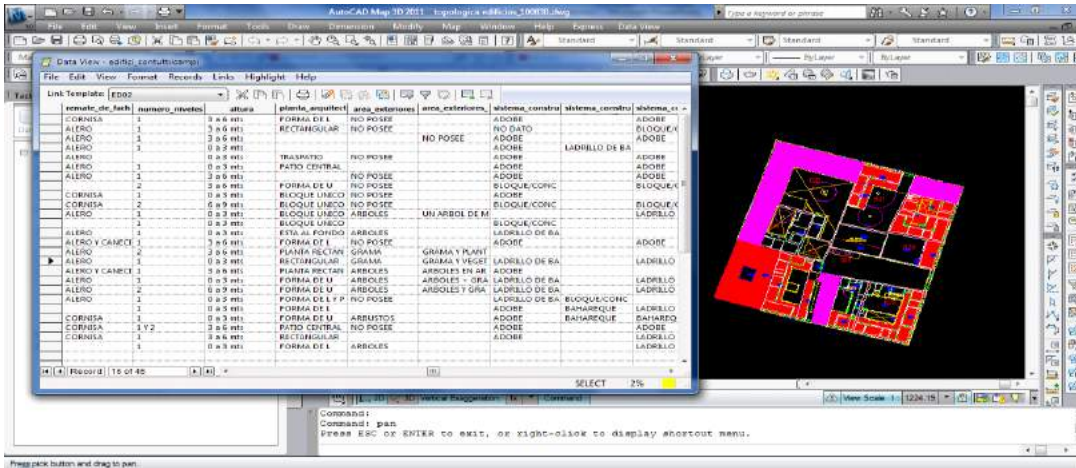


Figura 2 – La ficha de levantamiento computarizada conectada a el SIG de una manzana del centro histórico de Izcalco. (Créditos: Zampilli, 2012)

3.2 Análisis de centro urbano

El análisis extendido a todo el centro pone en relieve e las funciones urbanas y los valores del medio ambiente y arquitectónico del lugar con el fin de identificar las acciones necesarias para la mejora de la estructura urbana, para la conservación de caracteres arquitectónicos.

Por esta razón, los planos temáticos se refieren tanto a los aspectos físicos de lo edificado, como a los diferentes factores de riesgo. En el mapa del uso del suelo están identificadas las zonas residenciales, las zonas comerciales, servicios públicos y privados (administraciones

públicas, escuelas, salud y seguridad), y las áreas verdes, instalaciones deportivas y actividades de ocio, la viabilidad primaria y secundaria, los tramos peatonales existentes. Los valores arquitectónicos y ambientales de los planos se refieren en particular a dos aspectos: a) El censo de edificios y lugares de interés arquitectónico, arqueológico, ambiental, e histórico y b) la cartografía de la vegetación, tanto públicos como privados, que representa uno de elementos más característicos de Izcalco. Los mapas de riesgo individualizan las fallas tectónicas, las áreas de posibles inundaciones por el desbordamiento de dos ríos, el radio de la zona interesada de posibles erupciones volcánicas.

3.3 Análisis de una manzana ejemplo

Para definir los aspectos arquitectónicos, constructivos y funcionales y de la degradación, se examinó, a modo de ejemplo, una manzana modelo, haciendo un levantamiento geométrico directo de la planta baja, de los techos y alzados, elaborado en una escala 1:200 por los alzados y una escala 1:500 por las plantas. Toda la

información relativa a los edificios se anotaron en una ficha que contiene información sobre el uso, el tipo de propiedad, tipo de construcción en todos sus componentes, acabados, a la degradación y alteración estructurales de la forma del edificio.

3.4. Características estructurales y tipológicas de los edificios históricos

La comparación entre las fichas y los levantamientos de algunas casonas del centro histórico ha permitido redactar un manual de la tipología y de construcción de las casas de Izcalco.

Los tipos de casas en el casco antiguo se derivan del modelo de la casa con patio importado por los españoles durante la colonización.

La conformación de la edificación que recurre, tiene un bloque principal de un piso en el que se encuentra el salón principal que se asoma a la calle, y uno o más cuerpos laterales, de menor tamaño, que son el hogar de más funciones auxiliares o privadas. Todos los edificios están conectados con el pórtico de madera en el que se desarrollan la mayoría de las actividades gracias al clima cálido. El patio, amplio y muy verde, por lo general pavimentado con piedras volcánicas, cuenta siempre al menos dos árboles frutales; mango y aguacate. En algunos casos, por lo general en los hogares más ricos,

observamos la presencia de un segundo patio o traspatio, donde llevaron a cabo todas las actividades relacionadas con la agricultura y el cuidado del ganado, dejando el patio principal de una representación única función. La relación entre edificio - pórtico - patio es el modelo tan conservador que se repite también después de la divisiones sucesivas de la manzana en más unidad de viviendas independientes.

Estructura

El sistema de construcción predominante es el tradicional con paredes de adobe y estructura del techo de madera y tejas de arcilla. Sobre la cimentación, que no es muy profunda pero suficiente para encontrar un terreno estable, se pone un sobrecimiento, que impide a la pared de adobe de estar a contacto directo con la humedad del suelo. El tamaño recurrente de los adobes es de 32 cm x 41 cm x 12 cm que componen las paredes perimetrales con dos hileras de adobes llegando al espesor de 70 cm,

mientras que las paredes secundarias formadas sólo por una hilera de adobes puestos de cabeza son de 40 centímetros de espesor. Las juntas de los adobes están hechas con la misma mezcla de tierra y el espesor varía entre 2 cm y 4 cm.

Tabiques en bahareque

El sistema de construcción utilizado en las paredes divisorias es el bahareque, estructura formada por un esqueleto de madera de conacaste y guachipilín al que se superpone una estructura secundaria compuesta por elementos horizontales más finos, compuestos de cañas de bambú o castilla, o de pequeñas ramas de otra madera, sujetos con hilos de fibras vegetales o de hierro o con clavos. El espacio interior se llena con una mezcla de arcilla y paja mezclada con arena u otros materiales: piedra, grava o madera.

Estructura del techo

El techo está formado por una estructura que consiste en un tijeral de madera que se apoya a una viga perimetral

situada en el interior de la pared para evitar perforar las paredes. La estructura secundaria de la cubierta se compone de elementos de madera perpendiculares al tijeral que soportan los listones de apoyo en las que se disponen las tejas de barro cocido. El revestimiento del techo termina con un alero de las tejas con el fin de proteger la fachada por la lluvia.

Acabados

Las superficies de las paredes están cubiertas con un revoque compuesto de barro y arena fina extendido en dos capas; según la tradición, las proporciones son 1:3. El acabado final es de cal y arena fina que da el color blanco característico de las paredes de las fachadas. Los diferentes tipos de diseño y de materiales utilizados en los pisos caracterizan los ambientes de la casa, dependiendo de si es un espacio privado o público. Se identifican tres principales tipos de pisos: el tipo 'alfombra' de arena, baldosas de barro y los adoquines para los espacios al aire libre.

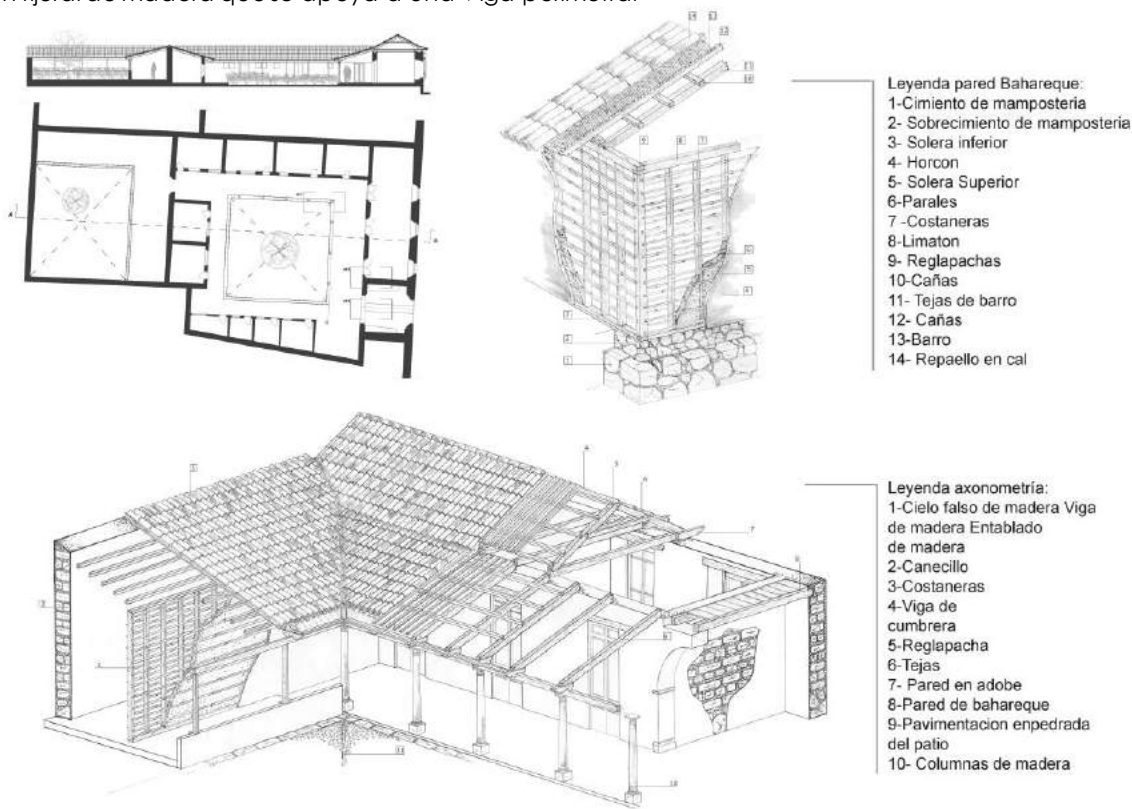


Figura 3 – Levantamiento de una casona típica del centro histórico. Créditos: Zampilli, 2012

3.5 Criterios de intervención

Como conclusión del análisis del estado actual de la manzana como muestra, y de la comprensión de los caracteres constructivos, arquitectónicos y tipológicos de la edificación histórica de Izalco, se avanzó la hipótesis de una normativa de intervención que ayude la Administración Municipal a dirigir y controlar las obras de mantenimiento, restauración, y reestructuración edilicia que logren por una parte garantizar la conservación de la calidad arquitectónica y ambiental del tejido urbano, y por la otra no obstaculizar las legítimas aspiraciones de la población a mejorar la visibilidad y la facilidad de uso de los edificios existentes. Las indicaciones operativas relativas a las ope-

raciones que hay que desempeñar sobre cada edificio se desarrollaron sobre la base de consideraciones, lo más posible objetivas, y sobre algunas evaluaciones sintéticas, que conciernen aspectos peculiares y significados del construido izalqueño: a) la calidad tipológica, o sea la correspondencia al modelo funcional y distributivo tradicional y su conservación; b) la calidad arquitectónica, o sea la presencia de elementos constructivos, decorativos o de acabados pertenecientes a la tradición local y que merezcan de ser conservados y protegidos. Las indicaciones sobre los tipos de intervención posibles se representan tanto en planos como en alzado.

Plantas

En el plano de la planta baja se localizan las partes de las cuales hay que conservar las características arquitectónicas y funcionales; las intervenciones de remoción de las partes agregadas de manera incongruente que han dañado la disposición tipológica originaria; los espacios abiertos de los lotes donde es posible aumentar el volumen edilicio (las franjas adosadas a los muros fronterizos), también eventualmente como compensación de aquella derribada. En la planta de las cubiertas se indica la configuración del proyecto de las cubiertas y el perímetro de los espacios del patio con vínculo de no edificabilidad absoluta.

Fachadas

Las intervenciones sobre las fachadas de los edificios tienen como objetivo conservar todos los elementos de la tradición constructiva local que todavía sean presentes y, donde sea necesario y posible, recuperar su aspecto originario, eliminando los factores de degradación, tanto superficial como antrópicos, reiterando acabados utilizando materiales, y colores y tratamiento similares o compatibles con los originarios.

Para determinar cuáles son los elementos arquitectónicos, los materiales y los colores escondidos por las intervenciones

recientes, será útil llevar siempre a cabo ensayos estratigráficos, de manera que todas las propuestas de intervención sean coherentes con las técnicas constructivas autóctonas.

Las fachadas se revocarán con colores apropiados y se realizarán intervenciones que vuelvan a dar la forma, la dimensión original, o aunque sea las justas proporciones a las puertas, a los portones de entrada y a las ventanas. Además, para recuperar la partición regular de los alzados, se propone que se rellenen las nuevas aberturas y se vuelvan a abrir aquellas que han sido cerradas, de manera compatible con la disposición distributiva interior consolidada.

Las indicaciones operativas tienen un carácter de ejemplo, como lo que se propone para las intervenciones en los planos. Por lo tanto se proponen algunas intervenciones de mayor relevancia arquitectónica, como por ejemplo la reconstrucción de un porche derrumbado sobre la calle Libertad, de modo que se devuelva a la idea de cual tuviese que ser la disposición original de las construcciones que se asomaban hacia el parque, una de las cuales todavía se conserva (la así llamada Casa del Farmacista al lado de la Alcaldía).



Figura 4 – Prescripción operativa para la conservación y recuperación de la manzana ejemplo. Créditos: Zampilli, 2012

3.6. Proyecto urbano

La restauración y mejora del centro histórico de Izalco a través del mejoramiento de la imagen urbana y la promoción de sus tradiciones, son un factor ineludible para que la ciudad pueda incrementar el turismo, y tener una oportunidad para elevar las condiciones de vida de sus habitantes.

El curso de la restauración urbana ha identificado algunos lugares significativos de la ciudad en la que es necesario intervenir para mejorar el uso, y eliminar la degradación y restituir el verdadero significado del lugar.

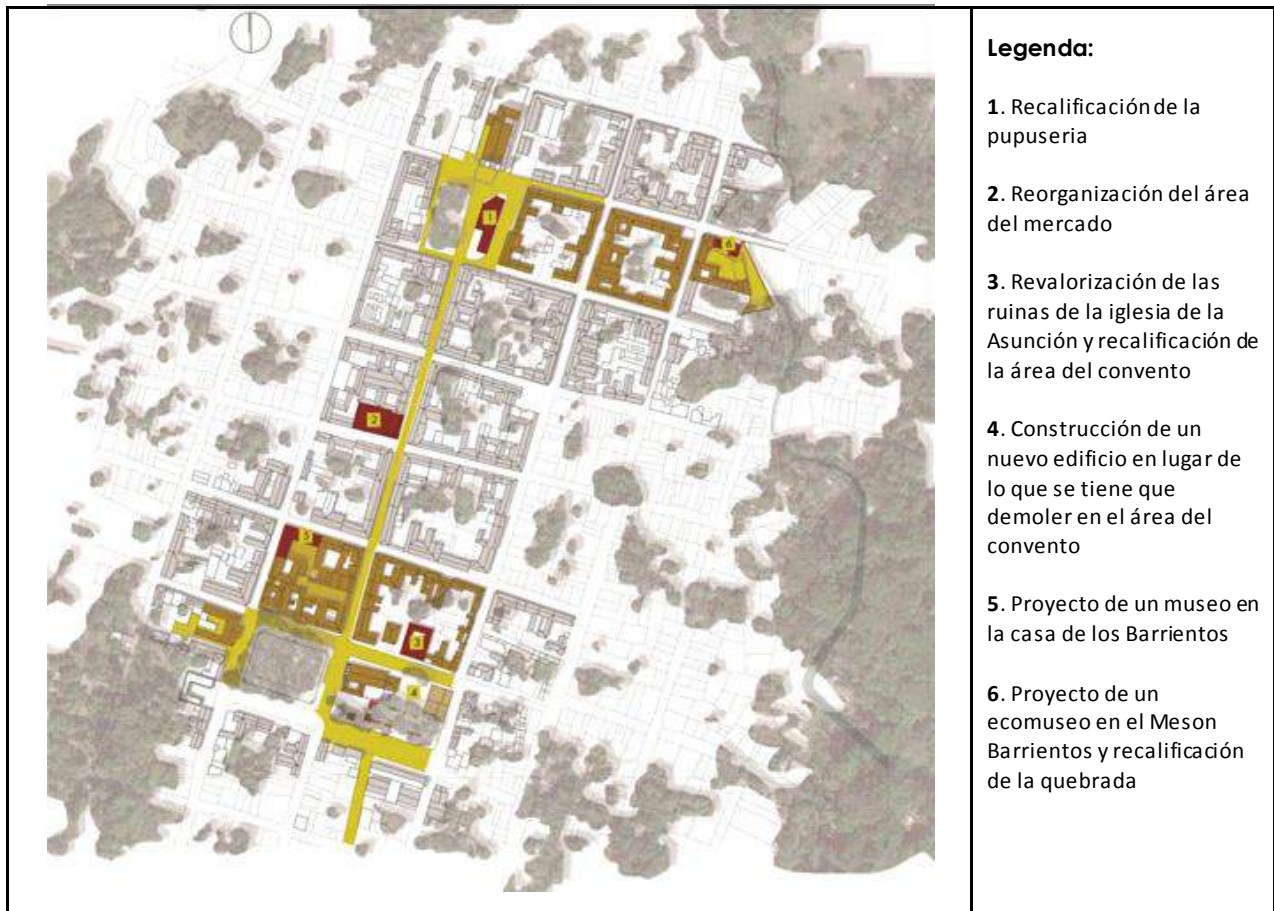


Figura 5 – Proyecto urbano para la recuperación de los espacios colectivos. (Créditos: Zampilli, 2012)

Zona peatonal

Calle Morazan, que conecta los dos principales centros urbanos, será peatonal y pavimentada con adoquines con un diseño tradicional. La creación de pasos y pasarelas entre edificios abandonados favorece la percepción por el público de los espacios verdes dentro de los edificios y la posibilidad de caminar en lugares agradables.

Área de la Iglesia de la Asunción y el Parque Zaldaña

El área urbana de la iglesia de la Asunción es el lugar más importante de la ciudad porque ha sido escena de los numerosos acontecimientos históricos que tienen un alto significado para la población local y para el país en general. Por lo tanto habrá que tomar medidas adecuadas para eliminar todos los factores de degradación tanto para la zona adyacente a la iglesia actual, como para la zona arqueológica que se encuentra alrededor de las ruinas de la iglesia más antigua. Se demolerá todo o parte del edificio del convento y el almacén que se encuentra en el fondo del lote y se prevé el cambio de destino de utilización de la iglesia abandonada en la calle adyacente adaptándola al uso y servicio de las funciones pastorales. De esta forma será posible dotar el área de un espacio verde y mantener de forma natural las laderas de la colina sobre la que se encontraba la antigua iglesia. A continuación se procederá a la pavimentación de la carretera y la plaza;

se procederá a la integración del equipamiento necesario para integrar el mercado de artesanías en el espacio hipotizado en el proyecto etno-gastronómico, también se mantendrá la vegetación existente. El Parque Zaldaña tendrá que ser nuevamente pavimentado y se restaurará el mobiliario urbano con el fin de fomentar una revitalización del ambiente y un mejor uso de parte de la población.

Iglesia de Dolores, Parque Central y Pupusodromo

La zona comprendida entre los edificios de la iglesia de Dolores, el Parque Central (Parque Menéndez) y el Pupusodromo, espacio para la producción y venta de pupusas, plato tradicional salvadoreño, presenta una serie de problemas urbanos, principalmente ventas ambulantes, surgidos por la ubicación espontánea de la terminal del transporte colectivo y la cercanía del mercado. El área será revitalizada como punto de socialización cultural implementando intervenciones como:

La iglesia de Dolores tendrá que tener un plan de conservación del cual las acciones específicas tendrán que definirse previo estudio del estado actual real de la edificación sobre todo en lo que se refiere a los acabados de los principales elementos constructivos de la edificación. En lo que se refiere al Parque Central la intervención será de implementar mobiliario urbano, iluminación adecuada para la seguridad peatonal y nueva vegetación que se adecue a la integración visual del resto

de edificios del entorno. En el Pupusodromo se considera establecer dos plazas abiertas hacia el Norte y hacia el Sur, para integrarse con la nueva concepción de las vías anexas, que pasan a privilegiar el recorrido peatonal y a desarrollar actividades culturales. En el centro del edificio se encuentran los locales de ventas de pupusas con toda la infraestructura necesaria, tanto para la producción como para el consumo, para favorecer el desarrollo de las actividades comerciales

Casa de los Barrientos

Con la restauración de la Casa de los Barrientos, se recuperará la centralidad del edificio en la estructura

3.7. Proyecto de restauración

Objeto del ejercicio para la formulación de un proyecto de restauración es el estudio de un edificio de adobe, utilizado en pasado como vivienda colectiva de alquiler, denominado Mesón. Actualmente se encuentra en un estado de abandono debido a las fuertes transformaciones y pérdidas causadas por el fenómeno de tugurización y por el cambio de uso de algunos ambientes.

El edificio se ubica muy cerca de una de las principales entradas a la ciudad, sobre una manzana que se asoma en río Shutia que fluye en una profunda quebrada. La configuración tipológica y las tecnologías constructivas responden al modelo de las casonas coloniales, los diferentes ambientes están alrededor de un patio principal y presentan un pórtico con columnas de madera.

Se ha elaborado un proceso, que se desarrolla en tres etapas principales, para recuperar la forma y el significado del edificio. La primera define los aspectos diagnósticos y del conocimiento, la segunda que propone las intervenciones del proyecto de restauración y la última y que plantea su 'refuncionalización'.

La minuciosa investigación analítica contribuye a reconstruir, documentar e interpretar el edificio en su complejidad y estratificación histórica. Los levantamientos (directos e indirectos) son la herramienta principal para la comprensión de los materiales de construcción y por la definición geométrica, dimensionales. El análisis de la degradación define y describe las principales enfermedades e inestabilidad estructural recurrentes en el edificio planteando las principales causas intrínsecas y extrínsecas

antigua de Izalco. La abertura de un pasaje peatonal a través de la demolición de uno de los edificios sobre la Avenida Morazán permitirá la llegada al edificio directamente desde la calle principal de la ciudad.

Mercado

El edificio actual no cumple con los requisitos de un mercado tanto en términos de funcionalidad, así como de higiene y, por tanto, serán reubicados como ya está previsto por el municipio. Para su reconstrucción se restaurará y se convertirá para funciones culturales.

del material de la construcción. El procesamiento de los datos de la investigación preliminar, nos ha permitido trazar los criterios apropiados para el proyecto de restauración, como resultado de la comparación entre los distintos aspectos de conservación y valoración del objeto arquitectónico.

Considerando el conocimiento adquirido en los últimos años, tanto en América Latina (Fundasal; Vargas Neumann; Sprega, 2014) como en Europa (Achenza; Sanna, 2008; CedTerra; CRAterre), para la preservación y prevención sísmica de las estructuras en tierra, unidas por los mismos problemas: materiales percederos y riesgo sísmico, el proyecto proporciona criterios de intervención dirigidas a reducir esta criticidad.

Las soluciones propuestas son sencillas pero eficaces, y derivan directamente de las técnicas tradicionales de construcción, fácilmente alcanzables para los trabajadores poco calificados y con el uso de instrumentos y materiales que se encuentran en el lugar, tomando en cuenta la reversibilidad y compatibilidad de las intervenciones.

La nueva función es la creación de un Eco museo que incluye la participación activa de la comunidad como elemento fundamental para animar el proyecto de restauración: gracias a la población que redescubre sus raíces, y toma conciencia de su patrimonio natural y cultural que tiene que proteger y preservar, se puede iniciar un proceso de revitalización urbana y social.

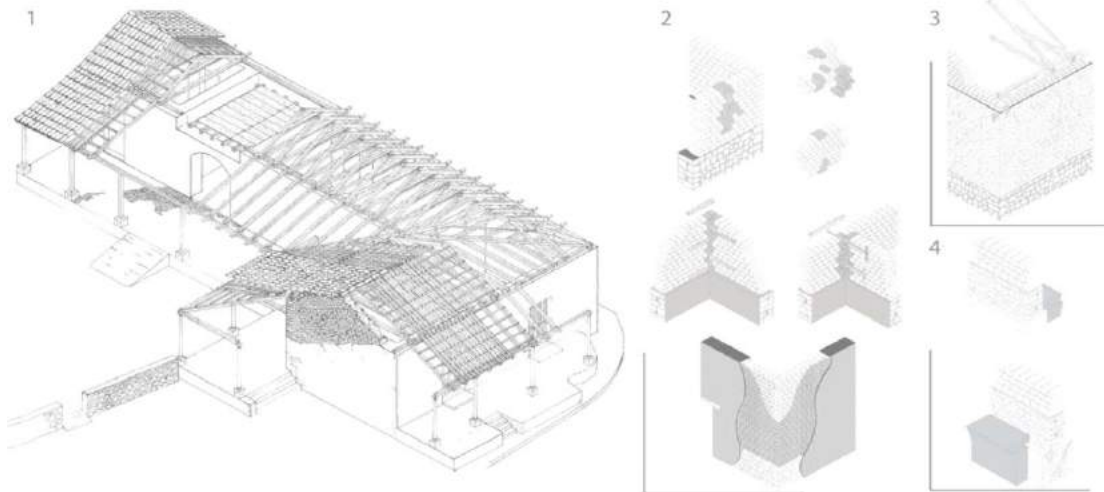


Figura 6 – 1: Axonometría constructiva del techo del proyecto; 2: Refuerzo de los muros; 3: Intervención de consolidación y fortalecimiento de la cubierta a través de la colocación de correas de madera y cordón de coronación; 4: Intervención de refuerzo de los cimientos. (Créditos: Zampilli, 2012)

4. CONCLUSIONES

Bajo el aspecto de la formación se puede resaltar cómo los estudiantes pudieron, aunque en el corto período de tres semanas, tomar posesión de las técnicas de topografía y la representación de edificios históricos y del tejido histórico urbano.

Las actividades llevadas a cabo por el grupo de trabajo sobre el centro histórico de Izalco sin duda ha tenido un efecto positivo en la población local, que probablemente comenzará a ver con otros ojos sus antiguos hogares. Ciertamente, el proceso de apropiación consciente será largo y no exento de incertidumbres y retrocesos, pero el hecho de que el Ayuntamiento presta atención a la restauración de las fachadas, como fue el caso con el Festival de fachadas y balcones en Izalco en abril de 2011, durante los cuales fueron repintados con algunos colores tradicionales de las fachadas de las calles principales, destaca cómo el tema de la conservación y el desarrollo de bienes se empieza a desarrollar.

Sería importante aprovechar este momento favorable para difundir la cultura de la recuperación, así como en las fachadas, a la estructura de la estructura distributiva de las casas con patio, amenazada por un proceso de continua tugurización. Para provocar actitudes de emulación sería útil mostrar con obras educativas y talleres prácticos cómo mejorar las condiciones de vida en las casas izalqueñas.

Por esta razón, el estudio de la calidad arquitectónica y urbana se extendió a todo el centro histórico, a cargo de los jóvenes que participaron en la experiencia del curso de la restauración urbana de agosto de 2010, y que conduce a la formación del Plan Maestro para la protección, restauración y mejora del centro histórico de Izalco; lo que parece una operación de gran valor cultural, con reflexiones sociales y económicas evidentes, para impulsar un turismo cultural interesado en lugares auténticos como Izalco.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achenza, M.; Sanna, U. (2008). *Il manuale tematico della terra cruda*, Regione Autonoma della Sardegna, Cagliari.
- Cancino, C. (2009). *Estudio de daños a edificaciones históricas de tierra después del terremoto del 15 de agosto del 2007 en Pisco, Perú*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.
- CedTerra centro di documentazione sulle case di terra <http://www.caseditera.it/>
- Cervellati, P. L.; Scannavini, R., (1973). *Bologna. Politica e metodologia del restauro nei centri storici*, Ed. Il Mulino, Bologna.
- CRATerre-ENSAG. Disponible en: <http://terre.grenoble.archi.fr/accueil.php>
- Ferrigni, F.; Helly, B. (1990). *Protection du patrimoine dans les zones à risques sismique. Analyses et interventions*. Ravello – Strasbourg, CUEBC – Pact.
- Ferrigni F. et al, 2005. *Ancient buildings and earthquakes. The local seismic culture approach: principles, methods, potentialities*. Bari: Edipuglia.
- Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima. Disponible en: <http://www.fundasal.org.sv>
- Galdieri, E. (1982). *Le meraviglie dell'architettura in terra cruda*. Edizioni Laterza, Roma – Bari.
- Giovanetti, F. (1992). *Manuale del recupero di Città di Castello*. edizioni DEI, Roma.
- Giovanetti, F. (1997a). *Manuale del recupero del comune di Roma*. II edición, Edizioni DEI, Roma.
- Giovanetti, F. (1997b). *Manuale del recupero del centro storico di Palermo*, Flaccovio Editore, Palermo.
- Giuffrè, A.; Zampilli, M.; Ceradini, V.; Jacovoni, F.; Pugliano, A. (1988). *Centri storici in zona sismica. Analisi tipologica della danneggiabilità e tecniche di intervento conservativo: Castelvetere sul Calore*. In: Studi e ricerche sulla sicurezza sismica dei monumenti, n. 8, novembre.
- Giuffrè, A. (1993). *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso Ortigia. Codice di pratica per gli interventi antisismici nel centro storico*. Bari: Editori Laterza.
- Giuffrè, A.; Carocci, C. (1997). *Codice di pratica per la Sicurezza e conservazione dei Sassi di Matera*. La Baitta, Matera.
- Larde; Larin, J. (1957). *El Salvador, historia de sus villas y ciudades*. Ministerio de Cultura, San Salvador. 2º edición, San Salvador 2000.
- Stabile, F. R.; Zampilli, M.; Cortesi, C. (2009). *Centri storici minori. Progetti per il recupero della bellezza*, Gangemi editore, Roma.
- Vargas Neumann, J.; Sprega, A. (2014). *Fichas para reparación de viviendas de adobe*. Ministerio De Vivienda Construcción y Saneamiento (Volumen, in press).
- Vidal de La Blache, P. (1921). *Principes de géographie humaine*, Paris: Éd. Utz, 1995.
- Zampilli, M. (2011). *Workshop centri storici: Cusco – Perú*. Roma: Facoltà di Architettura - Università Roma Tre.
- Zampilli, M. (2012). *Progetto Perú. Piani e progetti per il recupero di Castrovirreyna e Huaytará*. Roma: Aracne Editore.
- Zampilli, M.; Aguilar Merino, J. A.; Canciani, M. (2012). *Il centro storico di Izalco El Salvador: Corso di restauro urbano, El centro storico de Izalco - El Salvador: Curso de restauración urbana*. IILA: Roma.

NOTAS

¹Izalco está situado a 440 m sobre el nivel del mar en el sur-oeste del país, a 59 kilómetros de San Salvador, en la carretera nacional que va desde la capital a Sonsonate, la capital de la región. Su territorio abarca 182,48km², una de las zonas más fértiles del país, rica en recursos hídricos, y ocupado principalmente por plantaciones de café, caña de azúcar, cereales y plantaciones de cacao. El paisaje está dominado por un alineamiento volcánico en el que surgen conos imponentes de origen reciente: el de Santa Ana (2386 m) el de San Salvador (1950 m), el Usulután (1453 m) el de Izalco (1950 m).

²Las actividades educativas, dirigidas a un pequeño grupo de estudiantes y profesores de la Escuela de Arquitectura de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador y funcionarios de la Secretaría de Cultura, se ha desarrollado del 17 agosto a 3 septiembre 2010 por profesores del Departamento de diseño y estudio de arquitectura en la Universidad Roma Tre bajo el proyecto denominado Creación de un Centro de capacitación para la restauración, conservación y promoción del patrimonio cultural en El Salvador, promovido por el Instituto Italo Latino Americano y financiado por la Cooperación Italiana para el Desarrollo. Mario Micheli y María Eugenia Sánchez de Ibáñez han sido encargados de la coordinación científica del curso de la conservación del patrimonio urbano-arquitectónico ha sido por IILA. El personal docente de la restauración urbana fueron: Joaquín Aguilar, Marco Canciani, Mauro Saccone y Michele Zampilli que se hayan acogido a la colaboración de Livia Aguilar, Marta Brancaleoni y Alessandra Sprega. Los participantes fueron: Manuel Alejandro Alfaro Henríquez, Helen Yesenia Alvarenga Claros, Gilda Benavides, Aída Elena Borja, Tito Chile Ama, Sonia Elizabeth Gonzáles Contreras, José Balmore García, Exequiel Willivaldo Guevara Henríquez, Alejandro José Guevara Meza, Wilfredo Eduardo Guzmán González, Juana María Valdés de Martínez, Ernesto Navas, Liuba Morán González, Francisco Antonio Orellana Meléndez, Erick Orellana Paz, Manuel Heberto Ortiz Garméndez, Carolina Astrid Ortiz Jiménez, Xenia Guadalupe Rodas Rodríguez, Victoria Guadalupe ZanchesRamires, Adela Esperanza Santos Cruz, Saúl Alfredo Tutilla Anaya, Adrian Eduardo Vanegas Sánchez.

AUTORES

Michele Zampilli, licenciado en arquitectura en Florencia en el 1982, es docente de Restauración arquitectónica y urbana del Departamento de Arquitectura de la Universidad Roma Tre. Autor de la restauración de numerosos edificios monumentales, se dedica también en lo estudio y la recuperación de centros históricos, aplicando en Italia y en el extranjero, el concepto de reutilización de las técnicas de construcción tradicionales como método de conservación activa de los edificios históricos.

Alessandra Sprega, licenciada con honores en la Facultad de Arquitectura de Roma Tre con la tesis titulada 'El mesón de Izalco, recuperación de la cultura material e inmaterial' desarrollada durante la participación al Curso de restauración urbana en el centro histórico de Izalco en el 2012.

3.3 Herramientas de transferencia tecnológica para la construcción de casas de adobe seguras y saludables en zonas sísmicas. Marcial Blondet/Alvaro Rubiños

Marcial Blondet¹, Alvaro Rubiños²

Departamento de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima-Perú,
1mblondet@pucp.pe, 2arubinos@pucp.edu.pe

Palabras clave: Adobe, transferencia tecnológica, geomalla, aumento de capacidades.

Resumen

Casi 3 billones de personas viven o trabajan en construcciones hechas con tierra, lo que hace que este material de construcción sea uno de los más populares alrededor del mundo. En el Perú, hay aproximadamente 2 230 000 viviendas hechas de adobe o tapial, lo que constituye el 35% del total de las casas (INEI 2007b), las cuales albergan casi 9 millones de peruanos. Las viviendas de adobe poseen propiedades acústicas y térmicas que sumadas a su bajo costo las hacen muy atractivas para las personas de escasos recursos económicos. Sin embargo, estas viviendas son altamente vulnerables a eventos sísmicos. Las pesadas, débiles y frágiles paredes no pueden resistir las fuerzas sísmicas que experimentan durante un terremoto, lo que conlleva a un severo agrietamiento, separación de las paredes y, muchas veces, al colapso total de la vivienda.

Muchos sistemas de refuerzos para construcciones de tierra han sido desarrolladas por la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) en las últimas cuatro décadas. Sin embargo, el conocimiento obtenido en el campo académico no ha llegado a las personas que usan esta tecnología, dejando a miles de familias peruanas en un alto e inaceptable riesgo sísmico.

Con el objetivo de reducir la brecha entre el campo académico y los habitantes de zonas rurales, surgió la idea de crear herramientas de transferencia tecnológica efectivas que permitan a las personas de bajos recursos obtener el conocimiento necesario para construir casas de adobe seguras y saludables.

Este documento detalla los resultados obtenidos en un innovador proyecto desarrollado por la PUCP y el Earthquake Engineering Research Institute (EERI), dirigido a crear un manual de construcción en adobe reforzado para maestros de obra, un manual y la metodología de capacitación para capacitadores, un manual para directores de proyectos de (re)construcción, un video motivador y un video técnico para alentar la construcción segura y saludable en adobe y una mesa vibradora portátil para mostrar ensayos sísmicos a escala reducida frente a las comunidades.

1. EL PROYECTO DE ADOBE PUCP-EERI

El proyecto fue desarrollado en un esfuerzo conjunto de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y una donación de USD 25 400 hecha por el EERI. El objetivo fue crear materiales de comunicación y metodología para la construcción de casas de adobe seguras e higiénicas en zonas sísmicas. Este proyecto estuvo basado en la experiencia adquirida durante un programa de reconstrucción en pequeña escala desarrollado por la PUCP y CARE-Perú tras el terremoto de Pisco, Perú en Agosto del 2007 (Blondet et al., 2008).

Las herramientas de transferencia tecnológica desarrolladas fueron:

a) Manual para directores de proyectos de (re)construcción/reforzamiento

Este manual describe las acciones sistematizadas para realizar correctamente un proyecto de (re)construcción/reforzamiento. Estará basado en una línea de tiempo que comienza con la emergencia de un terremoto (u otra catástrofe) y termina con la construcción de casas de adobe sismorresistentes e higiénicas.

b) Manual para capacitadores de construcción

Este manual contiene la metodología de capacitación y la estrategia pedagógica para llevar a cabo eficientemente la transferencia tecnológica de técnicas sismorresistentes en adobe. Estará dirigido a los entrenadores de la (re)construcción.

c) Video motivador

Este video contiene imágenes de programas de reconstrucción con adobe reforzado y mostrará los testimonios de las personas que fueron entrenadas y participaron en la construcción de su propia casa de adobe segura e saludable.

d) Video técnico

Este video mostrará la construcción completa de una casa de adobe reforzada con geomallas. Será el complemento audiovisual para el manual de construcción y se utilizará para la capacitación de los maestros de obra.

e) Mesa vibradora portátil

La mesa vibradora portátil estará diseñada para realizar ensayos de simulación sísmica en casas de adobe a escala reducida. Los ensayos mostrarán a las comunidades la importancia de incluir refuerzos sísmicos en sus casas de adobe y, así, reducir su vulnerabilidad sísmica.

f) Actualización del manual de construcción de adobe

Se actualizará el manual de construcción de adobe desarrollado por la PUCP y CARE-Peru (Vargas et al., 2007a; 2007b), incluyendo el conocimiento de campo adquirido durante la construcción de casas de adobe reforzado en las zonas afectadas por el terremoto de Pisco del 2007 en Perú.

g) Actualización del tutorial de adobe

La primera versión del tutorial de adobe publicado por el World Housing Encyclopedia (WHE) sobre construcción de adobe (Blondet et al., 2003) se actualizará con una descripción de todas las nuevas tecnologías de protección sísmica de adobe desarrolladas alrededor del mundo.

Este proyecto ofreció una oportunidad única para trabajar con el enfoque de desarrollo humano descrito por Amartya Sen en su libro *Development as freedom*. Sen (2009) afirma que en una sociedad desarrollada, la gente debería tener la libertad para vivir la vida que quieren, y una manera de darle a la gente esta libertad es ampliando sus capacidades y, por ejemplo, enseñándoles a construir una casa de adobe sismorresistente e higiénica.

Profesionales de diversos campos unieron esfuerzos y trabajaron juntos para lograr los objetivos de este innovador y ambicioso proyecto.

Muchos productos fueron desarrollados completamente. Sin embargo, debido a gastos inesperados, el manual pa-

ra directores de proyectos de (re)construcción/reforzamiento y el manual para capacitadores de construcción no se pudieron terminar. Sin embargo, se describen las líneas de acción y se sugiere una bibliografía para terminar estos productos.

2. PRODUCTOS DESARROLLADOS

2.1 Tutorial de adobe – Segunda edición

En el 2003, la primera edición del tutorial de adobe fue publicada por el World Housing Encyclopedia (WHE). Casi 10 años después, era necesaria una nueva edición con el fin de sintetizar y presentar las nuevas tecnologías desarrolladas alrededor del mundo para la protección sísmica de construcciones de adobe.

En la segunda edición del tutorial de adobe fueron incluidos algunos ejemplos de construcción con adobe alrededor del mundo, patrones de fisuras sísmicas y daños en casas de adobe después de los terremotos, pruebas para elegir un suelo adecuado y recomendaciones empíricas acerca de construcción sismorresistente. Estas adiciones se muestran y resumen a través de nuevas tablas, fotos y descripciones detalladas.

La principal mejora fue la adición de todas las nuevas tecnologías desarrolladas para reducir la vulnerabilidad sísmica de construcciones de adobe nuevas y existentes. Las tecnologías añadidas fueron: refuerzo externo y malla horizontal interna de caña o bambú, malla externa de caña y sogas, mallas de polímero (geomallas), mallas hecha con tiras de neumáticos y bandas de polipropileno.

Se presentó una tabla resumen al final de la sección que compara estos sistemas de refuerzo por su aplicabilidad en construcciones existentes o nuevas (o ambas), por su técnica de construcción (simple, moderada o compleja), por su costo (bajo, moderado o alto) y por la eficiencia en términos de mejora en la resistencia sísmica (baja, moderada o alta). Además, se incluyeron las conclusiones sobre la investigación de inyección de *grout* de barro para reparar fisuras sísmicas en construcciones históricas.

El tutorial de adobe constituye un importante documento técnico para estudiantes y profesionales involucrados en la reducción de la vulnerabilidad sísmica de millones de personas que viven en construcciones de tierra y condiciones inseguras. El documento ha sido completamente terminado y está disponible en:

http://www.world-housing.net/wp-content/uploads/2011/06/Adobe_Tutorial.pdf. El costo total para el desarrollo de este producto fue de USD 1200 y el tiempo fue aproximadamente 5 meses. La versión en español está siendo traducida.

2.2 Manual de construcción con adobe

En el 2007, después del terremoto de Pisco, Perú, dos manuales de construcción segura y saludable de casas de adobe para las zonas de Costa y Sierra fueron publicados (Vargas et al, 2007a; 2007b). Estos manuales contenían información básica sobre la protección sísmica de casas de adobe con malla de polímero (geomalla) y los pasos a seguir para construir una cocina mejorada y una letrina de pozo seco ventilado.

El propósito principal del manual fue crear un documento único que incluya la experiencia obtenida por muchas instituciones (sobre todo ONGs) que trabajaron en el proceso de reconstrucción de las zonas afectadas por el terremoto de Pisco, Perú.

Para esto, se reunió toda la experiencia de trabajo y sugerencias de directores de proyectos, albañiles y pobladores que participaron en la reconstrucción de su propia vivienda. Así, se desarrolló un nuevo manual llamado 'Manual de construcción con adobe reforzado con geomallas de viviendas de bajo costo saludables y seguras'.

El documento está dirigido principalmente a los pobladores de zonas rurales donde predomina la construcción informal con adobe y donde la asistencia técnica no está disponible fácilmente. El manual describe en detalle la construcción de una casa de adobe reforzada con geomallas, una letrina de pozo seco y una cocina mejorada. Cada paso del proceso constructivo es

descrito con lenguaje familiar, simple y es claramente ilustrado con dibujos de fácil seguimiento. Las más importantes mejoras y adiciones hechas en el manual son las siguientes:

- Creación de una versión completa de manual de construcción similar a la desarrollada en albañilería confinada titulada "Construcción y Mantenimiento de Viviendas de Albañilería para albañiles y maestros de obra" (Blondet et. al. 2005). De esta manera, con estos dos manuales, las familias de bajos recursos en el Perú podrían mejorar su calidad de vida mediante la construcción de viviendas sismorresistentes.
- Cambio del personaje principal de los manuales del 2007 por personajes más parecidos a los pobladores que utilizan la tecnología de adobe en las zonas rurales del Perú. Esto permitiría una mayor identificación, comprensión y apropiación de las personas capacitadas con la nueva tecnología.
- Presentación de la esposa del personaje principal como parte activa del proceso de construcción. Según las observaciones realizadas en campo, las mujeres desempeñan un papel importante y crucial ya que son el "equipo de motivación", que busca la adecuada finalización de la construcción de la casa de adobe segura y saludable.
- Adición de planos de construcción para tres tipos de casas de adobe que pueden ser construidos por los

pobladores según su estatus económico y posibilidades. Los tipos de casa tienen dos dormitorios (29 m²), tres dormitorios (42 m²) y cuatro dormitorios (54 m²). En cada caso, la cocina mejorada y letrina de pozo seco ventilado se proponen fuera de la vivienda. Los planos de construcción fueron una contribución de CARE-Perú.

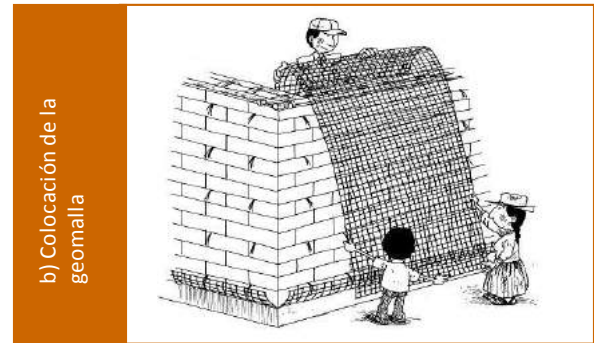
- Descripción de una técnica adicional para envolver las paredes de adobe con las geomallas. Se sugiere envolver la cara interna y externa de la pared de adobe al mismo tiempo, con una sola vuelta del rollo de geomalla. Esta técnica fue recomendada por los albañiles y directores de proyecto, dado que era más fácil y rápida.
- Presentación de una técnica para la fijación de la geomalla a las paredes. Este aporte fue dado por las mujeres involucradas en el proceso constructivo y consta de tejer con hilos de plástico (rafia o cintas de agua) el área superpuesta de la geomalla anclada al sobrecimiento y la geomalla que envuelve a las paredes de adobe. Este tejido ayudará a prevenir el deslizamiento de las paredes de adobe fuera de su base durante un sismo.
- Adición de una lista de materiales y explicaciones detalladas sobre la construcción de la cocina mejorada y la letrina de pozo seco. La cocina mejorada conserva el calor, utiliza menos leña que las estufas tradicionales, cuenta con buena ventilación y reduce la emisión de humos, mitigando las enfermedades respiratorias. La letrina de pozo seco contiene los desechos humanos, proporciona instalaciones sanitarias básicas y su correcto uso previene la contaminación del medio ambiente (Blondet et. al. 2008).

El manual de construcción con adobe está 100% terminado. El costo total de este producto fue de USD 4 200 y el tiempo de desarrollo fue aproximadamente 7 meses. El manual está siendo traducido al inglés. La versión en español está disponible en http://www.world-housing.net/wp-content/uploads/2011/06/Adobe_Geomesh_Manual_Spanish_Blondet.pdf. La Figura 1 muestra algunas ilustraciones del manual de construcción con adobe.

Figura 1. Ilustraciones del Manual de construcción con adobe



a) Preparación del barro para adobes



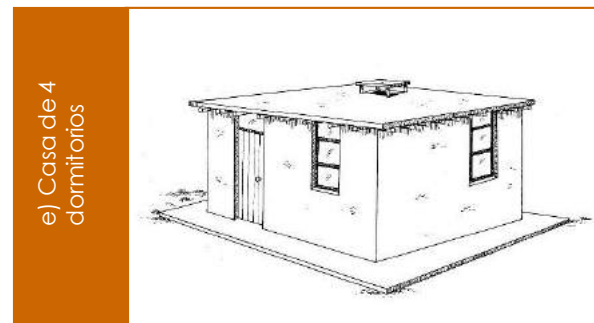
b) Colocación de la geomalla



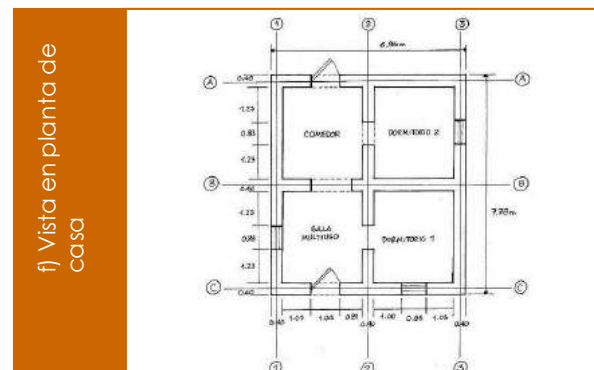
c) Lavado de manos y letrina



d) Cocina mejorada



e) Casa de 4 dormitorios



f) Vista en planta de casa

2.3 Video motivador

Tras el terremoto del 2007 en Pisco (Perú) más de 75 000 viviendas, en su mayoría hechas con adobe, fueron destruidas (INEI 2007a). Durante el proceso de reconstrucción, muchas comunidades rechazaron ser los beneficiarios de programas de vivienda con adobe reforzado. La razón principal fue su preocupación por experimentar otra vez las terribles consecuencias del colapso de sus casas en un futuro terremoto. El propósito del video motivador fue reducir o eliminar los temores de construir con adobe. Esta herramienta audiovisual muestra a las comunidades que es posible vivir con seguridad en una casa de adobe reforzada. El video está dirigido a familias de bajos recursos con el objetivo de motivarlas y mostrarles la oportunidad de vivir una vida mejor en una vivienda de adobe segura y saludable.

El video muestra escenas de los proyectos de reconstrucción desarrollados en el área afectada por el terremoto de Pisco y recoge testimonios motivadores de las personas que viven en casas nuevas de adobe reforzado.

También incluye clips de ensayos de simulación sísmica que muestran claramente que las casas de adobe reforzadas con geomallas no colapsan después de intensa agitación y son, por lo tanto, resistentes a los terremotos. Esta herramienta puede utilizarse como el primer acercamiento a una comunidad para mostrarle los beneficios de tener una casa de adobe construida por ellos mismos. También puede ser usada para la planificación de un proyecto de (re)construcción centrado en la expansión de sus capacidades. Los testimonios dados en este video son la parte más importante de esta herramienta ya que presenta a personas que han superado la adversidad y ahora tienen una casa segura y saludable.

Este video está completamente terminado y presenta subtítulos en inglés. Se encuentra disponible en http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=X7UK39shAtw. El costo total para desarrollar este producto fue de USD 5 000 y tomó alrededor de 4 meses. La Figura 2 muestra algunas imágenes del Video motivador.



a) Testimonio de poladores



b) Ensayos de simulación sísmica



c) Familia y su casa de adobe reforzado

Figura 2. Imágenes del Video motivador

2.4 Video técnico

Durante un programa de capacitación a pequeña escala realizado en la PUCP se construyó un módulo de demostración (porción de una casa de adobe) el cual seguía las instrucciones de los manuales de adobe del 2007 (Vargas et al., 2007a; 2007b). El proceso de construcción fue grabado en video con el fin de crear el primer video técnico en construcción de adobe con geomallas. Sin embargo, se necesitaba un nuevo video técnico que muestre la experiencia obtenida en los proyectos de reconstrucción luego del terremoto de Pisco, Perú.

Este video técnico mejorado es el complemento audiovisual del manual de construcción con adobe. Muestra cada paso de la construcción de una casa de adobe reforzada con geomallas, siguiendo las instrucciones contenidas en el manual mejorado. Las escenas fueron capturadas durante la construcción de casas de adobe en las comunidades rurales de Chincha,

Perú. Algunos procesos constructivos no pudieron ser filmados porque ya habían sido realizados; sin embargo, fotos e ilustraciones del manual se añadieron para describir y mostrar correctamente los procesos de construcción faltantes.

Como en el manual de construcción con adobe y el video motivador, el guión fue revisado por el comunicador del equipo con el fin de transmitir un mensaje coherente y fácil de entender.

El video está 100% terminado. El costo total de este producto fue de USD 5000 y el tiempo que tomó fue aproximadamente 10 meses. La versión con subtítulos en inglés puede ser encontrada en <http://vimeo.com/93405811>. Sin embargo, los autores recomiendan crear una versión con voz en inglés. La Figura 3 muestra el proceso de filmación del Video técnico.



Figura 3. Proceso de filmación del Video técnico

2.5 Mesa vibradora portátil

Una de las razones por las que personas de todo el mundo permanecen en alto riesgo sísmico es la falta de 'conciencia sísmica' en la construcción de sus viviendas. Como es bien sabido, el adobe es altamente vulnerable a los efectos de los terremotos. Sin embargo, en la mayoría de los países este conocimiento sólo es poseído por personas involucradas en los campos académicos. Comunidades enteras ignoran la alta vulnerabilidad de sus casas de adobe construidas de forma tradicional, es decir, sin refuerzo sísmico.

La mesa vibradora portátil fue desarrollada para realizar pruebas dinámicas a casas de adobe a escala reducida. Su propósito es crear "conciencia sísmica" y demostrar la importancia del uso de refuerzos sísmicos a las comunidades rurales que usan el adobe de manera tradicional. Dos modelos pequeños de casas de adobe se probarán en secuencia durante las sesiones de demostración: uno sin refuerzo que colapsará de forma similar a las casas de adobe reales durante un terremoto, y un modelo idéntico reforzado con malla de plástico que no colapsará (puede sufrir algún daño). De esta manera, se mostrará que el refuerzo de geomallas es efectivo para prevenir el colapso de las casas de adobe y, así, salvar vidas.

Después de una investigación previa, el equipo especificó los requisitos técnicos para la mesa vibradora del proyecto, teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de las ya existentes en el mundo. Los requisitos fueron:

- Frecuencia de vibración: 1 – 3 Hertz
- Desplazamiento horizontal: 50 mm
- Desplazamiento vertical: 15 mm
- Peso del modelo reducido: 785 N.
- Energía: Inducida por el hombre.
- Sistema mecánico: Similar a una bicicleta.
- Forma ergonómica.
- Fácil montaje y mantenimiento.
- Fácil uso y silencioso.

Después de la fabricación de la mesa vibradora, casas de adobe a pequeña escala fueron construidas. Los modelos tenían una base cuadrada 580 mm y 350 mm de alto. Los bloques de adobe fueron de 40 mm x 40 mm x 10 mm. Las casas tradicionales tienen dinteles de puertas y ventanas y no tiene una viga corona para unir todas las paredes. Las viviendas reforzadas tienen una viga corona que actúa como dintel de puertas y ventanas y presentan todas sus

paredes envueltas en geomalla y cubiertas con un enlucido de barro. La construcción de cada modelo llevó 7 días.



La Figura 4 muestra la mesa vibradora portátil.

El modelo sin refuerzo fue ensayado en el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la PUCP en diciembre de 2011 (Figura 5). El agrietamiento y colapso del modelo sin refuerzo simuló lo que sucede con casas de adobe reales durante los terremotos. El modelo reforzado fue probado en diciembre de 2013 (Figura 6). Este modelo mostró un excelente desempeño sísmico durante la agitación. El agrietamiento producido fue mínimo y el modelo se mantuvo intacto, demostrando las ventajas de usar refuerzo sísmico. Sin embargo, el modelo se deslizó fuera de la base de madera. Los autores recomiendan crear una base de hormigón donde pueda simularse la geomalla anclada en el sobrecimiento de manera que evite que el modelo deslice sobre su base.

La mesa vibradora portátil puede constituir una importante herramienta de transferencia tecnológica para crear conciencia en las comunidades sobre construcción sismorresistente. Este producto está 100% terminado. El costo total fue de USD 5000 y tomó alrededor de 9 meses. Los autores recomiendan realizar más pruebas para confirmar la efectividad de este producto para motivar el uso de técnicas sismorresistentes en las comunidades. Además, futuros investigadores deben realizar pruebas públicas en un marco de capacitación de pobladores, como uno de los primeros acercamientos para un proyecto de (re)construcción en comunidades rurales. Los comentarios y reacciones deben ser comunicados con el fin de mejorar su uso y su aplicación.



a) Modelo sin refuerzo



b) Fisuras diagonales



c) Colapso total del modelo sin refuerzo

Figura 5. Ensayo del modelo sin reforzar



a) Modelo reforzado antes del ensayo



b) Modelo reforzado durante el ensayo



c) Modelo deslizado de la base

Figura 6. Ensayo del modelo reforzado

3. ACCIONES PARA FINALIZAR EL PROYECTO

El proyecto de adobe PUCP-EERI fue desarrollado para crear herramientas de transferencia tecnológica para todas las personas involucradas en proyectos de (re)construcción. Todos los productos son igualmente importantes, ya que fueron creados en marco de desarrollo humano y aumento de capacidades, y forman parte de un 'kit de herramientas' de transferencia tecnológica que puede ser usado en cualquier parte del

mundo después de una catástrofe. Sin embargo, debido a gastos inesperados y adicionales, algunos productos no pudieron ser acabados. Dada la importancia de todos los productos se sugiere una primera línea de acciones, bibliografía y un presupuesto estimado para realizar una segunda parte de este proyecto, donde puedan ser terminados los productos faltantes.

3.1 Manual para directores de proyectos de (re)construcción/reforzamiento

Este manual será utilizado por profesionales de organizaciones como las ONG, Defensa Civil, organismos de desarrollo a cargo de proyectos (re)construcción o reforzamiento de viviendas. Aunque las recomendaciones serán generalmente orientadas hacia la construcción con adobe en zonas sísmicas, se espera que pudieran ser útiles para otras situaciones de desastre. El manual describe las principales acciones requeridas para implementar un programa de (re)construcción exitoso, desde el momento en que el terremoto (u otro desastre) se produce, hasta el momento en donde las familias obtienen una casa de adobe segura y saludable. El marco presentado en este manual se basará en el enfoque de capacidades de desarrollo humano, donde los beneficiarios no son simples espectadores a la espera de ayuda, sino que están involucrados activamente en la construcción de sus propios hogares, convirtiéndose en agentes de su propio

desarrollo. El índice de este manual está basado en una línea de tiempo que contiene todas las acciones necesarias a partir en el momento de la catástrofe hasta la reconstrucción total de una comunidad. La línea de tiempo está escrita en español y está disponible en:

http://timeglider.com/app/viewer.php?uid=line_6751fc668c0e9d774d63548223381 143. Su costo fue de unos 1.200 dólares y tomó alrededor de 3 meses.

Las acciones futuras deben enfocarse en la recopilación de la experiencia de directores de proyectos de (re)construcción de todo el mundo. Además, la bibliografía sugerida incluye una publicación para ser utilizada en el desarrollo de este producto. Esta publicación se titula *Safer homes, strong communities – A handbook for reconstructing after natural disasters* (Abhas et al., 2010). El tiempo estimado para terminar este producto es de aproximadamente 6 meses y el costo será de USD 4500.

3.2 Manual para capacitadores de construcción

Este manual estará dirigido a las personas a cargo de la capacitación de los pobladores de las zonas rurales en la construcción de casas de adobe seguras y saludables. Contendrá todo el soporte metodológico y estrategias de enseñanza necesarias para lograr una adecuada transferencia de tecnología a los usuarios. Algunas publicaciones han sido reunidas para el desarrollo de la columna vertebral de este manual:

- Earthquake resistant construction of buildings – Guidelines for training instructors (2005).
- Kamayoq: promotores campesinos de innovaciones tecnológicas (Postigo, 2004).

- Metodología y enseñanza para la capacitación en riesgo de desastre (ITDG e Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI).

Las acciones futuras deben centrarse en recoger la experiencia de capacitadores y educadores que participaron en procesos de (re)construcción. Con esta experiencia, la bibliografía sugerida y las recomendaciones de los educadores de la PUCP, se puede desarrollar este manual. El tiempo estimado para terminar este producto es de 6 meses y el costo será de USD 4500.

4. COMENTARIOS FINALES

Las casas tradicionales hechas con tierra y ubicadas en zonas sísmicas están en alto riesgo debido a su inherente vulnerabilidad estructural. Sin embargo y debido a razones económicas, la tierra es único material de construcción que está disponible para muchas comunidades en los países en desarrollo. Por otra parte, muchas veces estas casas están construidas en condiciones insalubres y antihigiénicas. Esta realidad hace imperativa la transferencia de tecnología con materiales educativos adecuados que permitan a las personas alrededor del mundo vivir en casas de adobe seguras y saludables.

El proyecto de adobe PUCP-EERI ha creado herramientas de transferencia tecnología para comenzar una nueva tradición en la construcción con adobe, una tradición de construcción sismorresistente e higiénica. El enfoque de desarrollo humano, basado en la expansión de las capacidades de las personas para optar por mejores condiciones de vida, ha proporcionado un marco eficiente para el desarrollo de este proyecto. Se espera que estas herramientas puedan utilizarse en el futuro (re) proyectos de construcción y beneficien a miles de personas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, K; Dwyne, J; Phelps, P; Pittet, D; Sena, S. (2010). Safer homes, stronger communities – A handbook for reconstructing after natural disasters. Washington DC, USA: The World Bank.
- Blondet, M.; Villa-García, G.; Brzev, S. (2003). Earthquake-resistant construction of adobe buildings: A tutorial, <http://www.world-housing.net/Tutorials/AdobeTutorial>, published as a contribution to the EERI/IAEE World Housing Encyclopedia. California, USA.
- Blondet, M.; Tarque, N.; Mosqueira, M. (2005). Construcción y mantenimiento de viviendas de albañilería para la costa del Perú. Lima, Perú: PUCP, SENCICO, EERI.
- Blondet, M.; Vargas, J.; Patron, P.; Stanojevich M.; Rubiños, A. (2008). A human development approach for the construction of safe and healthy adobe houses in seismic areas. 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.
- Earthquake resistant construction of buildings – Guidelines for training instructors (2005). Kathmandu: Asian Disaster Preparedness Center –ADPC; National Society for Earthquake Technology- NSET. Disponible en: http://humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2014/02/guidelines_for_training_instructors_curriculum_for_mason_training.pdf
- Postigo, C. de la T. (2004). Kamayoq: promotores campesinos de innovaciones tecnológicas. Soluciones prácticas para la pobreza, ITDG.
- Sen, A. (2000). Development as freedom. New York, USA: Anchor books (Random House).
- Statistics and Informatics National Institute (INEI). (2007a). Censo de las áreas afectadas por el sismo del 15 de Agosto del 2007. Disponible en: <http://www1.inei.gov.pe/sismo2007/Resultados1.asp?resultado=6>. (Access: June 2009)
- Statistics and Informatics National Institute (INEI) (2007b). Censos nacionales X de población y V de vivienda – Resultados definitivos. Disponible en: <http://inei.inei.gov.pe/inei/RedatamCpv2007.asp?id=ResultadosCensales?ori=C>
- Vargas, J.; Torrealva, D.; Blondet, M. (2007a). Building hygienic and earthquake-resistant adobe houses using geomesh reinforcement. For arid zones. (In Spanish and English). Catholic University of Peru. Editorial Fund. Lima, Peru.
- Vargas, J.; Torrealva, D.; Blondet, M. (2007b). Building hygienic and earthquake-resistant adobe houses using geomesh reinforcement. For highland zones. (In Spanish). Catholic University of Peru. Editorial Fund. Lima, Peru.

AUTORES

Marcial Blondet es profesor principal del Departamento de Ingeniería y Director del programa de Doctorado en Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Obtuvo el título de Ingeniero en Construcciones Civiles por la PUCP (1973) y el grado de Doctor en Ingeniería por la Universidad de California, Berkeley (1981). El profesor Blondet es un especialista en ingeniería sísmica y dinámica de estructuras, con amplia experiencia en el estudio experimental del comportamiento sísmico de las estructuras. Está interesado en el desarrollo de sistemas de refuerzo sismorresistente para viviendas de tierra, en la aplicación del enfoque del aumento de las capacidades en comunidades de bajos recursos para la construcción de viviendas sismorresistentes y saludables, y en la conservación de monumentos históricos de tierra ubicados en áreas sísmicas. Ha publicado manuales de construcción en albañilería confinada y en adobe reforzado.

Alvaro Rubiños es pre docente de la especialidad de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Obtuvo el título de Ingeniero Civil por la PUCP en el 2008. Publicó su tesis titulada 'Propuesta de reconstrucción post-terremoto en adobe reforzado' cuyos lineamientos pueden ser extrapolados para cualquier catástrofe. En el 2011 fundó su propia empresa de diseño estructural y construcción en Perú y habitualmente participa como co-autor en congresos internacionales en temas relacionados con la vivienda rural y reforzamiento con geomallas.

3.4 Transferencia de conocimientos en vivienda de adobe segura y saludable. Magda Nohemy Castellanos Ochoa

Magda Nohemy Castellanos Ochoa

Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL), El Salvador, capacitaciones_ctc@fundasal.org.sv

Palabras claves: tierra, sismorresistente, recurso local, ayuda mutua, Mal de Chagas.

Resumen

Este trabajo se realiza con el fin de mostrar la importancia de la transferencia de los conocimientos de un sistema constructivo de adobe reforzado hecho con recursos locales y a la vez sismorresistente, características esenciales en esta región donde existe tanta precariedad y al mismo tiempo se sufre recurrentemente de fenómenos sísmicos.

En El Salvador construir con vivienda de adobe es, y ha sido, una de las alternativas más comunes, tanto en el área rural y urbana, debido al fácil acceso del recurso tierra y a la técnica constructiva adquirida como una herencia cultural que se transmite de generación en generación.

Pero debido a los terremotos, en especial los del 2001, un gran número de viviendas tradicionales de adobe se vieron afectadas, evidenciando los puntos más vulnerables debido a vicios y malas prácticas constructivas.

Se trata de dar a conocer los resultados de las investigaciones experimentales y de campo realizadas, para la mejora del sistema constructivo de adobe, mostrando los puntos vulnerables encontrados y que necesitan ser reforzados, como los cimientos, sobre cimientos, amarre de paredes, espesor de sisas, espesor de paredes y longitudes no arriostradas, soleras de cargadero y coronamiento.

Además, se debe transmitir la importancia de agregar a la vivienda elementos que la vuelvan un hábitat saludable, como el repello y el piso, logrando así prevenir enfermedades comunes en este tipo de viviendas, como la enfermedad del Mal de Chagas.

Con la transferencia de los conocimientos las familias lograrán aprovechar al máximo los recursos locales disponibles y poner en práctica lo aprendido mediante un proceso de ayuda mutua en la ejecución de sus propias obras.

1. INTRODUCCIÓN

En este artículo se pretende resaltar la importancia de la difusión de técnicas constructivas en viviendas que sean accesibles a cualquier persona que cuente con un recurso natural localmente que sea apto para utilizar en la construcción, a fin de que puedan utilizar los conocimientos adquiridos en la construcción de sus propias viviendas. Con los materiales y la técnica adecuada las familias pueden construir una vivienda sismorresistente y a un bajo costo. Se aborda la importancia de la vivienda de tierra en El Salvador, por sus tradiciones constructivas y por las condiciones sísmicas de la zona.

Se explica la importancia de las capacitaciones técnicas en el refuerzo estructural de las viviendas, para hacer construcciones seguras y sismo resistentes, pero al mismo tiempo es importante resaltar la importancia de la relación de la vivienda con el hábitat y la prevención de enfermedades, para tener una vivienda saludable.

Además, se da a conocer como las familias ponen en práctica lo aprendido a través de un proceso de trabajo participativo donde las familias se involucran en el proceso de construcción y mejoramiento de sus viviendas.

2. VIVIENDA DE ADOBE EN EL SALVADOR

En este país, la construcción con tierra ha sido una práctica común de la mayoría de las familias. Actualmente esta técnica predomina en la zona rural, donde todavía se construye en forma tradicional, estos conocimientos se han transmitido de generación en generación y de forma empírica. Esta técnica de construcción tradicional no contempla algunos requisitos mínimos para lograr que la vivienda sea sismorresistente, incluso se observa en la mayoría de estas viviendas ya construidas como se han ido dejando vulnerables algunos elementos de la vivienda que la debilita estructuralmente.

Después de los terremotos de enero y febrero del 2001 se comenzó una investigación sobre la tipología de los daños ocurridos en las viviendas, para que por medio de una serie de ensayos analíticos y experimentales se pudiera mejorar este sistema de construcción con tierra y volverlo sismorresistente y seguro para las familias que lo utilizan.



Figura 1 – Vivienda tradicional de adobe, Cantón El Pinalito, departamento de Santa Ana.

Además de la frecuencia de los sismos en todo el país, en algunas zonas rurales es común encontrar el predominio de enfermedades como el Mal de Chagas, transmitido por el *Triatoma Dimidiata* un insecto comúnmente conocido como chinche, que aloja el parásito *Trypanosoma Cruzi* que causa la enfermedad. Este insecto habita en climas

tropicales, en lugares oscuros y húmedos. Es común encontrarlas en las grietas de las paredes o dentro de las viviendas, en rincones oscuros y detrás de cuadros, o plásticos colgados en la pared. Estas situaciones son típicas de las viviendas construidas tradicionalmente de adobe que tienen poco o ningún mantenimiento.

3. VIVIENDA SEGURA

FUNDASAL ha ejecutado en El Salvador proyectos para la reparación de vivienda tradicional y construcción de vivienda nueva, a fin de mejorar el hábitat de las familias en condiciones de precariedad de algunas zonas rurales. En el proceso de reconstrucción o construcción nueva las familias beneficiadas con los proyectos hacen una gran labor en la ejecución pues se trabaja bajo un modelo ayuda mutua, donde las familias aprenden las técnicas constructivas y luego utilizan los conocimientos adquiridos para la ejecución de las obras en su propia vivienda.

Algunas viviendas requieren una mayor intervención que otras, de acuerdo a las condiciones en las que se encuentran. Antes de las intervenciones se evalúa la cantidad de mejoras que estas requieran para decidir si es factible su reparación.

La construcción con tierra tiene muchas ventajas, además de que rescata la tradición de los pueblos, es amigable con el medio ambiente. El costo de la vivienda puede disminuir si se cuentan con los recursos naturales que pueden utilizarse en la construcción. Para una vivienda de adobe las familias pueden recolectar localmente arena o cascajo, piedra, tierra, vara de castilla y hasta madera.



Una vivienda de adobe tradicional puede ser segura si se hacen los reforzamientos estructurales adecuados, procurando al máximo que los materiales utilizados estén en armonía con el resto de la vivienda y el entorno. Una vivienda nueva puede adecuarse desde el inicio a las condiciones necesarias en cuanto al espacio y utilizando la técnica apropiada, pero este proceso constructivo requiere un mayor esfuerzo por parte de las familias.

Para realizar una intervención en un territorio es necesario hacer un diagnóstico de la condición de las viviendas. El diagnóstico debe servir para identificar que partes de la vivienda dañada se deben reparar y cuáles no pueden repararse, requiriendo su reconstrucción total.



Luego del diagnóstico y la identificación de las familias se ejecuta un plan educativo teórico y práctico donde las familias aprenden los conocimientos técnicos y socio-culturales esenciales y que le serán útiles para el mejoramiento o construcción de sus viviendas.

El proceso de transferencia se divide en dos grupos de acuerdo a la intervención que recibirá cada vivienda, un grupo de familias debe aprender las técnicas de reforzamiento y reparación y el segundo debe aprender las técnicas para la construcción de una vivienda nueva.

El primer grupo debe desarrollar habilidades y destrezas que les permitan mediante procesos de autoayuda asistida, reparar, mejorar y dar mantenimiento a las viviendas de tierra y particularmente de adobe. Con estas técnicas las familias aprenden a reforzar aquellos puntos más débiles en cada una de sus viviendas. Primero se le enseña a las familias como identificar las fallas más comunes, como el agrietamiento en las paredes, la falta de un buen cimiento y sobre cimiento, la falta de una solera de coronamiento, la calidad del material utilizado en las paredes, la condición del piso y la estructura de techo.



Figura 2 – Pobladores del Cantón El Pinalito en prácticas para el mejoramiento de sus viviendas.

El segundo grupo debe desarrollar capacidades para construir viviendas sismorresistentes con materiales locales, en los casos en los cuales no puedan ser rehabilitadas y deberán ser reconstruidas en su totalidad. Durante este proceso las personas aprenden a identificar los tipos de tierra adecuados para la elaboración de adobes y mediante capacitaciones prácticas se refuerza el conocimiento en la elaboración de adobes y las pruebas de campo que deben realizarse para verificar su calidad.

Luego de los adobes, se enseña el proceso constructivo de la vivienda, haciendo énfasis en los elementos que generalmente se descuidan, como el cuatrapeado de las paredes, el tamaño de las sisas, la longitud de las paredes

y los elementos de refuerzo y arriostramiento, como las fundaciones, los contrafuertes y las soleras de cargadero y de coronamiento, y otros elementos que dan flexibilidad a este tipo de paredes como la vara de castilla utilizada en su interior como refuerzo.

Ambos grupos reciben el proceso de enseñanza de selección de los materiales locales adecuados y los la capacitación técnica para la selección de la tierra con la calidad apropiada para el reforzamiento de las paredes o la elaboración de adobes, mediante prácticas fáciles de aplicar y replicar.

4. VIVIENDA SALUDABLE



Figura 3 – Pobladores del Cantón El Pinalito en prácticas para la construcción de una vivienda nueva

Previo a la capacitación técnica las familias deben estar conscientes de la importancia de tener una vivienda segura ante los sismos, así como para la salud de sus miembros, por esto se promueve la prevención de enfermedades como el Mal de Chagas y su relación con la vivienda y el entorno.

También, durante las capacitaciones técnicas se refuerza la importancia de conocer las prácticas adecuadas para la protección de paredes, acabados, iluminación y ventilación en las viviendas, para que una vez finalizadas las obras las personas sean capaces de dar mantenimiento a sus propias viviendas a través del tiempo, utilizando materiales que pueden recolectar de su entorno, como tierra para elaboración de repellos y de pinturas naturales. Muchas veces estas prácticas suelen tomarse únicamente como elementos decorativos de la vivienda, pero en realidad este tipo de acabados la vuelven más saludable.

Realizando estas prácticas se previene la existencia de insectos transmisores de enfermedades dentro de la vivienda, así también se evitan otras enfermedades respiratorias y gastrointestinales, causadas por la exposición constante a el polvo que desprenden las paredes sin repello o los pisos de tierra. Es importante que estas buenas prácticas sean replicadas al resto de la comunidad, pues aunque la vivienda de una familia sea saludable, si se encuentra al lado de otra en mal estado y que alberga los insectos transmisores de enfermedades, todo el trabajo preventivo se verá opacado. Las mismas familias deben encargarse del control de los focos de contaminación dentro de sus territorios y poner en práctica sus nuevos conocimientos.



Figura 4 – Pobladores del Cantón El Pinalito en prácticas para el mantenimiento de sus viviendas.

5. AYUDA MUTUA

El modelo de trabajo de ayuda mutua asistida, consiste en la participación de las familias beneficiarias en la ejecución de las obras, como un aporte de mano de obra no calificada al presupuesto total de la vivienda.

Las familias deben ser seleccionadas previamente para conocer su disposición para recibir las capacitaciones sociales y técnicas e involucrarse en el proceso de

construcción de sus viviendas bajo este modelo de trabajo participativo.

Este proceso da a las familias la oportunidad de adquirir un conocimiento sobre una técnica constructiva, esto les permite apropiarse del proceso de ejecución de la obra y así aprender haciendo.



Figura 5 – Pobladores del Cantón El Pinalito en la construcción de su vivienda en ayuda mutua.

Con este proceso de enseñanza – aprendizaje para obtener una vivienda segura y saludable, las personas también adquieren la capacidad de dar apoyo a otras familias en el proceso de mejoramiento de sus viviendas,

replicando los conocimientos adquiridos. Este proceso de ayuda mutua contribuye de igual forma a consolidar los valores de solidaridad y organización comunitaria.

AUTORA

Magda Nohemy Castellanos Ochoa, Ingeniera Civil, Estudiante de la Maestría en Desarrollo Local en la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, Capacitadora técnica de la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL), El Salvador.

3.5 Tierra, salud y niñez. Ariel González/María Carolina Lazzarini

Ariel González¹, María Carolina Lazzarini²,

¹Universidad Tecnológica Nacional, Santa Fe, Argentina, aagonzal@frsf.utn.edu.ar

²Taller el Hornero, Santa Fe, Argentina, mclazzarini@capsf.org.ar

Palabras claves: Salud; Autoconstrucción; Intersectorialidad

Resumen

El Hospital de Niños Dr. Orlando Alassia se encuentra trabajando en un proyecto de mejoramiento de vivienda para los niños que se encuentran en tratamiento Onco-Hematológico y que requieren según previa evaluación, de un abordaje integral para su recuperación. Las numerosas inversiones en equipamiento, recursos humanos y procedimientos médicos para salvar la vida de los niños con diversos tipos de dolencia; todo este esfuerzo es en vano si el hogar de estos pequeños es un ambiente poco saludable con condiciones que perjudican su convalecencia.

Ante esta dificultad surge del equipo interdisciplinario de la Institución una propuesta concreta de Autoconstrucción familiar de viviendas empleando tierra. El desafío es recomponer la dupla Salud – Tierra (aparentemente irreconciliable por efectos de la pérdida de saberes ancestrales). La necesidad obliga al autoconstruccionista a emplear tierra en condiciones extremas de pobreza con las consiguientes carencias tecnológicas; la sociedad expulsora califica este hábitat como sucio e insalubre; sin analizar que no es la tierra el mal sino la miseria social. Este mismo material empleado en un marco de apoyatura al rescate de saberes y apropiación de conocimientos genera casas con un nivel de salubridad muy alto por las conocidas propiedades térmicas e higroscópicas de la tierra.

Desde el punto de vista médico para niños oxígeno dependientes y como calidad de ambiente en general las construcciones de tierra con un mantenimiento mínimo, van a resultar óptimas en opinión de los agentes del Hospital.

El programa se ha iniciado con cinco casos piloto acorde a las necesidades de cada niño. Los actores en este proceso son: el paciente y su familia; profesionales, estudiantes y jóvenes graduados universitarios que realizan la capacitación y conducción técnica; equipo médico y de acompañamiento social del Hospital; padrinos que soportan las erogaciones económicas de la construcción; operarios de planes de reconversión de empleos e instituciones del medio.

1. ANTECEDENTES

1.1 Tierra y salud

La tierra regula de forma natural la humedad, temperatura y el ambiente de la casa. El material absorbe la humedad cuando el tiempo es húmedo y la libera cuando el aire es seco. La tierra no emite gases ni sustancias peligrosas a la atmósfera interior y además neutraliza tóxicos como por ejemplo el humo del tabaco (Gallego Duque, 1993). La humedad relativa constante (del 50 – 60 % aproximadamente) que se mantiene en el

interior de habitaciones de tierra, evita la formación de hongos. Por tanto, en este tipo de casas las personas con problemas alérgicos podrán 'respirar aire fresco'. Gernot Minke (2005), hace mención al mejoramiento del clima interior en viviendas de tierra debido a sus características como aislante y regulador térmico como también de la absorción y desorción de humedad.

1.2 Tierra y autoconstrucción

El trabajo de construcción con tierra no requiere de equipamiento ni herramientas complejas, pudiéndose ejecutar el mismo por gente no especializada guiados por un conocedor de la temática. La autoconstrucción por estos motivos es una de las posibilidades más apropiadas para el mejoramiento y ampliación del hábitat en el caso

de no contar con la alternativa de contratar mano de obra. Por otra parte no se requiere gran variedad de materiales además de la tierra, ya que con esta se pueden realizar la mayoría de los ítems de una construcción estándar.

2. UBICACIÓN

El programa de mejora de las condiciones de salubridad mediante autoconstrucción y empleando tierra de pacientes niños que deben regresar a sus hogares, está dentro del área de influencia de cobertura en salud que tiene el Hospital de Niños de la ciudad de Santa Fe; en la misma se encuentran no solo el área central de la ciudad

(normalmente sin problemas de insalubridad de viviendas), sino también los suburbios y zonas periféricas así como varias localidades aledañas en donde los índices de inadecuación y/o carencia de hábitat digno son notoriamente mayores, y coinciden con el mapa de pobreza de la región.

3. MEMORIA DESCRIPTIVA

Programa de mejora habitacional para niños que se encuentran en tratamiento y con internación domiciliaria.

3.1 Objetivos

El Programa tiene por objetivo la mejora habitacional de las viviendas de niños que, luego de haber sido tratados por algún problema de salud en el Hospital de Niños, requieran de un tiempo de recuperación o convalecencia en la vivienda familiar. Para ello se evaluarán las necesidades del niño y las condiciones de la vivienda y se pondrán en marcha las adecuaciones que sean necesarias para crear condiciones de habitabilidad para alojar a un niño con un estado de salud delicado.

Dentro de este proceso, existen objetivos más amplios que incluyen que, en el proceso de atender las problemática

habitacional de los niños, se generen y fortalezcan redes sociales basados en la solidaridad. En este sentido se busca la regeneración del tejido social que lleve a romper barreras que puedan existir entre sectores sociales diversos que aumentan las condiciones de desamparo de los sectores más vulnerables. Otro objetivo general es conseguir que quienes habitan en las viviendas a refaccionar participen en las tareas de construcción, logrando algún nivel de autoconstrucción.

3.2 Fundamentos

El Hospital de Niños cumple una función fundamental en el cuidado de la salud de los niños en los sectores más vulnerables. Son numerosas las inversiones en equipamiento y procedimientos médicos para salvar la vida de los niños con diversos tipos de dolencia. Del mismo modo esta institución cuenta con recursos humanos altamente capacitados para ese fin. Pero todo este esfuerzo no resuelve el ambiente poco saludable de muchos de esos niños que, cuando deben continuar el tratamiento médico en sus hogares, no disponen de condiciones edilicias saludables, sino que por el contrario, en muchos casos regresan a viviendas bajo condiciones que perjudican la recuperación del paciente. El ambiente en que deben darse estos tratamientos médicos es esencial para lograr el éxito de los mismos. Hay niños con dolencias sumamente complejas en cuyas viviendas no cuentan con baño o letrina, ni agua potable, o deben alojarse en habitaciones sin ventilación, o en espacios de hacinamiento.

Atender cada uno de los casos implica la participación de diversos actores, que aportaran sus saberes, experiencia, recursos y voluntades para lograr exitosamente la resolución del problema. Es en este proceso donde se pretende generar vínculos, redes y lazos que permitan subsanar el tejido social para que, solidariamente, sea posible contener a los sectores más necesitados.

Los principios con que se pretende hacer frente a este problema son: Auto-construcción, reciclado de materiales, solidaridad, voluntariado, reciprocidad, materiales naturales de bajo impacto. Se ha dado especial prioridad al uso de la tierra como material principal de construcción no solo por su disponibilidad sino también por las excelentes condiciones de salubridad que se generan al interior de las edificaciones realizadas con este material.

3.3 Actores

Arquitectos, ingenieros y estudiantes: Son quienes tienen el conocimiento técnico para decidir las acciones que sean necesarias aplicar para condicionar las viviendas según las necesidades del paciente. Luego serán quienes dirijan las obras.

Asistentes sociales, enfermeras y médicos: Los enfermeros y médicos reciben al niño/a y realizan un diagnóstico, donde también se especifica un tratamiento. Luego el Servicio social realiza una evaluación socio-ambiental de la vivienda donde el paciente y su familia concretarán el tratamiento. Conjuntamente y de acuerdo a la patología y tratamiento se buscan las posibles soluciones.

Familias de los pacientes: Son los familiares de los pacientes, quienes asesorados por profesionales y asistido por trabajadores, mediante metodologías de autoconstrucción ejecutarán las obras de refacción de sus viviendas con técnicas que emplean tierra, de acuerdo a las características propias de la intervención.

Instituciones: Son las instituciones que aportaran recursos humanos o económicos para posibilitar las obras (Taller de Autoconstrucción El Hornero, Municipalidad de Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional; Cámara de la Construcción)

Obreros: Son personas seleccionada por programas nacionales de capacitación y empleo, que cumplen con la colaboración a la familia en el mejoramiento de su vivienda mientras a su vez se forman y aprenden formas alternativas de construcción empleando tierra.

Padrinos: Son personas individuales, familias, empresas, ONGs, etc. dispuestas a asistir a las familias de los pacientes de diversas formas, ya sea económicamente, mediante la entrega de materiales, a través de tiempo de trabajos o contención afectiva, etc.

3.4 Metodología

- Identificar a los pacientes que, luego de una internación, están en condiciones de regresar a su

vivienda ya sea para continuar un tratamiento o para recuperarse de una patología.

- Se evalúan las necesidades del paciente según la patología que presenta y las condiciones de su vivienda para determinar las refacciones requeridas para atender sus necesidades y se selecciona cual de las técnicas de construcción con tierra es la más adecuada al caso.
- A cada caso se le asigna un profesional ingeniero o arquitecto para que realice el proyecto participativo de la obra.
- Se le asigna uno o más padrinos para colaborar de la manera que considere (material y/o espiritual) con las necesidades de la familia.
- Se asigna a ese caso un grupo de trabajo (profesional responsable; alumnos colaboradores y obreros de programas de empleo) para ejecutar la obra junto a

las familias. En el caso que sea necesario se realizan talleres de capacitación y nivelación de conocimientos para conocer y reconocer mejor las características y propiedades de la tierra en las diferentes formas a emplear.

- Se consiguen los materiales necesarios para la obra, ya sea por donaciones o subsidios, etc.
- Se ejecuta la obra.

A posteriori de habitado el espacio construido, se realizará un seguimiento que tenga en cuenta aspectos vinculados tanto con la aceptación social de la metodología empleada como con la mejora en la recuperación de la salud de los niños del programa respecto a otros que habitan en locales con otras tecnologías.

4. LA REVALORIZACIÓN DE LA TIERRA Y LA FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

No es menor el incremento del interés en el uso de la tierra como material de construcción; situación cuyos indicadores son la demanda de información por parte de profesionales de la ingeniería y de la arquitectura y la instalación del tema en la opinión pública, de la mano de otros afines como ahorro energético, permacultura, racionalidad en el uso de los recursos y economía. Para cubrir estas instancias una de las herramientas utilizadas es la organización de talleres de difusión tanto del material y sus técnicas como de la autoconstrucción. Es en este sentido que viene trabajando Taller El Homero y ante la situación planteada por el personal del Hospital de Niños, acude con el ofrecimiento de colaborar con sus saberes y experiencia. Dentro del marco interdisciplinario e intersectorial en la que se perfecciona la propuesta; vale destacar el acuerdo tanto del personal médico (desde una mirada más dura centrada en las condiciones ambientales para el cuidado de la salud), como del personal del área social (con una perspectiva puesta en la consolidación de los lazos familiares y comunitarios), durante la participación en uno de los encuentros de difusión y capacitación dictados al efecto por el Taller El Homero.

La formación de recursos humanos se da en dos planos; por una parte a través de los programas de empleo y capacitación estatales y por otro con la participación de estudiantes de los niveles superiores de la Universidad Tecnológica Nacional de Santa Fe en la especialidad Ingeniería Civil, que normalmente no tienen dentro de su programa de estudio incorporada las técnicas de construcción con tierra.

En lo que respecta al programa del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, se plantean acciones de entrenamiento para el trabajo; este entrenamiento tiene como finalidad capacitar en técnicas de bioconstrucción, que pueden complementarlo con conocimientos previos de albañilería, con el objetivo de mejorar su situación laboral y que generen capacidades que faciliten su inserción al trabajo, tanto en el sector público (demanda de edificios públicos que necesitan refacciones y mantenimiento para mejorar tanto las condiciones térmicas como de salubridad) como en el privado donde

actualmente existe una gran demanda de mano de obra especializada por los menores costos de construcción (en la construcción de casas con técnicas de bioconstrucción se puede ahorrar hasta un 30% en el costo de materiales y mano de obra a la vez que se consigue un mayor confort térmico en la vivienda).

Los posibles empleadores en el Sector Público podrían ser: Las Escuelas de la ciudad, los Centros de Salud, los Solares Municipales; mientras que en el Sector Privado: -La Cooperativa Teko que hace cinco años viene trabajando en construcción sustentable en la ciudad de Rincón, Arroyo Leyes y Colastine; la empresa Mo-Bak dedicada a la fabricación de bloques de tierra comprimida (BTC) y la construcción de edificaciones con los mismos y a los particulares de la ciudad de Santa Fe que están demandando este tipo de bio-construcción pero debido a la falta de personal capacitado en este tipo de oficio y en materiales que fomenten la tierra ven aplazada su realización. Por otra parte, en nuestra ciudad no se están realizando construcciones de viviendas sustentables, por un lado debido a lo mencionado anteriormente y por otro a que no existe un marco legal que regule este tipo de construcción. Sin embargo, debido a las demandas existentes y a la posibilidad de créditos hipotecarios para la construcción de vivienda nueva; una iniciativa del Gobierno Nacional denominada Programa de Crédito Argentino (PRO.CRE.AR); se está evaluando su autorización desde la Secretaría de Planeamiento Urbano de la Municipalidad siempre y cuando cumplan con ciertos parámetros de estabilidad, habitabilidad y salubridad. Cabe destacar que en comunas y municipios de los alrededores de la ciudad de Santa Fe, se aceptan las técnicas de tierra para construcciones con créditos PRO.CRE.AR.

Las principales tareas a desarrollar incluyen: ayudar a la fabricación de ladrillos de adobe, refacciones de casas para mejorar las condiciones de salubridad y la aislación térmica de éstas; técnicas de revoco con mezclas de tierra que mejoran las condiciones de salubridad del interior de las viviendas; colaboración en techados aislantes térmicos a base de tierra y vegetación (techos verdes); producción de BTC y ejecución de muros con

ellos. Todas estas tareas se desarrollarán con capacitación teórica en las diferentes técnicas de construcción natural y luego una capacitación práctica aplicando lo aprendido.

Se entregará a cada entrenado un certificado (avalado por Taller el Homero y por la Universidad Tecnológica Nacional de Santa Fe) como reconocimiento de que fue capacitado en ese puesto de trabajo y se los tendrá en cuenta prioritariamente para incorporaciones futuras que puedan surgir desde las constructoras que trabajaran en colaboración con este proyecto; además la Oficina de Empleo del Ministerio prevé considerarlos prioritariamente como postulantes cuando se demande este tipo de perfil laboral relacionados con la bioconstrucción y construcción con tierra desde empresas o entidades públicas.

5. EL ROL DE LA UNIVERSIDAD

En este contexto la Universidad está cumpliendo diversos roles ligados con los tres pilares en los que basa su accionar: la investigación, la extensión y la docencia; dentro del paraguas genérico que brindan los postulados de la Responsabilidad Social Universitaria.

Dentro de los proyectos de investigación desarrollados por la Universidad y vinculados con la edificación con tierra, se tienen en cuenta parámetros relativos a la absorción y desorción de humedad de los materiales, a su vez se cuenta con laboratorios y personal para realizar ensayos y proponer tanto dosificaciones como procesos constructivos que mejoren las prestaciones de los elementos constructivos.

En cuanto a la extensión se materializa tanto en la presencia de docentes y alumnos en el territorio colaborando con la conducción técnica de los trabajos como la serie de servicios y ensayos que desde los laboratorios pueden realizarse para verificar la correcta ejecución de las obras y certificar un control de calidad de los resultados.

Por último en lo relacionado con la docencia se cumple con una doble capacitación; por un lado hacia el interior

En cuanto a la formación en el plano universitario, la vinculación con Entidades Públicas en el marco de proyectos de Responsabilidad Social Universitaria, está cubriendo un vacío demandado por un sector del estudiantado que reclama una inserción y mayor conocimiento de la realidad en la que les tocará actuar en su futuro como profesionales; por lo tanto no se trata de un mero aprendizaje de tecnologías sino también de una práctica interdisciplinaria e intersectorial que fortalecerá sus capacidades para desempeñar su rol como ciudadano de una manera responsable. Todo lo relacionado con el conocimiento técnico y científico está cubierto por los grupos de investigación y servicio así como los laboratorios que dentro del ámbito universitario desarrollan actividades vinculadas con la construcción con tierra.

de la *curricula* universitaria ofertando a los alumnos un espacio no áulico para adquirir conocimientos e interactúa con la realidad acrecentando de esta manera su visión profesional de cómo trabajar en situaciones límites con materiales y formatos sociales alternativos; por otro lado también se realiza una acción hacia el exterior de la institución universitaria brindando capacitación y certificando las mismas de mano de obra que se especializa en las técnicas de construcción con tierra.

Cabe destacar que en la actualidad, existe una demanda creciente por parte de la comunidad de construcciones ambientalmente sustentables que empleen tierra en la Región Litoral de la Argentina, no siendo diferente la tendencia en el resto del país. Ante la consolidación de esta manera de construir; la Universidad no solo oferta ensayos que garantizan las características de los elementos que intervienen en la construcción (de hecho los municipios y comunas autorizan edificaciones que cuenten con aval de los laboratorios de la universidad), sino que también certifica la formación de la mano de obra que interviene en la ejecución de la obra.

6. EL ROL DE LOS PROFESIONALES

La importancia de las acciones y resultados producidos por profesionales independientes y/o asociaciones o grupos integrados por los mismos es en muchos casos decisiva para la consolidación del cambio de actitud por parte de la comunidad en lo referente al uso y aceptación de materiales de construcción como en este caso la tierra. La actitud comprometida que asumen tanto los profesionales de la construcción como los profesionales

de la salud y del trabajo social, que con sus elecciones apoyan y rescatan una forma de intervención en el mejoramiento del hábitat que con el avance de la "modernidad", se vieron desplazadas y que hoy se entienden como una de las formas más adecuadas de acceder a condiciones posibles de salubridad en el hábitat popular.

7. ANÁLISIS CRÍTICO

Actualmente se han realizado algunas intervenciones dentro del programa pero con materiales convencionales y se han dado los primeros pasos para la intervención con tierra en las viviendas de los pacientes. Para ello se han realizado talleres en donde intervinieron todos los actores y en donde se aceptó la incorporación de esta nueva metodología y proceso constructivo. Si bien los meca-

nismos administrativos y las dificultades en la obtención de recursos retardan las planificaciones originales; la fortaleza de la propuesta no deja que esta se caiga y se sigue avanzando en el camino de consolidar otras formas de construir y gestionar priorizando el respeto hacia la naturaleza y las comunidades.

8. REFLEXIONES FINALES

Se entiende el programa como una voluntad de Instituciones y profesionales que promueven el uso de la tierra y la autoconstrucción asistida, mostrando caminos que fueron olvidados y que hoy con la adecuación tecnológica y apoyatura organizativa adecuada pueden ser la solución para situaciones límites en donde se conjugan situaciones que tienen que ver con la salud, la niñez y la pobreza.

Indudablemente que de la evaluación de la experiencia surgirán nuevas opciones y reformulaciones; no obstante la aceptación de esta forma de trabajo por parte de Organismos Públicos relacionados con la Salud, la Educación y la Gestión, acompañado de profesionales independientes es un indicio para consolidar el uso de la tierra como material de construcción accesible y saludable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Minke, G. (2005). Manual de construcción en tierra. Montevideo. Editorial Fin de Siglo.

Gallego Duque, E. (1993). Las tierras medicinales. Madrid: Editorial LIBSA

AUTORES

Ariel González: Ingeniero en Construcciones, Magister Scientiae en Metodología de la Investigación Científica y Técnica. Profesor e investigador de la UTN, Santa Fé, Argentina, trabaja en equipos interdisciplinarios en temas del hábitat urbano y rural. Secretario Ejecutivo de la Red Latinoamericana de Cátedras de Vivienda (ULACAV), miembro de la Red Ibero-americana PROTERRA y de la Red Argentina PROTIERRA.

María Carolina Lazzarini: Arquitecta, egresada en 1996 de la Universidad Católica de Santa Fe. Hasta 2010 desarrolla actividad profesional privada, realizando obras de viviendas unifamiliares y colectivas, hospitales, escuelas y bancos. En los últimos años exclusiva dedicación a la capacitación y experimentación de arquitectura en tierra cruda participando en numerosos talleres de formación.

Como parte de este intercambio, en la ciudad de Condega, Estelí, la Asociación de Mujeres Constructoras de Condega (AMCC), a través de la Escuela de Formación Técnica de Mujeres desde 2005 ofrecía en las comunidades más pobres alternativas de desarrollo para las jóvenes que podían cursar estudios en el ámbito de la construcción, y que hasta ese momento solo veían en su futuro el oficio doméstico o el trabajo del campo.

La propuesta incluía la ejecución de las obras a través de un nuevo 'curso anual' que se ofrecería sobre 'construcción con tierra', formulado como formación técnica y a la vez como experiencia de construcción, de tal manera que los edificios se erigieran principalmente con las y los alumnos que pondrían en práctica sus recientes conocimientos.

Esta asociación educativa abrió sus ojos hacia la construcción con tierra en el año 2006, cuando estaba definiendo un nuevo programa de desarrollo para la escuela que se ajustara al crecimiento de las necesidades, elaborando un Plan Maestro a mediano plazo (Figura 2) que incluía la construcción de la nueva planta física, edificada con adobe, pues además de ser un sistema económico, muy conocido y contemporáneo en la región, podría articularse con la necesidad de incidir en el mejoramiento de la construcción con tierra en las comunidades rurales donde actuaba la institución escolar.

Figura 2. Plan Maestro para la construcción con adobe de la nueva sede de la Escuela de Formación Técnica de Mujeres promovida por la AMCC.



2. MEMORIA DESCRIPTIVA

Este artículo es la sistematización de la experiencia de capacitación para la construcción con tierra con métodos participativos e innovadores que rompen con los esquemas tradicionales de la educación y se sustenta en la recopilación de los procesos realizados durante ocho años en la AMCC de Condega.

A continuación se hace una descripción cualitativa de la esencia y características de esta metodología con el fin de ser divulgada y reproducida entre las personas motivadas con el mejoramiento de la vida humana en los grupos más desfavorecidos.

2.1 La filosofía del intercambio de conocimientos

La educación o capacitación se han entendido tradicionalmente como la acción de trasladar saberes a las personas ignorantes de estos, en la que el educador es un sujeto con conocimientos indiscutibles que debe entregar a los educandos, tratándose para los estudiantes de aprender de memoria historias, fórmulas y métodos, de tal manera que el profesor no se comunica con los alumnos, sino que dicta conocimientos, pues no pretende desarrollar la capacidad de pensar y de crear, sino de imitar.

No hablamos (sólo) de metodología de Educación Popular, porque lo que buscamos... no es un conjunto organizado de métodos y técnicas para 'educar' a los sectores populares. No utilizamos técnicas para que la gente entienda mejor lo que 'yo tengo que decirles'. Cuando hablamos de concepción metodológica de Educación Popular, o de concepción Metodológica Dialéctica, nos referimos a la concepción del mundo, de la sociedad, de la vida, de las relaciones, de la realidad... Es una concepción y una práctica para transformar la realidad, para transformar el mundo.

Para cambiar esto, y lograr a través de la capacitación desencadenar la habilidad de pensar y de crear en las personas, la Asociación de Mujeres Constructoras de Condega (AMCC) se ha propuesto una formación cuyo método se basa en el intercambio de conocimientos para el aprendizaje individual y en colectivo, como concepción metodológica de la Educación Popular, que busca desarrollar a las personas y su capacidad para forjar y trabajar por la superación propia y colectiva. Pero según plantea González Palencia (2002, p.7)

Portanto, no se pretende 'educar' para construir bien con adobe, según la idea tradicional, sino hacer una capacitación liberada de verdades inmutables y de sabios e ignorantes, una capacitación que sea más bien un intercambio de conocimientos y la creación de soluciones en colectivo.

La propuesta se basa en compartir las sabidurías, las del profesor, que se llama simplemente facilitador y las de los

alumnos, que se llaman participantes, ya que ambos tienen saberes, ideas y experiencias, y aprenden mutuamente en el proceso de capacitación, pues el facilitador no ha tenido las experiencias de sus alumnos y viceversa, de tal manera que en cada encuentro se suman nuevos conocimientos para mejorar la construcción con tierra.

En este proceso de capacitación se empieza porque los participantes reconozcan y analicen la realidad que viven a través de:

- el intercambio de sus experiencias en el tema de la construcción con tierra
- la identificación de los aprendizajes de cada experiencia, propia o ajena.

Esto permite, sin acudir a charlas irrefutables, que los participantes aprendan a través de una conversación en el grupo, de las técnicas y las cosas buenas o negativas que tiene el sistema de adobe, por ejemplo: que 'el adobe es un sistema contemporáneo', o 'que hay muchas casas de adobe lindas y bien acabadas' que han sido repelladas y pintadas con tierras naturales de la zona, o 'que hay muchas casas que están bien hechas y que

han durado mucho tiempo' o comprendan por qué algunas casas de tierra son débiles, insalubres o feas.

A continuación de la teorización y del análisis de las experiencias de construcción que usan o que conocen, incluyendo los aportes del facilitador quien tiene acceso a métodos de otras comunidades y a propuestas resultantes de investigaciones de laboratorio, se aplican y se determinan cuáles son las mejores, deduciendo propuestas científicas que se adecúan a su entorno.

Esa toma de conciencia de sus conocimientos y de los nuevos descubrimientos técnicos accesibles a cada uno, para mejorar la construcción de su vivienda, les motiva a asumir compromisos para mejorar su calidad de vida, estimulando el afán de superación personal y el sueño de las personas para transformar su hábitat.

Es también un componente importante de esta propuesta, la necesidad de capacitar por igual a mujeres y hombres, provocando la participación de las mujeres en el aprendizaje de actividades que han estado 'asignadas' sólo a los varones, promoviendo la convivencia y el trabajo en equipo, respetándose mujeres y hombres por igual y respetando sus valores espirituales, éticos y culturales.

2.2 Objetivos del intercambio de conocimientos

Este 'intercambio de conocimientos' tiene como objetivo general inducir en todos los y las participantes la capacidad de pensar, de analizar, de crear y/o de cambiar la realidad respecto a la construcción con tierra. Se trata de que esta capacitación sea transformadora de las personas en la medida que salgan motivadas para cambiar su modo de vivir, o de incidir en un proceso colectivo de cambio de la comunidad, a través de los siguientes objetivos específicos:

- a. Recobrar la autoestima de cada persona, que encuentren el valor para compartir sus experiencias, buenas o malas, respecto a la construcción de sus casas de tierra, o las de su comunidad.
- b. Lograr que las personas analicen su realidad con respecto a los valores que promueve la sociedad de consumo, por ejemplo, que puedan darse cuenta de la falsedad del paradigma que vende el comercio de que la 'casa de cemento es lo más moderno y seguro',

o que comprendan por qué las casas coloniales son bellas y permanecen invulnerables, incluso después de 500 años y que no depende de que sean de tierra, sino de que estén bien hechas y que puedan criticar la falta de apoyo universitario y gubernamental que tiene el adobe, lo que ha llevado a la pérdida del conocimiento y a su desprecio.

- c. Recuperar la confianza en la construcción con tierra y que sean capaces de reconocer que la construcción con tierra es una herencia que les puede elevar su calidad de vida (Figuras 3 y 4).
- d. Reconstruirse como personas, una vez que se sienten capaces de cambiar la realidad de su vivienda y con sus propios recursos, ya que han desarrollado las capacidades para la construcción con tierra, aplicando buenas prácticas y normas de diseño que les permitan hacer de su casa un símbolo de orgullo.



Figuras 3 y 4. Mujeres del Taller Solar de Totogalpa en un curso comprobando las cualidades de la tierra y mujeres de la AMCC aprendiendo buenas prácticas de construcción con adobe.

2.3 La metodología del intercambio de conocimientos

La metodología y técnicas de este 'intercambio de conocimientos' surgen de la concepción de la educación popular, cuya esencia es el reconocimiento de que la gente tiene experiencias y vivencias, conocimientos históricos y capacidades para crear e inventar sobre todos los ámbitos de su vida, en este caso, sobre la construcción con tierra. A partir de esta concepción se han definido los siguientes principios de la metodología y técnicas utilizadas:

- a. Los alumnos no son sujetos ignorantes que llegan a adquirir el 'pan de la enseñanza' a los cursos de construcción con tierra, son personas que tienen una riqueza interior, formada con su experiencia y en su entorno familiar y comunitario, por tanto los participantes llegan a compartir y a intercambiar su experiencia con el grupo y con los facilitadores.
- b. Las personas que participan en los cursos tienen expectativas y sueños y esperan poder adquirir herramientas para hacerlos realidad, no asisten para saber más y obtener un título, sino para cambiar su vida.
- c. El profesor sólo es el facilitador y tiene claro que su trabajo no es convencer a los asistentes de sus conocimientos y de su verdad, sino facilitar que el

grupo pueda sacar, externar su pensamiento y su práctica alrededor del tema. De ahí que es necesario que los y las facilitadoras se caractericen por preguntar adecuadamente, estar abiertos, prestar atención y considerar las nuevas ideas.

- d. El trabajo del facilitador será aplicar técnicas participativas pero "no utilizamos técnicas para que la gente entienda mejor lo que yo tengo que decirles" (González P., año, p 1) sino para motivar y dar el tiempo necesario para que las personas hablen y expongan sus ideas y ordenarlas y devolverlas al grupo como enseñanzas, concluyendo los aprendizajes y comparándolos con otras teorías existentes que enriquecerán al grupo.

En vez de una clase en la que el profesor dictará teorías o fórmulas inmutables y 'verdaderas', donde se harán ejercicios o un examen, se realiza el Taller, como el espacio donde las personas cuentan la historia y su realidad, producen ideas, crean o recrean propuestas a partir de ciertos insumos o materiales que se les facilitan y en base a lo que con su experiencia han aprendido sobre el tema.

3. REFLEXIONES FINALES: LOS APRENDIZAJES DEL INTERCAMBIO DE CONOCIMIENTOS

Desde el 2006 se inició el proyecto de 'construir con adobe y reconstruir personas', en la mayoría de los casos con grupos de mujeres que buscaban alternativas para salir de la pobreza a través de su propio protagonismo.

Se inició el trabajo con la Asociación de Mujeres Solares del grupo FÉNIX, en la comunidad de Sabana Grande de Totogalpa, quienes soñaban con tener un local para fabricar cocinas solares y a través de un trabajo de más de dos años lograron construir el Taller Centro Solar (160 m²), este proceso transformó a estas campesinas en expertas en construcción con adobe y desde aquel entonces transmiten sus conocimientos, incluso a estudiantes de arquitectura que llegan a su centro a conocer sus experiencias, y han iniciado desde hace un año el mejoramiento de sus viviendas de adobe.

Casi al mismo tiempo, en la comunidad El Jocote en Condega, la Cooperativa de Mujeres ganaderas pensaban tener una casa para realizar sus actividades comunitarias, de salud y de educación, y con el apoyo de la Fundación Entre Mujeres (FEM) de Estelí se propusieron la construcción de la casa sede de la cooperativa con adobe y durante un año, en un proceso de intercambio de conocimiento, se construyó la casa, y ahora también trabajan en la ampliación de sus viviendas con las técnicas aprendidas.

Para el año 2011 en el barrio El Pantanal, seis mujeres jefas de familia que vivían en condiciones deplorables, organizadas con la Casa de La Mujer de Granada trabajaron para construir sus viviendas de adobe, con el apoyo de la Fundación de Abbe Pierre y hábitat cite de Francia. El proceso inició con el diseño de la casa soñada por ellas y se pasó al aprendizaje de la construcción con adobe hasta que se sintieron capaces de participar y supervisar en la construcción de su propia casa,

rompiendo la dependencia de los hombres que prevalecía en esta comunidad.

Estas y otras pequeñas experiencias dispersas se lograron sistematizar a partir del año 2012 en la Escuela de Formación Técnica de Mujeres de la Asociación de Mujeres Constructoras de Condega que imparte una vez al año el curso 'Construcción de adobe mejorado y otras técnicas naturales', con nivel técnico básico, certificado por el Instituto Nacional Tecnológico (INATEC)¹ abierto también para hombres, jóvenes, adultos, albañiles, profesionales o técnicos y gente común interesada en el tema, y que por su metodología hace posible la participación de personas con diversos niveles escolares.

Los resultados se han concretado en un total de 55 alumnos egresados en cursos y talleres y en siete obras demostrativas con adobe y otras técnicas con tierra en las comunidades antes mencionadas y en la sede de la escuela, que demuestran la validez de estos sistemas constructivos, la accesibilidad económica, la facilidad de construcción, sus cualidades térmicas, sísmicas, amigables con el medio ambiente y estéticamente bellas, siendo estas:

- Un edificio Taller Centro Solar (150 m²)
- Una Casa sede la Cooperativa El Jocote de la FEM (150 m²)
- Seis viviendas de adobe mejorado (60 m²) en el barrio Pantanal Granada
- Un edificio aula y de usos múltiples en la escuela de la MCC (304 m²)
- Un cafetín en la Escuela de la MCC (25 m²) con técnicas mixtas (adobe, enzunchado, chorizo y piso de tierra) (Figura 5).

- El aula 'Montaña Solar' (45 m²) en la comunidad Sabana Grande con técnicas mixtas
- Una caseta modelo para letrina en la comunidad Sabana Grande con enmallado con tierra
- Una vivienda modelo (60 m²) de adobe en la escuela de la MCC, que servirá de oficina

La experiencia ha permitido cosechar otros logros de gran valor para reconstruir personas y mejorar la construcción con tierra como son:

✓ La reunión y la relación entre las personas con interés en la construcción con tierra y en el trabajo comunitario, fortaleciendo los contactos en la región y en el país, descubriendo a constructores de adobe con



Figuras 5. Cafetín construido con adobe mejorado y otras técnicas con tierra en la nueva sede de la escuela y muestra del repello (revoco) y pintura con tierras naturales aprendidas en el intercambio con la especialista Liz Johndrow.

conocimientos muy acertados, a personas prácticas en la construcción con henchido y a expertos en el repello

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ONU-Habitat (2012). Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana. ONU-Habitat, agosto del 2012.
- Estrategia de país Nicaragua (2013-2017). Hacia el desarrollo equilibrado y la reducción de la pobreza. Banco Centroamericano de Integración Económica, 2010-2014
- Gonzalez Palencia, Ramón (2000). Las enseñanzas y los aprendizajes con la Dra. Charlotte Blanche. Managua: CANTERA
- González Palencia, Ramón (2002). Nuestra concepción de educación popular. Managua: CANTERA – Centro de Educación y Educación Popular
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo – INIDE (1995). VII Censo de Población y III de Vivienda 1995. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Nicaragua. Disponible en: www.inide.gob.ni

NOTA

¹Instituto Nacional Tecnológico de Nicaragua –INATEC regula e imparte la educación técnica (niveles técnico básico, técnico medio y bachiller técnico)

AUTOR

Dulce María Guillén Valenzuela, Arquitecta, UNI, Managua, 1995, investigadora de la construcción con tierra, impulsora de la capacitación y diseño participativo en Nicaragua, estudiosa del adobe, diseñadora, constructora y capacitadora de adobe mejorado desde 1996, desarrollo planes de ordenamiento y desarrollo urbano participativos en dos ciudades y cuatro comunidades.

(revoco) con tierra, a los que conocen los materiales naturales apropiados para esto y a los que han usado las tierras de colores y el lugar donde se encuentran, así como a los y las artistas en la pintura con tierra.

- ✓ Conocer e iniciar una clasificación de los recursos disponibles en los diferentes lugares, de las tierras, las piedras, así como de las necesidades de las comunidades donde se han desarrollado estos procesos.
- ✓ El involucramiento de los albañiles y maestros de obras, que son los que construyen con adobe en la región y a quienes les interesa recalificarse para el perfeccionamiento del sistema de adobe contemporáneo.
- ✓ El mejoramiento de las técnicas locales del repello o revocos a través del intercambio de conocimientos con personas especialistas e investigadoras en este campo, utilizando las tierras de la zona, la cal y los extractos y resinas naturales de diversas plantas locales para proteger las paredes de tierra y lograr acabados de gran belleza. Así mismo los frutos alcanzados nos han motivado para iniciar la investigación y el desarrollo de normas en este tema.

Finalmente se puede decir que el reto es mantener el esfuerzo iniciado con esta metodología participativa en la transferencia de conocimientos y ampliarlo cada año, para que las personas con menos posibilidades puedan contar con alternativas viables y sostenibles para elevar su calidad de vida a través de la construcción de su casa digna y bella.

Por otra parte el reto se extiende hacia la divulgación y aplicación en otros grupos y comunidades de Nicaragua por lo que es necesario mantener la comunicación sobre los logros alcanzados en este proyecto.

3.7 Construcción y rehabilitación de viviendas de adobe para el desarrollo del hábitat rural. Rosa Delmy Núñez

Rosa Delmy Núñez

Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, FUNDASAL
Reperto Sta. Alegría, Calle L-B No.7, Cdad. Delgado, San Salvador, El Salvador, Centro América,
dhercules@fundasal.org.sv; delmynut@yahoo.es

Palabras clave: investigación, rehabilitación, desarrollo, conservación, capacitación.

Resumen

La Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima ha ejecutado proyectos de construcción con tierra para promover el desarrollo del hábitat rural como el de Capacitación y mejora del hábitat para la prevención del Mal de Chagas, mediante el cual se implementaron medidas para la construcción y rehabilitación de viviendas de adobe para 237 familias que vivían en condiciones de precariedad debido al deterioro de sus viviendas, expuestas a la inseguridad desde el punto de vista sísmico y con alta infestación del Mal de Chagas. El objetivo principal del proyecto fue desarrollar capacidades en las familias para la rehabilitación y conservación de sus viviendas, promoviendo el rescate del patrimonio y la tradición constructiva. Se reforzaron y rehabilitaron 218 viviendas de adobe tradicional con técnicas de protección de paredes, pisos y techos y reforzamiento estructural con mallas electrosoldadas. Otras 19 viviendas, que por su mal estado no podían ser rehabilitadas, se reconstruyeron totalmente con los sistemas de adobe reforzado y quincha prefabricada.

El proyecto se desarrolló bajo el concepto de la vivienda segura, saludable y ambientalmente sostenible y se planteó conservar la construcción con tierra como tecnología apropiada para rescatar el conocimiento constructivo de la población, reducir el impacto ambiental, favorecer el paisaje rural predominante en la zona y en conjunto, revalorizar la construcción con tierra. Se desarrolló un proceso de transferencia hacia la población de los resultados de una investigación experimental sobre el mejoramiento de la capacidad sísmica de las viviendas de adobe. Por su integralidad, la intervención constituye una experiencia factible de replicar, por promover el rescate de una tecnología ancestral, la reducción de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas y la protección de la salud, lo que permite mejorar la calidad de vida de las familias.

1. INTRODUCCIÓN

En El Salvador y principalmente en las comunidades rurales, la mayoría de las viviendas de adobe o bahareque son construidas informalmente, sin criterios técnicos, sin acabados básicos en paredes y carecen además de un piso y un techo adecuado, por lo que no cuentan con las condiciones esenciales para resistir un evento sísmico y además, su deterioro propicia la proliferación de insectos que transmiten enfermedades.

En el Occidente de El Salvador, Departamento de Santa, enquistado entre cerros, montañas y precipicios se localizan el cantón El Pinalito y cantón Ayuta, que constituyen una comunidad rural conformada por diez caseríos en el primero y el caserío Las Mesas, en donde la mayoría de las viviendas están construidas con adobe y bahareque. Antes de la intervención se encontraban en estado de deterioro, por lo que era urgente implementar una serie de medidas integrales, desde el mejoramiento de la vivienda y su entorno, así como una agresiva campaña de educación en la salud, para enfrentar, además de la vulnerabilidad sísmica, la afectación significativa del Mal de Chagas, por la falta de aplicación de buenos hábitos higiénicos.

La zona de intervención cuenta con una población aproximada de 1707 habitantes de los cuales el 52,0% son mujeres. El cantón cuenta con 369 viviendas en las que predomina la construcción con adobe en un 69,1%, construcción con bahareque en un 18,8% y otros materiales de construcción en un 12,1%. Dada la situación social y económica en que se encuentra la comunidad, es visible que han estado bajo condiciones de exclusión social, que se explica por el aislamiento geográfico en que

viven sus habitantes, la poca inversión del Estado en infraestructura vial y servicios, las condiciones de pobreza, viviendas en mal estado y las escasas fuentes de producción y empleo.

En este contexto, FUNDASAL implementó un proyecto para contribuir al desarrollo rural que enfatiza dos componentes claves: la reducción de las vulnerabilidades socio-educativas y la reducción de las vulnerabilidades físicas (Núñez, 2009; FUNDASAL, 2011). Para el primero, se definieron acciones orientadas a fortalecer las capacidades organizativas para la autogestión de salud comunitaria y a promover el cambio de hábitos higiénicos.

El segundo componente fue abordado desde la capacitación técnica de las familias, apoyando la mejora y mantenimiento de las viviendas bajo la metodología de ayuda mutua asistida. Este componente de formación-capacitación representa el énfasis a abordar en el presente artículo y describe el proceso de transferencia tecnológica para la construcción y mejoramiento de viviendas de adobe, para que las familias aprendieran a edificar y mejorar sus viviendas de tierra, con el objetivo de garantizar la seguridad estructural, el control del vector transmisor del Mal de Chagas y además, promover el uso de los recursos locales.

El proyecto además se enfocó en la conservación de la tradición constructiva en adobe para rescatar el conocimiento de la población y para mantener el paisaje rural predominante en la zona. El estado inicial o fallas típicas de algunas de las viviendas de adobe se muestran en la Figura 1.



Figura1 – Fallas en viviendas de adobe, cantón El Pinalito, El Salvador
(Créditos: FUNDASAL, 2009)

2. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE LAS VIVIENDAS

Se realizó una inspección técnica a un promedio de 250 viviendas, de las cuales el 98% presentaron las siguientes patologías: grietas y separación de paredes por fallas estructurales, fisuras en paredes y repellos, deterioro por desgaste, hendiduras causadas por insectos, debilidad en juntas o sisas por material suelto y erosión, debilidad en la base de paredes por erosión y falta de sobrecimiento, falta de vigas de amarre, etc. El mayor deterioro se encontró en las viviendas de bahareque, construido con mucha precariedad y la mayoría en estado inhabitable desde el punto de vista de seguridad sísmica y de salud.

En las viviendas de adobe se identificó la necesidad de rehabilitación con reforzamiento estructural, reparación de paredes con resanes en juntas y mejora de capa de soporte, protección de paredes con repellos, inclusión de ventanas para mejorar iluminación y ventilación natural, mejora de estructuras y cubiertas de techos y construcción de pisos de cemento. En las viviendas de bahareque, debido al grado extremo de deterioro, se propuso la sustitución total por nueva construcción, conservando el uso de material local y técnicas constructivas con tierra.

3. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Debido al estado de deterioro y tipología de las viviendas, a las características de la zona y a las características de la población a atender, la estrategia de intervención en viviendas se desarrolló a partir de un proceso de capacitación en técnicas constructivas para el mejoramiento del hábitat con el uso de recursos locales y

tecnologías tradicionales mejoradas, aplicando los resultados de investigaciones a nivel experimental para mejorar la capacidad sísmica de las viviendas, tanto de las nuevas a construir como de las viviendas existentes a mejorar.

3.1 Plan de capacitación técnica

El plan de capacitación técnico constructiva se basó en la transferencia tecnológica para el mejoramiento de la vivienda de adobe y el fortalecimiento de la organización comunitaria para la intervención física mediante el proceso de ayuda mutua y auto construcción.

El proceso de formación y transferencia se convirtió en un espacio práctico de aprendizaje, basado en la demos-

tración, el simulacro y la práctica de lo aprendido. Los contenidos se orientaron al desarrollo de habilidades y destrezas que permitieron a las familias reparar, mejorar y dar mantenimiento a las viviendas de adobe existentes y construir viviendas nuevas con los sistemas de adobe reforzado y quincha prefabricada, conservando su tradición constructiva y mejorándola a través del aporte tecnológico.

3.2 Intervención física

La intervención física para la rehabilitación y construcción de vivienda nueva se basó en un proceso de auto-construcción asistido con personal calificado. Se diseñó una estrategia particular de intervención para las viviendas a rehabilitar según las patologías presentadas y se optimizó el uso de los recursos locales para la producción de adobes y reparación de paredes.

Se hizo un reconocimiento de los recursos de la zona y se encontraron bancos de material granular, conocido como

cascajo, con características ideales para ser mezclado con suelo arcilloso para trabajar las técnicas de tierra. La intervención física contempló la rehabilitación de 218 viviendas de adobe tradicional y la construcción de 19 viviendas nuevas, 16 con el sistema de adobe reforzado y 3 viviendas con el sistema de quincha prefabricada, para un total de 237 viviendas intervenidas en los 10 caseríos que conforman el cantón El Pinalito.

4. REHABILITACIÓN DE VIVIENDAS EXISTENTES

La rehabilitación de viviendas de adobe consistió en mejorar la capacidad estructural mediante un proceso de reforzamiento, restauración y mejora de paredes y reparación de techos y pisos, con el objetivo de eliminar grietas, fisuras y cualquier punto vulnerable que propiciara la vulnerabilidad ante los sismos y la crianza de insectos

como el vector transmisor del Mal de Chagas, *triatoma dimidiata*, causante de un alto índice de infestación en la zona. Los procesos de rehabilitación de viviendas existentes se reducen a dos tipos de intervención, la rehabilitación estructural y la restauración y mejora de paredes.

4.1 Rehabilitación estructural

El proceso consistió en introducir refuerzos estructurales con intervenciones desde el exterior, por medio del uso de mallas electrosoldadas en ambos lados de paredes y amarradas entre sí por medio de conectores de alambre galvanizado. Los puntos de reforzamiento fueron las esquinas y el centro de paredes de longitudes mayores a 10 veces su espesor, además de un cincho a nivel de cargadero como viga de amarre. La malla se colocó desde el sobrecimiento hasta solera de coronamiento.

La propuesta de reforzamiento estructural se basó en el resultado de investigaciones desarrolladas en El Salvador, en un proceso de investigación de reforzamiento de viviendas de adobe tradicional realizado en los laboratorios de la Universidad de El Salvador, del proyecto 'Mejoramiento de la tecnología para la construcción y difusión de la vivienda popular sismo resistente', denominado Proyecto TAISHIN, del cual FUNDASAL forma parte. En la figura 2 se muestra el detalle de reforzamiento estructural con mallas electrosoldadas.



Figura 2 – Refuerzo estructural con mallas electrosoldadas (Créditos: FUNDASAL, 2009)

4.2 Restauración y mejora de paredes de adobe

Otras de las deficiencias observadas era el desgaste de paredes, erosión en la base, falta de revestimiento o repello y falta de iluminación y ventilación natural, por lo que se planteó un proceso de restauración y mejora para conservar la técnica de construcción tradicional. La restauración consistió en el resane de juntas, recons-

trucción de paredes, repello de paredes e impermeabilización con pinturas a base de cal. Para mejorar la ventilación e iluminación se incluyó la introducción de ventanas. En la Figura 3 se muestra el proceso de rehabilitación de paredes de adobe.



Figura 3 – Restauración y mejora de paredes de adobe (Créditos: FUNDASAL, 2010)

5. CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA NUEVA



Debido al alto grado de deterioro de las viviendas de bahareque, estas no tenían la capacidad de soportar la rehabilitación (Figura 4), razón por la cual se incorporó el proceso de construcción de vivienda nueva, con criterios de sismoresistencia para reducir la vulnerabilidad sísmica, saludables para la prevención de enfermedades como el Mal de Chagas y con el uso de recursos locales, principalmente la tierra, para contribuir a la sostenibilidad ambiental.

Figura 4 – Estado de deterioro de paredes de bahareque
(Créditos: FUNDASAL, 2009)

5.1 Sistema adobe reforzado

Con el objetivo de conservar la tradición constructiva con adobe y para mantener el paisaje rural predominante en la zona, se propuso la construcción de viviendas con el sistema de adobe reforzado, basado en resultados de investigaciones realizadas en El Salvador por el TAISHIN, en el que se desarrolló una investigación estructural en modelos a escala natural y comparando el comportamiento de las viviendas construidas con el sistema tradicional sin refuerzos y el sistema de adobe reforzado

con varas, uso de contrafuertes y una viga de amarre y coronamiento. Este sistema demostró tener un comportamiento adecuado ante los sismos, lo que se comprobó con edificaciones existentes en la zona de afectación de los sismos del año 2001 ocurridos en El Salvador. Las familias se capacitaron y desarrollaron los procesos de producción de adobe y auto construcción de viviendas (Figura 5), con mucha apropiación de las técnicas implementadas.



Figura 5 – Construcción con sistema adobe reforzado
(Créditos, FUNDASAL, 2011)

5.2 Sistema quincha prefabricada

Debido a factores como limitaciones en área de terreno, hogares liderados por mujeres y límite en el tiempo de ejecución del proyecto, en 3 viviendas se implementó el sistema de quincha prefabricada para la construcción de vivienda nueva. Este sistema permitió agilizar el tiempo de ejecución, con una significativa reducción de esfuerzos físicos por la familia y adecuada a la limitación de área de terreno, por un menor espesor de paredes y que incre-

menta el área útil de la vivienda. Este sistema no era conocido en la zona, por lo que representó una técnica innovadora y ha sido muy aceptada por las familias, dadas las características de seguridad estructural, de permitir el uso de recursos locales y no contrastar con el paisaje rural de la zona. En la figura 6 se muestra una vivienda de quincha prefabricada en proceso de construcción.



Figura 6 – Construcción de vivienda con sistema quincha prefabricada
(Créditos, FUNDASAL, 2011)

6. LOGROS E IMPACTOS

Las transformaciones observadas en las familias y en el hábitat del cantón El Pinalito son una muestra de que es posible contribuir al desarrollo de las comunidades rurales, uniendo al esfuerzo de las familias el aporte tecnológico, para implementar soluciones de mejora del hábitat con materiales locales, principalmente con el uso de la tierra.

El proyecto ha mostrado un impacto importante en disminuir la presencia del vector que produce el Mal de Chagas en la comunidad El Pinalito. Esto se ha debido principalmente al diseño integral del modelo de intervención implementado, que ha considerado acciones en el campo técnico constructivo, social y educativo.

Las familias se sienten satisfechas con los cambios en sus viviendas ocurridas a partir del proyecto y han mostrado cambios importantes en la forma de trabajar colectivamente, mejorar sus hábitos higiénicos y realizar las reparaciones necesarias en sus viviendas.

Se ha logrado conservar el paisaje rural en la zona, a través del rescate de la tradición constructiva y de la aplicación de materiales y sistemas que no contrastan con el ambiente, lo que a su vez se convierte en factor importante para la sostenibilidad del proyecto, ya que la mejora del hábitat parte del uso de los recursos locales, del fortalecimiento de la mano de obra local y de la participación directa de las familias en el proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FUNDASAL (2011). Documento de sistematización Proyecto de capacitación y mejora del hábitat cantón El Pinalito, FUNDASAL.
Núñez, R. (2009). Plan de capacitación técnica Proyecto de capacitación y mejora del hábitat cantón El Pinalito, FUNDASAL.

AUTOR

Rosa Delmy Núñez, Ingeniera Civil, Investigadora de la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima FUNDASAL, Miembro de la Red Proterra, Coordinadora por El Salvador Plataforma Mesoameri-kaab para la construcción con tierra, Investigadora del Proyecto Taishin en El Salvador, Ex miembro de Proyectos de Investigación PROTERRA y CASAPARTES, Programa CYTED/HABYTED.

3.8 Edificación sustentable. Asesoramiento en la construcción con tierra. Juan Carlos Patrone/Sebastián D'Andrea/Hernán Passone

Juan Carlos Patrone¹, Sebastián D'Andrea, Hernán Passone

Centro de Investigación Hábitat y Energía, Secretaría de Investigaciones, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires Ciudad Universitaria, Pabellón 3, Piso 4, Ciudad de Buenos Aires, C1428BFA, Argentina Tel. (+5411) 4789-6274 arqpa@yahoo.es, seb@sdandrea.com.ar, hernan_passone@hotmail.com

Palabras clave: tierra, diseño, asesoramiento, construcción, capacitación

Resumen

Desde el Centro de Investigación Hábitat y Energía de la Secretaría de Investigaciones de la FADU-UBA, el Grupo de Trabajo 'Construcción con tierra', abocado al estudio de la arquitectura de tierra, viene desarrollando asesoramientos a instituciones y particulares en las técnicas de construcción con tierra, y diseño arquitectónico acorde con estas tecnologías, desarrollando las potencialidades y ventajas térmicas de esta construcción. Se asesoró al equipo de desarrollo y diseño C. Uniani y Estudio Arq. G. Aldabe y colaboradores para el anteproyecto de un complejo de desarrollo turístico ecológico, posada y producción sustentable en Chapada Diamantina, Palmeiras, Bahía, Brasil, sobre diseño, definición y utilización de tecnologías apropiadas y diseño bioambiental del desarrollo arquitectónico. Se está asesorando en el proyecto de la Escuela Agrotécnica 'Quinta Esencia' en Coronel Vidal, Provincia de Buenos Aires, Argentina, sobre estudios de suelo del predio, elección de tecnologías apropiadas y técnicas constructivas, así como diseño de elementos constructivos y encofrados. También se está asesorando y elaborando conjuntamente proyectos y construcciones con los habitantes de una eco-aldea ubicada en la localidad de Ministro Rivadavia, Almirante Brown, Provincia de Buenos Aires, Argentina, espacio en el que se realizan talleres de construcción con tierra. En la costanera de Quilmes, Provincia de Buenos Aires, Argentina, coordinadamente con las autoridades del Jardín de la Aurora, de pedagogía Waldorf, se está realizando una experiencia constructiva con amplia participación de los niños y sus padres para la concreción de una casa de juegos ejecutada con quincha, para lo cual se realizan talleres de construcción con tierra con toda la comunidad escolar. Esta diversidad de valiosas experiencias en distintos ámbitos, aplicaciones y alcances, permite asistir con conocimientos técnico-científicos a necesidades edilicias concretas y difundir los aspectos ambientales más destacados de la construcción con tierra en el marco de la producción sustentable de hábitat edificado.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del marco de la arquitectura sustentable el grupo Construcción con Tierra¹ (gCT) del Centro de Investigación Hábitat y Energía de la Secretaría de Investigaciones de la FADU-UBA cumple con la función de investigar y difundir las virtudes, alcances y limitaciones de la arquitectura de tierra, realizando ensayos, auditorías térmicas (Patrone, 2006) y brindando asesoramiento tanto a instituciones como a particulares. En este trabajo se presentan asesorías de cuatro casos distintos en los cuales varía tanto el perfil del asesorado como la escala del proyecto:

A) Equipo de Desarrollo y Diseño C. Uniani y Estudio Arq. G. Aldabe y colaboradores, anteproyecto para un complejo de desarrollo turístico-ecológico en Chapada Diamantina, Brasil.

B) Escuela Agrotécnica 'Quinta Esencia', Coronel Vidal, Argentina: estudios del suelo, asesoramiento en la elección de tecnologías apropiadas y técnicas constructivas y diseño de elementos constructivos y encofrados para la construcción de su nueva sede.

C) Ecoaldea 'Atrapasueños', Almirante Brown, Argentina: asistencia en la organización de talleres sobre construcción con tierra y asesoramiento para la edificación de una vivienda mínima, ampliación de un depósito y de la vivienda principal.

D) Escuela de pedagogía Waldorf 'Jardín de la Aurora', Quilmes, Argentina: asesoramiento en la ejecución de una sala de juegos.

Con estas participaciones se promueve la calidad en la construcción con tierra, se difunden sus propiedades higrotérmicas, se estimula su uso como herramienta amigable con el medio ambiente y fundamentalmente se promueve la utilización de materiales naturales, técnicas constructivas sencillas y diseños bioambientales que permitan el mayor ahorro energético y la minimización de emisiones de gases de efecto invernadero.

2. DESARROLLO

2.1 Anteproyecto para un complejo de desarrollo turístico-ecológico en Chapada Diamantina, Palmeiras, Bahía, Brasil

Se asesoró a un equipo de diseño² sobre el planteo general de la ecoposada, sobre aspectos bioambientales y constructivos, se entregaron informes sobre tratamiento de aguas, relevamiento climático y estrategias bioambientales (Evans; de Schiller, 1994). Se asistió el estudio de asoleamiento con maquetas en el heliodón del laboratorio del CIHE. En función del clima del lugar y dada la temperatura media, mínima y máxima diarias existentes en

la zona, se aconsejó construir con muros de adobe de 30 cm de espesor mínimo en el perímetro exterior de la construcción, con adobes de 30 cm x 15 cm x 10 cm (largo, ancho, espesor), que permitiese obtener muros con buena traba, intercalando fajas de sogá y punta, con suficiente aislamiento e inercia térmica para regular las temperaturas interiores. Se recomendó encadenados y sobrecimientos de piedra, material abundante en el lugar,

también se recomendó la utilización de techos verdes con estructura independiente de madera separada de los muros, incluir amplios aleros y av entanamientos de piso a dintel o, en su defecto, pequeños (Figura 1).

Se analizaron dos muestras de tierra del lugar efectuándose ensayos sensoriales los que indicaron un suelo areno-limo-arcilloso con buenas condiciones para la fabricación de adobes, recomendándose estabilizar con fibra (paja o pastos secos) cortada de 3 cm a 5 cm de largo.

Los ensayos de sedimentación arrojaron los siguientes valores aproximados:

Muestra 1 (tierra de un termitero): arcilla 12,5%, limo 17,5%, arena 70%.

Muestra 2: arcilla 17,5%, limo 25%, arena 57,5 % y contenido de materia orgánica.

En este caso, el asesoramiento brindado no sólo por el gCT, sino por todo el equipo del CIHE, permitió el encuadre del proyecto dentro de los márgenes de la

arquitectura sustentable iniciándose un proceso de rediscusión del mismo para ajustarse a los requerimientos bioambientales y constructivos.

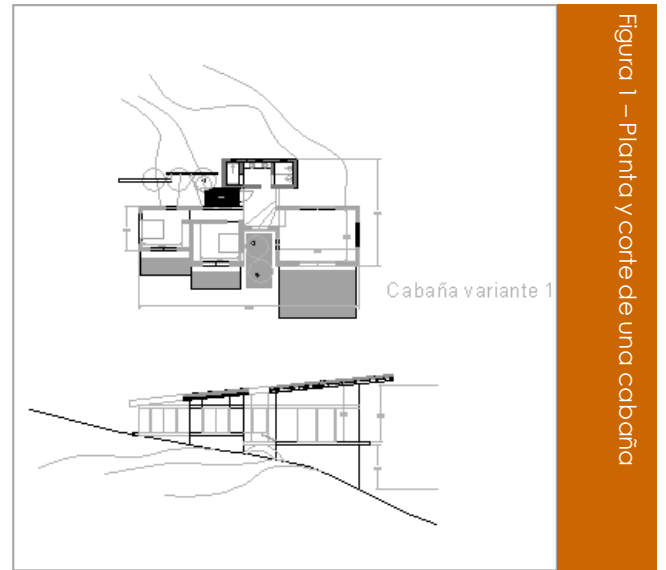


Figura 1 – Planta y corte de una cabaña

2.2 Escuela Agrotécnica ‘Quinta Esencia’, Coronel Vidal, provincia de Buenos Aires, Argentina

A partir del concurso de anteproyectos ganado por el equipo del Arq. Julian Evans y colaboradores, se inicia el asesoramiento para el proyecto y construcción del mismo. Inicialmente se hicieron recomendaciones técnicas genéricas sobre la construcción con tierra haciendo hincapié en la contundencia de estas construcciones con la presencia de muros de gran masa, de materia natural, sólida, presente y continua (Viñuales, 2012). También se señaló la necesidad de contar con encadenados inferiores y superiores que ligue toda la construcción y reciba la tirantería del techo. Se recomienda proyectar av entanamientos de piso a dintel o, en su defecto, que las

aberturas sean pequeñas, en caso de proyectar muros con ventanas con antepecho. Si los encadenados superiores son de madera, de vigas o rollizos, deberán anclarse firmemente a los muros. Si se utiliza estructura independiente, y suponiendo que la misma sea de madera, no es aconsejable que la misma esté contenida en la pared ni adosada a ella, ya que la adherencia entre madera y tierra no es buena. Los revocos deben ser de características similares a los adobes, por ejemplo, tierra con bajas proporciones de cal. Se recomienda usar pintura a la cal, permeable al vapor de agua, o terminaciones similares.

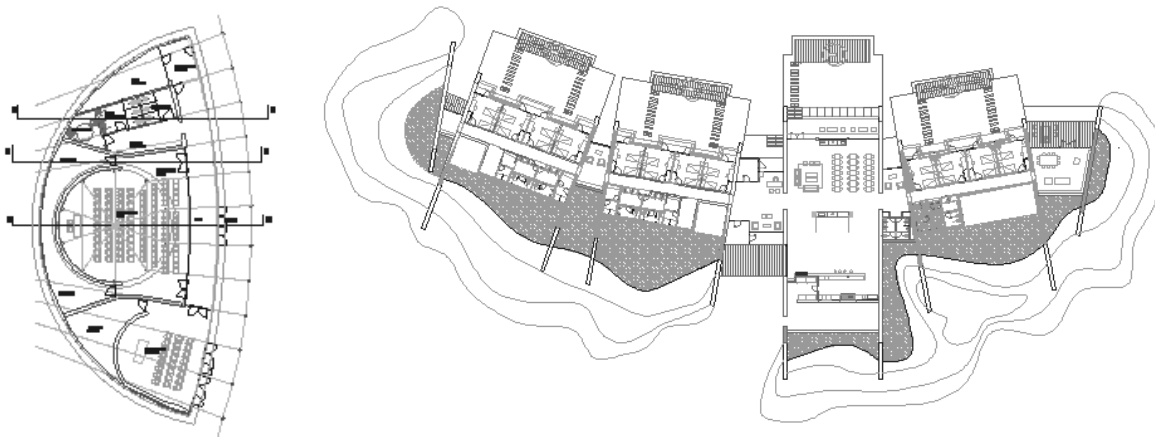


Figura 2 – Plantas del auditorio y del hotel de la escuela agrotécnica

De acuerdo a los ensayos de suelo realizados, este es: arcillo limoso hasta una profundidad de 1,50 a 2,00 metros cambiando luego a limo arcilloso, además se encontró un suelo limo arcilloso calcáreo, estas características

indujeron a adoptar como técnica constructiva la construcción con adobe. Teniendo en cuenta el requerimiento del comitente sobre la construcción con tapial, se propuso usar un suelo seleccionado con el

agregado de un 15% a 20% de arena en volumen y estabilizarse con un agregado de cemento de un 6% a 8% en volumen, igualmente se recomienda la realización de ensayos con distintas dosificaciones para verificar el comportamiento del material en pos de conseguir el suelo más apto para la técnica del tapial.

Vistos los volúmenes necesarios de arena para estabilizar el suelo, se propone solo construir algunos muros del auditorio, realizando el resto con adobes estabilizados con fibra vegetal y cal con dosificaciones a determinar según

ensayos, estos serán revocados con argamasa de suelo seleccionado y estabilizado para la obtención de la suficiente dureza y adherencia, fundamentalmente los muros en contacto con los taludes para la aplicación del revestimiento hidrófugo necesario.

Tratándose de un espacio educativo agrotécnico, la **impronta muraria materializada con suelo adquiere una connotación fundamental en la revalorización de la profunda relación del hombre con la tierra y su doble pertenencia.**

2.3 Ecoaldea 'Atrapasueños', Almirante Brown, provincia de Buenos Aires, Argentina

La ecoaldea es un espacio dinámico producto de un proyecto en constante evolución en la cual las construcciones van evolucionando constantemente en función de sus necesidades y de las vivencias que surgen del mismo proyecto, constituyéndose prácticamente en un organismo vivo. El CIHE entra en contacto con los habitantes de la aldea y surge la posibilidad de incluir una charla introductoria sobre reconocimiento de suelos en un

próximo taller, charla que, una vez realizada, despierta sumo interés en la concurrencia por la profundidad de los conocimientos expuestos. En posteriores talleres se amplió la transmisión de conocimiento con un panorama general sobre técnicas constructivas en tierra cruda haciendo hincapié en la técnica del adobe iniciándose la fabricación de estos (Figura 3).



Figura 3 – Aldea Atrapasueños, casa principal y otras construcciones

Cada ampliación o mejora en las construcciones se logra con la participación de otras personas, con vínculo o totalmente ajenas a la aldea, pero convocadas para eventos puntuales donde se produce un intercambio de recursos, a cambio de la mano de obra se ofrece alojamiento y conocimiento, brindado en forma de experiencia directa y con formato de talleres donde se difunde información vinculada con la tierra como productora de alimentos o como material de construcción, estas convocatorias atraen una concurrencia heterogénea dentro de una franja socio-cultural media, con amplia mayoría de personas con experiencia universitaria pero, mayormente, de áreas ajenas a la práctica constructiva.

Se trata de estudiantes universitarios o jóvenes profesionales, familias con hijos pequeños, amantes de la naturaleza, parejas jóvenes con sueños de autoconstrucción o, simplemente, personas con ganas de hacer algo distinto.

El aporte de conocimiento técnico, fue evolucionando hacia un asesoramiento proyectual y bioclimático para

una vivienda nueva a realizarse en el predio, se realizaron reuniones con los ocupantes de la aldea para delinear proyectos posibles de la vivienda y formas de organizar el taller que daría inicio a la construcción de la quinta edificación (Figura 4).

El proceso también requirió de la elaboración de una síntesis de ideas complementarias, donde fue posible encontrar una firme postura ante la naturaleza, surgida de la experiencia directa del trabajo con la tierra y de la premisa de trabajar con recursos mínimos más la necesidad de mejorar la calidad de vida incorporando el conocimiento técnico necesario para el mejor aprovechamiento de los medios disponibles. Se partió de un esquema muy simple, un espacio único con un entepiso resuelto en aproximadamente 30m² de superficie total, construido con adobes hasta el nivel del encadenado superior y con técnica de quincha (la técnica que mejor se maneja en la comunidad y que permite mayor velocidad en su ejecución) hasta el enrasamiento con el techo.



Figura 4 –
Nueva vivienda



La vivienda tiene orientación norte y un techo verde con una estructura de postes independiente del cerramiento. Las aberturas son reutilizadas, los cimientos son de cascote embolsado, el entrepiso de madera apoya sobre un encadenado de ramas que remata el muro de adobe, se considera acertada la elección del sistema constructivo, ya que es la tecnología adecuada que permite la apropiación del proyecto y comprender el comportamiento de la tierra como material de construcción.

La posibilidad de sumar los conocimientos empíricos de los integrantes de la aldea con el aporte científico y tecnológico del grupo de construcción con tierra del CIHE, posibilita el desarrollo de talleres en los cuales se profundiza el conocimiento ya que se plantea permanentemente la discusión y complementación entre el desarrollo fáctico, la causalidad, los fundamentos científicos y el saber empírico.

2.4 Jardín de la Aurora, Quilmes, provincia de Buenos Aires, Argentina

Este jardín de infantes de pedagogía Waldorf funciona en un predio en la costanera de Quilmes, en la zona sur del conurbano bonaerense. En estas tierras de la costa de la provincia de Buenos Aires son habituales las crecidas del río, por lo que la mayoría de las construcciones se encuentran elevadas. El edificio alberga aulas, comedor y servicios, mientras que el exterior es el espacio para el esparcimiento y para el contacto con la naturaleza.

La compatibilidad entre el legado filosófico de Rudolf Steiner y las tecnologías sustentables posibilitaron el acercamiento entre el gCT y las autoridades del jardín, quienes buscaban orientación para construir un horno de barro. Se realizó un taller de reconocimiento de suelos y de fabricación de adobes que contó con la participación de todos los integrantes del establecimiento (padres, alumnos, docentes). Posteriormente, se realizó un tapial en el cual participaron algunos de los padres. El interés que despertó el contacto con la tierra como material de construcción derivó en un nuevo proyecto. Se propuso construir una pequeña casa de juegos con la participación de padres, docentes y fundamentalmente alumnos. En el área de recreación se agregó, una estructura elevada de postes de eucaliptus sobre la que

se asentó una plataforma, también de madera para recibir un octógono cerrado con muros de quincha (Lopes, 2003) y cubierto por un techo verde. Luego de consensuar el diseño con los niños y docentes se inició la construcción encontrándose ya con la plataforma elevada y la estructura de pallets realizada, terminada la estructura del techo y la escalera de acceso, los pasos a seguir, será el embarado de la quincha a efectuarse a la finalización del invierno.

Los materiales son casi todos reutilizados o bien de descarte. Algunos de los postes para la estructura se consiguieron como donación. La madera para la plataforma provino del desarme de un deck mientras que para hacer la estructura de la quincha se consiguieron pallets sumamente robustos. Se propone como aislamiento térmico una capa de espesor variable de tierra alivianada y el aislamiento hidrófugo con envases de tetra-brick de descarte, soldados por calor. Todo esto fue realizado por padres y docentes. Algunos niños del primario participaron en las tareas accesibles a sus edades y también fueron incluidos en la toma de decisiones. La tierra a utilizar se conseguirá seguramente de una excavación de algún edificio a construir en el centro de Quilmes.

Figura 5 – Taller de adobes
y estructura de la casita



El modesto proyecto original de realizar un horno de barro se transformó rápidamente en la construcción de una casa de juegos a ser realizada por los niños como parte

del programa educativo de la escuela, quedando esta construcción junto a las tareas en la huerta dentro del desarrollo pedagógico del Jardín.

3. CONCLUSIONES

- La búsqueda de alternativas sanas y naturales se está extendiendo en todos los estamentos de nuestra sociedad. Gracias al interés puesto en la sustentabilidad y en la naturaleza, ya sea desde un proyecto privado que busca rentabilidad económica como desde experiencias pedagógicas o bien pequeñas comunidades autogestionadas, se abren espacios donde se difunden las propiedades de la construcción con tierra cruda y sus ventajas como material amigable con el medio ambiente.
- El intercambio de experiencias y conocimientos con autoconstructores permite la transmisión de las causas científicas del comportamiento resistente e higro-térmico del material 'tierra' destruyendo supuestos mágicos de las 'recetas'.
- El camino iniciado por el grupo construcción con tierra del CIHE, asesorando grupos humanos de distintas disciplinas y conocimientos, redundará en beneficios para un mejor desarrollo edilicio y sustentable.
- En el ámbito de la educación no tradicional las nuevas pedagogías que prestan oído a la naturaleza, al hombre y al respeto mutuo que se deben, la difusión de tecnologías de tierra cruda acrecienta la comprensión del desarrollo sustentable para las futuras generaciones.
- Facultar las herramientas necesarias para el logro de confort ambiental con estrategias y tecnologías apropiadas, procurando soluciones de equilibrio con la naturaleza y el clima para la obtención del mayor ahorro energético y la menor emisión de gases de efecto invernadero.
- La asistencia brindada a grupos informales permite difundir conocimientos académicos en ámbitos donde no es usual que estos lleguen, esta participación aporta a la formación de mano de obra capacitada para responder a los requerimientos de una arquitectura que tienda al desarrollo sustentable.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Evans, M.; de Schiller, S (1994). Diseño bioambiental y arquitectura solar. Buenos Aires: Ediciones FADU

Patrone, J. (2006). Evaluación térmica de una vivienda en Florencio Varela. *Avances en energías renovables*. Vol. 10 Buenos Aires: ASADES. p. 05-01- 05-07

Viñuales, G. (2012) Puesta en valor de la construcción con tierra. *Construcción con Tierra 5*. Buenos Aires: CIHE. p. 123-125

Lopes, W. G. R.; Ino, A. (2003). Aspectos constructivos de la taipa de mao. In: *Técnicas mixtas de construcción con tierra*. Salvador: ProyectoXIV.6 PROTERRA; CYTED

NOTA

¹ Grupo coordinado por el Arquitecto Juan Carlos Patrone

² Equipo de diseño dirigido por el Arquitecto G. Aldabe

Reconocimientos

Al Programa de trabajo 'Arquitectura para un Futuro Sustentable', de la Unión Internacional de Arquitectos, Región 3 Las Américas, UIA-R3-AFS, por su aval al desarrollo de la temática.

Este trabajo se inscribe en el marco del proyecto Eficiencia Energética en el Hábitat Construido PAE N° 22559 / BID 1728 / OC-AR, Nodo UBA, dirigido por la Dr. Arq. Silvia de Schiller.

AUTORES

Juan Carlos Patrone: Arquitecto FADU, UBA, con posgrado en Diseño Bioambiental, es investigador del Centro de Investigación Hábitat y Energía, y dirige el Grupo de Trabajo Construcción con Tierra. Asesora, proyecta y construye con tecnologías de tierra. Es miembro activo de la Red Iberoamericana PROTERRA y director del centro Terrabaires.

Sebastián D'Andrea: Arquitecto FADU, UBA. Asistió a cursos sobre materiales sanos en la UBA, de bioarquitectura en la SCA, talleres de construcción con tierra en Córdoba y Neuquén, y participó como voluntario en varias obras en el país y el exterior. Actualmente investiga en el CIHE.

Hernán Passone: Cursó la Carrera de Diseño Industrial en la FADU, UBA. Tomó cursos sobre materiales sanos, construcción con tierra y aplicación de energías renovables en la UBA. Trabaja con materiales y sistemas que aportan a la eficiencia energética. Actualmente investiga en el CIHE.

3.9 Capacitación en restauración y construcción con tierra a través de voluntariados, extensión y docencia universitaria-Iglesia San Juan, Argentina. María Rosa Plana/Arturo Pereira/Ana Valeria Pochi

María Rosa Plana¹; Arturo Pereira²; Ana Valeria Pochi³

I.R.P.Ha.- Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat, FAUD- Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, UNSJ, Universidad Nacional de San Juan

Av. Ignacio de la Roza 590 (O), CUIIM- Complejo Universitario Islas Malvinas - Rivadavia, San Juan, Argentina. Tel: 54 264 4232395

¹planamariarosa@gmail.com;²arturoar2003@yahoo.com;³anapochi@live.com.ar

Palabras claves: Capacitación, Construcción, Restauración, Experiencia rural

Resumen

A partir de la transferencia del conocimiento teórico práctico de un equipo de docentes investigadores y extensionistas de la Universidad Nacional de San Juan, se busca transferir resultados producidos en dicho ámbito, en los aspectos referidos a la restauración de edificios patrimoniales y la construcción de edificios, con uso de materiales y tecnologías regionales, en un poblado rural cordillerano, en la provincia de San Juan, de la República Argentina

Estas experiencias surgen de la articulación entre las funciones universitarias, docencia, investigación, extensión, a través de voluntariados universitarios, de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño, correspondiendo a la integración de las cátedras electivas Construcción con tierra y Protección del Patrimonio Arquitectónico, con los voluntariados universitarios Capacitación y Práctica de Construcción con tierra y Capacitación de un equipo técnico para la restauración de edificios patrimoniales, a través de la formación, capacitación e integración de un equipo técnico formado por miembros de la comunidad y alumnos de la Universidad".

Las áreas de Extensión e Investigación se integran a los voluntariados como transferencia de proyectos, siendo comunes los objetivos generales planteados.

La capacitación versa sobre técnicas constructivas, materiales y el estudio particularizado de patologías que presentan los edificios patrimoniales, para dar una respuesta óptima a sus vulnerabilidades y proteger su autenticidad.

Existe una falencia en la carrera de Arquitectura respecto a la construcción y restauración de arquitectura de tierra, y por otro lado los constructores y restauradores de la comunidad tienen los conocimientos empíricos heredados, pero les faltan los conceptos teóricos para valorar y conservar al patrimonio.

Con estas experiencias se intenta aportar una herramienta práctica y teórica para fortalecer conocimientos técnicos, recuperar el conocimiento de las técnicas constructivas que poseen los pobladores y concienciarse del valor de su patrimonio y la importancia de su participación en la conservación del mismo.

La elección Del poblado rural en el Departamento Iglesia, para la realización de las experiencias, es por poseer un importante patrimonio de tierra y una comunidad afianzada en las técnicas constructivas del adobe y la tapia.

1. MARCO REFERENCIAL

El Departamento Iglesia se encuentra ubicado a 170 km al noroeste de la Provincia de San Juan, en el corazón de los valles Cordilleranos, a 1800 msnm. Tiene una superficie de 20.527 km² y 7000 habitantes, su Villa Cabecera es Rodeo. Los límites departamentales son al norte la provincia de La Rioja, al sur el departamento de Calingasta, al este La Rioja y los departamentos de Jáchal y Ullum y al oeste la República de Chile, por la Cordillera de los Andes. Sus principales fuentes de desarrollo económico son la agricultura, la ganadería con cría de ganado caprino y ovino, la minería y el turismo que actualmente están en franco crecimiento.

El agua proviene del Río Blanco, el Arrollo Iglesia y el Arrollo Agua Negra, lo que posibilita el desarrollo de los distintos poblados. El Dique Cuesta del Viento un motor importante para el desarrollo del Departamento y de un atractivo turístico inigualable. El ambiente urbano es sencillo, rústico y en él se pueden distinguir rasgos culturales de asentamientos que se establecieron en diferentes épocas.

En el departamento los asentamientos humanos están localizados en el conjunto de pequeños valles con características generales similares, que se extienden a lo largo del valle comprendido entre la Cordillera Frontal y la Precordillera y son las poblaciones de Angualasto, Buena Esperanza, Tudcum, Rodeo, Colola, Pismanta, Las Flores, Campanario, Zonda, Villa Iglesia y Bella Vista. Más dispersas se encuentran otras pequeñas como Colangüil, Guañizuil, Maipiriqui Malimán, El Chingullo, La Chigua, y Tocota. Aquí se conjugan la aridez del desierto con el verde de la cadena de pequeños oasis.

El Departamento cuenta con un importante patrimonio natural y cultural, complementado con una belleza paisajística características relevantes para potenciarlo, a través del turismo sustentable. Son pueblos, simples, sencillos, con identidades propias y viabilidad para mostrar la cultura, costumbres e idiosincrasia de estos hermosos lugares¹.

2. ANTECEDENTES

La construcción en tierra cruda es uno de los componentes más tradicionales y típicos del hombre en sociedad y, a partir del uso de los recursos naturales, en el país ha sido durante muchos años de manera en la que nuestros antepasados encontraron el método para resolver el problema habitacional. No hay dudas en los estudios y seguimientos efectuados para conocer las virtudes del sistema de construcción natural en cuanto a la seguridad, salud, impacto ambiental, humedad, hermeticidad, economía, etc., vuelven necesario trabajar legislando positivamente en la materia. Pese a los inigualables beneficios inherentes a la construcción con tierra, tanto en términos económicos y sociales, como ecológicos, resulta imposible desconocer su alta vulnerabilidad estructural que se debe en parte, a su poca resistencia a la tracción ante eventos sísmicos².

Existen en Argentina equipos de investigación que se dedican a estudiar la construcción con tierra en sus diversos aspectos, pero esta base científica aún no ha logrado establecer pautas constitutivas concretas que permita construir con tierra dentro de la norma. Se siguen empleando estos sistemas constructivos pero de manera subrepticia sin posibilidades de legitimarlos. Por tanto en el país se carece de normativas que regulen este tipo de construcciones, aún cuando posee zonas sísmicas y a sabiendas que se sigue construyendo con tierra cruda³. La población de bajos recursos utiliza esta técnica como única alternativa, por lo que esta situación no tiene posibilidades de revertirse a corto plazo.

3. DIAGNÓSTICO

Las necesidades actuales del departamento Iglesia demandan la construcción de nuevas viviendas y edificaciones destinadas a los servicios y no se dispone de otra alternativa que construir con materiales naturales como la tierra. En la localidad de Iglesia se han creado talleres y experiencias comunitarias a través de la iniciativa del municipio y la Universidad nacional de San Juan y de vecinos comprometidos con la temática en la conformación de una incipiente cooperativa de trabajo solidario. Es notable el crecimiento edilicio en los poblados Ilesianos debido al desarrollo económico, esta situación, lleva aparejada la demanda de viviendas y otras construcciones pero los pobladores siguen construyendo con tecnologías inadecuadas para zonas sísmicas, dado que recrean sus conocimientos. Los pobladores aplican su criterio sin el apoyo de un sustento tecnológico adecuado, llevan a la práctica conocimientos empíricos heredados de sus ancestros, observándose una pérdida importante de características y detalles constructivos y de técnicas de construcción con tierra, dando como resultado edificaciones en condiciones cada vez peores.

Actualmente la construcción en tierra sigue vigente en los sectores rurales de la provincia de San Juan. Gran parte de la población rural de Iglesia vive en casas de tierra sin posibilidad de acceder a una de ladrillo o de otros materiales industrializados. La construcción de las viviendas obedece a prácticas, en general, espontáneas y sus constructores no cuentan con el asesoramiento de técnicos ni tienen acceso a manuales para la construcción con tierra, adaptados a su nivel de comprensión de un mensaje gráfico.

Se destaca la presencia de edificios de gran valor patrimonial y la arquitectura vernácula de sus casas características, construidas en tierra cruda. Conservan rasgos del siglo XIX en edificios que no sufrieron los efectos destructores del terremoto de 1944, que se han conservado debido a la escasa renovación urbana y edilicia

Los sistemas constructivos que se destacan para la construcción de muros son mampuestos de adobe y los tapiales que aún perduran en edificaciones antiguas. En los techos el sistema más utilizado es del rollizo de álamo y cañas, tanto en techos planos como a dos aguas, como

es el caso de las capillas, también se observan en los dinteles.

Hace más de un siglo estas edificaciones se realizaban con técnicas de construcción con tierra, que significaba casi la única posibilidad dados los escasos recursos alternativos que se encontraban en esta región. La alternativa era hacer uso de la tierra como estaba en el lugar, traer mejor tierra de otro lugar o mejorar la del sitio. Sin embargo estos conocimientos se van diluyendo porque solamente tienen un soporte oral para su transmisión.

Actualmente, estos edificios históricos presentan deterioros producidos, por la acción del clima, del hombre, la utilización inadecuada de los materiales y tecnologías, y falta de mantenimiento. Una adecuada intervención permitiría mantener las características de la identidad histórica-cultural, rica en tecnologías, morfología y los saberes conservados por los pobladores a través del tiempo.

Estas comunidades que de a poco van olvidando estas técnicas y en el camino se van perdiendo importantes detalles, necesitan de un proceso de enseñanza-aprendizaje organizado y sistemático para recuperar el conocimiento de las técnicas constructivas que poseen y concienciarse del valor de su patrimonio y la importancia de su participación en la conservación del mismo.

En la carrera de Arquitectura el tema construcción con tierra no está considerada específicamente en las asignaturas de grado y como contrapartida los constructores y restauradores de la comunidad tienen los conocimientos de tecnologías apropiadas, pero no poseen la herramienta teórica para valorar y conservar al patrimonio. Este tema es estudiado por los alumnos y futuros arquitectos desde una iniciativa personal.

El turismo y la minería están acelerando los procesos de renovación urbana y edilicia en los departamentos norteños, sin control, por la ausencia de planes oficiales en las temáticas de turismo y conservación del patrimonio. La construcción tradicional de adobe y quincha en las zonas rurales de la provincia es llevada a cabo por pobladores que poseen el conocimiento transmitido de generaciones anteriores, hecho que provoca una pérdida paulatina de detalles constructivos por la falta de supervisión, que determinan construcciones que presentan deficiencias cada vez mayores que disminuyen su resistencia al sismo y

su respuesta al clima (Plana et al, 2013). Actualmente en la provincia hay un importante déficit habitacional y existe una gran franja poblacional que no puede acceder a una vivienda.

Por lo expuesto y luego de estudiar el tema desde la investigación científica durante casi tres décadas, el equipo de investigadores tiene la certeza que es el momento de promover estudios sobre la temática, especialmente aquellos que propongan soluciones habitacionales seguras, de bajo costo y fácil ejecución, adaptadas al clima y a los modos de vida del poblador de las zonas rurales de la provincia.

4. PROPUESTA INTEGRACIÓN ARTICULACIÓN ENTRE DOCENCIA, INVESTIGACIÓN, EXTENSIÓN

En el Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño, de la UNSJ, se pretende intercambiar conocimientos sobre las técnicas de ejecución y sistemas constructivos, la tecnología de los materiales, su origen, composición y el comportamiento físico mecánico a los distintos esfuerzos y solicitaciones, e Interpretar y valorar los factores culturales, climáticos, condiciones de uso, y mantenimiento que determinan el

Un correcto diseño arquitectónico, que responda a los condicionantes establecidos, junto a la documentación técnica de fácil comprensión y aplicación constituyen el resultado que se espera alcanzar. Tampoco son reconocidas por el Estado, al efecto se puede afirmar que, considerando la Argentina, la realidad muestra un diagnóstico similar: teniendo en cuenta que casi un 75% del país es árido y semiárido, la arquitectura de tierra es parte del patrimonio tradicional, y solución habitacional vigente para el habitante sin recursos, pero aún sin el adecuado reconocimiento y promoción por parte del Estado (Rotondaro, 2002).

diseño de las construcciones de tierra y de las distintas soluciones técnicas constructivas. Brindar conocimientos y herramientas necesarias para introducir al alumno y a los técnicos del municipio y de la comunidad, en una dinámica de análisis del patrimonio cultural local.

Puede pensarse que el presente trabajo colaboraría en propiciar el equilibrio de las diferentes situaciones que se plantean en la comunidad del Departamento. Se plantea llevar a cabo una capacitación para alcanzar estrategias tecnológicas destinadas a construcciones en tierra y a la vez relacionar la forma de las edificaciones con su reforzamiento sísmo resistente. Se estudia el comportamiento y vulnerabilidad de edificaciones en tierra portante -adobe y tapia- considerando las fallas de las construcciones existentes. De este análisis, se dilucida el sistema de reforzamiento estructural más efectivo para obras nuevas, con el fin de profundizar en el estudio de un caso específico de refuerzo para su posterior desarrollo.

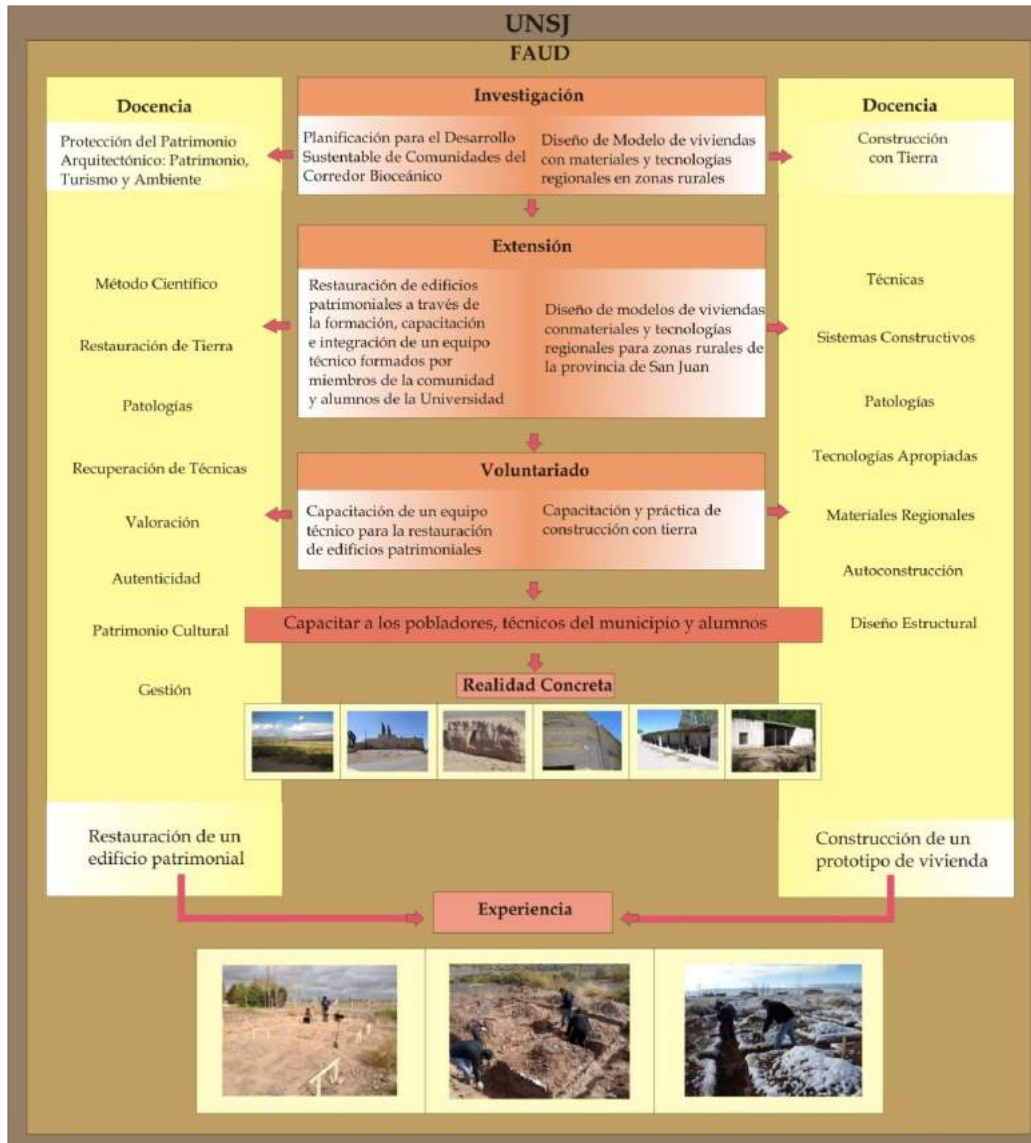


Figura 1 – Gráfico articulación Docencia, Investigación, Extensión, Voluntariado

La tarea comunitaria y de sentido social que implican este tipo de tareas y la accesibilidad de los sectores más humildes a los insumos básicos para la realización de una necesidad y un derecho como el de tenerla

vivienda propia, nos obliga a capacitar y procurar mejorar en la técnica de construcción con tierra natural en esta localidad. La formación del equipo de comunidad y alumnos permite sembrar ideas que propicien el trabajo mancomunado. El comprender los beneficios del trabajo cooperativo abre las puertas al fortalecimiento comunitario. Valorar el patrimonio, conocer las herramientas y modos de conservarlo permite pensar en el patrimonio como un potente elemento cultural capaz de propiciar el desarrollo local. Viabiliza la diversificación en la obtención

de la renta de los pobladores complementando la tradicional actividad complementaria. Los pobladores tienen el saber empírico, y con pocos recursos económicos se pueden restaurar las construcciones de valor patrimonial y municipio necesita formar recursos los alumnos tienen una falencia en la práctica de restaurar y de construir con tierra. Todos juntos pueden lograr que el patrimonio sea un elemento articulador para el desarrollo (figura 1).

4.1 Antecedentes académicos

El equipo que propone este trabajo, estudia la temática del patrimonio rural desde un enfoque interdisciplinar abarcando tanto las ciencias duras como las blandas. En investigación se aborda la disciplina de conservación del patrimonio desde el año 1999, haciéndose hincapié en la revitalización del patrimonio rural de pequeñas asentamientos. Se trabajó en la concientización de los pobladores sobre el valor de su patrimonio y se transfirieron los desarrollos tecnológicos alcanzados sobre mejoramiento de prácticas de restauración de edificaciones construidas en tierra, con valor patrimonial.

Recientemente en el año 2012, se llevaron a cabo experiencias interactivas con pobladores del Departamento Iglesia, con la modalidad curso - taller en el tema 'Restauración de Arquitectura de Tierra' por este equipo de investigadores- extensionistas con extensa trayectoria en estudios sobre patrimonio, tecnologías con uso de materiales y técnicas locales, normas y recomendaciones sísmicas de la provincia, y en cátedras de grado.

En la elaboración dictado y realización de estas experiencias se integraron las Cátedras electivas de 'Protección del patrimonio arquitectónico: patrimonio turismo y ambiente' que se dicta ininterrumpidamente desde el 1998 y 'Construcción con tierra' desde 2011. Los proyectos de investigación subsidiados por CICITCA UNSJ son: 'Planificación de Proyectos Culturales para la puesta en valor del Patrimonio del Departamento Iglesia' (2008-2010), 'Estrategias morfológicas y tecnológicas de diseño sísmo resistente para construcción y restauración de edificios de tierra' y 'Preservación y sostenibilidad del patrimonio cultural en el corredor Bioceánico- tramo San Juan' (2011-2013). Los proyectos de extensión y programas

de vinculación articulan y transfieren los resultados obtenidos en los proyectos entre Universidad y la Sociedad desde el área de Extensión Universitaria son: 'Transferencia de tecnologías de restauración y edificio patrimoniales para pobladores del Departamento Iglesia' (2010); 'Capacitación para pobladores de zonas rurales en los procesos de restauración de edificios construidos en tierra, con valor patrimonial en la región andina' (2010); y 'Intervención de edificios patrimoniales para uso comunitario y/o turístico, a través de la formación y capacitación de un equipo técnico en el departamento Iglesia, San Juan' (2012).

Estos trabajos generaron gran expectativa en la comunidad del Departamento y en el ámbito universitario, generando un incentivo para seguir trabajando en esa comunidad, puntualmente con la capacitación de los pobladores, incentivó el proyecto de Extensión del que surge esta experiencia. Se dictaron cursos y talleres de capacitación a los técnicos del municipio, líderes de la comunidad y a los pobladores del lugar, en un proceso interactivo, donde estos últimos enseñaron su acervo constructivo tradicional heredado y el equipo de extensionistas transmitieron conocimientos sobre la restauración de edificaciones con valor patrimonial.

En este proyecto se relevaron y seleccionaron los edificios a intervenir consensuados con la comunidad y el Municipio, se realizaron las propuestas de intervención, se organizaron y dictaron los cursos teóricos y prácticos realizando un taller de capacitación y la confección de la documentación necesaria.

En la actualidad se están llevando a cabo los siguientes proyectos:

4.2 Extensión

4.2.a Restauración de edificios patrimoniales a través de la formación, capacitación e integración de un equipo técnico formado por miembros de la comunidad y alumnos de la UNSJ, en el departamento Iglesia, San Juan.

Este proyecto se desarrollará a partir de la transferencia del conocimiento teórico práctico del equipo de extensionistas, a un equipo integrado por miembros de la comunidad, del Departamento Iglesia, que a su vez transmiten sus conocimientos empíricos heredados a los alumnos de la Universidad.

La formación versará sobre técnicas constructivas, materiales y el estudio particularizado de patologías que presentan los edificios patrimoniales, en el departamento para dar una respuesta óptima a sus vulnerabilidades y proteger su autenticidad.

Transmitir las herramientas teóricas necesarias, para realizar correctas prácticas de restauración en el patrimonio vernáculo construido, por los miembros de la misma comunidad, porque ellos deben ser no solo los custodios sino también los hacedores y restauradores del patrimonio local. Transmitir las técnicas y materiales usadas en sus prácticas cotidianas a los alumnos genera un aprendizaje único producto de la realidad.

Este ida y vuelta de conocimientos hace presente a la Universidad en el medio y el medio aporta a la universidad la posibilidad de trabajar en una realidad concreta, trabajar desde adentro de las instituciones y desde adentro de los problemas

El proyecto pretende ser un aporte a la conservación del patrimonio rural –vernáculo utilizando como herramientas,

la planificación de los aspectos técnico- constructivo- morfológico y funcional incluyendo la gestión referida a la formación recursos humanos y consenso en las decisiones.

4.2.b Capacitación y práctica de construcción con tierra en el departamento Iglesia, San Juan.

Objetivo General: Transferir los desarrollos realizados en tecnología del IRPHa, al mejoramiento de prácticas de construcción de edificaciones de tierra, en el departamento Iglesia en la provincia de San Juan.

El presente proyecto tiene por objetivo capacitar a los pobladores y técnicos de la municipalidad de Iglesia en Técnicas de construcción con materiales y tecnologías de la región. Se complementa con la realización de un diseño de prototipo de vivienda a construir con estas técnicas con colaboración del municipio de Iglesia.

4.3 Investigación

4.3.a *Diseño de modelos de viviendas con materiales y tecnologías regionales para zonas rurales de la provincia de San Juan*

Objetivo general: Proponer modelos de viviendas rurales para la autoconstrucción con materiales y tecnologías regionales considerando zonas bioclimáticas, sustentabilidad, modos de vida y un diseño que responda a las normas internacionales de sismo resistencia parámetros de arquitectura sustentable.

La tierra como material natural de construcción está viviendo una suerte de resurgimiento, tras un largo periodo de abandono por la preferencia de materiales industrializados. Actualmente las tecnologías regionales que emplean materiales naturales como el adobe, la tapia o la quincha, se están utilizando cada vez con mayor frecuencia en mérito a sus múltiples beneficios de sustentabilidad ambiental como menores costos, salubridad, propiedades de aislamiento termo acústicas, regulación de la humedad del aire, resistencia al calor. A ello se le agrega la alta probabilidad de autoconstrucción por su facilidad de ejecución formando parte de las tecnologías alternativas o apropiadas de baja complejidad tecnológica. La desventaja de su baja resistencia sísmica se mejora empleando técnicas apropiadas que refuercen su estabilidad.

Estas construcciones poseen un bajo impacto ambiental por utilizar materiales crudos extraídos directamente de la naturaleza y tienen la propiedad de ser reciclables. Sus percepciones no rompen el equilibrio existente entre lo natural y lo antrópico. Por lo tanto tienen un bajo impacto ambiental al ser reutilizables y no contaminantes.

Este proyecto es continuación del ejecutado en el periodo 2011-2013: 'Estrategias tecnológicas y morfológicas de diseño sísmico resistente para construcción y restauración de edificios de tierra'.

En este proyecto se investigan las construcciones con tierra en sus aspectos tecnológico, morfológico y ambiental, procurando mejorar la resistencia al sismo, la respuesta a las características del clima en las distintas zonas bioclimáticas de la provincia y el respeto a las pautas culturales del poblador rural. Este conocimiento permite alcanzar el objetivo general de proponer el diseño

Con el proyecto que aquí se presenta se busca transferir resultados de las investigaciones en los aspectos referidos a la construcción de edificios con uso de materiales y tecnologías regionales y los desarrollo tecnológico para las zonas rurales basado en el uso de los materiales y técnicas siguiendo las recomendaciones generales fijadas por los organismos internacionales y nacionales para la construcción con tierra.

Se trata de utilizar técnicas centenarias para lograr la texturas y terminaciones, buscando una imagen similar a la arquitectura actual de los poblados iglesiasanos, que además, garantice su durabilidad, así como establecer pautas (desde la adecuación del diseño estructural-tecnológico), que contribuyan a lograr edificios más adaptados a las condiciones sísmicas ambientales locales, durante su etapa de servicio y recomendaciones de diseño y un entorno construido más sustentable.

de modelos de viviendas rurales con el uso de materiales y tecnologías regionales.

Se tiene en cuenta también que la legislación vigente en la Provincia no contempla sistemas constructivos regionales con tierra cruda debido a su vulnerabilidad ante un sismo. En el ámbito internacional, se sugiere que la sismo resistencia de las viviendas de tierra está directamente relacionada con su morfología y las técnicas constructivas adaptadas a estas exigencias.

4.3.b *Planificación para el desarrollo sustentable de comunidades del Corredor Bioceánico a través de Patrimonio Natural y Cultural considerando su potencial turístico. Tramo San Juan*

Objetivo General: Formular una planificación (plan) estratégico de conservación y puesta en valor del patrimonio natural y cultural de los poblados involucrados y sus áreas de influencia, usando al turismo como elemento dinamizador, con la participación de las comunidades involucradas, para la sustentabilidad del territorio.

El proyecto está enfocado al desarrollo sustentable de los oasis del norte sanjuanino y sus poblados. Hoy, el impacto de una obra de carácter regional y continental, como la construcción de la Ruta Nacional 150 como parte del nuevo Corredor Bioceánico, servirá de conexión entre los océanos Atlántico (Porto Alegre – Brasil) y Pacífico (Coquimbo – Chile), provocando profundos cambios territoriales, ambientales y con ello una transformación de la identidad regional de estas comunidades.

El eje vial nuevo conecta a tres departamentos del norte de Provincia de San Juan, Iglesia, Jáchal y Valle Fértil, con el mundo y la globalización, poniendo en peligro su patrimonio y con ello, la identidad local. El área de estudio se ubica en las comunidades rurales del corredor Bioceánico Central, y su área de influencia, en los mencionados departamentos.

Se proponen estrategias, pautas, y proyectos para el desarrollo de actividades que constituirán un soporte para el crecimiento económico, social, cultural y ambiental en beneficio del hombre y el ambiente. Planificar, a partir de la conservación del patrimonio y del turismo, para un desarrollo sustentable.

El concepto sustentabilidad, en la presente propuesta, se toma desde la generalidad del término y de los distintos enfoques relacionado al turismo y al patrimonio, en un abordaje desde la necesidad en formar sociedades sustentables para su propia existencia.

El marco conceptual donde se desarrollará la propuesta y base para la vinculación de las diferentes áreas disciplinares será a través de los conceptos de desarrollo local, desarrollo sustentable, sustentabilidad, patrimonio y turismo, preservación del paisaje cultural-ambiental.

Se trata de dar soluciones al impacto de una obra pública de gran envergadura, desde parámetros de integración y aplicabilidad de soluciones integrales.

En síntesis lo que se va a realizar es una planificación de acciones y estrategias para mitigar los impactos negativos, y potenciar los beneficios producto de la construcción del corredor Bioceánico, teniendo como ejes al patrimonio y al turismo

4.4 Voluntariados

El Programa de Voluntariado Universitario se inserta dentro de una política estatal orientada a profundizar la función social de la Universidad, integrando el conocimiento teórico y práctico aprendido en sus claustros con las problemáticas más urgentes de nuestro país. Se genera, de esta manera la articulación entre el saber académico con el conocimiento popular, construyendo distintas alternativas de transformación y desarrollo.

4.4.a Capacitación de un equipo técnico para la restauración de edificios patrimoniales. Iglesia, San Juan.

Capacitación para restauración

Las tareas de extensión resueltas en estas experiencias se basan en el proceso de enseñanza – aprendizaje para la restauración de edificaciones con valor patrimonial, desarrollándose a partir del intercambio de conocimientos teóricos – prácticos, entre un equipo técnico formado de la comunidad, constructores, albañiles, hacedores de arquitectura vernácula y de los docentes y alumnos avanzados de la carrera Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de San Juan.

Este proyecto se desarrollará a partir de la transferencia del conocimiento teórico práctico del equipo de extensionistas, a un equipo integrado por miembros de la comunidad del Departamento Iglesia, que a su vez transmiten sus conocimientos empíricos heredados a los alumnos dado que no sólo deben ser los custodios sino también los hacedores y restauradores del patrimonio local.

Es tarea de los docentes transmitir las herramientas teóricas necesarias, para realizar correctas prácticas de restauración en el patrimonio vernáculo construido, la formación y ensayar sobre técnicas constructivas, materiales y el estudio particularizado de patologías que presentan los edificios patrimoniales, en el Departamento para dar una respuesta óptima a sus vulnerabilidades y proteger su autenticidad.

A su vez los pobladores enseñan las técnicas y materiales usados en sus prácticas cotidianas a los alumnos generando un aprendizaje directo de la realidad. Este ida y vuelta de conocimientos le da presencia a la universidad en la sociedad y ella aporta a la universidad la posibilidad de trabajar con una realidad concreta, desde el interior de las instituciones compenetrada de los problemas sociales.

La propuesta está dirigida a proponer intervenciones sobre cambios de uso, restauraciones y consolidaciones de estructura, según los casos.

Con los cursos y talleres que se dictarán se intenta aportar una herramienta teórico práctica para fortalecer conocimientos técnicos de la comunidad y alumnos en restauración, reciclaje y puesta en valor de los bienes patrimoniales rurales.

Están dirigidas a técnicos, oficiales, constructores aficionados, tapieros, adoberos, empleados públicos locales, educadores, miembros de asociaciones culturales etc., son los principales responsables de la gestión patrimonial.

La elección del Departamento Iglesia como área de estudio, se debe a que posee un importante patrimonio cultural hasta ahora no trabajado, con potencialidades para el turismo y factible de transformarse en un laboratorio para ser estudiado y restaurado por el equipo formado.

Características de los destinatarios

Los destinatarios son habitantes rurales constituidos mayormente por nativos, en los últimos años se ha sumado un grupo importante de foráneos extranjeros y argentinos y visitantes, atraídos por las bondades del ambiente natural, actividades turísticas y minera.

Los iglesianos conservan costumbres y tradiciones muy arraigadas y las manifiestan en el patrimonio arquitectónico que por este aumento poblacional está amenazado y corre peligro de degradarse y desaparecer. Son seres nobles y trabajadores pero desconocen el valor de su patrimonio, necesitando participar en un trabajo planificado guiado por especialistas para encauzar su predisposición característica.

Cantidad de personas destinatarias directas

Los destinatarios directos son todos los pobladores del departamento porque el patrimonio pertenece a todos y cada uno, desde los niños a los adultos mayores, dado que el rol principal del patrimonio es formar identidades. La población de Iglesia ronda las 7000 personas, según el último censo. Los involucrados directos en la restauración son: los pobladores que conocen y trabajan en tareas de construcción, tanto de instituciones públicas y privadas, propietarios de bienes patrimoniales y trabajadores del turismo

Objetivo general

Formar y capacitar un equipo técnico de pobladores, técnicos del municipio, alumnos y docentes para la restauración de edificios patrimoniales en el Departamento Iglesia, San Juan.

Objetivos específicos y metas

- Organizar y dictar los cursos teóricos prácticos entre todos los involucrados.
- Capacitar a un equipo técnico permanente, que surja de la comunidad y el municipio, para que realicen futuras tareas de intervención de edificios patrimoniales del departamento.
- Seleccionar los edificios a intervenir según necesidades que surjan de entrevistas con la comunidad y su relación con el conocimiento del equipo de extensión.
- Proponer La restauración, reciclaje consolidación, puesta en valor, reforzamiento, según los casos, de distintos tipos de edificios patrimoniales, categorizados en industrial, comercial, singular, vivienda etc.
- Proponer la re funcionalización de los edificios, según grados de adaptabilidad, diagnósticos, análisis patológicos y normativa vigente.
- Consensuar las propuestas técnico-constructivas con el nuevo equipo técnico, a través de talleres y reuniones.

Formulación de La documentación necesaria (planos de desajustes, deterioros, posibles soluciones, uso de herramientas, factibilidad, presupuesto, etc.) para la intervención definitiva de los edificios seleccionados

4.4.b Capacitación y práctica de construcción con tierra en El departamento Iglesia, San Juan.

Esta propuesta surge de la Cátedra electiva 'Construcción con Tierra' y del proyecto de investigación 'Estrategias tecnológicas y morfológicas de diseño sísmo resistente para construcción y restauración de edificios de tierra'. El presente proyecto tiene por objetivo capacitar a los pobladores y técnicos de la municipalidad de Iglesia en Técnicas de construcción con materiales y tecnologías de la región. Se complementa con la realización de un prototipo de vivienda construido con estas técnicas con colaboración del municipio de Iglesia.

Con el proyecto que aquí se presenta se busca transferir resultados de las investigaciones en los aspectos referidos a la construcción de edificios con uso de materiales y tecnologías regionales y los desarrollo tecnológico para las

zonas rurales basado en el uso de los materiales y técnicas siguiendo las recomendaciones generales fijadas por los organismos internacionales y nacionales para la construcción con tierra.

Se trata de utilizar técnicas centenarias para lograr las texturas y terminaciones, buscando una imagen similar a la original, que además, garantice su durabilidad, así como establecer pautas (desde la adecuación del diseño estructural-tecnológico), que contribuyan a lograr edificios más adaptados a las condiciones sísmicas ambientales locales, durante su etapa de servicio y recomendaciones de diseño y un entorno construido más sustentable.

Características de los destinatarios

Los destinatarios son habitantes rurales originarios del lugar a ellos se ha sumado un grupo importante de foráneos atraídos por las características naturales de la zona y la minería como fuente de trabajo. Estos destinatarios conservan costumbres ancestrales de construcciones naturales utilizando la tierra como materia prima, pero esta tradición se encuentra amenazada por la pérdida de su continuidad. Los destinatarios directos son todos los pobladores del departamento.

Metas del proyecto

Se plantea llevar a cabo una capacitación para alcanzar estrategias tecnológicas destinadas a construcciones en tierra y a la vez relacionar la forma de las edificaciones con su reforzamiento sísmico

Objetivo general del proyecto

Capacitar a los pobladores y técnicos de la municipal del departamento Iglesia en técnicas de construcción con materiales y tecnologías de la región. Se complementa con la construcción de un prototipo de vivienda

Objetivos específicos

- Capacitar a pobladores y técnicos del municipio mediante jornadas de capacitación técnico- prácticas.
- Realizar prácticas a través de la ejecución de un prototipo construido con técnicas de construcción con tierra.

Realizar jornadas laborales.

5. RESULTADOS

Para realizar el prototipo de la vivienda construida en adobe se firmó un convenio entre la Municipalidad del Departamento Iglesia y la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de San Juan. Hasta el momento las tareas realizadas en esta experiencia han sido la de nivelación del terreno,

excavación de zanjas para cimientos, hormigonado de cimientos y actualmente se están ejecutando los encofrados para sobrecimientos. Todo esto realizado entre la comunidad, alumnos, docentes e investigadores, favoreciendo el enriquecimiento de sus conocimientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Plana, María Rosa; Pochi, Ana Valeria; Fábrega, Mabel; Testa, Eliana (2013). Conservación arquitectura de tierra itinerario turístico patrimonial. Iglesia, San Juan, Argentina. 3º Congreso Iberoamericano y XI Jornadas Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio. COIBRECOPA, La Plata Octubre de 2013: Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat, IRPHa; Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, FAUD; Universidad Nacional de San Juan, UNSJ

Rotondaro, Rodolfo (2002). La tierra cruda en la construcción del hábitat. SIACOT 2002, San Miguel de Tucumán, Argentina: UNT.

NOTAS

¹ Planificación para el Desarrollo Sustentable de Comunidades Rurales a través del Patrimonio Natural y Cultural y considerando al Turismo. Corredor Bioceánico, tramo San Juan. Proyecto de investigación FAUD UNSJ.

² Preservación y sostenibilidad del patrimonio cultural en el corredor Bioceánico- tramo San Juan' (2011-2013) Proyecto de investigación FAUD UNSJ.

³ Estrategias morfológicas y tecnológicas de diseño sismo resistente para construcción y restauración de edificios de tierra. Proyecto de investigación FAUD UNSJ.

AUTORES

María Rosa Plana, Dra. Arquitecta. Investigadora. Directora de Proyectos, IRPHA (Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat). FAUD, UNSJ. Profesor de Teoría Historia y Crítica Arquitectónica IV y Protección del patrimonio arquitectónico y Urbano, FAUD, UNSJ. Delegada en la Provincia de San Juan de la CNMMLH, Secretaría de Cultura. Presidencia de Nación.

Arturo Pereyra, Arquitecto. Docente de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, de la Universidad Nacional de San Juan, Profesor adjunto a cargo en las cátedras de Construcción con Tierra, Diseño Bioclimático e Instalaciones II, Investigador del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat en la temática tecnologías apropiadas para zonas áridas.

Ana Valeria Pochi Dorazio, Arquitecta, Becaria Doctoral CONICET Tipo I (2013/16). Doctorando: Doctorado Arquitectura y Urbanismo, F.A.U.D. - U.N.S.J. JTP Adscripta: Proyectos de investigación. I.R.P.Ha., F.A.U.D., U.N.S.J. JTP Adscripta: Cátedra: Teoría, Historia y Crítica Arquitectónica IV (2013/14), Protección del Patrimonio Urbano y Arquitectónico (2009/10/11) F.A.U.D., U.N.S.J. Becas obtenidas de investigación (CICYTCA) UNSJ Iniciación (2009/11) y Perfeccionamiento (2011/13).

4.1 Resistência à abrasão de tintas produzidas com pigmentos obtidos por dispersão mecânica e química de solo caulinitico. Fernando P. Cardoso/Rita de Cássia S.S. Alvarenga/ Anôr Fiorini de Carvalho/Maurício P. F. Fontes

Fernando P. Cardoso¹; Rita de Cássia S.S. Alvarenga²; Anôr Fiorini de Carvalho³; Maurício P. F. Fontes⁴
Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil
1,2Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Departamento de Engenharia Civil,
3,4Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Solos
1fernando.pcardoso@yahoo.com.br; 2ritadecassia@ufv.br; 3anorcarvalho@gmail.com; 4mpfontes@ufv.br

Palavras-chave: tintas de solos; dispersão mecânica; dispersão química; resistência à abrasão.

Resumo

No aperfeiçoamento de processos de produção de tintas à base de solos, desenvolvido pelo projeto Cores da Terra, foram identificadas dificuldades para desagregar os solos, estabilizar as suspensões, homogeneizar e emulsificar as misturas com resinas adesivas para garantir boa viscosidade e resistência à abrasão às tintas. Este trabalho discute o efeito isolado e combinado da dispersão mecânica e química sobre um solo caulinitico e de duas resinas sobre a resistência à abrasão das tintas. A dispersão mecânica foi realizada com o disco Cowless e a química com a adição de NaOH. As resinas utilizadas foram o poliacetato de vinila (PVA) e o polivinil-álcool (à base de PVA, NaOH e álcool etílico). As formulações foram delineadas nos seguintes experimentos de mistura: F01-04. Dispersão mecânica e adições graduais de PVA; F05-07. Dispersão mecânica e química e adições graduais de PVA; F08-10. Dispersão mecânica e ação combinada da dispersão química e efeito adesivo promovido pelo polivinil-álcool. Os resultados demonstraram a instabilidade da viscosidade das amostras F01-04, devido à emulsificação das tintas, e que, para as amostras F05-07 e F08-10, a viscosidade manteve-se estável. A resistência à abrasão das amostras F04, F08, F09 e F10 atendeu aos requisitos da NBR 15078, enquanto as demais apresentaram resultados inferiores ao determinado pela norma. Diante disso, conclui-se que, a ausência de NaOH, no caso das amostras F01-04, prejudica a estabilidade da viscosidade das tintas, enquanto que, com a adição de NaOH, no caso das amostras F05-07, o efeito da resina PVA sobre a resistência à abrasão é prejudicado. Já para o caso das amostras F08-F10, o uso do polivinil-álcool combinado com a dispersão mecânica atendeu às demandas de resistência à abrasão e estabilidade da viscosidade esperadas.

1. INTRODUÇÃO

No meio rural brasileiro, a pintura era realizada com solos, prática popularmente denominada "barreado". A prática de "barrear" consistia em aplicar solos diluídos em água nas paredes – geralmente barro branco ou tabatinga – com o uso de um pano. O barreado era a última camada a ser aplicada sobre as paredes de adobe ou pau-a-pique. Apesar da escassez de referencial teórico relativo às suas origens, o barreado parece ter sido a técnica mais empregada para a pintura de paredes no meio rural brasileiro até meados do século XX, quando foram implantadas as primeiras indústrias de tintas no Brasil (Cardoso et al., 2013 e Uemoto, 1993). Também eram utilizados solos com outras colorações, tais como os vermelhos e os ocre, mas de forma mais restrita. A condição para se aplicar determinado solo era a predominância de argila em sua composição, pois a elevada superfície específica de suas partículas promove uma maior aderência ao substrato.

No entanto, as forças de interação entre as partículas das argilas, e dessas com as superfícies, não são suficientes para garantir a resistência e a durabilidade do barreado às intempéries, o que demanda manutenções frequentes (mensalmente). Segundo relatos, uma porção de barro branco era estocada sob os assoalhos das casas para o fim de realizar as manutenções, que se davam com mais frequência na cozinha (devido à fuligem gerada pelo fogão à lenha) e em períodos maiores nas demais paredes, internas e externas. Apesar da realização das manutenções ser uma prática tradicional, esse é o

principal fator que determina o desuso do barreado e sua substituição por tintas industrializadas (Cardoso et al., 2013).

Apesar disso, ainda é possível encontrar comunidades rurais nas quais os moradores ainda utilizam o barreado. No entanto, isso se dá mais por carência de recursos financeiros que pela vontade de preservar a técnica (Cardoso et al., 2013). Por outro lado, a emergência das questões ambientais e a valorização dos conhecimentos populares apontam no sentido do resgate e aperfeiçoamento da técnica, em contraposição ao uso das tintas industrializadas, mais caras e nocivas ao meio ambiente, devido à presença de aditivos constituídos por compostos orgânicos voláteis (Uemoto et al., 2006).

Portanto, torna-se necessário estimular a autoprodução de tintas mais baratas e menos nocivas, por meio de estudos que integrem os conhecimentos populares e os técnico-científicos, levando ao desenvolvimento de tecnologias sociais. Diante disso, pesquisadores do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), por meio do projeto Cores da Terra, desenvolvem novos procedimentos para aperfeiçoar o processo de produção do barreado, como forma de conferir à técnica características de uma tinta propriamente dita.

Para tanto, os solos são dispersados para obter suspensões de partículas em água, que vão constituir filmes estáveis

sobre as superfícies depois de secos. A estabilidade e a aderência das películas às superfícies são garantidas pela adição da resina poliacetato de vinila (PVA), o que confere ao barreado as características de uma tinta látex – PVA (Cardoso et al., 2013).

O projeto realiza atividades de resgate de técnicas tradicionais de pintura que utilizam pigmentos de origem mineral e a difusão de conhecimentos por meio de cursos destinados a estudantes, comunidades e profissionais da área da construção civil. Desde 2005 foram realizados aproximadamente 100 cursos em 14 estados brasileiros (Fares, 2013).

No entanto, das experiências realizadas surgiram diversas limitações relativas à compreensão da interação Solo x Água x PVA. Os relatórios de atividades de extensão

realizadas pelo projeto registram com frequência a dificuldade de obtenção de suspensões homogêneas com solos argilosos e, principalmente, problemas para aplicação e aderência das tintas em processos de repintura (Fontes et al., 2013). Concomitantemente, o conhecimento das interações que ocorrem entre as partículas que constituem os solos (argila, silte e areia) e dos métodos de tratamento dos pigmentos também se apresentou como um limite a ser transposto para se produzir tintas de qualidade (Cardoso et al., 2013).

Assim, o conhecimento dos métodos de dispersão dos pigmentos e da interação dos mesmos com a resina PVA, aumenta o poder preditivo da qualidade das tintas produzidas à base de solos, à luz dos requisitos de desempenho determinados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

2. MARCO TEÓRICO

Os pigmentos de origem mineral são utilizados para a produção de tintas desde cedo na história da humanidade (Hradil et al., 2003). O homem primitivo já conhecia os materiais que podiam ser usados para desenhar nas paredes de sua caverna, como a gibbsita e a limonita (Uemoto, 1993) e, na atualidade, os pigmentos minerais ainda são um dos principais componentes utilizados pela indústria de tintas, em geral como cargas minerais (Luz; Lins, 2005).

A atuação de cada tipo de pigmento está relacionada às suas características físicas e químicas e à sua interação com os outros componentes básicos: os diluentes e os aglutinantes que tem, respectivamente, a função de conferir às tintas as condições ideais de pintura, visando facilitar o trabalho de aplicação e alastramento; e de formar a película protetora na qual se converte a tinta depois de seca.

Para tanto, a indústria utiliza procedimentos para dispersar as partículas dos pigmentos e colocá-las em suspensão. Os principais procedimentos utilizados são mecânicos, com o uso de discos dispersores e moinhos (Fazenda, 2005), sendo o disco dispersor Cowless a principal ferramenta utilizada para tal fim.

Para estudar aspectos físicos e mineralógicos dos solos, também são utilizados procedimentos para a dispersão das partículas e suspensão das mesmas no meio, com o uso de dispersantes químicos, sendo o principal o hidróxido de sódio – NaOH (EMBRAPA/CNPQ, 1997). O cátion trocável Na^+ tende a dispersar os aglomerados das partículas de argila no meio aquoso por formar um potencial zeta adequado à repulsão, o que provoca um aumento da superfície das partículas, acessível à água (Santos, 1975).

Em tecnologia cerâmica realiza-se a defloculação de argilas para obter maior homogeneidade das massas e assim reduzir os defeitos no produto acabado (Gomes et al., 2005). A máxima defloculação (individualização das partículas) se dá por meio da adição crescente de defloculante em solução aquosa. Os defloculantes usados são geralmente: hexametáfosfato de sódio, hidróxido de sódio, carbonato de sódio, pirofosfato de sódio, silicato de sódio, etc. (Santos, 1975). Esse ensaio é feito medindo-se a viscosidade em viscosímetros, e obtém-se uma curva de defloculação, que relaciona viscosidade com massa de defloculante. O ponto mínimo de viscosidade é o que corresponde à máxima dispersão dos agregados de partículas, isto é, individualização das unidades cinéticas das argilas (Santos, 1975). Dessa forma é possível conhecer a quantidade mínima de defloculante necessária para a máxima individualização das partículas.

Assim, para a produção de tintas que utilizam pigmentos extraídos dos solos, pode-se combinar tanto os procedimentos desenvolvidos pela indústria de tintas, quanto a aqueles próprios da ciência dos solos e tecnologia cerâmica.

Após equilibrar os aspectos reológicos, o desempenho das tintas deve ser analisado com base em métodos de ensaio determinados por normas da ABNT, que avaliam aspectos como resistência à abrasão, poder de cobertura, dentre outros, para diversas categorias de tintas, sendo as de interesse desse trabalho aquelas indicadas para a construção civil. Nesse trabalho o requisito de desempenho avaliado foi a resistência à abrasão, de acordo com a NBR 15078: 2006. Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva.

3. METODOLOGIA

A pesquisa obedeceu aos seguintes procedimentos:

a) Realização do ensaio de defloculação de barbotinas, conforme Santos (1975): Deve-se, num primeiro momento, adicionar um volume de água para três de argila seca, de modo a produzir uma massa consistente; em seguida, deve-se preparar uma solução de NaOH,

que, no caso em questão consistiu em diluir 30 g de NaOH em 100 ml de água; depois, deve-se adicionar uma quantidade determinada da solução à massa – no caso em questão, de 3 ml para a primeira medição e 1 ml para cada uma das demais –, agitar até homogeneizar e por fim, medir a viscosidade. O procedimento de adicionar a solução de NaOH, homogeneizar e medir a viscosidade

deve ser repetido até se perceber o aumento da viscosidade;

b) Preparação das amostras de tintas e dos corpos de prova: Sabida a quantidade de defloculante necessária para individualizar as partículas da argila e colocá-las em suspensão, foram preparadas as amostras de tintas, de acordo com três composições básicas: água + argila + PVA; água + argila + PVA + NaOH; água + argila + polivinil-álcool (álcool etílico + NaOH + PVA). As formulações produzidas estão apresentadas na Tabela 1:

Tabela 1: Formulações produzidas.

FORMULAÇÕES					
Ref.	Água (ml)	Argila (g)	PVA (g)	NaOH (g)	Álcool etílico 46% (ml)
F01	250	150	0		
F02	250	150	15		
F03	250	150	26,25		
F04	250	150	37,5		
F05	250	150	37,5	0,3	
F06	250	150	37,5	0,6	
F07	250	150	37,5	0,9	
F08	133,33	150	37,5	0,9	66,67
F09	66,67	150	37,5	0,9	133,33
F10	0	150	37,5	0,9	200

A produção das amostras se deu de acordo com as seguintes marchas:

- F01-04: Diluição manual da argila em água, seguida da dispersão mecânica com disco dispersor Cowless acoplado em agitador com velocidade de 300 rpm por 10 minutos; em seguida, adição de PVA e mistura com disco dispersor Cowless acoplado em agitador com velocidade de 300 rpm por 10 minutos;
- F05-07: Diluição manual da argila em água, seguida da dispersão mecânica com disco dispersor Cowless acoplado em agitador com velocidade de 300 rpm por 10 minutos; em seguida, adição da solução de NaOH e homogeneização com disco dispersor Cowless acoplado em agitador com velocidade de 300 rpm por 2 minutos; Por fim, adição de PVA e mistura com disco dispersor Cowless acoplado em agitador com velocidade de 300 rpm por 10 minutos;

Figura 1 (esquerda) e Figura 2 (direita) – Corpos de prova antes e depois do ensaio de determinação da resistência à abrasão.

- F08-10: Produção do polivinil-álcool: Mistura manual de álcool com solução de NaOH, seguida da adição do PVA e mistura com disco dispersor Cowless acoplado em agitador com velocidade de 300 rpm por 10 minutos; em seguida, diluição manual da argila em água, seguida da dispersão mecânica com disco dispersor Cowless acoplado em agitador com velocidade de 300 rpm por 10 minutos; Por fim, mistura de polivinil-álcool e argila diluída com disco dispersor Cowless acoplado em agitador com velocidade de 300 rpm por 10 minutos;

Preparação dos corpos de prova, conforme ABNT (2006): A preparação dos corpos de prova para o ensaio de determinação da resistência à abrasão se deu imediatamente após a preparação das amostras de tintas. Para a realização do ensaio, foram coletadas as porções de tinta após homogeneização manual. As amostras foram aplicadas em cartelas de PVC *Leneta* de dimensões de 432 mm por 165 mm (Figuras 1 e 2), utilizando-se um extensor de barra com abertura de 175µm e largura de 150 mm. As cartelas foram submetidas à secagem por 7 dias em ambiente com troca de ar à temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $60 \pm 5\%$.

c) Realização do ensaio de determinação da resistência à abrasão, conforme ABNT (2006): O ensaio é realizado por uma máquina de lavabilidade, que possui escova de cerdas naturais que é atritada com a película de tinta aplicada sobre a cartela de PVC. A cada minuto, 30 gotas de uma solução de 1% de nonilfenol etoxilado com 10 moles de óxido de eteno (EO) em água destilada são adicionadas à película que está sendo ensaiada. O resultado do ensaio é expresso em número de ciclos necessários para remover 80% do comprimento da película de tinta (Figura 2), sendo necessário resistir a, no mínimo, 100 ciclos para atender à norma.



4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ensaio de defloculação indicou que a quantidade de defloculante (NaOH) necessária para individualizar as partículas foi de 0,9 para 150 g de argila, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de defloculação

ENSAIO DE DEFLOCULAÇÃO	
NaOH (g)	Viscosidade (cp)
0,45	350
0,6	75
0,75	40
0,9	2
1,05	4
1,20	12

Os resultados do ensaio de determinação da resistência à abrasão estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados do ensaio de determinação da resistência à abrasão.

FORMULAÇÕES E RESISTÊNCIA À ABRASÃO						
Ref.	Água (ml)	Argila (g)	PVA (g)	NaOH (g)	Álcool etílico 46% (ml)	Resist. Abrasão (ciclos)
F01	250	150	0			0,5
F02	250	150	15			20
F03	250	150	26,25			28
F04	250	150	37,5			425
F05	250	150	37,5	0,3		33
F06	250	150	37,5	0,6		21
F07	250	150	37,5	0,9		80
F08	135	150	37,5	0,9	65	500
F09	65	150	37,5	0,9	135	300
F10	0	150	37,5	0,9	200	270

A definição das formulações teve como objetivo avaliar os efeitos da ação isolada e combinada de dois métodos de dispersão de partículas: mecânico (disco dispersor Cowless) e químico (defloculante NaOH). Sabida a quantidade de NaOH necessária para realizar a individualização total das partículas (0,9 g em 150 g de argila), também se optou por variar a quantidade de NaOH, no caso das formulações F05-07, para avaliar sua influência sobre a viscosidade (qualitativamente) e a resistência à abrasão.

Os resultados demonstraram a instabilidade da viscosidade das amostras F01-04, devido à emulsificação das tintas, e que, para as amostras F05-07 e F08-10, a viscosidade manteve-se estável (Ver Figuras 3, 4 e 5).



Figura 3- Efeito emulsificado da amostra F03;

Figura 4 (centro) e Figura 5 (direita) – Estabilidade da viscosidade das amostras F07 e F08.

A resistência à abrasão das amostras F04, F08, F09 e F10 atendeu aos requisitos da

NBR 15078, enquanto as demais apresentaram resultados inferiores ao determinado pela norma.

Em F03 e F04 percebe-se que o limiar do consumo de PVA para chegar à resistência à abrasão de 100 ciclos é mínimo. Para o caso de F07, percebe-se que a resistência à abrasão, mesmo não atendendo à NBR 15078, chegou a seu valor máximo para a quantidade ideal de NaOH, sem prejudicar a viscosidade. Nesse caso, um pequeno incremento na quantidade de PVA parece ser o suficiente para alcançar 100 ciclos de resistência à abrasão, mantendo-se a viscosidade estável.

Já em F08-10, o uso do polivinil-álcool apresentou-se como uma alternativa de baixo custo e alta eficiência quanto à viscosidade e a resistência à abrasão. Quantidades menores de PVA e/ou de álcool etílico parecem ser suficientes para alcançar 100 ciclos de resistência à abrasão.

Quando se adiciona o NaOH, as partículas se individualizam por repulsão elétrica, o que garante a estabilidade da dispersão. Ao se adicionar o PVA, o que se espera é que a resina envolva as partículas e as faça se aderirem umas às outras. No entanto, a repulsão entre as partículas parece manter-se ativa e impedir a formação da rede polimérica. Cabe lembrar que a rigidez dielétrica da água é alta, o que dificulta a atração dos íons positivos com os negativos. Já quando se adiciona o álcool etílico, de baixa rigidez dielétrica (que faz com que os íons negativos e positivos se atraiam), o efeito da alta rigidez dielétrica da água parece ser atenuado, permitindo assim a formação da rede polimérica e o aumento da resistência à abrasão.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que, a ausência de NaOH, no caso das amostras F01-04, prejudica a estabilidade da viscosidade das tintas, enquanto que, com a adição de NaOH, no caso das amostras F05-07, o efeito da resina PVA sobre a resistência à abrasão é prejudicado. Já para o caso das amostras F08-F10, o uso do polivinil-álcool combinado com a dispersão mecânica atendeu às demandas de resistência à abrasão e estabilidade da viscosidade esperadas. Sendo assim, a realização do ensaio de defloculação, bem como a combinação dos efeitos da

dispersão mecânica com a química parece influenciar positivamente a viscosidade das tintas, fator importante para a prática da pintura. E, por fim, o uso do polivinil-álcool apresenta-se como uma proposta promissora, sendo que a adição de pequenas quantidades de álcool-etílico resultou em ótimas viscosidades e resistências à abrasão. No entanto, a compreensão dos aspectos físico-químicos que comandam as interações dos componentes utilizados, bem como desses com as superfícies, apresenta-se como uma limitação a ser superada.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho apresenta resultados da primeira série de ensaios preliminares realizados pela equipe do projeto de pesquisa em andamento denominado "Autoprodução de tintas para a construção civil à base de pigmentos extraídos dos solos". O objetivo principal do projeto é desenvolver um processo de produção de tintas de qualidade e baixo custo, com o uso de processos simples e ingredientes de fácil acesso à população, tendo como referência os requisitos de desempenho determinados pela ABNT, para tintas da categoria econômica.

Além da resistência à abrasão, o projeto também avalia o poder de cobertura das tintas, requisito que avalia o

rendimento em m²/L. Atualmente estão em fase de análise os resultados de ensaios realizados com amostras de tintas produzidas com três tipos de solos típicos da região da Zona da Mata de Minas Gerais.

Com base nos resultados dos ensaios de resistência à abrasão e poder de cobertura obtidos, serão realizadas outras análises com o objetivo de compreender interação polímero-partícula e partícula-polímero (titulação por calorimetria), a forma da película (microscopia eletrônica de varredura), estudos de topologia e hidrofobicidade das tintas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT (2006). NBR 15078. Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva. Rio de Janeiro: ABNT.
- CARDOSO, F. P.; CARVALHO, A. F.; PIRES, F. J. (2013). Os efeitos da desagregação mecânica dos solos na qualidade das tintas imobiliárias produzidas a base de pigmentos e cargas minerais. Anais do 13º Seminário Iberoamericano de Arquitectura e Construcción com Tierra – SIACOT, Valparaíso – Chile, CD-ROM.
- EM BRAPA, CNPS (1997). Manual de métodos de análises de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.
- FARES, A. R.; CARVALHO, A. F. Cores da Terra: Colhendo solos, semeando rumos. Projeto de extensão PIBEX/UFV. Viçosa: UFRV, 2013
- FONTES, M. P.; CARVALHO, A. F.; CARDOSO, F. P. (2013). Qualidade de tintas imobiliárias produzidas à base de solos relacionada às propriedades mineralógicas, químicas e físicas. Relatório de pesquisa. Viçosa: DPS-UFV.
- FAZENDA, J.M.R. (2005). Tintas e vernizes: Ciência e tecnologia. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher.
- GOMES, C.M.; REIS, J.P.; OLIVEIRA, A.P.N.; HOTZA, D. (2005). Defloculação de massas cerâmicas triaxiais obtidas a partir do delineamento de misturas. Cerâmica, 51: 336-342.
- HRADIL, D.; GRYGAR, T.; HRADILOVÁ, J.; BEZDICKA, P. (2003). Clay and iron oxide pigments in the history of painting. Applied Clay Science 22, p. 223-236.
- LUZ, A. B.; LINS, A. F. (2005). Rochas e minerais industriais: Usos e especificações. Rio de Janeiro. CETEM/MCT, 867 p.
- SANTOS, P. S. (1975). Tecnologia de argilas. Vol. 1: Fundamentos. São Paulo: Edgard Blücher.
- UEMOTO, K. L. (1993). Pintura a base de cal. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas; Associação dos Produtores de Cal, 69 p.
- UEMOTO, K.L.; IKEMATSU, P.; AGOPYAN, V. (2006). Impacto ambiental das tintas imobiliárias. Coletânea Habitare, vol. 7, Construção e Meio Ambiente. Porto Alegre: Habitare.

AGRADECIMENTOS

À Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), à Fapemig e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio ao projeto.

AUTORES

- Fernando de Paula Cardoso:** Graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Viçosa – UFV; Estudante de mestrado em Engenharia Civil (Engenharia da Construção) pela Universidade Federal de Viçosa; Pesquisador do projeto Cores da Terra, vinculado aos Departamentos de Solos e Engenharia Civil da UFV.
- Rita de Cássia Silva Sant’Anna Alvarenga:** Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa – UFV; Mestrado e Doutorado em Engenharia Civil pela USP; Professora adjunta do Departamento de Engenharia Civil da UFV.
- Anôr Fiorini de Carvalho:** Graduação, mestrado e doutorado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa; Coordenador do projeto Cores da Terra; Professor adjunto do Departamento de Solos da UFV; Coordenador do projeto Cores da Terra.
- Maurício Paulo Ferreira Fontes:** Graduação em Agronomia e Mestrado em Fertilidade do Solo pela Universidade Federal de Viçosa e Doutorado em Mineralogia e Química de Solos na North Carolina State University; Professor adjunto do Departamento de Solos da UFV.

4.2 Evaluación de pisos de tierra apisonada en Guatemala después de seis años de utilización. Edgar Virgilio Ayala/Francisco Javier Quiñónez

Edgar Virgilio Ayala¹, Francisco Javier Quiñónez²
Universidad de San Carlos, Guatemala
1virgilioayala@yahoo.com; 2javierquinonez@yahoo.es

Palabras clave: Investigación en construcciones en tierra, mano de obra local, materiales locales, pisos de tierra, transferencia de tecnología.

Resumen

Trypanosoma cruzi es el principal agente causal de la enfermedad de Chagas en Guatemala, debido a la presencia del vector *Triatoma dimidiata* en las construcciones con tierra. Ya que este vector tiene capacidad de dispersión y adaptación de hábitat, heterogeneidad genética, así como diferentes grados de domesticidad, se dificulta su eliminación intradoméstica. La interrupción de la transmisión vectorial de la enfermedad en Guatemala se fijó como meta para reducir significativamente la infestación doméstica del insecto, para lo cual se utilizó un control químico mediante el uso de insecticidas peritroides, observándose que después de la pulverización, la re-infestación ocurre a menudo. Esto condujo a presentar una opción de solución basada en el mejoramiento de la vivienda por medio de aplicación de pisos elaborados con materiales nativos y mano de obra local incluyendo los aspectos culturales.

Una estrecha relación entre profesionales de diferentes disciplinas, estudiantes universitarios, pobladores de una zona rural, autoridades locales y gubernamentales, así como la cooperación internacional fue la base de la ejecución de un proyecto que incluyó estudios experimentales de laboratorio y de campo sobre los materiales y la tecnología desarrollada, con posterior aplicación en el mejoramiento de pisos de las viviendas mediante participación comunitaria, después de la realización de talleres de transferencia de tecnología. Después de 6 años de estar las aplicaciones en condiciones de servicio, se realizó una evaluación mediante la inspección ocular del estado actual de los pisos de viviendas de la Aldea La Brea, Municipio de Quezada del Departamento de Jutiapa, lo cual constituye el objeto de este artículo. Los resultados evidencian muy buen comportamiento de los pisos en condiciones normales de uso, caracterizándose por una mejora en las viviendas que evitan la re-infestación del *T. dimidiata* en el largo plazo y proporcionan mejor autoestima en los usuarios.

1. INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Chagas existe expandida en Latinoamérica, incluso en Europa, tal el caso de España. Su combate ha involucrado a investigadores en numerosos países para luchar por su erradicación desde hace muchos años. Un equipo de investigadores de diversas disciplinas ha realizado un proyecto de investigación-docencia-extensión con un enfoque interdisciplinario con participación institucional y comunitaria para implementar una tecnología de pisos apisonados en una comunidad en Guatemala.

En el mejoramiento de los pisos de las viviendas en la aldea La Brea, municipio de Quezada, departamento de Jutiapa en Guatemala se prioriza la salubridad. Los pisos tienen incidencia tanto en el control de la enfermedad de Chagas como en otras enfermedades respiratorias y gastrointestinales.

La evaluación de los pisos en las viviendas seis años después de su aplicación inicial demuestra que la tecnología implementada ha dado resultados satisfactorios entre los pobladores de la aldea La Brea.

Marco Teórico

Las investigaciones en pisos apisonados de tierra son predominantemente de orientación experimental. Se han realizado investigaciones sobre el tema a nivel de grado de licenciatura, tales como las tesis de Jorge Federico Molina Gallardo (1986), Oscar Cruz Ramos (1989), Gustavo Adolfo Dumas (1990), Mario Guilfredo Argueta Martínez (2005), Revibalencia del Cid Cruz (2009). Estos trabajos de investigación se han realizado en el Centro de Investi-

gaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Argueta (2005), presenta algunos criterios relativos a las ventajas de los pisos apisonados,

- Los materiales de composición son fáciles de extraer y sin mayor costo, son accesibles para personas con menos recursos.
- Requieren de tierra limpia de materias orgánicas y contaminadas.
- Utilizan materiales de bajo costo
- Se pueden utilizar diferentes materiales, que mezclados mejoran sus propiedades físicas y mecánicas.
- Son económicos en su construcción.
- El sistema constructivo es sencillo y sin gasto de energía eléctrica.
- Se pueden utilizar los colores de los componentes del suelo y añadir tintes.
- Se pueden reparar fácilmente en caso de daños.
- Disminuyen la suciedad sobre la capa superficial.
- Aumentan la higiene en la vivienda.
- Permiten la limpieza del área.
- Disminuyen la posibilidad de concentración de insectos.
- Se pueden utilizar conocimientos históricos vernáculos.
- Requieren de aprendizaje de la tecnología.

Otros conocimientos sobre pisos apisonados correspondientes a épocas históricas pasadas son aportados por las investigaciones arqueológicas de Miguel Rivera Dorado (1977), Marlen Gamica (Gamica; Marroquín, 2000) y otros arqueólogos.

Según el censo habitacional del 2002, en Guatemala 736.753 casas poseen pisos de tierra, equivalentes al 28,6% del total de las casas censadas (INE, 2002).

Las condiciones económicas de las familias tienen una relación directa con la calidad de la vivienda, sobre todo con los materiales de construcción y los sistemas constructivos utilizados.

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Investigadores

Los investigadores que participan en la implementación de pisos apisonados utilizando materiales locales pertenecen a diversas disciplinas, tales como la sociología, biología, ingeniería y arquitectura, generando una relación interdisciplinaria que permite incidir satisfactoriamente en el proceso de investigación. Profesionales y estudiantes universitarios desarrollan una estrecha comunicación con funcionarios del Ministerio de Salud, autoridades locales y con pobladores de la aldea La Brea. Los investigadores trabajan en equipo siendo incluyentes con los pobladores de la comunidad durante el proceso de investigación. Reciben apoyo de sus unidades de investigación en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La cooperación internacional se hace presente en la investigación a través del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo –CIID-, de Canadá.



Figura 1. Algunos investigadores del proyecto. Fuente: F.J. Quiñónez (2009)

2.2 Condiciones iniciales en la comunidad

En la investigación inicial se realiza un inventario de los pisos de casa en casa. Así mismo se realiza una identificación de la importancia de los componentes de la vivienda para sus pobladores. En el caso del piso, éste se encuentra en el último lugar de las preocupaciones habitacionales, los pobladores invierten el escaso dinero disponible prioritariamente en las paredes y el techo. Se manifiesta en forma evidente el interés que las personas de la comunidad mostraron desde el inicio del proyecto por la mejora de los pisos.

Los pisos de tierra tradicionales utilizan un sistema en el cual se hace una muy leve compactación manual, los pisos se compactan principalmente por el tráfico de personas, animales y lo que se encuentra por encima de ellos, muebles, mesas, etc. En la mayoría de los casos se utiliza para su construcción la misma tierra del lugar donde se vive. Los pisos tradicionales son sometidos a desgaste por el uso que se les da a nivel familiar.

Las mujeres barren el piso regularmente con escoba y lo reparan con las manos cuando lo consideran necesario.

Este sistema es laborioso y tiene una duración limitada. Los pisos pueden presentar irregularidades, desprendimientos, lo que permite la existencia de la chinche. Los procedimientos utilizados en las viviendas para la dotación y mantenimiento de pisos son deficientes tanto desde el punto de vista ingenieril como de salubridad. En la aldea no se encontraron pisos apisonados.

Además, se identificó que la mayoría de las personas pensaban que la mejora de pisos debían realizarla utilizando cemento, principalmente el proceso conocido como torta de cemento. Algunas casas poseen pisos de mortero rústico de cemento y torta de concreto realizados por albañiles o personas con conocimientos en construcción.

2.3 Metodología

La metodología utilizada en la construcción de los pisos apisonados se basa en la experimentación. Así mismo se contempla el acceso al aprendizaje del uso de la tecnología a los propios pobladores de las viviendas, quienes en su mayoría son mujeres. La comunicación entre pobladores contribuye a facilitar la receptividad y la propagación de los conocimientos transmitidos.

Se desarrolla una metodología para el mejoramiento de pisos en viviendas aprovechando los materiales y las condiciones de mano de obra locales.

La tecnología desarrollada corresponde al suelo compactado, en la cual se utiliza suelo del lugar estabilizado con cal y puzolana, con la ayuda de un proceso de compactación manual que utiliza un apisonador de peso y área controlada. El desarrollo de la tecnología requiere de grandes esfuerzos experimentales de laboratorio y de pruebas preliminares de campo bajo condiciones naturales de servicio.



Figura 2. Construcción experimental de piso en el laboratorio. Fuente: F.J. Quiñónez (2008).

La tecnología desarrollada es intensa en mano de obra no calificada, con lo cual se obliga a una organización comunitaria muy fuerte, favoreciendo el espíritu de solidaridad, el cual se manifestó durante la elaboración de los pisos.

Previamente a la realización del mejoramiento de las viviendas por parte de las personas de las comunidades, se realizaron talleres de transferencia de tecnología en ciertas viviendas de la aldea. Los habitantes de la comunidad manifestaron muy buena aceptación de la tecnología desde el comienzo de los talleres de transferencia hasta terminar las aplicaciones.

2.3.1 Materiales

Los materiales utilizados son: suelos, arena, ceniza, cemento, cal. Los materiales locales son extraídos de bancos de materiales en la comunidad, los cuales se han identificado conjuntamente con los pobladores.

Posteriormente son transportados al laboratorio donde se realizan ensayos y se determina si son adecuados para los propósitos establecidos. El uso de suelos de la comunidad permite acceder a un costo reducido y a la facilidad de obtención del material cerca del lugar de la obra.

Una vez los materiales son ensayados y caracterizados se definen las mezclas a realizar, entre las mejores mezclas experimentadas está la siguiente:

Base con suelo: suelo 0,5m², ceniza 0,05m³, cal 1,8 kg., volumen total 0,10m³

Base con arena de río: arena de río 75%, ceniza 25%, cal 1,8 kg. (4 lb.)

Pastina o acabado: suelo 50%, cemento 50%, ceniza 50%.

Cementante: arena de río, proporción 1:1. Se agregó pigmento de color.

2.3.2 Ensayos

Los ensayos de los materiales son realizados en los laboratorios del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Los ensayos de laboratorio de los suelos han seguido las normas de la American Society of Testing Materials (ASTM) en lo relativo a la granulometría, gravedad específica, plasticidad, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad y compactación.

Las granulometrías de los materiales analizados evidenciaron escasa o ningún contenido de gravas, altos contenidos de arena y bajos contenidos de finos. Los ensayos de

laboratorio relacionados con la compactación corresponden a los conceptos de densidad máxima y humedad óptima.

Los ensayos realizados en las mezclas son los recomendados por el Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) de Francia en lo relativo a la permeabilidad y la adherencia. Y la norma de American Society of Testing Materials (ASTM) en lo relativo al ensayo de impacto.

Los materiales analizados presentaron condiciones adecuadas para ser utilizados en la tecnología propuesta.

2.3.3 Estabilización

Los materiales del piso son sometidos a la estabilización física, química y mecánica. Se consideró que los suelos debían ser mezclados con otros materiales para alcanzar la estabilidad deseada, la utilización de puzolanas de lugares cercanos se consideró apropiada para tal fin.

La estabilización física se logra mediante un análisis granulométrico de los suelos basada en la graduación de bases del tipo C establecido en el Libro Azul de la Dirección General de Caminos de Guatemala, donde se establecen las granulometrías máxima y mínima que deben utilizarse en una base.

La estabilización química se obtiene con la mezcla de la cal y el cemento. El uso de puzolana estuvo fundamentado en la reacción cementante adicional esperada al mezclar con hidróxido de calcio en presencia



Figura 3. Piso apisonado en la Brea, Jutiapa. Fuente: M. Méndez (2008)

de humedad y con el aumento de densidad que proporciona la compactación manual. La estabilización mecánica se hace a través de la compactación manual. Mediante la cual se disminuyen los espacios vacíos y se

disminuye el volumen del material aumentando su densidad. El proceso de compactación en el campo se adaptó a las condiciones económico-sociales de la población.

2.3.4 Construcción del piso

Los componentes del piso son: pastina o acabado, pasta, base, sub-base.

El procedimiento recomendado para la elaboración de piso apisonado se describe a continuación:

1. Se limpia y nivela el área, se quita la capa vegetal o tierra negra que exista por lo menos 15 cm bajo el nivel del piso terminado.
2. Se hace el trabajo en tres capas. La primera capa de por lo menos 10 cm de espesor, se llena con un material de alto contenido de arena para evitar la humedad que pueda ascender del terreno natural.
3. Se tiende una segunda capa de 10 cm con poco estabilizador y se compacta, previendo que la humedad sea la adecuada.
4. Se tiende la capa final de 5 cm la cual contiene un alto contenido de estabilizador, debido a que estará sujeta a las cargas y desgastes provocados por el uso frecuente. El estabilizador generalmente puede ser cemento.

Se evaluaron las mezclas de las bases desde dos puntos de vista: Calidad, facilidad de construcción, posibilidad de ascenso de humedad, de no agrietarse, de aislamiento de humedad.

Las experiencias en las investigaciones experimentales desarrolladas en el laboratorio demuestran que es necesario el análisis riguroso de la base y del acabado. El soporte de las cargas a las que está sometido el piso es transmitido al suelo por la base. Así mismo es el componente del piso que impide la ascensión capilar del agua hacia la superficie.



Figura 4. Aplicación de color. Fuente: F.J. Quinónez (2008)

El acabado proporciona la textura superficial del piso, facilitando su limpieza y le aporta su concepción estética. El acabado es de importancia para los pobladores de la vivienda y su contexto social. Los materiales experimentados que proporcionan una textura lisa y durable son la mezcla de cemento con arena de río.

En función de proveer un piso que tenga aspecto decorativo se experimentaron los pigmentos de colores diversos, los cuales tuvieron agradable aceptación por parte de los pobladores. El acceso para adquirir los pigmentos de color es sin mayor dificultad, ya que se pueden adquirir en las ventas de materiales de construcción más cercanas.

2. 4 Transferencia de conocimientos

La aceptación de la nueva tecnología por parte de los pobladores es importante para el buen funcionamiento de los pisos. Para ello los investigadores establecieron comunicación con los representantes comunitarios, propiciando intercambio de conocimientos e informaciones.

Ya que existía poca información sobre la tecnología de pisos en la comunidad, se invirtieron más recursos humanos y tiempo para darle el seguimiento correcto a la utilización de la nueva tecnología y asegurarse de su asimilación por los pobladores. Para ello se realizan talleres, principalmente con la asistencia de mujeres.

Se propicia la participación de los miembros de la comunidad en todas las actividades del proyecto, incluyendo el proceso de evaluación inicial, la investigación experimental, los talleres de transferencia, la aplicación de las mejoras y la evaluación final de los resultados. En los talleres de transferencia como en las aplicaciones en las viviendas hubo muy buena participación y disposición por parte de los pobladores de la comunidad.



Figura 5. Capacitación mediante talleres.

La presencia de los representantes comunitarios y de la antropóloga fue fundamental para la motivación de la participación

2.4.1 Evaluación de los pisos después del mejoramiento

De la evaluación del estado de los pisos elaborados por los habitantes de la aldea, después del proceso de mejoramiento se concluyó que el 71% de los pisos están bien, el 21% tienen alguna deficiencia y el 8% no tienen las condiciones esperadas. En el 70-75% de las viviendas con piso mejorado se observó buena limpieza en los pisos, lo cual es una muestra clara del impacto ofrecido por la mejora realizada.

En cuanto a la exploración técnica de las bases y los acabados de los pisos, se concluyó que las bases tienen un contenido de humedad menor de lo previsto, lo cual es favorable y el grado de compactación en general es adecuado, llegando a tener densidades de 1440 kg/m³.

En cuanto a la opinión de las personas sobre la aplicación de las mejoras en los pisos, de 22 personas entrevistadas, 21 manifestaron que ahora ya no hay pulgas dentro de la vivienda, que el piso es bueno, que está bonito, mucho mejor que antes y únicamente una persona manifestó que no le gustó.

Todas las viviendas son inseguras desde el punto de vista estructural y son consideradas de muy alto riesgo ante fenómenos sísmicos. El proyecto de pisos apisonados es complemento del proyecto sobre la mejora de los revestimientos de las viviendas.

A pesar que la mayoría de los pisos mejorados se consideran como buenos, se comprobó que en todos los

casos existen fisuras, atribuibles a la aplicación de los acabados, en los cuales se incorporó una proporción considerable de cemento. Tales fisuras no comprometen la estructura del piso y eran predecibles debido a la incompatibilidad de los materiales utilizados. A pesar que se realizó más investigación experimental con la retroalimentación de estas imperfecciones, no fue posible llegar a obtener opciones alternativas que garantizaran

flexibilidad en la capa final de acabado (Ayala et al, 2009).



Figura 6. Condiciones de las fisuras del piso. Fuente: F.J. Quiñónez (2009).

La fisuración del piso se desarrolla específicamente en la parte superficial del piso, la estructura del piso se mantiene intacta, que es la duradera ante el uso y ante las cargas que soporta.

Aunque los espesores no pudieron ser corroborados, en ningún caso de los explorados se observaron espesores menores de 5,5 centímetros, profundidad que posible explorar con el equipo existente.

La capa superficial es de consistencia más rígida debido al cemento que le da cierta rigidez y requiere un mayor control de humedad durante el curado para adquirir la resistencia deseada.

3. DISCUSIÓN SOBRE LA EVALUACIÓN DE PISOS EN 2014

La evaluación de los pisos en el 2014 se realiza mediante la observación y la comunicación con los pobladores que utilizan la tecnología implementada desde hace seis años. La visita técnica realizada a la Brea se realiza en presencia de un instructor de los pobladores que aprendieron a utilizar la tecnología de pisos apisonados.

Las visitas confirman la buena comunicación del instructor con los pobladores, usuarios de la tecnología. Quienes facilitan el ingreso a las viviendas en forma espontánea para realizar la observación técnica de los pisos y participan activamente en el proceso de evaluación, analizando el aporte que han recibido por el uso de los pisos apisonados en el control ecosistémico de la enfermedad de Chagas. El estado de los pisos corresponde al estado de la evaluación realizada hace seis años en lo relativo a los pisos que el 71% están bien y a las viviendas con piso mejorado que el 70-75% tienen buena limpieza de los pisos. Los pisos en condiciones deficientes corresponden principalmente al deficiente nivel educativo de los pobladores.

Los pobladores continúan aplicando los conocimientos adquiridos en las nuevas viviendas en lo relativo a la preparación de la superficie, nivelación, extracción y uso de los materiales, mezcla, curado, compactación, aplicación del acabado y mantenimiento.

Los pobladores visitados manifiestan complacencia y satisfacción con la tecnología que les ha sido transferida. Las hijas de los pobladores que participaron en el aprendizaje de la tecnología implementan los conocimientos adquiridos sobre pisos cuando emigran a sus propias casas. Eso también sucede con los nuevos oquillos quienes aprenden y aplican la tecnología transmitida por los dueños de las viviendas. Las condiciones de uso de los pisos apisonados son, en forma dinámica, por personas miembros de la familia y visitas que transitan sobre ellos, además de animales y, en forma estática, los muebles y los aparatos electrodomésticos en los dormitorios y en las cocinas. En todas las viviendas visitadas fue constatado por los pobladores que ya no existen las chinches dentro de las viviendas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Argueta Martínez, Mario Guilfredo (2005). *Propuesta y evaluación de piso de bajo costo a base de tierra para una vivienda rural*. Tesis de grado de licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ayala, V.; Quiñónez, J.; Méndez, M. (2009). *Informe científico final del componente de ingeniería del proyecto de investigación 'Manejo a largo plazo de los factores de riesgo para la re-infestación del vector de Chagas (Triatoma Dimidiata) en la vivienda y el peridomicilio en el Departamento de Jutiapa, Guatemala'*. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo –CIID- y Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC-. Pendiente de Publicación. Guatemala, p. 95

Cruz Ramos, Oscar (1989). *Pisos de baldosas de barro cocido*. Tesis de grado de licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Del Cid Cruz, Revi Balencia (2009). *Metodología de elaboración y evaluación de mezclas para pisos de vivienda del área rural*. Tesis de grado de licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Dumas, Gustavo Adolfo (1990). *Evaluación de un sistema de piso de tierra apisonada estabilizada con cal en una vivienda en Amatitlán*. Tesis de grado de licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Garnica, Marlen; Marroquín, Luz M. (2000). Proyecto arqueológico Ermita de Santa Lucía, Antigua Guatemala. <http://www.asociaciontikal.com/pdf/46.00.pdf>. Consultado el 27 de junio de 2014

Instituto Nacional de Estadística (INE) (2002). *Censo Nacional 2002*. Dirección General de Estadística. Ministerio de Economía. República de Guatemala.

Molina Gallardo, Jorge Federico (1986). *Evaluación de un sistema de piso de tierra compactada estabilizada para vivienda económica*. Tesis de grado de licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Rivera Dorado, Miguel (1977). Excavaciones arqueológicas en Salcajá, Guatemala. http://www.iai.spk-berlin.de/fileadmin/dokumentenbibliothek/Indiana/Indiana_6/IND_06_Dorado.pdf. Consultado el 28 de junio del 2014.

AUTORES

Edgar Virgilio Ayala Zapata, Guatemalteco, Doctor en Ingeniería Civil y Doctor en Filosofía. Profesor Titular de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Asesor de tesis a nivel de licenciatura. Investigador de Construcciones en tierra (adobe, bajareque, tapial, pisos, revestimientos); Maderas tropicales; Cemento puzolánico. Participación en eventos académicos en Europa, América Latina, Asia, África.

Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, Guatemalteco. Ingeniero Civil con especialización en Investigación Científica. Cd. Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Investigador de construcciones con tierra; puzolanas de origen volcánico; ferrocemento; fibras naturales; desechos agroindustriales para utilización en la construcción de elementos para vivienda económica.

4.3 Análisis del comportamiento térmico de muros de quincha. Guadalupe Cuitiño/ Alfredo Esteves/ Rodolfo Rotondaro

Guadalupe Cuitiño¹; Alfredo Esteves²; Rodolfo Rotondaro³

^{1,2}Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV), (INCIHUSA) CCT – Conicet – Mendoza

Tel: 261-5244310. gcuitino@mendoza-conicet.gov.ar, aesteves@mendoza-conicet.gov.ar

³ Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo – UBA. Tel.: (11) 4789-6270. E-mail: rotondarq@telecentro.com.ar

Palabras claves: Tecnología constructiva de quincha, propiedades térmicas, transmitancia térmica, paneles de quincha.

Resumen

Se midió la transmitancia térmica en cuatro paneles de quincha de 0,56 m x 0,56 m x 0,094 m de espesor, entre ambas superficies, mediante el método de placa caliente, dando una transmitancia térmica de 2,64 W/m²K. También se midió incorporando en el alma del panel una placa de poliestireno expandido de 5 mm de espesor, dando un valor de 2,02 W/m²K. Al agregar las resistencias superficiales a éstos valores se obtiene la transmitancia térmica global, resultando para el panel 1,82 W/m²K y de 1,51 W/m²K con el agregado de poliestireno expandido. Este último cumpliría con el requisito de la Norma IRAM 11605, de ser menor a la transmitancia global mínima para invierno de 1,61 W/m²K para zonas con temperatura exterior de diseño entre 0°C y -3°C, y para zonas bioclimáticas con temperaturas de diseño menores a -3°C son necesarias mejoras térmicas en los muros de quincha, como podría ser el agregado de mayor espesor de poliestireno expandido, para que verifique el nivel C de transmitancia térmica mínima. También se muestra cómo calcular el espesor necesario en función de la transmitancia térmica mínima para cada zona climática.

1. INTRODUCCIÓN

Se presenta un trabajo que se encuentra en el marco de la tesis doctoral 'Arquitectura en zonas sísmicas. Estudio energético, ambiental y técnico económico de construcciones sustentables con quincha', donde se analizó la respuesta térmica de los cerramientos verticales de las viviendas construidas con quincha, para poder determinar si son aptas térmicamente para construir en las diferentes regiones bioclimáticas de la Argentina.

La respuesta térmica de una vivienda tiene una importante influencia sobre las personas que la habitan, es esencial que la habitabilidad en el interior de la vivienda sea la adecuada para lograr el confort térmico necesario y proporcionar una mejora en la calidad de vida de quienes la habitan.

La envolvente de la vivienda es la que proporciona, en la mayoría de los casos, la aislación térmica principal del exterior, en particular la envolvente vertical resulta importante, dado que genera una transferencia de calor por radiación importante con los ocupantes del ambiente interior. En muchos casos el ítem térmico, se ve relegado al momento de construir, debido a que cobra más importancia temas como: costo económico, la resistencia de los materiales o la durabilidad.

Las viviendas construidas con quincha, en esta zona de Argentina, emplean un sistema constructivo que consiste en una estructura independiente principal de madera de

álamo (*Populus nigra*) de sección circular, con cerramientos de caña de Castilla (*Arundo donax*) y morteros de barro con fibras en la proporción indicada por Cuitiño et al (2009), y un techo liviano de caña con aislación hidrófuga y un capa de 7 cm de espesor, de hormigón alivianado con pomeca. En general son cerramientos de poco espesor (7,5 cm a 10 cm) comparado con la construcciones tradicionales de ladrillon del Centro-Oeste de Argentina, cuyo espesor mínimo por normas es de 20 cm.

En la Tabla 1, se muestran comparativamente los valores de conductividad térmica de los materiales más empleados para la construcción de viviendas. Se observa que la conductividad térmica de los muros de quincha prefabricada, de tierra comprimida o tapial, de bloque de tierra comprimida (BTC) y de adobe son menores a la que presentan los muros de hormigón y de ladrillo.

Se puede decir que los primeros son mejores aislantes, siendo que la transmitancia térmica de un muro de quincha de 10 cm de espesor es de 1,72 W/m²K, mientras que para un muro de hormigón, de igual espesor, la transmitancia sería 16,39 W/m²K, lo cual es considerablemente mayor, y si se pretende tener una transmitancia similar a la del muro de quincha, sería necesario trabajar con un muro de hormigón con un espesor de 95 cm, lo que se traduce en una mayor inversión.

Tabla 1 – Conductividad térmica de los materiales.

Material	Densidad [kg/m ³]	Conductividad [W/mK]
Tapial (Bestraten et al, 2011)	1400	0,60
BTC (Bestraten et al, 2011)	1700	0,81
Adobe (Bestraten et al, 2011) (Heathcote, 2011) (Blondet et	1200	0,46
	1650	0,82
	750	0,20

Balas de paja (Goodhew; Griffiths, 2005)	60	0,067
Quincha prefabricada (Hays; Matuk, 2003)	1289	0,17
Hormigón normal (IRAM 11601, 2002)	2400	1,63
Pared de ladrillo macizo (IRAM 11601, 2002)	1800	0,91

En el trabajo realizado por Estev es el at (2003), se indica que la resistencia térmica de una fila de cañas de Castilla contiguas de 20 mm de diámetro es de 0,209 m²K/W, que es equivalente a una placa de poliestireno expandido de 7 mm de espesor. Hays y Matuk (2003) indican la transmitancia térmica de la quincha prefabricada, cuando las mismas se encuentran formando una especie de encofrado, es decir, colocando las cañas contiguas una al lado de la siguiente.

Debido a que la conformación de los muros de quincha del presente trabajo es diferente, debido a que las cañas se disponen formando un enrejado, dejando espacios de 20 mm entre ellas, los valores anteriores no pueden ser aplicados para determinar la transmitancia térmica entre superficies de los muros de quincha, desarrollados en la

presente investigación. Por lo tanto, y al existir escasa bibliografía que considere los aspectos constructivos específicos de esta tecnología, resulta necesario realizar mediciones experimentales de la transmitancia térmica en muestras de paneles de quincha construidas a escala y obtener valores certeros de su comportamiento, y de esa forma poder optimizarla para su aplicación en diferentes regiones, si se quiere que la tecnología cumpla las normas IRAM, de cada vez mayor aplicación en los planes de vivienda.

En el presente trabajo se evalúa el comportamiento térmico de los muros de quincha tradicionales y en muros de quincha con mejoras térmicas, para que puedan ser empleados en las diferentes zonas bioambientales de la Argentina.

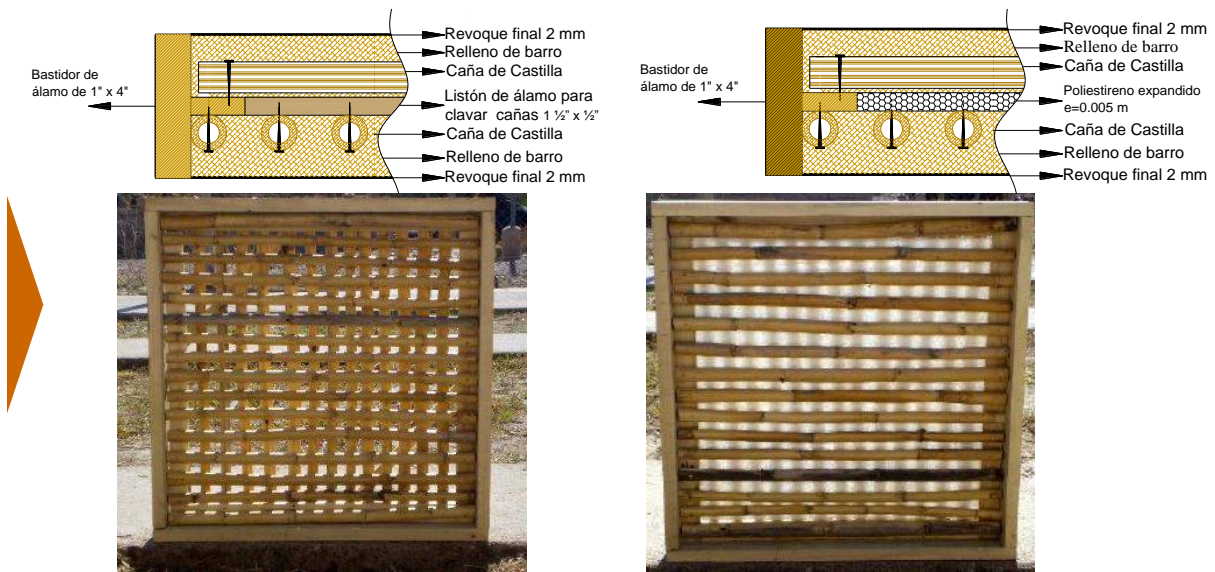
2. METODOLOGÍA

2.1. Armado de los paneles de quincha

Para la evaluación térmica se construyeron cuatro paneles de 0,56 m x 0,56 m x 0,094 m de espesor. En la Figura 1, se aprecian las estructuras de dos de los paneles de quincha construidos, que consisten en un bastidor de álamo de 1" x 4", al mismo se le clavó en el interior un listón de álamo de 1 1/2" x 1/2", en forma equidistante de los bordes. Sobre este listón se clavaron las cañas de ambos lados con un entramado de 16 cañas en el sentido longitudinal en una cara y 15 cañas en el sentido trans-

versal en la otra cara, siendo los diámetros exteriores de las cañas entre 16 mm y 25 mm. Es importante indicar que las cañas fueron previamente perforadas para evitar que el clavo la fisurara en el borde, lo cual genera menor resistencia mecánica del panel. Ados de los paneles se le agregó una placa de poliestireno expandido en la zona media (Figura 1), para generar una menor transmitancia térmica, tratando de mejorar sus condiciones térmicas para ser aplicable a zonas más frías.

Figura 1 – Armado de los paneles de quincha sin y con aislación térmica para su posterior llenado con barro.



Luego se procedió a realizar el relleno de los paneles. La mezcla empleada fue estudiada con anterioridad para lograr un comportamiento óptimo, donde no existieran problemas de fisuración excesiva por retracción del suelo. Se utilizó suelo extraído de Salto de las Rosas, San Rafael, Mendoza, más un agregado del 20% del peso del suelo original en arena y el 1,5% del peso total de mezcla de barro en fibra vegetal (Cuitiño et al, 2012).

En la Figura 2, se muestra cómo quedan los paneles terminados una vez que se rellenan ambas caras con la mezcla de barro y el revoque final es de arena, arcilla y cal, realizado para ajustar bien la superficie que van a recibir las placas de la máquina de ensayos. Cabe destacar que se ha tratado de reproducir lo más fielmente posible la forma de construir que se aplicaría a una vivienda.



Figura 2 – Paneles de quincha rellenos con barro y revocados para conformar una superficie bien lisa para el ensayo.

2.2. Determinación de la transmitancia térmica.

La medición de la transmitancia térmica de los cuatro paneles de quincha, se hizo por medio del sistema de placa caliente normalizado (ISO 8302, 1991; ASTM C177, 1997; IRAM 11559, 1995). Para el ensayo es necesario disponer horizontalmente los dos paneles de quincha entre los cuales se coloca una placa caliente, luego se agrega

una placa fría arriba de la muestra superior y otra placa fría debajo de la muestra inferior. Finalmente, se procedió a aislar todo el perímetro de las muestras, como se observa en la Figura 3, para evitar las pérdidas por la periferia durante el desarrollo del ensayo.



Figura 3 – Disposición de los paneles en las máquinas de placa caliente en el INTI para el ensayo de transmitancia térmica.

En la Tabla 2, puede observarse el rango de temperaturas medias de la placa caliente con las cuales se trabajó para la determinación de la transmitancia térmica. Para el caso de la placa caliente, la temperatura media fue aproxi-

madamente de 37°C y en el caso de la placa fría fue de alrededor de 13°C. Los espesores de los paneles no presentan variaciones.

Tabla 2 – Temperaturas de las placas en los ensayos de los paneles

	Panel sin aislación	Panel con aislación
Temperatura de placa caliente	37,0°C ± 0,1°C	37,2°C ± 0,1°C
Temperatura de placa fría superior	13,2°C ± 0,1°C	13,2°C ± 0,1°C
Temperatura de placa fría inferior	12,9°C ± 0,1°C	13,2°C ± 0,1°C
Espesor panel superior	0,0947 m ± 0,0001 m	0,0941 m ± 0,0001 m
Espesor panel Inferior	0,0943 m ± 0,0001 m	0,0938 m ± 0,0001 m
Tensión suministrada	11,74 V ± 1%	
Corriente suministrada	1,05 A ± 1%	
Factor de calibración	0,985	

A partir de los datos de tensión y corriente suministrados, se determina la potencia térmica (Q) a la que estuvieron sometidos los paneles de acuerdo a la ecuación 1:

$$Q = V \times I \times N \quad [\text{Ec.1}]$$

Donde:

- Q: Potencia térmica [W]
- V: Tensión suministrada [V]
- I: Corriente suministrada [A]
- N: Factor de calibración del equipo de placa caliente: 0,985

Aplicando los valores obtenidos durante el ensayo, en la ecuación 2, y asumiendo que la transmitancia térmica (k)

es la misma para ambos paneles, se despeja y se obtiene por medio de la Ecuación 3 el valor experimental de transmitancia térmica entre superficies de los paneles de quincha.

Aplicando la Ley de Fourier:

$$Q = \left[\frac{k_1 * A * \Delta T_1}{e_1} + \frac{k_2 * A * \Delta T_2}{e_2} \right] * \frac{1}{e_m} \quad [\text{Ec.2}]$$

$$k = \frac{Q}{A * e_m} * \left[\frac{e_1 * e_2}{\Delta T_1 * e_2 + \Delta T_2 * e_1} \right] \quad [\text{Ec.3}]$$

Donde:

- Q: Potência térmica [W]
- k_{1-2} : Transmitancia térmica del panel superior e inferior, respectivamente [W/m²K]
- A: Área de la placa caliente: 0,3048 m x 0,3048 m = 0,0948 m²
- ΔT_{1-2} : Diferencia de temperatura entre panel superior y el panel inferior [°C]
- e_{1-2} : Espesor del panel superior e inferior [m]
- e_m : Espesor promedio de los paneles de quincha: 0,0947 m

En la Tabla 3, se indican los resultados obtenidos a partir de la ecuación 3. Se observa una transmitancia térmica de 2,64 W/m²K en el caso de los paneles tradicionales sin agregado de poliestireno, y para el caso de los paneles con el agregado de poliestireno expandido hay una disminución del 23,5% en el valor de la transmitancia térmica obteniéndose un valor de 2,02 W/m²K.

Tabla 3: Respuesta térmica de los paneles de quincha

Designación	Condiciones Ambientales		Respuesta térmica	
	Temperatura ambiente	humedad relativa	Transmitancia Térmica	Resistencia Térmica
Panel 1 – 2	24 °C	53 %	2,64 W/m ² K	0,38 m ² K/W
Panel 3 – 4	23,5 °C	63 %	2,02 W/m ² K	0,49 m ² K/W

El valor de transmitancia térmica entre ambas superficies de 2,64 W/m²K puede ser comparado con el valor

obtenido en forma analítica en el trabajo realizado por Fernández et al (2004), cuyo cálculo de transmitancia térmica, en un panel de quincha de 0,075 m de espesor, es de 2,32 W/m²K, ambas respuestas térmicas presentan cierta similitud. Si se lo relaciona con el valor de transmitancia térmica de un muro de ladrillo revocado en ambas caras de un espesor de 0,20 m, cuya transmitancia térmica es de 2,40 W/m²K (Norma IRAM 11601, 1996) o con la de un muro de adobe de 0,30 m de espesor cuyo K= 1,43 W/m²K (Bestraten et al; 2011), se puede concluir que todos ellos poseen una respuesta térmica muy similar, aunque los muros de quincha tienen la ventaja de requerir un espesor de muro mucho menor para lograr iguales condiciones térmicas y además se emplean materiales reciclables que se encuentran en la naturaleza.

También se puede observar, que los valores de transmitancia térmica mejoran cuando al panel se le agrega la placa de poliestireno expandido. En este caso, el espesor de la placa de poliestireno expandido fue sólo de 0,005 m de espesor, pero el valor de K= 2,02 W/m²K se podría disminuir aún más con un espesor mayor de aislante térmico y esto permitiría emplear esta misma tecnología en climas más rigurosos.

3. APLICACIÓN DE LOS MUROS DE QUINCHA EN ARGENTINA

Las normas IRAM, en la serie 11600 expresan valores térmicos para cerramientos edificios con el fin de generar ahorros de energía. Particularmente en la IRAM 11605 (1996) se expresan las transmitancias térmicas en función de las distintas zonas bioclimáticas y para tres niveles de exigencia. Resulta interesante observar en qué zonas sería posible utilizar la tecnología de quincha, tomando en cuenta el Nivel C de la Norma 11605, exigido por el Progra-

ma de Crédito Argentino 'PRO.CRE.AR', destinado a la construcción de nuevas viviendas.

Para la evaluación térmica de los muros de quincha, se verifican los valores máximos admisibles de transmitancia térmica (K) para la época de invierno, según las diferentes zonas bioclimáticas de la Argentina, de acuerdo a las normas IRAM 11601 (2002), IRAM 11603 (2012) e IRAM 11605 (1996).

Del producto del espesor promedio del muro de quincha por su transmitancia térmica se determinó la conductividad térmica sin poliestireno expandido 0,25 W/mK y con poliestireno expandido 0,19 W/mK. Luego, haciendo uso de los valores de resistencia térmica superficial exterior 0,13 m²K/W e interior 0,04 m²K/W, dados en la Tabla 2 de la Norma IRAM 11601 (2002), se obtuvieron los valores de **transmitancia térmica global**, mostrados en

la Figura 4, donde para el caso del muro de quincha tradicional el K_{global} es 1,82 W/m²K y para el caso del muro con la aislación el K_{global} es 1,51 W/m²K.

Con estos datos se realiza el análisis para verificar si los muros de quincha cumplen el requisito de transmitancia térmica global en las diferentes zonas bioclimáticas de la Argentina.

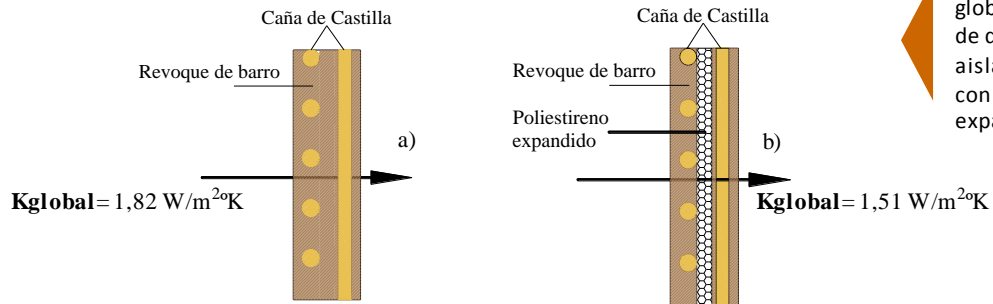


Figura 4 – Valores de transmitancia térmica global de los paneles de quincha sin aislación térmica (a) y con poliestireno expandido (b).

3.1. Análisis de casos

En la Argentina, existen localidades que tienen diferentes temperaturas exteriores de diseño T_{ed} , para la estación de invierno de acuerdo a su situación geográfica. Estos valores se encuentran reflejados en la Norma IRAM 11603. Con estos datos se puede obtener los valores de $K_{max,adm}$ en muros, para el nivel de confort higrotérmico mínimo (nivel C), expresados en IRAM 11605 (1996).

En la Tabla 4, se puede apreciar que en las localidades con temperatura de diseño mayor a 0°C, verifican los valores mínimos de transmitancia térmica de los muros de quincha, nivel C, lo cual representa una opción alternativa para la autoconstrucción de la vivienda.

Tabla 4 – Localidades que verifican el nivel mínimo de transmitancia térmica de muros de quincha

Provincia	Temp. ext. de diseño (invierno)	Valores de $K_{max, adm}$ para invierno		Transmitancia térmica de muros de quincha	
		Medio (B)	Nivel mínimo (C)	Normal	Con poliestireno expandido
Buenos Aires	3,10	1,00	1,85	Si	Si
Catamarca	1,30	1,00	1,85	Si	Si
Córdoba	1,30	1,00	1,85	Si	Si
Corrientes	7,60	1,00	1,85	Si	Si
Resistencia-Chaco	5,90	1,00	1,85	Si	Si
Paraná-Entre Ríos	3,50	1,00	1,85	Si	Si
Formosa	7,70	1,00	1,85	Si	Si
Jujuy	0,20	1,00	1,85	Si	Si
La Rioja	0,40	1,00	1,85	Si	Si
Posadas-misiones	6,90	1,00	1,85	Si	Si
Stgo. del Estero	2,10	1,00	1,85	Si	Si
Tucumán	2,20	1,00	1,85	Si	Si
Oliveros-Santa Fé	1,30	1,00	1,85	Si	Si
Orán - Salta	4,9	1,00	1,85	Si	Si

Se observa en la Tabla 5, que para el caso en que las temperaturas mínimas de diseño que se encuentren entre 0°C y -3°C, verifican los valores mínimos de transmitancia

térmica utilizando muros de quincha con agregado de poliestireno expandido de 0,005 m de espesor.

Tabla 5- Localidades que verifica el nivel mínimo de muros de quincha con aislación

Provincia	Temp. ext. de diseño (invierno)	Valores de $K_{max adm}$ para invierno		Transmitancia térmica de muros de quincha	
		Medio (B)	Nivel mínimo (C)	Normal	Con poliestireno expandido
Cdro Rivadavia-Chubut	-1,10	0,99	1,74	No	Si
Santa Rosa-La Pampa	-2,70	0,93	1,61	No	Si
Mendoza	-1,00	0,99	1,75	No	Si
San Juan	-1,50	0,97	1,71	No	Si
San Luis	-0,70	0,99	1,78	No	Si

La inclusión de un material aislante térmico, que en este caso es el poliestireno expandido, pero podría ser otro (polietileno espumado, espuma de poliuretano expandido, u otros de origen natural como paja, caña etc.), permite ampliar la zona de aplicación de la tecnología de quincha con todas las ventajas derivadas (menor costo, uso de materiales naturales, menores emisiones por construcción, etc) y otorgando soluciones que además cumplen con la normativa vigente.

Por último, en las localidades en que las temperaturas de diseño para invierno son menores a los -3°C , ninguna de las dos variantes de los muros de quincha verifican los valores mínimos de transmitancia térmica, estos valores se ven reflejados en la Tabla 6. Se puede recurrir a dos soluciones, se puede aumentar el espesor de muro y de esta forma la masa térmica o también se puede aumentar la aislación de poliestireno expandido.

Tabla 6 – Localidades que no verifican el nivel mínimo de transmitancia térmica de muros de quincha

Provincia	Temp. ext. de diseño (invierno)	Valores de $K_{max adm}$ para invierno		Transmitancia térmica de muros de quincha	
		Medio (B)	Nivel mínimo (C)	Normal	Con poliestireno expandido
Neuquén	-4,50	0,98	1,48	No	No
Bariloche-Río Negro	-5,60	3,80	1,41	No	No
Río Gallegos-Santa Cruz	- 6,10	0,78	1,38	No	No
Ushuaia	-5,50	0,81	1,42	No	No

3.2. Calculo del espesor necesario en función de la transmitancia térmica exigida

Una mejora que se puede pensar, para que verifiquen los valores de transmitancia térmica, es aumentar el espesor de los muros de quincha, sin el uso de poliestireno expandido. Para lo cual tomaremos el valor de $K_{max adm} = 1,61 \text{ W/m}^2\text{K}$, perteneciente a Santa Rosa - La Pampa,

debido a que es la localidad cuyo valor de $K_{max adm}$ es el menor de los considerados. A partir de la ecuación 4, correspondiente a la resistencia térmica de los muros, se puede obtener el espesor necesario de muro de quincha, para que verifiquen todas las localidades mostradas en la Tabla 5.

$$R_{Total} = \frac{e_q}{\lambda_q} + R_{Sext} + R_{Sint} \quad [\text{Ec. 4}]$$

Donde:

e_q es el espesor de la pared de quincha [m]

λ_q = Conductividad térmica del muro de quincha [0,25 W/m K]

R_{Sext} =Resistencia térmica superficial exterior, IRAM 11.601 [0,13 $\text{m}^2 \text{K/W}$]

R_{Sint} =Resistencia térmica superficial interior, IRAM 11.601 [0,04 $\text{m}^2 \text{K/W}$]

Reemplazando los valores de resistencias térmicas, se obtiene que el máximo espesor, es de 11,7 m, se debe resolver constructivamente la inclusión de un bastidor de 11,7 cm de espesor en la estructura de quincha.

Si para Río Gallegos – Santa Cruz, se procede en forma análoga que para el caso de Santa Rosa, debido a que es la localidad cuyo valor de $K_{max adm} = 1,38 \text{ W/m}^2 \text{K}$ resulta ser el menor de los considerados, se determina que el espesor de muro necesario es de aproximadamente 0,14 m.

Se observa, que para zonas bioclimáticas más frías es necesario aumentar pocos centímetros el espesor de los muros para que se cumpla el requerimiento de transmitancia térmica mínima admisible, de la categoría C de la norma.

Si se deseara lograr una mayor aislación térmica del exterior y llegar a un nivel medio (Nivel B) de transmitancia térmica de los muros, haciendo uso de la ecuación 5, se puede determinar cual sería el espesor necesario para lograr que todas las localidades verifiquen un nivel medio de transmitancia térmica, para lo cual se debe hacer uso

del menor valor de $K_{\text{máx adm}} = 0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$ correspondiente a Río Gallegos, con lo cual obten un espesor de muro de 0,27m.

En el caso, en que no se desee aumentar demasiado el espesor de muro, pero si mantener el valor medio de transmitancia térmica de $0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$, que equivale a una

resistencia térmica de $1,28 \text{ m}^2\text{K/W}$, se puede optar por aumentar el espesor de la aislación térmica de poliestireno expandido a 2 cm. A partir del empleo de la ecuación 5 obtenemos el espesor de muro con aislación térmica necesario, con el cual verifica el nivel medio (B) de K para todas las localidades argentinas, analizadas en este trabajo.

$$e_q = \left[R_{Nec} - \frac{e_{AT}}{\lambda_{AT}} - R_{Sext} - R_{Sint} \right] * \lambda_q \quad [\text{Ec. 5}]$$

Donde:

e_q = Espesor total de muro.

R_{nec} = Resistencia obtenida para Río Gallegos de $1,28 \text{ m}^2\text{K/W}$.

e_{AT} = Espesor de la aislación térmica de poliestireno expandido.

λ_{AT} = Conductividad térmica del poliestireno expandido.

R_{Sext} = Resistencia térmica superficial exterior, IRAM 11.601 [$0,13 \text{ m}^2 \text{ K/W}$]

R_{Sint} = Resistencia térmica superficial interior, IRAM 11.601 [$0,04 \text{ m}^2 \text{ K/W}$]

λ_q = Conductividad térmica del muro de quincha [0.25 W/m K]

Se puede apreciar que haciendo uso de 2 cm de aislación térmica de poliestireno expandido, se obtiene un muro de quincha de 0,13 m de espesor con una transmitancia térmica de $0,77 \text{ W/m}^2\text{K}$, lo que permitiría poder emplear los

muros de quincha en las diferentes zonas bioclimáticas de la Argentina, obteniéndose un nivel medio de confort higrótérmico para todas las localidades, según la Norma IRAM 11605 (1996).

4. CONCLUSIONES

El uso de la tierra como material de construcción tiene varias ventajas en cuanto a posibilidades de autoconstrucción, bajo costo energético incluido, uso de materiales reciclables y renovables, bajo costo de construcción sobre todo en las áreas rurales, donde el acceso a los materiales de construcción son limitados y bajo costo energético para su fabricación lo cual resulta interesante, a nivel macro, en estos momentos que se requiere disminuir los consumos energéticos.

El ensayo térmico de los muros de quincha presenta una transmitancia térmica de $2,64 \text{ w/m}^2\text{K}$ (resistencia térmica $0,38 \text{ m}^2\text{K/W}$), mientras que para los mismos muros con el agregado de una placa de poliestireno expandido de 5 mm de espesor la transmitancia térmica disminuyó a $2,02 \text{ W/m}^2\text{K}$ (resistencia térmica $0,49 \text{ m}^2\text{K/W}$). Los presentes valores permiten valorar la importancia térmica de esta construcción, respecto de un muro de ladrillos de 0,20 m de espesor con una transmitancia de $2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$, con la ventaja que para los muros de quincha sólo se requiere la mitad de ese espesor para lograr condiciones térmicas similares.

Se puede apreciar que si se desea construir con la tecnología de quincha en las zonas bioclimáticas con temperatura exterior de diseño para invierno igual o mayor a 0°C , térmicamente verifican los muros de quincha sin la

incorporación de aislantes térmicos. Sin embargo para aquellas zonas con valores menores a los 0°C y hasta -3°C de temperatura exterior de diseño, la incorporación de 5 mm de poliestireno expandido y 10 cm de espesor de muro de quincha, permite emplear el muro según normas. Sin la incorporación de ésta capa, el espesor de la quincha debería subir hasta 11,7 cm.

Para el caso de localidades más frías, se puede recurrir a una de las dos soluciones planteadas en el presente trabajo, o aumentar el espesor de los muros de quincha o aumentar el espesor de poliestireno expandido. En el caso extremo de la localidad de Río Gallegos, el espesor de quincha sin poliestireno expandido debe crecer a 0,27 m para mantenerse dentro del nivel C de la norma. También se puede lograr un nivel B, con un espesor de 13 cm totales pero incorporando 2 cm de poliestireno expandido en su interior. Ambas opciones son viables, quedando a criterio del dueño de la vivienda la opción que crea más aceptable.

Como ampliación del estudio del comportamiento térmico de los muros de quincha, en estudios futuros se estudiará el riesgo de condensación superficial e intersticial en los muros, para asegurar que no existirá, tomando en cuenta las temperaturas y humedad relativa de diseño expresadas en la norma IRAM 11625 (2000).

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Society for Testing and Materials (1997). ASTM C177. Standard test method for steady – State heat flux measurements and thermal transmission properties by means of the guarded hot plate apparatus.

Bestraten, S; Hormias, E; Altemir, A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. *Informes de la Construcción*. 63 (523): 5-20. ISSN: 0020-0883.

Blondet, M; Vargas, J; Tarque, N; Iwaguchi, C. (2011). Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica del Perú. *Informes de la Construcción*. 63 (523): 41-50. ISSN: 0020-0883

Cuitiño, G; Esteves, A; Rotondaro, R; Maldonado, G. (2009). Análisis económico comparativo de soluciones habitacionales alternativas con quincha respecto de las construcciones tradicionales. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 13. Argentina. ISSN 0329-5184.

Cuitiño, G; Esteves, A; Rotondaro, R; Maldonado, G. (2012). Clasificación y estudio experimental del comportamiento de suelos mendocinos para la construcción de quinchas. *XII Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra-Conferencia Mundial de Conservación de la Arquitectura de Tierra*.

Esteves, A; Ganem, C; Fernández, E; Mitchell, J. (2003). Thermal insulating material for low-income housing". *20th Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Santiago de Chile: Ed. en Cd: art.11.

Fernández, E; Esteves, A. (2004). Conservación de energía en sistemas autoconstruidos. El caso de la quincha mejorada. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 8, Nº 1. p.121-125. Salta. Argentina.

Goodhew, S; Griffiths, R. (2005). Sustainable earth walls to meet the buildings regulations. *Energy and Buildings*. 37: 451-459.

Hays, A; Matuk, S. (2003). Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificación con técnicas mixtas de construcción con tierra. En: *Técnicas mixtas de construcción con tierra*. Proyecto XIV.6. HABYTED Subprograma XIV – Tecnología para Viviendas de Interés Social.

Heathcote, K. (2011). The thermal performance of earth buildings. *Informes de la Construcción*. 63 (523): 117-126. ISSN: 0020-0883.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (1995). IRAM 11559. Acondicionamiento térmico. Determinación de la resistencia térmica y propiedades conexas en régimen estacionario. Método de la placa caliente con guarda. Buenos Aires: IRAM

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2002). IRAM 11601. Aislamiento térmico de edificios. Método de cálculo – Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. Buenos Aires: IRAM

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2012). IRAM 11603. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Buenos Aires: IRAM.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (1996). IRAM 11605. Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Buenos Aires: IRAM

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2000). IRAM 11625. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general. Buenos Aires: IRAM

International Organization for Standardization. (1991). ISO 8302. Thermal insulation. Determination of steady-state thermal resistance and related properties – Guarded hot plate apparatus.

AUTORES

Guadalupe Cuitiño, Dra en Ciencias con especialidad en energías renovables – Universidad Nacional de Salta (2013). Ingeniera Civil - Universidad Tecnológica Nacional (20...). Actualmente becaria Posdoctoral de Conicet.

Alfredo Esteves, Dr. en Arquitectura – Universidad de Mendoza (2013). Ingeniero Industrial - Universidad Nacional de Cuyo (1984). Diplomado Proyectista e Instalador de Sistemas de Energía Solar. Sevilla-España (1992). Investigador independiente CONICET. Docente de la Facultad de Arquitectura Universidad de Mendoza y Facultad de Ciencias Agrarias UNC.

Rodolfo Rotondaro, Arquitecto, Universidad de Mar del Plata (1980). Magíster del Centro Internacional de la Construcción en Tierra, CRATerre, Francia (1987). Doctorando de la FAU-UBA. Investigador Independiente del CONICET, y Profesor de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires, FADU UBA. Ha publicado numerosos trabajos y dirigido varios proyectos respecto del uso de tierra en la construcción.

4.4 Edificación de muros de tierra vertida estabilizados con cal y puzolanas. Luis Fernando Guerrero Baca/ Francisco Javier Soria/, Rubén Roux Gutiérrez

Luis F. Guerrero¹ Baca, Francisco Javier Soria², Rubén Roux Gutiérrez³
Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México.
luisfg1960@yahoo.es; 2fjst_62@hotmail.com
Universidad Autónoma de Tamaulipas-Tampico, México.
3rroux28@gmail.com

Palabras clave: estabilización de suelos, hidróxido de calcio, hidráulidad, resistencia mecánica

Resumen

La mayoría de los procesos constructivos que utilizan tierra moldeada en estado plástico (tierra vertida, suelocemento, cast earth, poured earth, H.T.E., etc.) se caracterizan por emplear cemento o yeso y, por aplicar la lógica constructiva del hormigón convencional con grandes moldes deslizables y sistemas automatizados de mezclado y bombeo. Tales condiciones obedecen al hecho estas técnicas provienen de países con alto desarrollo tecnológico, mano de obra costosa y ubicados en zonas débilmente sísmicas.

Empero, en la UAM-Xochimilco, se desarrollan ensayos y prototipos tendientes a ampliar la aplicabilidad de la tecnología de la tierra vertida. La idea central consiste en recuperar la sabiduría de la construcción tradicional con cob, adobe y tapia, pero estabilizando la tierra con cal aérea combinada con materiales puzolánicos tales como zeolita, piedra pómez, cenizas volcánicas, diatomeas y polvo de ladrillo. La premisa parte de considerar a los muros de tierra vertida no como estructuras monolíticas sino como mamposterías de grandes bloques, que desarrollen respuestas flexibles ante sismos. Además, se pueden construir con moldes pequeños y ligeros, fácilmente desplazables por operarios poco tecnificados así como por autoconstructores.

Pero la clave para cumplir estos objetivos radica en contar con elementos de tierra vertida que se puedan desmoldar en poco tiempo. Los componentes constructivos que se han experimentado se realizan llenando los encofrados por capas de tierra como se procede para construir tapias, pero mezclada con aproximadamente 20% de agua. Los resultados que se presentan en este texto son muy prometedores pues se han obtenido elementos constructivos listos en 40 minutos, en los que, después de su curado y secado total, se ha incrementado la resistencia a la compresión simple en rangos cercanos al 20% con respecto a la tierra sin estabilizar. Pero sobre todo, se ha conseguido evitar la desintegración del material en presencia del agua, incluso en condiciones radicales de inmersión total.

1. INTRODUCCIÓN

La tierra cruda fue el material que se utilizó en mayor volumen para la conformación de la arquitectura de México desde épocas muy remotas. A partir del empleo de tierra apisonada, cob, bajareque y adobe se edificaron pirámides, templos, palacios, fortalezas, depósitos y la mayoría de las viviendas de las civilizaciones prehispánicas. Cuando la calidad de la materia prima era adecuada y las condiciones climatológicas lo permitían, esta arquitectura recibía procesos de mantenimiento periódico a partir del uso de tierra en combinación con sustancias de origen orgánico para proteger sus superficies del viento y de lluvias con medianas intensidades.

Pero en regiones con climas extremos o con altas precipitaciones pluviales, las estructuras de tierra tuvieron que ser preservadas mediante el uso de materiales más resistentes como la piedra y la cal. Éste es el caso por ejemplo de las grandes pirámides de Teotihuacán, Tula o Cholula que, aunque su apariencia es la de monumentos de piedra, en realidad este material solamente corresponde a su capa externa, puesto que el núcleo de las estructuras es de tierra compactada y de adobe (Guerrero, 2008).

El papel de la cal en la arquitectura prehispánica y virreinal de la mayor parte del territorio mexicano fue fundamental gracias a su aplicación como conglomerante de mamposterías y como protección superficial. El carbonato de calcio permitió que complejos sistemas constructivos de tierra subsistieran hasta nuestros días,

manteniendo en gran medida sus cualidades estáticas, estéticas, físicas y químicas (Guerrero, 2007a).

Aunque la mayoría de los estudios que se han hecho respecto al uso de la cal en la arquitectura histórica de tierra en México se han focalizado hacia los estucos, pinturas murales y relieves policromados que se integraban a templos y palacios, es evidente que la presencia de superficies encaladas, así como de morteros, formó parte de prácticamente todos los muros, cubiertas y pavimentos de espacios destinados a funciones rituales, productivas, civiles y habitacionales, todavía incluso hasta mediados del siglo XX.

Sin embargo, la aplicación de la cal como material estabilizante en la arquitectura de tierra ha sido escasamente estudiada. Desde tiempos remotos se utilizaron pequeñas proporciones de hidróxido de calcio para incrementar la resistencia mecánica de la tierra, así como para disminuir las afectaciones derivadas de agentes climáticos como la lluvia, el viento o la nieve. Se ha documentado la presencia de cal en muros y recubrimientos de tierra de la zona arqueológica de Paquimé en Chihuahua (Figura 1), así como en la mayor parte de las cimentaciones de la ciudad de Tenochtitlan en el centro de México.

Pero, esta cultura constructiva que todavía en los años cincuenta y sesenta del siglo XX era muy frecuente, paulatinamente fue desplazada por el uso de componentes constructivos industrializados como el cemento.

Figura 1. Estructuras de tierra de la zona arqueológica de Paquimé. (Foto: L. Guerrero)



Dos cambios generacionales fueron suficientes para que la sabiduría de miles de años fuera considerada obsoleta y el patrimonio intangible constituido por el conocimiento de sus condicionantes de elaboración fuera olvidado. Afortunadamente en años recientes, a partir del auge que presenta la arquitectura sostenible, el uso de la tierra y la cal paulatinamente va adquiriendo una nueva dimensión al ponerse en evidencia sus calidades económicas, ecológicas y sanitarias.

2. CAL Y PUZOLANAS

El término 'puzolana' se usaba originariamente para denominar al material de origen volcánico que existía en torno a la localidad italiana de Pozzuoli, el cual, debido a su contenido de alúmina y sílica amorfa de alta superficie específica, al ponerse en contacto con hidróxido de calcio en condiciones húmedas, genera una serie de compuestos que tienen la propiedad de adquirir una notable dureza a temperaturas normales, e incluso de fraguar debajo del agua (Sepulcre, 2005).

Se sabe que el conocimiento de las reacciones que generan estos productos fue la base para buena parte de la avanzada tecnología constructiva que desarrollaron los romanos, y que en el siglo XVIII fue redescubierta y optimizada para la invención del cemento Portland. Los estudios fisicoquímicos de estos procesos han permitido demostrar que además del material proveniente de Pozzuoli existen muchas otras sustancias –a las que se les denomina genéricamente puzolanas– que poseen propiedades similares.

Estos compuestos pueden ser de origen mineral como sucede con derivados de procesos piroclásticos alterados por la acción atmosférica, pueden tratarse también de residuos orgánicos como los sedimentos conformados a consecuencia de antiguos depósitos submarinos, o bien, de origen antrópico, derivados de la combustión de diversos productos industriales como las escorias de fundición, el polvo de ladrillo, las cenizas volantes, cenizas de cascarilla de arroz o de caña de azúcar.

Se conoce con el nombre de 'actividad puzolánica' o 'puzolanicidad' a la propiedad que presentan los compuestos de sílice y alúmina amorfos o débilmente cristalizados para disolverse en un medio altamente alcalino como el creado por una solución de hidróxido de calcio, y que, a partir de una reacción química irreversible, generan aluminosilicatos dicálcicos y tricálcicos similares a los obtenidos en el fraguado del cemento portland (Quintana, 2005).

Esta reacción, consiste en la disolución de sílice vítreo o amorfo, que interactúa con el calcio hidratado para formar gel de silicatos cálcicos hidratados. La alúmina también se disuelve por las condiciones de elevado pH y reacciona para formar fases de aluminatos cálcicos hidratados y sílico-aluminatos cálcicos hidratados normalmente cristalinos, los cuales contribuyen al proceso de cementación y al incremento en la resistencia del conjunto.

El grado de solubilidad de los materiales puzolánicos dependerá de la superficie específica, que es el factor principal dentro de los diferentes procesos producidos por

las distintas puzolanas. Es por ello que los mejores comportamientos al inicio de las reacciones se derivan del trabajo con puzolanas finamente pulverizadas.

Además, con el paso del tiempo la mayoría del sílice se va disolviendo con lo que se consigue un incremento en la resistencia de los materiales también a largo plazo (Sepulcre, 2005:95). Pero adicionalmente a los compuestos cuya actividad puzolánica ha sido estudiada, es importante destacar que la mayor parte de los suelos, al estar constituidos por sílica y alúmina, resultan potencialmente puzolánicos.

Sin embargo, dada la conformación de sus cristales, las reacciones necesarias para la formación de aluminatos cálcicos hidratados y sílico-aluminatos cálcicos hidratados son mucho más lentas que en los materiales antes mencionados y 'la consolidación puede durar un año o más' (Fontaine; Anger, 2009: 189).

Se conoce como estabilización de la tierra a los procesos físicos, químicos o físico-químicos que permiten controlar los cambios dimensionales que sufren las arcillas al entrar en contacto con el agua (Fernández, 1992). Para llevar a cabo estos procedimientos, además de la compactación y el control granulométrico, históricamente se ha utilizado el agregado de diferentes tipos de materiales orgánicos e inorgánicos tales como la paja, los mucilagos, el estiércol, las grasas animales, los aceites vegetales y, desde luego, la cal.

Aunque existen documentos antiguos que hablan de la aplicación de hidróxido de calcio en estructuras de tierra en textos tales como Los Prolegómenos de Ibn Jaldun, escritos aproximadamente en el siglo XIV (Monjo, 1998), es evidente que su uso es mucho más remoto y tuvo difusión en todo el orbe dentro de diversas culturas constructivas.

La cal se ha empleado como consolidante de pavimentos de tierra, en cimentaciones, en cisternas, en la elaboración de adobes, muros de tapia y, más recientemente, en la fabricación de bloques de tierra comprimida (Oliveira, 2005). Desde la segunda guerra mundial los suelos estabilizados con cal han sido muy utilizados en obras de ingeniería civil, principalmente en sub bases de carreteras, vías del ferrocarril y presas. Por este motivo, se han desarrollado importantes investigaciones y prácticas sobre esta técnica, que han derivado en una destacada cantidad de normas y especificaciones técnicas probadas por más de cuarenta años en países tales como Estados Unidos, Francia, Alemania y Gran Bretaña por sólo nombrar unos cuantos (Hoffmann, 2002). Aunque se cuenta con datos históricos acerca de este tema y se han

corroborado científicamente las cualidades de la aplicación de cal como estabilizante de la tierra, todavía quedan muchos datos por descubrir, sobre todo acerca de los fenómenos químicos que se desarrollan internamente en estas mezclas.

Se sabe de manera general que en virtud de la dimensión y estructura laminar de las partículas de los minerales arcillosos del suelo, los cationes de calcio se insertan entre las micelas de las arcillas incrementando su estabilidad sobre todo ante la presencia del agua. Pero, dada la

diversidad de arcillas presentes en la naturaleza y la gran cantidad de componentes químicos que suelen contener, la relación de los cationes presenta notables variaciones en su comportamiento. Algunos estudios han demostrado que en estas mezclas se detectan formaciones de neosilicatos y aluminatos hidratados de calcio, que son muy adecuadas para mejorar las propiedades de los suelos, además de la contribución derivada de la propia carbonatación del hidróxido de calcio que se genera conforme la cal entra en contacto con el bióxido de carbono del aire (Oliveira, 2005).

3. TRABAJO EXPERIMENTAL

Con estos antecedentes, en la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, durante más de cinco años se ha venido desarrollando una serie de investigaciones tendientes a recuperar el uso de la cal como estabilizante de la tierra. (Guerrero et al, 2011). Estos trabajos tuvieron resultados parciales que fueron aplicados en la edificación de un espacio de usos múltiples de 50 m², emplazado en terrenos pertenecientes a la universidad, en el barrio de Las Ánimas, Tulyehualco, al sur de la Ciudad de México (Guerrero et al, 2013).

A partir de dicha experiencia se inició una nueva etapa en la que se trabaja tanto en propuestas para un diseño contemporáneo sostenible como en la restauración patrimonial, por lo que se empezaron a realizar estudios experimentales de estabilización con cal adicionada con materiales con comportamientos puzolánicos para aplicarse en un sistema constructivo similar a la tierra vertida. La intención es conseguir componentes téreos resistentes a la humedad, con mayores capacidades de carga, con procesos de endurecimiento más veloces y que superaran los inconvenientes químicos y ambientales del uso del cemento (Guerrero, 2008).

A diferencia de los procedimientos de tierra vertida que se han desarrollado de manera convencional, en los que se llenan los moldes por completo con material en estado semilíquido, la técnica que se está experimentando, se sustenta en la aplicación y compactación del material dentro de los moldes, con un nivel de humedad aproximada de 20%, por capas ligeramente compactadas (Figura 2).

Se trata de un procedimiento parecido a la tapia pero con casi el doble del volumen de agua, con lo que la compactación se limita prácticamente a una distribución con pocos golpes del material en el molde, con una herramienta mucho más ligera que un pisón.

Además de probar la eficiencia de esta técnica se puso en práctica una serie de estudios en el laboratorio de Materiales de la UAM-Xochimilco, tendientes a comparar el comportamiento de la estabilización de suelos con cal a la que se agregaron tres diferentes materiales puzolánicos disponibles en el Valle de México: las zeolitas, ladrillo triturado y polvo de una roca ígnea conocida regionalmente como tezontle.

Para los ensayos se mantuvo constante el empleo del tipo de tierra local conocido como 'tepetate' cuya caracterización en laboratorio mostró que el 31% de sus partículas finas pasaron por el tamiz No. 200 (0,075 mm) de

las cuales se determinó un límite líquido de 42,1% y un límite plástico de 26,3% dando como resultado un índice de plasticidad de 15,8%. Este dato al ser superior al referente de 7%, permitió llegar a la conclusión de que el material corresponde al grupo 'SC', es decir, 'arenas arcillosas', dentro del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) (Juárez, 2010:160).

La cal empleada es de tipo aéreo marca Calidra con 82% de Ca(OH)₂, la cual se dejó hidratando durante tres meses para ser adicionada en forma de pasta. Como se sabe, la pasta de cal no contiene una cantidad definida de agua sino que se conforma con la adición de este líquido hasta que el hidróxido queda totalmente cubierto dentro del recipiente. Además, sobre la pasta ha de dejarse un espejo de agua de aproximadamente 5 cm de espesor, a fin de evitar que la evaporación pueda generar el contacto con el aire, lo que detonaría el proceso de carbonatación. (Guerrero, 2007b)



Figura 2. Llenado de los moldes con tierra vertida compactada por capas. (Foto: L. Guerrero)

Las dosificaciones de todas las probetas se realizaron en volumen, con proporciones 1:1:10 (pasta de cal: puzolana:tierra). Para la mezcla con 50 ml de pasta de cal, 50 ml de puzolana y 500 ml de tierra, se adicionaban en promedio 200 ml de agua con lo que se podían realizar conjuntos de tres cubos de prueba de 5 cm de lado, que sirvieron para la realización tanto de grupos de ensayos a la compresión simple como pruebas de absorción capilar. Se realizaron nueve probetas de cada dosificación destinándose seis a los ensayos de compresión simple, dos a los de absorción capilar y una a la inmersión total.

Los resultados obtenidos en las pruebas de compresión simple arrojaron incrementos con respecto a la tierra natural del orden del 20%. La resistencia promedio de las probetas de tierra sin estabilizar a 48 días fue de 15,42 kgf/cm²; las de cal y tezontle 18,36 kgf/cm²; las de cal y ladrillo triturado 18,55 kgf/cm² y finalmente, las de cal con zeolita 18,64 kgf/cm².

Ante la falta de protocolos estandarizados nacionales específicos para los ensayos previstos, las pruebas de absorción capilar se realizaron a partir de una adaptación de la Norma Mexicana NMX-C-037-ONNCCE-2005 y la Norma Italiana conocida como Normal 11/85.

El procedimiento consistió en desecar totalmente las probetas y pesarlas, para posteriormente ir las colocando a intervalos de 30 segundos sobre el textil humedecido situado al fondo de una charola. Se pesaron consecutivamente las probetas y se repitió el procedimiento durante 15 minutos. Para documentar los resultados se consideró tanto el peso registrado cada 30 segundos, como el total con respecto al peso inicial de cada probeta.

Los resultados obtenidos de la absorción capilar se detallan en la Figura 3 y muestran que las probetas de tierra retuvieron en promedio 18,2 g (11,65%) de agua; las de cal con tezontle 23,4 g (13,76%); las de cal con ladrillo

18,4 g (11,03%) y finalmente las de cal con zeolita 39,2 g (26,88%). En las gráficas de los tres primeros ejemplares se mantuvieron en rangos muy similares. Sin embargo el mejor comportamiento fue el de las probetas con polvo de ladrillo que absorbieron menos agua que las de tierra sin estabilizar. En cambio, las muestras de zeolita retuvieron mucho más agua y a mayor velocidad.

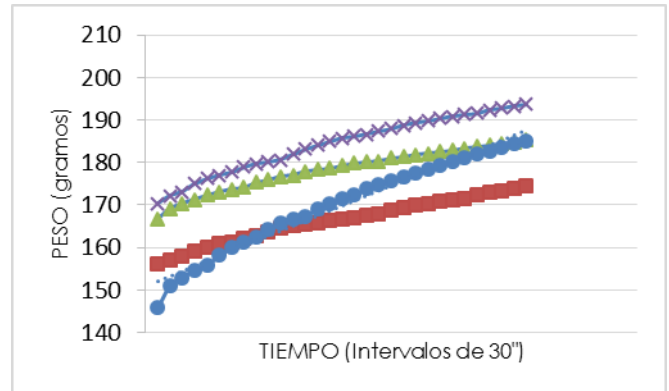


Figura 3. Incremento en peso por absorción capilar medida cada 30 segundos durante 15 minutos. (Tierra sin estabilizar ■—■, Tezontle x—x, Ladrillo ▲—▲, Zeolita ●—●).

Tabla 1. Síntesis de resultados de resistencia a la compresión simple y absorción capilar.

Composición de la mezcla	Dosificación en volumen	Resistencia a compresión simple (kgf/cm ²)	Absorción capilar (g)	Absorción capilar (%)
Tierra sin estabilizar	-	15,42	18,2	11,65
Cal:tezontle:tierra	1:1:10	18,36	23,4	13,76
Cal:ladrillo:tierra	1:1:10	18,55	18,4	11,03
Cal:zeolita:tierra	1:1:10	18,64	39,2	26,88

En las pruebas de inmersión total en agua, el procedimiento consistió simplemente en colocar los bloques al fondo de vasos de precipitado, verter agua hasta que se llenaran por completo y tomar tiempo. Se cuidó que el llenado fuera uniforme y que el agua no golpeará directamente las probetas.

Las muestras de tierra sin estabilizar resistieron 17 minutos antes de desintegrarse mientras que las que contienen tezontle y ladrillo permanecen intactas bajo el agua después de más de cinco meses de haber iniciado los experimentos (7-8/abril/2014) (Figura 4). Llama la atención el hecho de que las probetas estabilizadas con cal y zeolita se desintegraron a los 47 minutos.

Es importante recalcar que se decidió trabajar con una cantidad de agua relativamente baja para la realización de las mezclas debido a que las dos vías de aplicación que se tienen previstas para esta modalidad de tierra vertida, estabilizada con cal y puzolanas, requieren que el material esté lo más seco posible.

Por una parte se ha empleado este componente como medio para la reparación de estructuras históricas de tierra que hayan perdido su unidad. Por otro lado, esta tierra en estado plástico es de gran utilidad para la elaboración de muros o componentes estructurales en los que se reduzca el tiempo necesario para desmoldar los elementos edificados.



Figura 4. Pruebas comparativas de inmersión total. (Foto: L. Guerrero)

Uno de los problemas que con mayor frecuencia se presentan en la restauración de edificios patrimoniales de tierra tiene que ver con el socavamiento de las bases de los muros de adobe, tapia o bajareque. La mezclas de tierra estabilizada con cal y puzolanas pueden verterse por capas dentro de los componentes

estructurales con el apoyo de una placa externa que sirva como molde de contención al material.

Dada la velocidad de fraguado que se alcanza en este método, en menos de una hora es posible retirar los moldes y continuar las labores de restauración. Este proceso se ha empleado también para resanar faltantes derivados del escurrimiento del agua de lluvia en muros, así como en el relleno de grietas.

Este mismo beneficio se obtiene para la construcción de estructuras contemporáneas de nueva planta. La edificación de muros de tierra vertida, compactada, estabilizada con cal y puzolanas, puede ser desmoldada en poco tiempo y, aunque probablemente no alcanzará la resistencia a la compresión del suelo cemento por ejemplo, los beneficios ecológicos de su aplicación en estructuras sometidas a esfuerzos limitados justifican con creces su aplicación. Recientemente se edificó un prototipo de espacio habitable de forma cúbica con 2,4 m de lado y el trabajo para la ejecución de los muros se concluyó en sólo tres días.

Además se pudo constatar que es posible tener espesores de muros relativamente estrechos (14 cm) como los que se requieren para zonas urbanas en las que el costo del terreno suele condicionar la edificación con tierra (Figuras 5 y 6).

Este prototipo se hizo con el fin de estudiar el comportamiento higrotérmico del material y en verano se

iniciaron las mediciones respectivas, tomando como referencia los datos con los que ya se cuentan a partir de evaluaciones de módulos de dimensiones similares que fueron construidos en años anteriores en el mismo terreno y con las mismas orientaciones, pero con otros tipos de materiales.



Figura 5. Prototipo con muros de tierra vertida compactada por capas. (Foto: L. Guerrero)

4. CONCLUSIONES

Entre los hallazgos más destacables de los estudios que están en proceso, resalta el hecho de que los resultados de las pruebas de compresión simple fueron notablemente semejantes con los tres tipos de puzolanas empleadas para la estabilización con cal. La incorporación de estos materiales incrementó la resistencia a la compresión simple de los especímenes de tierra en aproximadamente un 20%. Asimismo, las pruebas de inmersión total permitieron documentar la reversión de la vulnerabilidad de la tierra ante el agua, principal agente de deterioro de los sistemas constructivos de cualquier material, pero especialmente crítico para las estructuras téreas.

Las pruebas de absorción capilar tuvieron resultados muy semejantes entre los diferentes tipos de puzolanas en cuanto a las velocidades de captura de agua. Sin embargo, para el caso de la tierra sin estabilizar el ensayo se tuvo que interrumpir porque las probetas empezaron a perder material. El polvo de ladrillo tuvo un comportamiento moderadamente mejor pues en las pruebas de absorción capilar retuvo menos humedad que la tierra sin estabilizar. En cambio, la zeolita fue la puzolana que peores resultados presentó en este rubro debido que absorbió mucha agua en poco tiempo y en la prueba de inmersión total se desintegró del mismo modo que la tierra sin estabilizar, solamente con media hora de diferencia. Las probetas estabilizadas con polvo de ladrillo y con tezontle siguen bajo el agua y no evidencian efectos de deterioro.

Un aspecto no previsto en la experimentación y que da pie para futuros trabajos, se refiere a la evaluación de la

porosidad y permeabilidad al vapor de agua de los materiales estabilizados. Se sabe que ambos factores tienen una importante incidencia en la respuesta higrotérmica de la tierra utilizada como material constructivo, así como en la adherencia de morteros y enlucidos.

Al evaluar comparativamente el tiempo que tardaron en secar las probetas que habían sido humedecidas durante los ensayos de absorción capilar, se notó que los bloques estabilizados se secaron totalmente en un período aproximado de 8 horas a temperatura y humedad ambiental. En cambio, las probetas de tierra permanecieron húmedas por más tiempo. Sin embargo, la evaluación de estos parámetros requiere de procedimientos de análisis más profundos.

Es evidente que los resultados obtenidos ponen en evidencia el potencial que posee la estabilización de suelos con cal y puzolanas para mejorar tanto la resistencia mecánica como los efectos de la humedad en



Figura 6. Conclusión del prototipo de tierra vertida. (Foto: Luis E. Martínez Barrón)

componentes constructivos de tierra.

Conviene decir que desde el punto de vista económico este factor es importante puesto que en México la cal tiene un costo entre 40% y 50% menor que el del cemento, material que además resulta inconveniente para ser aplicado en la restauración del patrimonio edificado, por su elevada resistencia, impermeabilidad y generación de sales (Guerrero, 2008). Por otra parte, el ladrillo triturado es un material de desperdicio que se puede obtener fácilmente –a veces sin costo– en las fábricas o talleres artesanales de componentes cerámicos. El tezontle es un producto muy abundante en el Valle de México por lo que también su costo es muy bajo.

De este modo es posible poner al alcance de las comunidades de escasos recursos un material constructivo de fácil y económica transformación y que además puede ser mantenido y reparado por sus propios usuarios. Es fundamental difundir a la sociedad los conocimientos relacionados con el uso de la tierra, la cal y las puzolanas, pues no se trata de nociones que pertenezcan a los especialistas del diseño, la construcción y la restauración de monumentos. Se trata de una información que es parte integral de una sabiduría tradicional de origen atávico, que debería recuperar el lugar que siempre tuvo en la cultura popular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fernández, C. (1992). Mejoramiento y estabilización de suelos. México D.F.: Limusa.
- Fontaine, L. y Anger, R. (2009). *Bâtir en terre*. Cité des sciences et de l'industrie: Belin.
- Guerrero, L. (2007a). Tierra y cal. Anuario de Estudios de Arquitectura 2007, México D.F.: UAM -Azcapotzalco, p. 173-184.
- Guerrero, L. (2007b). Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. Apuntes. Vol.20 No.2. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, p. 182-201.
- Guerrero, L. (2008). La cal y el patrimonio edificado. La Gaceta del Instituto del Patrimonio Cultural, No. 12, Oaxaca: Instituto del Patrimonio Cultural, p. 18-29.
- Guerrero, L.; Roux R. y Soria, F. J. (2011). Ventajas constructivas del uso de tierra comprimida y estabilizada con cal en México. Revista Palapa. Vol. V-1 No.10. Colima: Universidad de Colima, p: 45-57.
- Guerrero, L.; Soria, F. J. y Larrondo, M. (2013). Muros y cubiertas experimentales de hormigón de tierra estabilizada en Xochimilco, México. Memorias del 13º SIACOT. Valparaíso: PROTERRA.
- Hoffmann, M. V. (2002). Efeito do argilo-mineral do solo na matéria prima dos sistemas construtivos com solocal. Tesis de Maestría. Salvador: Universidade Federal da Bahia.
- Juárez, E. y Rico, A. (2010). Mecánica de suelos, tomo I, fundamentos de la mecánica de suelos. México D.F.: Limusa.
- Monjo, J. (1998). La evolución histórica de la arquitectura de tierra en España. Arquitectura de tierra. Encuentros Internacionales. Madrid: Ministerio de Fomento, p. 31-44.
- Normal 11/85 (Assorbimento di acqua per capillarità. Coefficiente di assorbimento capillare). <http://apple.csigi.unifi.it/~restauro/chimfisappli2esp.pdf>
- Oliveira, M. M. de (2005). O solo-cal: uma visão histórica e documental. Memorias del IV SIACOT-IIIATP. Monsaraz: Escola Superior Gallaecia, p. 106-110.
- ONNCCE (2005). Norma Mexicana NMX-C-037-ONNCCE-2005. "Industria de la construcción –bloques, ladrillos o tabiques y tabicones– determinación de la absorción de agua y absorción inicial de agua".
- Quintana, E. (2005). Relación entre las propiedades geotécnicas y los componentes puzolánica de los sedimentos pampeanos. Tesis doctoral. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
- Sepulcre, A. (2005). Análisis comparativo de determinados aspectos sobre la hidraulicidad en los morteros de cal. Tratamientos y metodologías de conservación de pinturas murales. Palencia: Fundación Santa María la Real, p. 71-121.

AUTORES

Luis Fernando Guerrero Baca. Arquitecto, Maestro en Restauración y Doctor en Diseño con especialidad en conservación del patrimonio edificado. Profesor Investigador de Tiempo Completo en la UAM-Xochimilco, Jefe del Área de Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA, Miembro de la Cátedra UNESCO "Arquitecturas de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible" de CRATerre.

Francisco Javier Soria López. Profesor de Tiempo Completo del Departamento de Tecnología y Producción, Arquitecto por la UAM -Xochimilco, Maestro en Restauración del Patrimonio Cultural Inmueble INAH-México, Doctor en Proyectos Arquitectónicos UPC-ETSAB en Barcelona, Coordinador del Cuerpo Académico en Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado, Miembro del Área interdepartamental de investigación Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado de UAM -Xochimilco.

Rubén Roux Gutiérrez. Arquitecto en la FADU de la UAT, Doctor en ETSA de la Universidad de Sevilla, miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA. Actualmente es Jefe de Investigación de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Líder del Cuerpo Académico "Diseño y Edificación Sustentable"

4.5 Evaluación de revestimientos en paredes de adobe después de nueve años en condiciones de servicio

Francisco Javier Quiñónez¹; Edgar Virgilio Ayala²

Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

¹ javierquinonez@yahoo.es; ² virgilioayala@yahoo.com

Palabras claves: Chagas, revestimientos, vivienda mejorada, adobe

Resumen

Trypanosoma cruzi es el principal agente causal de la enfermedad de Chagas en Guatemala, debido a la presencia del vector *Triatoma dimidiata* en las construcciones con tierra. Ya que este vector tiene capacidad de dispersión y adaptación de hábitat, heterogeneidad genética, así como diferentes grados de domesticidad, se dificulta su eliminación intradoméstica. La interrupción de la transmisión vectorial de la enfermedad en Guatemala se fijó como meta para reducir significativamente la infestación doméstica del insecto, para lo cual se utilizaron insecticidas piretroides, observándose que después de la pulverización, la re-infestación ocurre a menudo. Esto condujo a presentar una opción de solución basada en el mejoramiento de la vivienda por medio de aplicación de revestimientos elaborados con materiales nativos y mano de obra local incluyendo los aspectos culturales.

Una estrecha relación entre profesionales de diferentes disciplinas, estudiantes universitarios, pobladores de una zona rural, autoridades locales y gubernamentales, así como la cooperación internacional fue la base de la ejecución de un proyecto que incluyó estudios experimentales de laboratorio y de campo sobre los materiales y la tecnología desarrollada, con posterior aplicación en el mejoramiento de las viviendas mediante participación comunitaria, con realización previa de talleres de transferencia de tecnología. Después de 9 años de estar las aplicaciones en condiciones de servicio, se realizó una evaluación del estado actual de los revestimientos en paredes de viviendas de la Aldea La Brea, Municipio de Quezada del Departamento de Jutiapa, mediante inspección ocular, lo cual constituye el objeto principal de este artículo. Los resultados evidencian muy buen comportamiento de los revestimientos en condiciones normales de uso, caracterizándose por viviendas que evitan la re-infestación del *T. dimidiata* en el largo plazo y proporcionan un aumento en la autoestima de los usuarios.

1. INTRODUCCIÓN

Triatoma dimidiata es actualmente el principal vector de *Trypanosoma cruzi*, agente causal de la enfermedad de Chagas, en Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica, y el segundo vector más importante en Honduras y Colombia. Esta especie no es un candidato para la erradicación de América Central debido a su uso oportunista de los hábitats, capacidad de dispersión y heterogeneidad genética. Poblaciones de *T. dimidiata* también tienen diferentes grados de domesticidad, un factor importante que afecta a la eficacia de las estrategias de lucha contra este vector. Así, la iniciativa de América Central para la interrupción de la transmisión vectorial de la enfermedad de Chagas se fijó como objetivo, reducir significativamente la infestación doméstica de *T. dimidiata*. En Guatemala, el uso de insecticidas piretroides fue la principal estrategia seguida para alcanzar este objetivo.

Cuando el control químico de *T. dimidiata* se lleva a cabo, después de la pulverización la re-infestación ocurre a menudo. En Guatemala, las fumigaciones solo redujeron la infestación doméstica en los departamentos de Zacapa y Jutiapa.

Con el fin de lograr la eficacia en el control a largo plazo, una amplia gama de opciones se han propuesto, pero la mayoría de ellos requieren enormes cantidades de inversión financiera. Pero en algunos casos, los enfoques para ahorrar dinero se han propuesto, como el que recomienda un simple "control ecológico", método que ha reducido considerablemente infestaciones de *T. dimidiata* en Costa Rica. El método consiste en la eliminación de las casas de los objetos y materiales que puedan servir de escondites. Otro estudio realizado en el sureste de Guatemala ha demostrado que las mejoras de las paredes hechas con materiales locales y de bajo costo

fueron eficaces en la disminución de 17 plagas de insectos.

Durante los años 2004-2006 se elaboró una metodología de aplicación de revestimientos para paredes interiores de las viviendas de la aldea La Brea, como parte del proyecto de investigación 'Disminución de la reinfestación intradoméstica de *Triatoma Dimidiata* en Guatemala, en base a un control integrado de ecosistemas'. La metodología buscó eliminar la presencia de *T. dimidiata* dentro de los dormitorios de las viviendas de la aldea.

Para el desarrollo de esa metodología se realizaron las siguientes acciones: a) identificación con los miembros de la comunidad; b) toma de muestras de materiales de la comunidad; c) traslado y caracterización de los materiales a los laboratorios; d) determinación de mezclas preliminares y evaluación de las mismas; e) propuesta de un método de aplicación en las paredes; f) aplicaciones en laboratorio y evaluación; g) aplicaciones en el campo y evaluación; h) talleres de transferencia de tecnología; i) aplicaciones de la tecnología en las viviendas de la aldea con participación comunitaria; j) evaluación intermitente de las aplicaciones en el campo; k) evaluación final de las aplicaciones en el campo.

Inmediatamente después de las aplicaciones en el campo, con las recomendaciones emanadas de los estudios de laboratorio, se determinó que las mejoras de paredes que fueron aplicadas en el campo con las mezclas propuestas por el equipo de investigación, utilizando los bancos de materiales y el procedimiento recomendado, se encontraban en perfectas condiciones.

Después de 9 años de estar las aplicaciones en condiciones de servicio, se realizó una evaluación del estado actual de los revestimientos en paredes de viviendas de la

Aldea La Brea, Municipio de Quezada del Departamento de Jutiapa, mediante inspección ocular, lo cual constituye el objeto principal de este artículo. Los resultados evidencian muy buen comportamiento de los revestimientos en condiciones normales de uso, caracterizándose por viviendas que evitan la re-infestación del *T. dimidiata* en el largo plazo y proporcionan un aumento en

la autoestima en los usuarios. Los resultados de la investigación y la evaluación realizada 9 años después podrían servir de base para una estrategia de control centrada en la participación comunitaria en el mejoramiento de vivienda.

2. METODOLOGÍA

Cuatro aldeas, La Brea, El Tule, El Sillón, y La Perla (en total 664 viviendas) fueron seleccionados en base a su estado persistente de re-infestación de triatominos, su similitud en las prácticas de construcción de viviendas y las condiciones ecológicas (bosque seco), los antecedentes étnicos similares (que hablan español, mestizos no mayas) y formas de vida (la agricultura de subsistencia), número equivalente de las casas y la distancia entre los pueblos. Todos estos pueblos habían sido rociados frente a los triatominos por lo menos una vez por el Ministerio de Salud Pública de Guatemala (Bustamante et al., 2009).

Las cuatro aldeas fueron seleccionadas para aplicar y comparar los dos enfoques diferentes de intervención para reducir las infestaciones y evitar la re-infestación. El enfoque de la primera intervención fue nombrado 'ecosistémica' y se aplicó en las aldeas de El Tule y La Brea (Municipio de Quezada). El enfoque de la segunda intervención fue denominada "tradicional" y se aplicó en las aldeas de El Sillón y La Perla (Municipio de Yupiltepeque). La selección de las aldeas ecosistémica se basó en las experiencias de los investigadores de salud para la investigación y entrenamiento en enfermedades tropicales (Bustamante et al., 2009).

Las encuestas se llevaron a cabo en un total de 644 casas en el año 2004 (antes de las intervenciones) y 634 casas en

2006 (después de las intervenciones), correspondiente al 95-97% de todas las casas en las cuatro aldeas (664). Las encuestas entomológicas consistieron en la búsqueda de triatominos dentro y alrededor de las viviendas y peridomicilios (Monroy et al., 2009).

Las condiciones de la pared, piso de tierra o cemento, las condiciones de higiene, el orden dentro de la casa y las condiciones económicas de la familia fueron los criterios utilizados para clasificar las casas como A, B, o C, de la siguiente manera:

- Casa de la categoría A: todas las paredes revestidas y en buenas condiciones, piso de cemento en todas las habitaciones, el piso y las paredes limpias, con electrodomésticos, en orden y en condiciones de higiene.
- Casa de la categoría B: No todas las paredes estaban cubiertas o algunos revoques deteriorados, falta de higiene y orden dentro de la casa (polvo, basura en el suelo o telas de araña en las paredes), pisos de tierra en algunas áreas, algunos electrodomésticos.
- Casa de la categoría C: La mayoría de las paredes sin revoque o deteriorados (grietas, agujeros), piso de tierra en las habitaciones, polvo y basura en el suelo, telarañas en las paredes, desordenado, pocos o ningún aparatos eléctricos.

2.1. Prácticas de mejoramiento de viviendas con revestimientos

La intervención ecosistémica consistió en participación del grupo de investigación y de la comunidad, los conocimientos básicos de los vectores de la enfermedad de Chagas y factores de riesgo, revestimiento de paredes con materiales locales (realizados por el propietario de la casa), una aplicación de insecticida (por personal del Ministerio de Salud) y la promoción de reforestación en los patios con plantas frutales. El enfoque tradicional, por otra parte, se limitó a la difusión de conocimientos básicos sobre la enfermedad de Chagas y una aplicación de insecticida.

La intervención se centró en la aplicación tradicional de insecticida rociado con deltametrina, 5% de polvo soluble en agua (a 25 mg de principio activo por metro cuadrado), que fue aplicado por el personal rutinario del Ministerio de Salud en los ambientes domésticos y peridomésticos. En el enfoque ecosistémico, la aplicación de insecticidas se realizó por el mismo personal, de la misma manera como en el enfoque tradicional.

En un año, cada casa recibió la visita del equipo de investigación una o dos veces en los pueblos con enfoque tradicional y de siete a ocho veces en cada casa en los pueblos con enfoque ecosistémico. Las constantes visitas a las comunidades formaron un lazo de confianza entre los investigadores y los habitantes de las aldeas con enfoque ecosistémico.

Entrevistas personales se llevaron a cabo con líderes comunitarios y propietarios de viviendas; los materiales locales señalados por la comunidad fueron recojidos y transportados al Laboratorio de Eco-materiales del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Varias pruebas fueron realizadas, tales como análisis de partículas de los suelos, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, de acuerdo con las recomendaciones de American Association of State Highway and Transportation Officials (2004). También se hicieron análisis de capilaridad, adherencia y absorción de las mezclas, de acuerdo a las recomendaciones de Centre Scientifique et Technique du Batiment –CSTB– (1993), para determinar las recomendaciones de mezcla de materiales para lograr un revestimiento de paredes barato y duradero.

La arena de río fue un material importante utilizado en la formulación de revestimientos y se remitió a los hogares que acordaron llevar a cabo mejoras en la casa. El municipio de Quezada donó la arena para la aldea La Brea, donde el proyecto cubrió los costos de transporte. Los camiones dejaron la arena en los patios seleccionados, de donde los colaboradores de la comunidad organizada hicieron la distribución a las casas. La arena se recogió de los ríos cercanos a la región de Quezada (11 kilómetros de distancia).

2.1.1. Los materiales que se usaron

Antes de la aplicación del revestimiento, la selección de los materiales se hizo en base al análisis de los mismos en el laboratorio. La actividad de acarreo de materiales fue quizá la parte más laboriosa en el procedimiento, ya que fue traído de lugares un tanto lejanos del lugar donde se ubican las viviendas.

La importancia que tiene la arena en la composición del revestimiento es vital, ya que contribuye a aumentar la adherencia del revestimiento con el muro, así como a disminuir la cantidad de fisuras que puedan aparecer por la utilización de solamente arcilla.

Fue importante recalcar que no es recomendable la utilización de arcilla como único material en la aplicación del revestimiento, ya que sin lugar a dudas, esta provoca una cantidad significativa de fisuras y no logra la adherencia requerida para la estabilidad del revestimiento en el muro. Estas características negativas que presenta la arcilla como único material en la mezcla, se deben principalmente al efecto de contracción que se produce en el material en el proceso de secado (Figura 1).



Figura 1. Contracción de revestimiento de arcilla (hospedaje ideal para el vector) Fuente: Quiñónez, F. J., 2009

Los materiales (arena y arcilla), se tamizaron en mallas No. 16, antes de la combinación de los mismos. El agua fue el otro material utilizado para proporcionar la consistencia de la mezcla de los dos anteriores.

2.1.2. Proporción de los materiales

Se determinó que las proporciones que mejor se adaptaron para la elaboración de la mezcla en ese lugar (Aldea La Brea), oscilaron entre 2:1 y 6:1 de arena: arcilla; esto depende indiscutiblemente del tipo de arcilla que se

utilize, ya que existen varios tipos de suelos arcillosos, los cuales difieren principalmente en sus características de plasticidad.

2.1.3. Preparación de la superficie de aplicación

Antes de colocar la mezcla del revestimiento fue necesario picar el muro, de tal manera que produjera mayor adherencia entre el revestimiento y la pared. Luego

de haber picado el muro, se humedeció el mismo con una cantidad de agua que no permitiera que la pared absorbiera humedad de la mezcla de revestimiento.

2.1.4. La mezcla de revestimiento

Teniendo la arena y la arcilla tamizadas, se utilizó un recipiente para facilitar el manejo de volumen y lograr la proporción recomendada. El área donde se hicieron las mezclas fue limpiada, eliminando cualquier materia vegetal que pudiera contaminar la mezcla. Se midieron los materiales por volumen, de acuerdo a las proporciones

recomendadas y luego fueron mezclados hasta lograr homogeneidad. Se adicionó agua poco a poco hasta tener la consistencia deseada. El manejo de agua en la mezcla resulta difícil de cuantificar debido a que la humedad que contienen los suelos varía con la temperatura ambiente.

2.1.5. Aplicación del revestimiento

Después de haber picado y humedecido la pared de adobe, se aplicó el revestimiento utilizando para ello las manos, sin uso de herramientas; la primera capa de revestimiento osciló entre 3 y 6 milímetros de espesor. El objetivo principal de esta capa fue evitar que hubieran fisuras en las paredes. Una segunda capa fue aplicada para mejorar el revestimiento. Esta segunda capa fue más

delgada que la primera, a manera de resanar, todas aquellas áreas que hayan quedado deficientes en la primera capa. La segunda capa se aplicó cuando la primera había pasado por un tiempo mínimo de secado; lo mejor fue aplicar la segunda capa al día siguiente o a los dos días de haber aplicado la primera.

2.1.6. Textura final

Luego de haber aplicado la última capa del revestimiento se esperó un tiempo para realizar el acabado final, el cual consistió en humedecer una esponja y aplicar un movimiento rotacional en toda la superficie final del revestimiento. Este paso permitió que el revestimiento tomara una mejor apariencia y permitió además, que

fuera más fácil la aplicación de pintura a base de cal. Fue importante no ejercer una presión muy fuerte al aplicar el acabado, ya que producía desgaste de la superficie. El acabado final realizado con la esponja no fue obligatorio, sin embargo, en los casos que se aplicó, se obtuvo una textura bastante diferente (Figura 2).

2.2. Insecticidas rociados

Las cuatro aldeas fueron rociadas durante este estudio en febrero / marzo de 2005 como parte del protocolo de investigación. Antes de la intervención todas las aldeas habían recibido al menos una aplicación de insecticida en el marco de la Campaña Nacional de control regular.

Al final de la intervención la aldea La Brea había recibido cuatro aplicaciones de insecticidas. Antes de la intervención dos especies de triatominos fueron encontrados, *T. dimidiata* y *T. nitida*, mientras que después de la intervención sólo *T. dimidiata* se registró.

El número de casas rociadas durante este estudio en la aldea La Brea fue de 133, que representa el 95% de las viviendas. Además, también fueron rociados los almacenes, iglesias, escuelas, gallineros, perreras y las estructuras de traspatio.



Figura 2. Acabado final obtenido con revestimiento de arcilla y arena. Fuente: Quiñónez, F. J., 2009

3. RESULTADOS

3.1. Las prácticas de construcción antes de la intervención

El revestimiento de las paredes era el tipo más frecuente de mejoramiento de vivienda realizado por la población. De las encuestas se determinó que entre los que viven en las casas de la categoría B y C, las mujeres eran las que revestían con materiales locales y sus propias manos (sin herramientas). Esta práctica se llama 'revocado' y no se

considera la construcción formal, sino una renovación estética de la casa ya que no dura mucho tiempo. En algunas de las categorías A contaban con un revestimiento diferente denominado 'repello', está hecho de cemento y arena y se aplica con las herramientas de los trabajadores calificados de la construcción.

3.2. Los cambios en la infestación después de las intervenciones

Un total de 202 *T. dimidiata* se recogieron en los ambientes domésticos y peridomésticos de las cuatro aldeas antes de la intervención ecosistémica y tradicional (222 incluyendo *T. nitida*), mientras que un total de 208 *T. dimidiata* fueron recogidos después de las intervenciones. Los índices entomológicos nacionales, antes y después de las intervenciones, indicaron una reducción de la infestación y la colonización en las cuatro aldeas, pero un ligero aumento del hacinamiento. La reducción de la infestación fue mayor en la aldea La Brea, donde se utilizó un enfoque ecosistémico (una disminución del 4,5%). Las reducciones en la colonización fueron evidentes en todos

los pueblos, pero sólo en el tradicional pueblo de El Sillón lo hizo llegar a un cero por ciento. El índice de hacinamiento (número de insectos infestados en las viviendas) se incrementó en ambos pueblos ecosistémicos y disminuyó en ambos pueblos tradicionales. El índice de infección por *Trypanosoma* disminuyó en las cuatro aldeas (Charon, 2012). Aunque el número de insectos recolectados antes y después de la intervención fue similar (alrededor de 200) la distribución espacial se trasladó a los ambientes peridomésticos que se convirtió en los depósitos más importantes de explotación.

3.3. Viviendas revestidas y resultados inmediatos

Aplicaciones de revestimientos fueron realizados en las paredes de los dormitorios de 133 viviendas de la aldea La Brea, lo cual representa el 95 % de las viviendas de la aldea. Al concluir el trabajo realizado, inmediatamente se pudo constatar lo siguiente:

1) Los revestimientos de paredes que fueron aplicados en el campo con las mezclas propuestas por el equipo de investigación, utilizando los bancos de materiales y el procedimiento recomendado, se encontraban en perfectas condiciones.

2) La mayoría de las personas que participaron en los talleres, después de un año, pusieron en práctica el conocimiento transmitido; esto propició que las personas que no asistieron a los talleres buscaran la forma de revestir sus viviendas.

3) Algunos de los revestimientos en que no se utilizaron las mezclas recomendadas, pero si los materiales, obtuvieron buenos resultados; sin embargo, en los que no se utilizaron los materiales de los bancos recomendados, se presentaron fuertes deficiencias.

3.4. Estado actual de los revestimientos de las paredes

Después de 5 años de uso en condiciones de servicio, se realizó una primera evaluación del estado de los revestimientos (febrero de 2009), mientras que una segunda evaluación se realizó el 30 de abril de 2014, después de 9 años de servicio.

Los resultados de la evaluación realizada en el año 2009 en los revestimientos de las paredes en las viviendas de la aldea La Brea (Ayala et al., 2009), fueron los siguientes:

Revestimientos en buen estado:	79%
Revestimientos en estado regular:	7%
Revestimientos en mal estado:	7%
Imposible obtener información:	7%

Los resultados de la evaluación realizada en el año 2014 son coincidentes con los resultados del año 2009 en 95% de los casos, tanto cualitativa como cuantitativamente.

4. DISCUSIÓN Y CONSIDERACIONES FINALES

El hallazgo de que la población local en todos los pueblos ya tienen una tendencia a mejorar sus viviendas principalmente por revestimiento, fue muy importante para desarrollar la estrategia de intervención para el enfoque ecosistémico. El conocimiento de la comunidad sobre materiales locales para la construcción fue sorprendente, con más de 36 muestras de materiales tomadas de la aldea al Laboratorio de la Universidad, y los materiales más abundantes fueron utilizados en las mezclas nuevas.

Los habitantes de la aldea La Brea mostraron al grupo de investigación los materiales locales que utilizaban para el "revocado" y después de las pruebas de laboratorio, los mejores materiales y mezclas fueron seleccionados. Este trabajo fue la base para el desarrollo de una formulación nueva de revestimientos que se promovió activamente en las aldeas con intervención ecosistémica. Después de la encuesta final para evaluar los resultados de las intervenciones en los pueblos ecosistémico, el uso de la nueva mezcla se recomendó a los habitantes en los pueblos tradicionales para que les proporcionara la oportunidad de mejorar sus casas, lo cual también estuvo asociado a la forma de hacer las aplicaciones.

Los cambios se lograron mediante un trabajo intenso con la comunidad, visitas casa a casa fueron esenciales. Mientras que las mujeres estaban a cargo de los revestimientos, hombres y niños fueron responsables de traer la arcilla y la arena a la casa. Los habitantes de las comunidades reconocieron que con las mejoras de su casa, el riesgo de infección de la enfermedad de Chagas disminuyó. Además, los cambios en sus casas tuvieron una influencia en la percepción de los habitantes y los sentimientos hacia su forma de vida.

Reconocer y aceptar la responsabilidad de los principales determinantes de la transmisión de la enfermedad de Chagas por parte de las comunidades, es el primer paso hacia las intervenciones de control y prevención.

La participación comunitaria no es fácil de conseguir, y el respeto de sus materiales y métodos tradicionales es fundamental para garantizar la aceptación del nuevo revestimiento. Nuestra experiencia revela que la comprensión de las prácticas culturales es fundamental para la introducción de nuevas tecnologías. El hecho de que las mujeres hicieron las mejoras a sus casas refuerza nuestra expectativa de que la nueva tecnología (de larga duración) y el conocimiento serán difundidos, sobre todo porque las mujeres juegan un papel clave en la mejora de vivienda en otras zonas de Guatemala (Santa Rosa, Jalapa, Chiquimula), así como en Honduras y El Salvador.

Hubo una mejora general en la limpieza y el confort en las casas en las aldeas con enfoque ecosistémico. En La Brea, casas de categoría C disminuyeron y aumentaron las casas de categoría A y B. Hubo una disminución del 39,3% en las casas de la categoría C, lo cual se considera un cambio muy significativo. Hubo un 1,4% y 1,7% de disminución de las casas de la categoría C en las aldeas El Sillón y La Perla (intervención tradicional), respectivamente, estas no fueron significativas. Estos resultados indican que hubo una reducción significativa en el porcentaje de viviendas con las peores condiciones de riesgo en los pueblos con tratamiento ecosistémico.

La sostenibilidad de las mejoras tiene que ver con el empoderamiento de las comunidades en la adquisición de capacidades para resolver sus propios problemas, y la disponibilidad de tecnologías apropiadas y de otros recursos (económicos y basada en el conocimiento), que provocó nuevos sentimientos hacia el aspecto de sus casas, lo que significa que los propietarios continuaron con mejoras, superando las expectativas de los investigadores.

Las estrategias de control ecosistémico y tradicional aplicada en este estudio se realizaron con éxito en la reducción de las infestaciones de *T. dimidiata*. Pocos meses después de la fumigación, en todos los pueblos había menos casas infestadas. La diferencia entre las dos estrategias se encontraba en la mejora significativa en las condiciones de higiene y en la construcción y en la ubicación de los insectos recolectados después de la intervención. El peridomicilio es un entorno diverso y dinámico que ofrece muchas posibilidades para las fuentes de refugio y la sangre de los insectos triatóminos. Durante este estudio se observó a menudo que los materiales de construcción apilados por los habitantes (adobes, tejas, etc.) protegieron a grandes colonias de *T. dimidiata*. Otros refugios fueron las fuentes de la sangre más fácilmente disponibles, incluyen gallineros y chiqueros.

Los resultados obtenidos en la evaluación realizada 5 años después de las aplicaciones de revestimientos en paredes de viviendas de adobe de la aldea La Brea, son coincidentes en un 95% con los obtenidos 9 años después. El 79% de los revestimientos están en buen estado y 7% están en regular estado.

En los casos en que los revestimientos mostraron deficiencias o estar en mal estado (7% de los casos), la investigación de campo evidenció ser atribuible a la falta de acatamiento de los materiales y el proceso constructivo utilizado, además de la poca disposición de las personas para realizar el trabajo, una cuestión asociada al bajo nivel de escolaridad.

En muchos casos se observó que las personas continuaron con el proceso de revestimiento aún después de haber terminado esta actividad dentro del proyecto. También se observó que algunos de ellos realizaron actividades de mantenimiento; en otros casos el mantenimiento fue muy limitado. Esta labor de extensión y mantenimiento favorece la condición sostenible del mejoramiento.

Es muy importante mencionar que todas las viviendas se consideran inseguras desde el punto de vista estructural,

con alto riesgo de inestabilidad ante fenómenos sísmicos. En este proyecto la mejora se realizó únicamente considerando los aspectos de habitabilidad de las viviendas (salubridad). Se considera que la evaluación estructural, pero ante todo la mejora de las viviendas para soportar cargas laterales derivadas de los fenómenos sísmicos es de imprescindible y urgente necesidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Association of State Highway and Transportation Officials –AASHTO- (2004). Standard specifications for transportation materials and methods of sampling and testing. Designations T 89; T-90; T-11; T-27; T-265; T-84. Englewood, Colorado. Disponible en: <http://www.ihs.com/products/industry-standards/organizations/aashto/index.aspx>

Ayala, V.; Quiñónez, J.; Méndez, M. (2009). Informe científico final del componente de ingeniería del proyecto de investigación 'Manejo a largo plazo de los factores de riesgo para la re-infestación del vector de Chagas (Triatoma Dimidiata) en la vivienda y el peridomicilio en el Departamento de Jutiapa, Guatemala'. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo –CIID- y Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC-. Pendiente de Publicación. Guatemala, p.95.

Bustamante, D.M.; Monroy, C.; Pineda, S.; Rodas, A.; Castro, X.; Ayala, V.; Quiñónez, J.; Moguel, B.; Trampe, R. (2009). Risk factors for intradomestic infestation by the Chagas Disease vector Triatoma dimidiata in Jutiapa, Guatemala. Cadernos de Saúde Pública, 25 (Suppl. 1). Rio de Janeiro, p. S83–S92.

Centre Scientifique et Technique du Batiment –CSTB- (1993). Certification des enduits monocouches d'imperméabilisation Modalités d'essais. Paris. Disponible en: cahier des prescriptions techniques CSTBAT 18 de juillet-août 1993

Charron, D. (2012). Ecohealth Research in Practice. Innovative applications of an ecosystem approach to health. Chapter 14: An Ecosystem Approach to the Prevention of Chagas Disease in Rural Guatemala. IDRC, Ed. Springer. Ottawa.

Monroy, C.; Bustamante, D.; Pineda, S.; Rodas, A.; Castro, X.; Ayala, V.; Quiñónez, J.; Moguel, B. (2009). House improvements and community participation in the control of Triatoma Dimidiata re-infestation in Jutiapa, Guatemala. Cadernos de Saúde Pública. Vol. 25 (Suppl. 1). Rio de Janeiro, p. S168-178.

AUTORES

Francisco Javier Quiñónez de la Cruz. Guatemalteco. Ingeniero Civil con especialización en Investigación Científica. Cd. Doctor en Ciencias Técnicas. Profesor Titular de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Investigador de construcciones con tierra; puzolanas de origen volcánico; ferrocemento; fibras naturales; desechos agroindustriales para utilización en la construcción de elementos para vivienda económica.

Edgar Virgilio Ayala Zapata. Guatemalteco. Doctor en Ingeniería Civil y Doctor en Filosofía. Profesor Titular de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Asesor de tesis a nivel de licenciatura. Investigador de Construcciones en tierra (adobe, bajareque, tapial, pisos, revestimientos); Maderas tropicales; Cemento puzolánico. Participación en eventos académicos en Europa, América Latina, Asia, África.

4.6 Análisis de retraso térmico de bloques de tierra comprimida. Rubén Salvador Roux Gutiérrez/ Diana Patricia Gallegos Sánchez

Rubén Salvador Roux Gutiérrez 1, Diana Patricia Gallegos Sánchez 2
1 Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Coahuila. rroux33@hotmail.com
2 Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, dianna_gallegos@hotmail.com

Palabras clave: BTC, retraso térmico, construcción con tierra.

Resumen

La presente ponencia es el resultado de la investigación que aborda el tema las propiedades térmicas de los Bloques de Tierra Comprimida (BTC), con la finalidad de corroborar las ventajas de este material de construcción alternativo, sobre los materiales convencionales, por otro lado se busca comprobar que estos nuevos materiales pueden satisfacer las necesidades de la población para la construcción de sus viviendas de manera adecuada, mejorando la calidad de vida del usuario y produciendo un menor impacto ambiental, por eso se plantea el uso de BTC como unidad de análisis, elaborado con material de la zona del sur de Tamaulipas para probar sus ventajas como regulador natural de temperatura contra el bloque de concreto y el ladrillo recocido de la región, que son más empleados en el ámbito de la construcción de viviendas. Las pruebas térmicas realizadas consistieron en colocar una fuente de calor que simulara el efecto del sol sobre un muro, con las temperaturas registradas durante la prueba se graficaron y se determinó el retraso térmico en los muros dependiendo del material. Además se empleó una cámara termográfica para apreciar la manera en la que el calor va incrementando la temperatura del muro en la cara expuesta a la fuente de calor y en la posterior. Como los resultados de las pruebas se determinó cual es el material óptimo para emplear como envolvente de la vivienda, no solo por las características nobles de la tierra con el ambiente, sino por el confort térmico que se obtiene dentro de la vivienda, lo cual también reduce el costo de energía.

1. INTRODUCCION

Construir con tierra es una técnica milenaria en la historia de la humanidad, donde el hombre la empleaba para protegerse de la intemperie. Según Neves (2007) pasando la construcción con tierra por las debidas adaptaciones técnicas y culturales de cada región. Los habitantes de épocas pasadas supieron como explorar las buenas propiedades de la tierra y usarla en bellísimas construcciones.

Sin embargo de acuerdo a McHenry (2004) los cambios radicales producidos por la revolución industrial, la energía de bajo costo, una rápida expansión de los sistemas de transporte, distribución y la preferencia por materiales más 'modernos' como el cemento Portland que tuvo un importante papel en la segunda guerra mundial para la reconstrucción de las ciudades europeas, virtualmente acabaron con la utilización de tierra como material de construcción.

Actualmente en México, la construcción con tierra es una técnica que se practica de manera artesanal, no hay normas oficiales que regulen su uso, por lo que su difusión es mínima en el mercado de la construcción.

La construcción es el sector productivo que más contaminación produce, como menciona Fuentes (2005) causa además un impacto en el ambiente por la energía utilizada para proveer al edificio de los servicios necesarios y la energía usada para la fabricación de los materiales utilizados en la construcción, consume una importante cantidad de energía y provoca un porcentaje significativo de emisiones de CO₂ a la atmosfera (Fuentes, 2005).

Es por eso que al tomar en cuenta el impacto que causa al ambiente la construcción, haya surgido de nuevo la tierra siendo un material de fácil localización, como

plantea De Oteiza (2002) actualmente un tercio de la humanidad se refugia de la intemperie en construcciones de tierra.

Claro está que tiene sus ventajas y desventajas como cualquier otro material, la tierra es un material que ofrece tantos beneficios algunos de ellos expuestos en Fuentes (2005) este material funciona como acumulador térmico en invierno debido a su masa térmica, por factores como la constitución del material y el espesor de las paredes, también funciona como aislante acústico y de muy baja transmisión del sonido. No es tóxico y es libre de emisiones.

Es completamente ecológico como recurso renovable, totalmente reciclable, además de que es disponible localmente y requiere de pocos recursos adicionales tales como la fabricación, el transporte, y demás. No es inflamable, y mantiene confortable la temperatura superficial de los materiales. Estéticamente hablando se logran con la tierra texturas y colores naturalmente bellos de muy fácil mantenimiento (García, 2003).

Ciertas desventajas que son, el que es no es un material de construcción estandarizado. Su composición depende del lugar de donde se extrae puede contener diferentes cantidades y tipos de arcilla, limo, arena y agregados; Otra desventaja es que se contrae al secarse por la evaporización del agua, y pueden aparecer fisuras, como puntualiza Roux (2005), además no es impermeable, debe protegerse de la lluvia y de las heladas especialmente en estado húmedo (Minke, 2005).

En este artículo se hará énfasis en las propiedades térmicas de los BTC, los datos encontrados de las características térmicas de la materia tierra son relativamente escasos en comparación con la información

existente para otros materiales de construcción. En México existen pocos laboratorios que se dediquen a analizar dichas características, lo cual es un impedimento para la difusión de este material puesto que la construcción está regulada por normas estrictas de calidad (Aranda; Fuentes, 2007).

En la construcción de viviendas la envolvente cumple con la función de ser intermediario entre el clima exterior y el ambiente dentro de esta. Es posible que la cantidad de calor que penetra del exterior al interior sea minimizada, utilizando la capacidad térmica de los materiales que conforman la envolvente (Gameros, 2007).

La tierra estabilizada, por sus propiedades naturales, tiene la capacidad de regular la temperatura y la humedad a través de la evaporación y la condensación, si la temperatura en el exterior es más alta la pared de tierra estabilizada evapora humedad, lo que enfriará la pared y por lo tanto la temperatura interior bajará. Si es al contrario y hace más frío en el exterior entonces la pared condensará la humedad, que creará calor en la pared y por lo tanto en el interior de la vivienda. (Auroville, 2004).

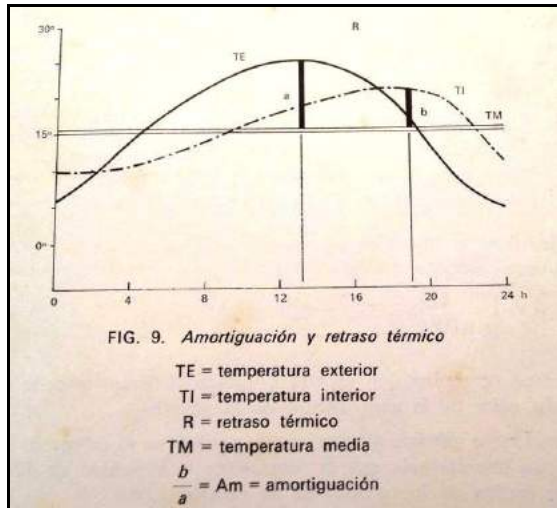


Figura 1. Retraso térmico y amortiguación. Fuente: (Puppo; Puppo 1972:85)

En la investigación realizada, son estas características térmicas lo que se evaluó. Para poder comprender mejor las propiedades termo físicas relacionadas con estos

2. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

La presente investigación se enfoca en el análisis de las propiedades térmicas que tienen los bloques de tierra comprimida, para determinar el retraso térmico que presentan al aplicar una fuente de calor en un ambiente controlado, en este caso el laboratorio. De esta manera se compara la transmisión del calor a través de muros de elaboración propia con bloques de tierra comprimida (BTC), bloque de concreto convencional y ladrillo. Los bloques de concreto y ladrillos empleados fueron brindados por el laboratorio de materiales de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Los bloques de tierra comprimidos se elaboraron en las instalaciones de la facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, contando con

procesos de transferencia de calor, se explican brevemente a continuación de acuerdo a Goulart (2004): conductividad térmica (λ), calor específico (c), y densidad (ρ).

- Coeficiente de conductividad térmica (λ): Caracteriza la cantidad de calor necesario por m^2 para que se obtenga una diferencia de $1^\circ C$ de temperatura entre las dos caras de 1m de material homogéneo en una unidad de tiempo. Se expresa en $W/m \times K$.
- Calor específico (c): Se define como la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa, elevando su temperatura en una unidad. Se expresa en $J/kg \times K$.
- Densidad (ρ): Cantidad de masa contenida en un determinado volumen. Se expresa en kg/m^3 .

Miguel Ángel Gálvez (2002) denomina inercia térmica a la resistencia que presentan los cuerpos para variar su temperatura, acumulando en su interior la energía que reciben.

Los flujos de calor que se presentan en una edificación varían constantemente, siempre que las temperaturas interiores y exteriores sean diferentes, esta transferencia de energía no es instantánea pues, al aplicar calor a un muro la conducción de un lado al otro se apreciará en cierto tiempo, lo que depende de las características termo físicas del material (Fuentes, 2001).

Dentro de la expresión 'inercia térmica' se deben entender estos conceptos:

- Retraso: es el tiempo transcurrido desde que la parte de calor absorbida por el muro llega a la cara opuesta.
- Amortiguamiento: es la diferencia de energía que hay entre la cara expuesta del muro y la interior (Clima Block, 2000).

De manera gráfica en la figura 1 se muestran cuando varían las temperaturas exteriores e interiores, las diferencias entre estas resultan en la amortiguación y el retraso térmico. Por eso se dice que si un material tiene más o menos inercia térmica, se refiere a cuanto mayor o menor es su amortiguación y retraso térmico. Se puede concluir que un material es mejor acumulador de calor, cuanto más baja es su retraso térmico (Puppo; Puppo, 1972).

material disponible en la zona, la cantidad de BTC realizados fue en alcance a los recursos que fueron destinados para la investigación, su procedimiento constructivo fue en base a la información consultada bibliográficamente sobre este tema, apoyándose de normas mexicanas para la clasificación del suelo y análisis de propiedades mecánicas del mismo. Las pruebas de conductividad térmica se limitarán a aplicar una fuente de calor constante, para tomar las medidas de temperatura que presentaron los diferentes muros probados, y así comparar su comportamiento.

El procedimiento que se empleó en esta investigación requirió de 6 fases generales de continuidad estricta,

puesto que era necesario concluir con la actividad en curso antes de pasar a la siguiente fase. En la figura 2 se observan estas fases, y posteriormente se explica cada una de ellas.



Figura 2. Fases de la investigación. Fuente: elaboración propia, 2014

Por los alcances de esta investigación que se limita a analizar el comportamiento térmico de los muros de BTC, comparado con el de bloque convencional y de ladrillo de barro cocido, se realizaron las pruebas de: Eades y Grimm, ensayo de compactación Proctor, límites de Atterberg y contracción lineal; todas estas pruebas en base a consultas bibliográficas y electrónicas que se hicieron para contar con un respaldo teórico de lo que se iba a realizar, ya que con estas pruebas se determinaron las características de los bloques que se elaboraron, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Cuadro resumen de pruebas. Fuente: Elaboración propia, 2014.

TIPO DE PRUEBA	NORMA OFICIAL CONSULTADA	RESULTADOS ESPERADOS
Eades y Grimm	ASTM D6276 – 99A (2006) e1. (EUA)	Determinar el porcentaje óptimo de cal, para la estabilización de la tierra
Prueba de compactación Proctor	M-MMP-1-09-06 (México)	Permiten determinar la curva de compactación, con esta se infiere su masa vol. Seca máxima y su contenido de agua óptimo
Límites de Atterberg	M-MMP-1-07-03 (México)	Con esta prueba se darán a conocer los límites líquidos y límites plásticos. Así determinar con qué tipo de suelo se trata
Contracción lineal	NMX-C-416-0NNCCE (México)	Se conocerá el porcentaje de contracción lineal que tiene el suelo a estudiar

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Al concluir las pruebas de laboratorio, se prosiguió a la fase de fabricación de los BTC, las pruebas anteriores brindaron la pauta para conocer el tipo de suelo con el que se trabajaba, la cantidad de estabilizante adecuada y el contenido de humedad óptima. El resumen de los resultados ese muestra en la tabla 2 siguiente:

Tabla 2 Resumen de resultados. Fuente: Elaboración propia, 2014

TIPO DE PRUEBA	RESULTADO
Eades y Grimm	7% cal
Prueba de compactación Proctor	peso volumétrico seco máximo es de: 1694 kg/m ³ y el contenido de humedad óptimo es de un 15,8%
Límites de Atterberg	CL (arcilla de baja compresibilidad); límite líquido=31%; límite plástico=23%
Contracción lineal	contracción promedio 1,55%

Después se comenzó la fabricación de los BTC (figura 3), el proceso requirió de equipo de laboratorio especializado la prensa empleada fue tipo Cinv-a-Ram. Una vez curados los BTC, se prosiguió a la elaboración de los muros usando: bloque concreto de (15x20x40) cm, el ladrillo de barro recocido (6x12x24) cm y el BTC (10x14x29) cm. Se construyeron: dos muros sencillos de BTC sin revoque, dos muros sencillos de BTC con revoque de cal, un muro doble con revoque de cal y arena 4:1, un muro doble sin revoque, un muro de ladrillo de barro cocido y un muro de bloque convencional; para ser un total de ocho muros a probar, con unas dimensiones aproximadas de 40 cm x 40 cm. El mortero usado fue de 1:1/2:3 cemento, cal y arena.

La prueba consistió en el análisis de las temperaturas registradas en ambas caras de los muros donde se

colocaron termopares, se creó una fuente de calor constante que consistió en una placa de madera instalada con 6 focos marca Osram de 150 W (figuras 4). Los muros fueron colocados uno por uno a una distancia establecida de la placa de focos a 34.5 cm y se registraron las temperaturas en ambas caras del muro.

Para la recolección los resultados se utilizó el software HOBOWare U-12, el cual fue programado para tomar la temperatura a cada intervalo de 15 min por ambas caras durante ocho horas, después se graficaron los datos para poder apreciar el retraso térmico de los muros y así comprobar o rechazar la hipótesis.



Figura 3. Bloques elaborados. Fuente: elaboración propia, 2013



Figuras 4 Fotografía previa al inicio de la prueba. Fotografía durante la prueba. Fuente: Elaboración propia, 2014

En la tabla 3 se muestra un resumen de las máximas temperaturas que alcanzan los muros de los diferentes materiales, además de mostrar el retardo que hubo, es decir, cuanto tiempo transcurrió desde el momento en que se registraron las temperaturas máximas en cada lado del muro, lo cual es el retraso térmico.

Tabla 3. Tiempo de retardo y factor de reducción. Fuente: Elaboración propia, 2014

Tipo de muro	Temperatura máxima		Tiempo de retardo térmico	Factor de Reducción $\mu = \frac{T_i \max}{T_o \max}$
	Lado de muro			
	Expuesto °C	Posterior °C		
BTC sencillo sin revoque 1	57,786	33,183	1 h	1,741
BTC sencillo sin revoque 2	54,602	32,407	1 h	1,685
BTC revoque 1	55,832	30,343	1:15 h	1,840
BTC revoque 2	55,021	30,444	1:30 h	1,807
BTC doble con revoque	55,56	25,695	4:15 h	2,162
BTC doble sin revoque	60,918	26,671	4:15 h	2,28
Ladrillo de barro cocido.	58,776	37,645	0:30 h	1,561
Bloque de concreto	64,838	34,387	0:30 h	1,886

Al concluir con la recolección de datos con el software, se tomaron fotografías termo gráficas ver figuras con la cámara: FLUKE Ti- Series, con esta se captó el cambio de temperatura en las caras de los muros y así determinar la manera en la que la energía es conducida a través del material.

Las figuras 5, 6 y 7 muestran el momento en el que los muros comienzan a absorber el calor, se muestran las fotografías en los muros. Se observa las variaciones de

calor y marca las temperaturas máximas y mínimas de acuerdo a la tonalidad de la imagen, en cada imagen se muestra primero la fotografía al iniciar la prueba, es decir previo al encendido de los focos, la segunda fila son imágenes tomadas aproximadamente una hora después y por último fotografías tomadas aproximadamente tres horas después, para que se aprecie la elevación de temperatura que ocurre en el lado opuesto del muro.

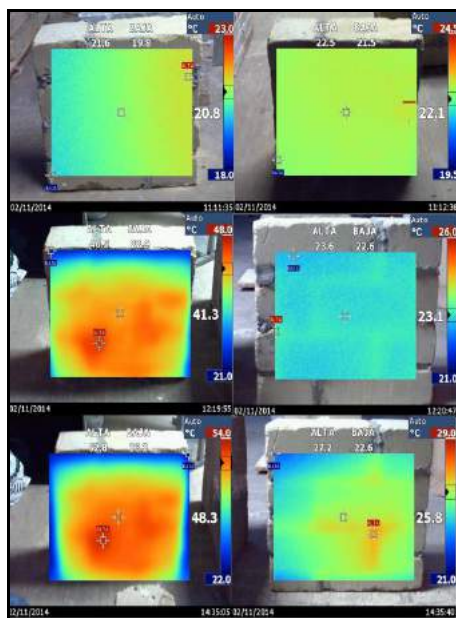


Figura 5. Fotografías termo gráficas a BTC sencillo sin revoque. Fuente: Elaboración propia, 2014

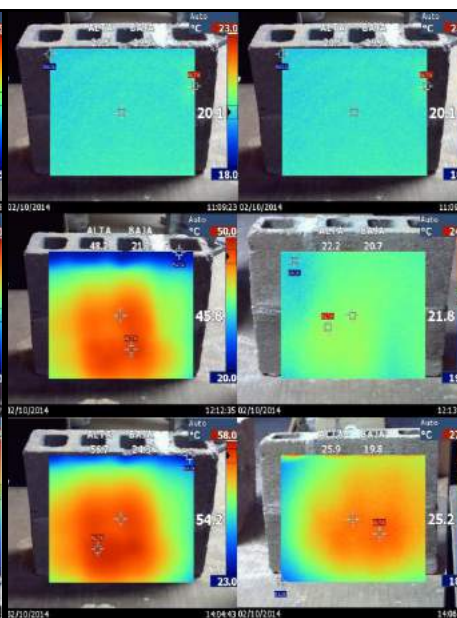


Figura 6. Fotografías termo gráficas a muro de bloques de concreto. Fuente: Elaboración propia, 2014

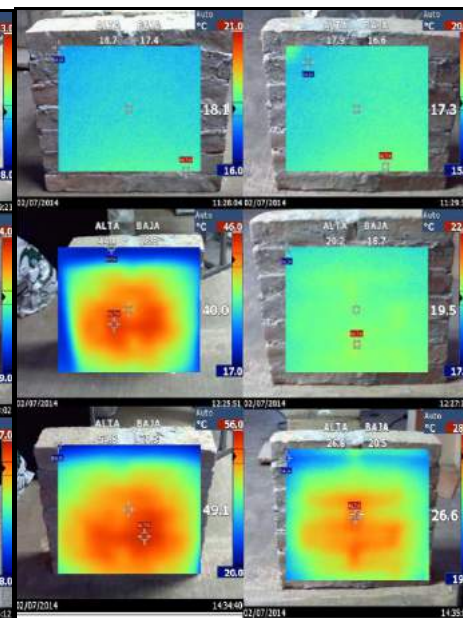


Figura 7. Fotografías termo gráficas a muro de ladrillo barro cocido. Fuente: Elaboración propia, 2014

4. CONCLUSIÓN

Retomando la hipótesis de la investigación la cual trata de comprobar que un bloque de tierra comprimida (BTC) tiene la capacidad de regular la temperatura en el interior de la vivienda, por lo tanto presenta ventajas comparado con el bloque convencional utilizado en la construcción actualmente; los resultados comprueban que los BTC

mejoran la sensación de confort térmico en el interior de las viviendas, considerablemente mejor que el bloque de concreto y el ladrillo, puesto que mostró un mayor retraso térmico que estos; Se comprobó que a lo largo del día el BTC presenta una temperatura menor en el exterior del muro, tanto como en el interior de la vivienda, al ser

expuesto a una fuente de calor, a diferencia de los otros materiales probados.

Como conclusión final, se puede inferir que la construcción de muros con BTC en una vivienda, dará como resultado que esta sea más fresca en verano y más caliente en invierno, debido a las propiedades aislantes de este material, además con el beneficio de consumir menos recursos energéticos incorporados, debido a que es un material de origen natural y no requiere de un

proceso de industrialización, solo el uso de un estabilizante de acuerdo a las características del suelo empleado, es por eso que al reintegrarlo a la naturaleza el impacto que tiene es mínimo. También tiene como ventaja económica el ahorro en el acondicionamiento de la vivienda ya que solo se necesitaría utilizar ventilación natural, en comparación con los otros materiales, que debido al paso del calor más rápido en el ladrillo y el bloque de concreto, requieren de climatización artificial para lograr el confort en la vivienda.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society for Testing and Materials (2006). ASTM D6276 – 99ª (2006) e1. Standard test method for using pH to estimate the soil-lime proportion requirement for soil stabilization.
- Aranda Jiménez, Yolanda G.; Fuentes Pérez, Carlos A. (2007) Bloques de tierra comprimida. En: García Izaguirre, V. M., Roux Gutiérrez, R. S., Espuna Mujica, J. A., Pier Castello, M. L. (Comps.). Anuario de investigación de construcción con tierra y del diseño sustentable. Editorial Universidad Autónoma de Tamaulipas. México.
- Auroville Earth Institute (2004), Building with earth. Recuperado: 21 de Septiembre de 2013 en: <http://www.earth-auroville.com/index.php>
- Clima Block (2000). Construcción sostenible. España. Recuperado el miércoles, 12 de febrero de 2014 de: <http://www.climablock.com/Construccion%20Sostenible-02.06-Inercia-termica-Bloque-aislante.htm>
- De Oteiza, I. (2002) Introducción a la construcción con tierra. En: Maldonado Ramos, L.; Rivera Gómez, D; Vela Cossio, F. (Edits.). Arquitectura y construcción con tierra. Editorial Marea libros. España.
- Fuentes Frexainet, V. A. (2001). Arquitectura bioclimática. Editorial UAM colaboración con Limusa. México.
- Gálvez Huerta, M. A. (2002). Bioclimatismo y construcción con tierra en la obra de Hassan Fathy: El ejemplo de Nueva Gouna. En: Maldonado Ramos, L.; Rivera Gómez, D.; Vela Cossio, F. (Edits.). Arquitectura y construcción con tierra. Editorial Marea libros. España.
- Gameros González, G. (2007). Agua encapsulada como amortiguador térmico sobre losas de concreto. Tesis para obtener el grado de Maestría en Arquitectura. Universidad de Colima, Facultad de Arquitectura y Diseño. México.
- García Casals, X. (2003). Análisis técnico-económico y de sustentabilidad (embodied energy) del BTC como solución bioconstructiva de Madrid. Universidad Pontificia Comillas Madrid. Madrid
- Goulart, S. V. (2004). Thermal Inertia and natural ventilation-Optimisation of thermal storage as cooling technique for residential buildings in Southern Brazil. Tesis para obtener título de doctor en filosofía. Reino Unido: Open University: Architectural Association School of Architecture, Graduate School.
- Instituto Mexicano del Transporte. IMT (2003). M-MMP-1-07-03. Métodos de muestreo y prueba de materiales. Parte 1. Suelos y materiales para terracerías. Límites de consistencia. México. Recuperado el 10 de diciembre del 2013 en: <http://normas.imt.mx/normativa/M-MMP-1-07-03.pdf>
- Instituto Mexicano del Transporte. IMT (2006) M-MMP-1-09-06. Métodos de muestreo y prueba de materiales. Parte 1. Suelos y materiales para terracerías. Compactación AASHTO. México. Recuperado el 10 de diciembre del 2013 en: <http://normas.imt.mx/normativa/M-MMP-1-09-06.pdf>
- Mc Henry, P. G. (2004). Adobe, como construir fácilmente. Editorial Trillas. México.
- Minke, G. (2005). Manual de construcción con tierra, La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura. Uruguay: Editorial fin de siglo.
- Neves, Celia. (2007) Arquitectura y construcción con tierra: Pasado, hoy y futuro. En: García Izaguirre, V. M., Roux Gutiérrez, R. S., Espuna Mujica, J. A., Pier Castello, M. L. (Edits.). Anuario de investigación de construcción con tierra y del diseño sustentable. Editorial Universidad Autónoma de Tamaulipas. México.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación. ONNCCE (2003). NM X-C-416. Industria de la construcción - Muestreo de estructuras terreas y métodos de prueba.
- Puppo, E.; Puppo, G. A. (1972). Acondicionamiento natural y arquitectura. Editorial MARCOMBO S.A de C.V. España.
- Roux Gutiérrez, R. S. (Ed.). (2005). Memorias 1º congreso-taller internacional para normalización de la arquitectura de tierra. Editorial Universidad Autónoma de Tamaulipas. México.

AUTORES

Rubén Salvador Roux Gutiérrez, Arquitecto por la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Maestro en Ingeniería por la Universidad Autónoma de Tamaulipas y Doctor en Arquitectura por la Universidad de Sevilla, miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel I, catedrático investigador de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Coahuila, Unidad Saltillo

Diana Patricia Gallegos Sánchez, Ing. Civil en la Facultad de ingeniería de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (2009-2013), servicio social en el departamento de posgrado de la facultad de ingeniería de la Universidad Autónoma de Tamaulipas en proyectos de cambio climático (2012). Examen profesional presentado el 7 de abril del 2014.

INVESTIGACIÓN, CONSTRUCCIÓN E INTERVENCIÓN EN ZONAS SÍSMICAS

5.1 Reforzamiento de estructuras de adobe con mallas metálicas. Osvaldo Albarracin/ Mary Saldívar Lucas Garino Libardi/ Gustavo Navarta

Osvaldo Albarracin¹; Mary Saldívar²; Lucas Garino Libardi³; Gustavo Navarta⁴
 Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat, Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de San Juan, Argentina
 1osvaldo_albarracin@yahoo.com.ar; 2msaldivar@speedy.com.ar
 Instituto de Investigaciones Antisísmicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, Argentina; 3lgarino@unsj.edu.ar; 4gnavarta@unsj.edu.ar

Palabras claves: Construcciones espontáneas, vulnerabilidad sísmica, desarrollo tecnológico

Resumen

El Gran San Juan es el conglomerado de ciudades y localidades agrupadas en el valle de Tulum, con una población de 470.000 habitantes y con la particularidad de pertenecer a la zona de mayor peligrosidad sísmica de Argentina. Desde la década del 70 rigen en el país las normas de diseño estructural INPRES-CIRSOC103¹ que brindan prescripciones sismorresistentes para la construcción con mampostería encadenada. Sin embargo, en la actualidad existen áreas urbanas y suburbanas con diferentes grados de vulnerabilidad sísmica debida, principalmente, al carácter precario y espontáneo de las construcciones, muchas de ellas construidas por sus propios dueños.

Un problema adicional de este sector lo constituye la construcción de viviendas empleando adobes. Este tipo de construcciones con tierra ha presentado comportamientos inaceptables durante los terremotos de mayor magnitud registrados en la ciudad de San Juan en el año 1944 y en la ciudad de Caucete en el año 1977 (Ms =7,4 y Ms=7,5 respectivamente).

Con el objetivo principal de disminuir la vulnerabilidad sísmica de las construcciones de adobe existentes, se han realizado ensayos dinámicos de modelos de vivienda a escala 1:2 utilizando la mesa vibratoria del Instituto de Investigaciones Antisísmicas de la Universidad Nacional de San Juan.

En una primera instancia se ensayó un modelo sin reforzar cuyos resultados constituyen una situación basal, para luego ensayar un modelo reforzado con mallas metálicas y revoque de mortero cementicio.

Los primeros análisis de los resultados muestran la viabilidad de la metodología empleada como reforzamiento, permitiendo que la vivienda no colapse ante las acciones dinámicas impuestas.

1. INTRODUCCIÓN

El Gran San Juan es el aglomerado urbano formado como consecuencia de la extensión de la ciudad de Ciudad de San Juan sobre los cuatro departamentos limítrofes, Rawson, Rivadavia, Santa Lucía y Chimbabue y sobre los departamentos de Nueve de Julio y Pocito. Cuenta con una población de 471.389 habitantes y sísmicamente constituye conjuntamente con la región norte de la provincia de Mendoza, la zona de mayor peligrosidad sísmica de la República Argentina.

Cuando ocurren terremotos de carácter destructivo son cuantiosas las pérdidas de vidas humanas y de bienes producidas por el colapso de edificaciones que no están concebidas para responder adecuadamente a tales eventos. En San Juan el terremoto del año 1944, destruyó aproximadamente el 80% de la ciudad y causó cuantiosas pérdidas humanas, se estima que 10.000 personas murieron y otras 20.000 resultaron heridas de una población total cercana a los 80.000 habitantes. En el año 1977 otro terremoto de similar magnitud tuvo su epicentro en la ciudad de Caucete, ubicada 25 km al SE de la ciudad de San Juan, causando 65 víctimas fatales y alrededor de 300 heridos, la mayoría de ellos por el colapso de viviendas de adobe en la zona epicentral.

Este último evento causó menor número de fatalidades debido principalmente a la menor densidad poblacional de la ciudad de Caucete y a que ya se encontraban vigentes normas sísmicas de construcción, desarrolladas a partir de la reconstrucción de la ciudad de San Juan luego del terremoto de 1944.

Actualmente rige en el país el reglamento INPRES-CIRSOC 1031 con prescripciones sismorresistentes para la construcción de edificios, además existen organismos provinciales de control de proyectos y ejecución de obras. Sin embargo hay áreas urbanas y suburbanas con diferentes grados de vulnerabilidad sísmica.

El hábitat de los sectores poblacionales con necesidades básicas insatisfechas es el que presenta mayores niveles de vulnerabilidad sísmica. La limitada inserción del sector en el conjunto social formal ha dificultado en las pasadas décadas, el acceso tanto a planes gubernamentales de viviendas, al servicio profesional específico como a materiales de construcción de cierto costo al momento de materializar el hábitat familiar.

Resulta usual que familias de bajos recursos construyan sus viviendas con adobes pasando a formar parte de la fracción más vulnerable frente a sismos destructivos (Figura 1).

Puede afirmarse que si bien existe en el sector cierta cultura constructiva producto de la necesidad, no está desarrollada una marcada conciencia sobre los efectos que un sismo destructivo pueda ocasionar en las viviendas. Por lo tanto, constituye un desafío proponer soluciones innovativas de orden tecnológico que resulten aptas para la recuperación o rehabilitación de viviendas espontáneas ejecutadas sin asistencia técnica ni control de los organismos pertinentes.

Esta publicación aborda las problemáticas de viviendas autoconstruidas en forma espontánea por sus habitantes en terrenos propios y que no obstante su vulnerabilidad

2. MARCO TEÓRICO

Tecnologías apropiadas o sustentables, aplicadas a la materialización del hábitat humano, son aquellas cuya adopción ofrece ventajas comparativas respecto de otras alternativas en los planos económicos, sociales y del ambiente físico. Posibilitando el máximo aprovechamiento de los recursos físicos disponibles en términos de materiales y equipos empleados, a la vez que capitalizan recursos humanos y potencian conocimientos técnicos y capacidades, en un todo armónico que articula aspectos productivo-culturales con el mejoramiento de la calidad de vida tanto de los futuros usuarios de los espacios en construcción, como la de los sectores involucrados directa o indirectamente en su materialización.

Una tecnología constructiva resulta apropiada cuando emplea óptimamente recursos locales en una forma amigable al ambiente y cuando es recomendable para las circunstancias ecológicas, económicas y socio-culturales de un país o región. Las tecnologías apropiadas por lo tanto promueven un desarrollo sustentable².

La problemática de los desastres ha transitado durante los últimos 20 años una fuerte evolución conceptual. Los desastres dejaron de ser vistos como un sinónimo de eventos naturales, el sencillo resultado, casi automático, de estar expuestos a estos, o la falta de la respuesta física frente a tales eventos y comenzaron a comprenderse como una orientación guiada por el reconocimiento del riesgo.

Se define como amenaza, a la posibilidad de que ocurra un fenómeno o un evento adverso que podría generar daño en las personas o su entorno, derivado de la naturaleza, de la actividad humana o de una combinación de ambos y que puede manifestarse en un momento y un lugar específicos con una magnitud determinada.

La vulnerabilidad se define como la susceptibilidad o la predisposición intrínseca de un elemento o de un sistema de ser afectado gravemente (por ej.: un edificio o un conjunto de viviendas). Es el factor interno del riesgo, debido a que esta situación depende de la actividad humana. La vulnerabilidad debe entenderse en función de cada tipo de amenaza. Una vivienda o cualquier otro tipo de construcción pueden ser vulnerables a los terremotos si no cuenta con un diseño adecuado, por ejemplo.

La interacción de la amenaza y la vulnerabilidad en determinado momento y circunstancia genera un riesgo, es decir, la probabilidad de la generación de daños por la

son susceptibles de ser recuperadas con la aplicación de recursos tecnológicos de mitigación del riesgo de colapso.



Figura 1 – Viviendas auto construidas utilizando adobes

presentación del fenómeno esperado, en un lugar específico y con una magnitud determinada.

Desde una perspectiva cuantitativa la vulnerabilidad edilicia en el campo de la vivienda resulta uno de los aspectos de relevancia a considerar en la evaluación del riesgo sísmico. Por su parte, la mitigación de la misma aparece como requerimiento de primer orden en cualquier acción relativa a la gestión del riesgo a escala urbana.

Factores de orden tecnológico, económico y social se conjugan en la génesis de todo edificio, particularmente en los destinados a vivienda y son estos factores los que inciden en los niveles de vulnerabilidad sísmica resultante, y es por ello que deben considerarse en toda acción que tenga como objetivo la mitigación del riesgo ante sismos de diferente intensidad.

En la región, la sismorresistencia constituye un factor de fuerte incidencia en la habitabilidad de las viviendas. Sumado a ello, dentro de los niveles de exclusión social de los sectores aludidos se manifiestan físicamente en la materialización de barrios de viviendas autoconstruidas con índices de habitabilidad considerablemente bajos.

Esta situación, tiene origen en la dificultad de sus habitantes para acceder tanto al servicio profesional especializado como a materiales de construcción "nobles". El resultado son agrupamientos de viviendas de construcción espontánea realizadas sin asistencia técnica ni control estatal que se localizan en áreas periurbanas.

Las normas de construcción, nacionales y provinciales (INPRES CIRSOC – Código de Edificación de San Juan), prescriben consideraciones estructurales para que una construcción pueda ser considerada habitable. Tales normas no resultan aplicables a los casos de las viviendas existentes mencionadas ya que su aplicación estricta induciría a la demolición con el consecuente impacto social que afectaría a un sinnúmero de pobladores.

No obstante, en Latinoamérica, se han desarrollado métodos de consolidación de edificios construidos con tierra cruda. Países como Perú, Colombia o México cuentan con normativas para la construcción de viviendas con adobe y para la rehabilitación de viviendas ubicadas en zonas donde la sismicidad constituye una amenaza. Avances tecnológicos desarrollados principalmente por investigadores de la Pontificia Universidad Católica de Perú – PUCP (Bariola et al, 1986; Corazao et al, 1973; Vargas et al, 1983a; 1983b; 1984; Zegarra et al 1997, 1999; Blondet et al, 2005; Torrealva et al, 2005) podrían ser de aplicación a la problemática local, posibilitando la disminución del riesgo de colapso por comportamiento

frágil, al tiempo que propicie un comportamiento elástico de la construcción, retardando de esta manera el tiempo de colapso ante la ocurrencia de un sismo de intensidad considerable.

La sustentabilidad económica de las soluciones de rehabilitación sísmica podría encontrar en la autoconstrucción asistida un recurso viable.

3. OBJETIVOS

El objetivo principal de la investigación, cuyos resultados preliminares se muestran en esta publicación, es el de disminuir la vulnerabilidad sísmica de las construcciones de adobe existentes en zonas suburbanas del Gran San Juan, utilizando técnicas de reforzamiento que impidan el colapso de dichas construcciones durante eventos sísmicos de importancia.

Se pretende además poder avanzar en el conocimiento de diferentes técnicas de reforzamiento utilizadas en otras regiones y en la posibilidad de aplicación local. Por otro lado se plantea la necesidad de evaluar la capacidad de llevar adelante la técnica de reforzamiento por la mano de obra local, principalmente por los propietarios de las viviendas.

4. METODOLOGÍA

La metodología aplicada, de carácter experimental, consiste en la verificación empírica de la respuesta sísmica de una técnica de reforzamiento de mamposterías de adobes mediante el empleo de mallas y revoques cementicios. Si bien hay experiencias en el mundo, en la rehabilitación de edificios declarados de interés patrimonial e histórico utilizando geomallas (polímeros), el costo de las mismas hace que su aplicación no sea viable cuando se trata de viviendas autoconstruidas. Por esta razón se han empleado mallas metálicas electrosoldadas que son elementos usuales en la construcción de elementos de hormigón armado (losas).

Innovaciones tecnológicas como la presente, aun tratándose de reelaboraciones de modos constructivos conocidos, requieren la constatación experimental de sus propiedades en relación con la problemática que se proponen atender y los aspectos contextuales.

En este caso en particular la técnica de reforzamiento empleada (malla metálica + revoque cementicio) deberá por un lado incrementar la capacidad de respuesta frente a acciones dinámicas y además poseer aptitudes técnicas y económicas que posibiliten la auto-rehabilitación.

4.1 Capacidad de respuesta dinámica

Con respecto a esta variable se requiere conocer la capacidad de respuesta de la estructura en su conjunto frente a movimientos dinámicos de características comparables con eventos sísmicos ocurridos en la región o bien probables según recomendaciones reglamentarias. Para alcanzar este objetivo se realizaron dos ensayos dinámicos de un modelo a escala 1:2 en la mesa vibra-

toria de 1 grado de libertad del Instituto de Investigaciones Antisísmicas 'Ing. Aldo Bruschi' de la Universidad Nacional de San Juan. El primero de estos ensayos se realizó en un modelo sin reforzar por lo que los resultados obtenidos constituyen una línea base sobre la cual se pudieron cuantificar la mejora del comportamiento del modelo reforzado.

4.2 Aptitud para la autoconstrucción

Tal como se señalara, las soluciones constructivas de reforzamiento están dirigidas básicamente a viviendas de adobes autoconstruidas por sus moradores en áreas periurbanas. Debe suponerse entonces cierta capacidad de la mano de obra en el manejo de técnicas relativas a la construcción con tierra cruda. No obstante de estudios de campo previos al presente trabajo se infiere que tales capacidades son limitadas respecto al dominio de técnicas observables en áreas rurales donde existe una cultura constructiva heredada. Esta limitación se manifiesta particularmente en la dificultad en la ejecución de revoques de barro que tienden a desprenderse y/o agrietarse.

Los materiales utilizados para el reforzamiento de viviendas de adobe son variados. Maderas, geomallas, mallas sintéticas y metálicas, bandas formadas por recortes de neumáticos radiales, etc. constituyen alternativas para el reforzamiento de muros de adobes, cada uno atendiendo a los materiales regionalmente disponibles (Torrealva; Acero, 2005; Blondet et al, 2006). En Argentina las mallas metálicas electrosoldadas constituyen un material de producción nacional y de uso cotidiano formando parte del refuerzo de losas conformadas con elementos pretensados. La disponibilidad, difusión en el ámbito de la construcción y costo frente a las geomallas de origen importado ha justificado el uso de este material para el reforzamiento propuesto.

Los estudios sobre reforzamiento con geomallas realizados en la PUNC sugieren el revoque con barro sobre las mallas vinculadas entre sí, a través del muro, (Zegarra et al, 1997). No obstante, y en mérito a las dificultades señaladas para la ejecución de revoques de barro, se optó por la inclusión de revoques cementicios, por resultar estos de más fácil ejecución para mano de obra de baja calificación y además para preservar en el tiempo la integridad de la malla metálica seleccionada.

Un problema constructivo que surge de la utilización de revoques cementicios sobre mampostería de tierra cruda es la conocida falta de adherencia. En esta investigación se ha buscado minimizar esta problemática mediante la previa saturación de los paramentos de adobe con una mezcla de agua y cemento haciendo las veces de puente de adherencia. Posteriormente se realizó un azotado con mortero de relación volumétrica 1:3 (cemento/arena gruesa). Para estudiar la efectividad de

esta técnica se realizaron ensayos de extracción de mallas sobre probetas de adobe donde la adherencia entre el mortero y mampuesto fue tratada de diferentes maneras, (Albarracín et al, 2013).

Sobre la superficie rugosa lograda con el azotado cementicio se apoyó por ambos lados del paramento una malla metálica formada por varillas de acero de 3 mm de diámetro separados 0,10 m soldados entre sí. Ambas mallas fueron vinculadas por pasadores confeccionados con alambres galvanizados. Finalmente, las mallas se cubrieron con revoque cementicio cuya relación volumétrica es 1:6 (cemento/arena gruesa). La técnica constructiva y los materiales empleados presentan las siguientes ventajas comparativas:

- Facilidad en la realización de los procedimientos constructivos por la mano de obra con baja capacitación, ya que los materiales empleados son usados habitualmente en el medio local.
- Estabilidad de los revocos, optimizando la adherencia y minimizando la fisuración.
- Contribución al reforzamiento efectivo de las mamposterías.

Es importante mencionar que los enlucidos cementicios dificultan la eliminación del agua absorbida por el muro, haciendo que la calidad del muro de adobes se deteriore con el transcurso del tiempo. Esto no sería un inconveniente significativo en la Provincia de San Juan (Argentina), dado que presenta un clima árido desértico, con mínimas precipitaciones anuales.

5. ENSAYO EN MESA VIBRATORIA

Para poder estudiar el comportamiento de modelos físicos y evaluar la mejora que implica el uso de mallas metálicas de refuerzo, se llevó adelante un plan de ensayos en mesa vibratoria. El ensayo consiste en aplicar al módulo de

vivienda seleccionado un movimiento en su base y registrar su respuesta a ese movimiento en forma visual y mediante los sensores instalados.

5.1 Modelo de vivienda

El modelo físico representa un módulo de vivienda cuyas características y dimensiones se encuentran presentes en las viviendas objeto de esta investigación. La capacidad de la mesa vibratoria, definida por sus dimensiones, peso máximo permitido y potencia del cilindro hidráulico, establecen las dimensiones máximas del modelo físico a ensayar. La escala física elegida entre el prototipo y el modelo es 1:2. En la figura 2, se muestran detalles de la geometría y dimensiones del modelo a ensayar.

que descansa una capa de tierra de 0,10m de espesor de tal forma que el peso transmitido sea el determinado en el análisis de semejanza en función de la escala del modelo.

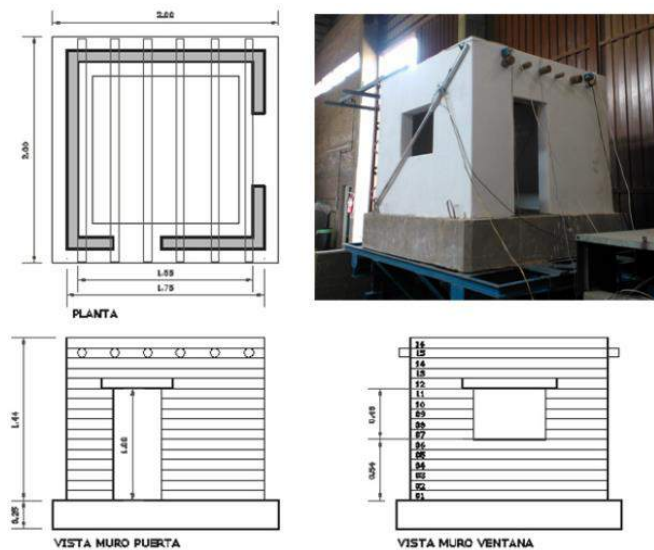


Figura 2. Geometría del modelo ensayado en mesa vibratoria.

El modelo se construyó con adobes cuyas medidas son 0,10 m de lado, 0,1 m de altura y 0,20 m de lago. De los cuatro muros, dos son ciegos, un tercero presenta una ventana de 0,64 m de ancho y 0,45 m de alto, y el restante una puerta de 0,43 m de ancho y 1,00 m de alto. El cerramiento horizontal (techo) esta materializado con palos de sección circular de 0,04m de diámetro sobre los



Figura 3. Construcción de los modelos a escala.

La figura 3 muestra distintos grados de avance en la construcción del modelo sin reforzamiento y el reforzado.

Si bien ambos modelos se revocaron con mortero cementicio, en el modelo reforzado sobre la superficie rugosa lograda con el azotado cementicio se apoyó por ambos lados del paramento una malla metálica formada por varillas de acero de 3 mm de diámetro separados 0,10 m soldados entre sí. Ambas mallas fueron vinculadas por pasadores confeccionados con alambres galvanizados. Finalmente, las mallas se cubrieron con revoque cementicio cuya relación volumétrica es 1:6 (cemento/arena gruesa) (Figura 4).

Figura 4.
Colocación de
mallas metálicas
y revoque
cimenticio.



5.2 Mesa vibratoria

La mesa vibratoria utilizada es esencialmente una estructura metálica de 2,90 m de largo por 2,10 m de ancho. La plataforma superior está vinculada verticalmente a la fundación por dos planos verticales biarticulados. Sobre su plataforma se pueden ensayar

componentes o modelos estructurales completos cuyo peso no exceda las 10t. En posición horizontal está dispuesto un actuador hidráulico de doble efecto que es accionado por una electroválvula comandada por un control de lazo cerrado.

5.3 Instrumentación

Los modelos ensayados fueron instrumentados con cuatro acelerómetros, ubicados uno en cada esquina a altura del techo. Dos de estos acelerómetros tienen capacidad para medir las dos componentes horizontales y la componente vertical, mientras que los restantes solo miden la componente longitudinal del movimiento. Dos reglas magnéticas ubicadas sobre los muros paralelos a la

dirección del movimiento fueron utilizadas para determinar los desplazamientos del techo y dos transformadores diferenciales de variación lineal (LVDT, por sus siglas en inglés) se colocaron en forma diagonal en los muros longitudinales, para registrar la deformación de éstos.

5.4 Fases de los ensayos dinámicos

En primera instancia y para ambos modelos, se realizó un barrido de frecuencias con niveles de aceleración horizontal baja ($0,02g = 0,20 \text{ m/s}^2$) con el objeto de obtener la frecuencia característica de los modelos sin reforzar y reforzado. Una vez identificada la frecuencia para la cual se registran las mayores amplificaciones a nivel de techo se adoptó este valor como frecuencia de ensayo para la segunda fase.

de 20,0 Hz. En la fase de rotura se aplicó un batido 5x1 con un nivel de excitación igual al máximo alcanzado por el modelo sin reforzar. La configuración final del modelo se muestra en la figura 6. El mecanismo de falla que se evidenció en este ensayo fue muy distinto del observado en el modelo sin reforzar.

Para el modelo sin reforzar, en primer lugar, se lo sometió un movimiento senoidal con una frecuencia 10 Hz (primer modo de vibración) incrementándose la aceleración desde $0,02g$ hasta $0,10g$ ($\sim 0,20-1,00 \text{ m/s}^2$). En esta primera etapa no se observaron daños.

Posteriormente se aplicó una aceleración de tipo senoidal controlada por otra senoide, de tal forma que en un medio ciclo de una entraron cinco ciclos de la otra, movimiento llamado batido 5x1. La frecuencia de este movimiento fue de 9,5 Hz y se incrementó la aceleración desde $0,10g$ a $0,40g$ ($\sim 1,00-4,00 \text{ m/s}^2$) logrando un nivel de daño en la estructura que impedía continuar con aceleraciones mayores (Figura 5).

El mecanismo de falla del modelo sin reforzar, es fundamentalmente de corte, es decir un mecanismo de tipo frágil, de ahí el nivel de daño observado. Se asocia al final del mismo con flexión originando la rotura de las esquinas y llevando el modelo al colapso.

Para el modelo reforzado, el aumento en la rigidez provocó cambios en la frecuencia propia, que paso a ser



Figura 5. Daños observados al final del ensayo en el modelo sin reforzar.

Los muros no se separaron, tampoco hubo daño significativo en los dinteles de las aberturas. La disipación de energía se concentró en la unión de los adobes con la estructura de base, que hace las veces del cimiento en la vivienda. Las grietas a 45°, aparecen al final del proceso y sin provocar el desprendimiento de los mampuestos.

Si bien el modelo queda inestable al perder la vinculación inferior y por lo tanto la transferencia de esfuerzos al terreno, situación que motiva la suspensión del ensayo, no se produce la caída del techo, ni desprendimiento de mampuestos.

La respuesta del modelo reforzado, con un mecanismo de falla más dúctil nos permite inferir, que el refuerzo colocado mejora el comportamiento global del módulo a escala ensayado.



Figura 6. Daños observados al final del ensayo en el modelo reforzado.

6. CONCLUSIONES

La tecnología utilizada para el reforzamiento del modelo de vivienda construido con adobes evitó el colapso frente a excitaciones dinámicas que resultaron de carácter destructivo en el modelo sin reforzar.

Partiendo de la filosofía del diseño sismorresistente para viviendas: 'Seguridad de Vida', el mecanismo de colapso es fundamental para garantizarlo. Las mejoras propuestas dieron origen a un mecanismo de colapso con mayor disipación de energía, con daños en la parte inferior de los muros (cabeceo). De esta manera se retarda el colapso de la vivienda y por lo tanto se disminuye su vulnerabilidad sísmica.

La colocación de mallas metálicas y revocos cementicios resultó de buena calidad teniendo en cuenta que fue ejecutada por personas sin mayor experiencia en la

construcción con adobes, lo cual hace suponer que puede ser implementada para la auto rehabilitación de viviendas existentes.

Con el objeto de profundizar el análisis del grado de mejora que la aplicación de un refuerzo tipo malla otorga a un muro de adobes, se están preparando modelos de adobe reforzados y sin reforzar, en escala 1:1 sobre los cuales se ejecutarán ensayos pseudo-estáticos.

Los ensayos preliminares realizados sobre los mampuestos y la mampostería, el ensayo dinámico sobre mesa vibratoria, presentado en este trabajo, y los ensayos pseudo-estáticos que se están en vías de materialización, nos van a permitir verificar la tecnología de rehabilitación propuesta y establecer su campo de aplicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albarracín, O.; Saldívar, M.; Garino Libardi, L. (2013). Disminución de la vulnerabilidad sísmica de las construcciones espontáneas de adobes. XIII SIACOT, Valparaíso, Chile.
- Bariola, J.; Blondet, M.; Torrealva, D.; Vargas, J. (1986) Comportamiento dinámico de viviendas de adobe (Dynamic behavior of adobe dwellings). VI Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Cajamarca, Perú.
- Blondet, M.; Torrealva, D.; Villa-García, G.; Ginocchio, F.; M adueño, I. (2005). Uso de materiales industriales para la construcción de viviendas seguras de adobe (en inglés). Memorias del Congreso Internacional EarthBuild 2005, p. 76-90. NSW: Faculty of Design, Architecture and Building, University of Technology, Sydney, 2005.
- Blondet, M.; Vargas, J.; Tarque, N.; Velásquez, J. (2006). Estudio experimental de mallas sintéticas como refuerzo sísmico en muros de adobe (en inglés). Memorias del SAHC2006, p. 709-716. Macmillan India Ltd. Vol 2, New Delhi, 2006.
- Corazao, M.; Blondet, M. (1973). Estudio experimental del comportamiento estructural de las construcciones de adobe frente a solicitaciones sísmicas. Banco Peruano de los Constructores, Lima, 1973.
- Torrealva, D.; Acero, J. (2005). Refuerzo sísmico de vivienda de adobe con malla exterior compatible. Memorias del Seminario Internacional de Arquitectura, Construcción y Conservación de Edificaciones en Tierra en Áreas Sísmicas, SismoAdobe2005, PUCP, Lima, Perú.
- Vargas, J., Bariola, J., Blondet, M., Villa-García, G., Ginocchio, F. (1983a). Propiedades del suelo para elaborar albañilería de adobe. Memorias del Seminario Latinoamericano de Construcciones Sismo-Resistentes de Tierra. Departamento de Ingeniería, Sección Ingeniería Civil, PUCP, 585-626, Lima, 1983.
- Vargas, J.; Bariola, J.; Blondet, M.; Villa-García, G.; Ginocchio, F. (1983b). Investigación científica innovativa: Edificaciones de adobe en áreas sísmicas. Departamento de Ingeniería, Sección Ingeniería Civil, Proyecto AID 936/5542, PUCP, Lima, 1983.
- Vargas, J.; Bariola, J.; Blondet, M. (1984) Resistencia sísmica de la mampostería de adobe. Departamento de Ingeniería, Sección Ingeniería Civil, Publicación DI-84-01, PUCP, Lima, 1984.
- Zegarra L.; Quiñ D.; San Bartolomé A.; Giesecke A. (1997). Reforzamiento de viviendas de adobe existentes. 1era Parte: Ensayos sísmicos de muros 'U' (Reinforcement of existing adobe houses. 1st Part: Seismic tests of "U" shaped walls, and 2nd Part: Seismic tests of housing modules). Summary of a research project sponsored by CERESIS-GTZ-PUCP, XI CONIC, Trujillo, Peru.
- Zegarra, L.; Quiñ, D.; San Bartolomé, A.; Giesecke, A. (1999). Reforzamiento de viviendas existentes de adobe. Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Huanuco, Perú.

NOTA

¹ INPRES-CIRSOC 103 trata del Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes.

² Manifiesto adaptado de la Sociedad para la Transferencia de Tecnología de Alemania GTZ (GATE) por el equipo de investigación. Albarracín, O. et al (2001-2003) Proyecto de viviendas económicas. Informe Final. IRPHA, FAUD, UNSJ.

AUTORES

Oswaldo Albarracín, Arquitecto, Candidato a Doctor en Arquitectura (U.M.) Docente del Área de Tecnología de la FAUD. Director de Proyectos del IRPHA. Docente de la asignatura "Vivienda de Interés Social" Secretario Técnico de la FAUD. Miembro de la Red Proterra.

Mary Saldivar, Magister en Estructuras Sismorresistentes, Ingeniero Civil. Docente del Área de Tecnología de la FAUD. Co-Director de Proyectos del IRPHA. Docente de la asignatura "Estructuras I" de la FAUD. Docente de la asignatura "Estructuras Especiales" de la FI. Docente de "Estructuras Sismorresistentes de Edificios I" de la Maestría en Estructuras Sismorresistentes de la FI.

Lucas Garino Libardi, Ingeniero Civil, Candidato a Doctor en Ingeniería Civil, Universidad Nacional de San Juan. Docente de la asignatura "Estructuras I" de la FAUD. Investigador del Instituto de Investigaciones Antisísmicas de la UNSJ, programa: "Seguridad Sísmica de Estructuras Especiales".

Gustavo Navarta, Ingeniero Civil, Candidato a Doctor en Ingeniería Civil, Universidad Nacional de San Juan. Investigador del Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat y del Instituto de Investigaciones Antisísmicas de la Universidad Nacional de San Juan.

5.2 Refuerzo sísmico de construcciones de adobe mediante inyección de barro líquido y mallas de cuerdas. Marcial Blondet/ Julio Vargas/ Carlos Sosa/ Jonathan Soto

Marcial Blondet¹, Julio Vargas², Carlos Sosa³, Jonathan Soto⁴
Pontificia Universidad Católica del Perú

¹mbondet@pucp.pe, ²jhvargas@pucp.pe, ³carlos.sosa@pucp.pe, ⁴jonathan.soto@pucp.pe

Palabras clave: Adobe, patrimonio, terremotos, reforzamiento e integridad estructural.

Resumen

Se propone una técnica dual de reparación y reforzamiento para proteger las construcciones patrimoniales de adobe frente al efecto destructivo de los terremotos. La técnica consiste en la reparación de las grietas sísmicas mediante inyección de barro líquido, combinada con el reforzamiento de los muros con mallas formadas por cuerdas sintéticas (drizas). La efectividad de esta técnica fue comprobada en el Laboratorio de Estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP).

Se construyó un espécimen modelo de cuatro muros de adobe a escala natural que se ensayó en el simulador sísmico hasta generar grietas en los muros. Las grietas resultantes fueron reparadas mediante la inyección de barro líquido, para intentar restituir la resistencia original. Luego, los muros del modelo fueron reforzados con drizas. Después del periodo de secado, el modelo fue ensayado nuevamente en el simulador sísmico. El comportamiento del modelo ante movimientos de gran intensidad fue satisfactorio: se mantuvo la integridad estructural ante la excitación sísmica simulada, de gran severidad, y se evitó el colapso parcial de los muros.

1. INTRODUCCIÓN

En muchas partes del mundo, los terremotos ocasionan grandes daños a las viviendas y monumentos históricos construidos con tierra. Las casas de adobe dañadas pueden ser reconstruidas. Los monumentos, sin embargo, son patrimonio cultural único y deben ser preventivamente reparados y reforzados para asegurar su estabilidad ante futuros terremotos. Esta es una tarea difícil ya que se requiere de una mínima intervención en la estructura, un aspecto recomendado por las cartas internacionales de conservación para conservar su autenticidad (ICOMOS, 1964).

Un grupo de investigación de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) está estudiando procedimientos de refuerzo para muros de adobe de acuerdo con los principios universales de conservación: mínima intervención, refuerzo compatible y solución reversible.

Primero, se investigó un procedimiento de reparación que involucra inyección de barro líquido (un tipo eficiente de *grout*) (Blondet et al, 2007). El objetivo fue recuperar lo mejor posible la resistencia y rigidez de la estructura original. Los ensayos monotónicos y estático - cíclicos realizados en elementos de mampostería mostraron que la inyección de barro líquido puede ser efectiva en restaurar la resistencia original de muros de adobe. No obstante, un modelo de

adobe a escala natural reparado con esta técnica no fue tan exitoso (Groenenberg, 2010; Blondet et al, 2012). Por ende, la inyección de barro líquido debe ser complementada con una técnica de refuerzo adicional más eficaz. Para este proyecto se construyó un segundo modelo de adobe a escala natural (igual al ensayado previamente).

Este modelo fue ensayado en la mesa vibradora de la PUCP para inducirle un agrietamiento controlado. Luego, las fisuras de los muros fueron reparadas con barro líquido. Posteriormente, el modelo fue reforzado con una malla externa de cuerdas sintéticas (drizas¹) que cubrían todos los muros por sus dos caras.

El modelo reparado fue ensayado nuevamente en la mesa vibradora para evaluar la eficacia de la técnica de reforzamiento como protección sísmica. Su comportamiento sísmico fue satisfactorio porque el refuerzo controló los desplazamientos relativos de las partes de los muros agrietados, evitó el colapso parcial y preservó la integridad estructural del modelo. (Blondet et al, 2013).

Este artículo resume los resultados experimentales obtenidos y el trabajo del grupo de investigación de la PUCP para mejorar la técnica de refuerzo propuesta.

2. CONTRUCCIÓN DEL MODELO

Un modelo de adobe a escala natural (mostrado en la figura 1) fue construido en el Laboratorio de Estructuras de la PUCP para ser ensayado sobre la mesa vibradora. Fue similar al modelo reparado solamente con barro líquido que no tuvo respuesta dinámica satisfactoria durante un proyecto previo (Groenenberg, 2010; Blondet et al, 2012). El objetivo del presente proyecto fue evaluar la eficacia de un sistema de refuerzo complementario a la inyección con barro líquido.

El modelo de construcción de adobe consistió en cuatro muros (3,00 m de longitud y 0,25 m de ancho con altura variable). Las unidades de adobe median 0,25 m x 0,25 m x 0,09 m (se utilizaron unidades enteras y mitades). Los adobes se fabricaron usando suelo, paja y arena (5:1:1 en volumen). Los bloques de adobe se unieron con mortero de barro (aproximadamente 20 mm de espesor) hecho con suelo, paja

y arena (3:1:1 en volumen). Los muros laterales (izquierdo y derecho) fueron idénticos y tenían una abertura de ventana central. La puerta se ubicaba en el muro frontal. El muro posterior no tenía aberturas y era más alto que el muro frontal para sostener un techo inclinado.

El techo fue hecho con una armadura de madera cubierta por tejas ligeras de arcilla. Fue unido a los cuatro muros con una viga collar. Se esperaba que la viga collar contribuyera hacia una respuesta estructural integral durante el movimiento sísmico y transfiera de manera distribuida el peso del techo a los muros.

La puerta y las ventanas tenían linteles hechos con caña unidos con alambres. Estos linteles son más ligeros y flexibles que los hechos con madera para evitar el efecto de golpeo

en los muros de adobe durante terremotos. El modelo fue construido sobre un anillo de concreto reforzado, un elemento que brindó cimentación rígida y fue usado para fijar el modelo a la mesa vibradora. Además, servía como soporte

durante el transporte del modelo desde lugar de construcción a la mesa de ensayo (Blondet et al, 2013). Los ensayos de compresión en pilas de adobe dieron un valor promedio del módulo tangente de elasticidad de 400 MPa. La densidad de los adobes fue 1700 kg/m³.

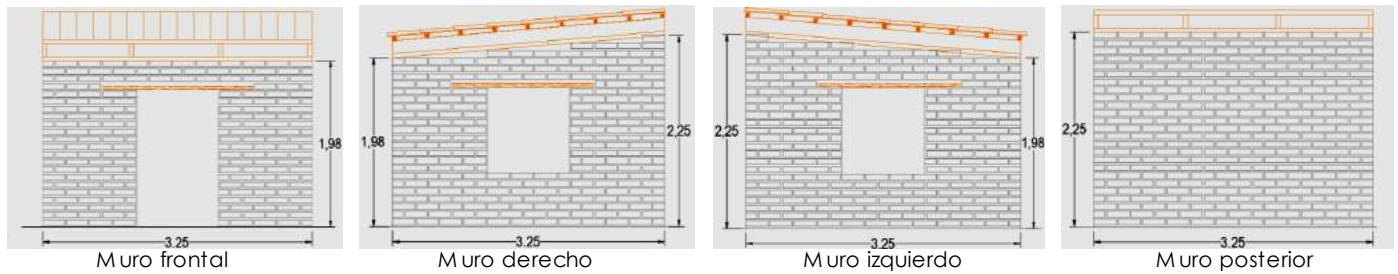


Figura 1. Esquema del modelo de adobe a escala natural. Las dimensiones se dan en metros.

3. PROTOCOLO DE ENSAYO E INSTRUMENTACIÓN

La señal de comando de desplazamiento de la mesa vibradora usada en los ensayos fue derivada de la componente longitudinal registrada en el terremoto del día 31 de mayo de 1970 en Lima, Perú. La figura 2 muestra la aceleración de la mesa registrada durante un ensayo de simulación correspondiente a un desplazamiento de comando pico $D = 130$ mm. La aceleración pico de la mesa A_0 fue 1,53

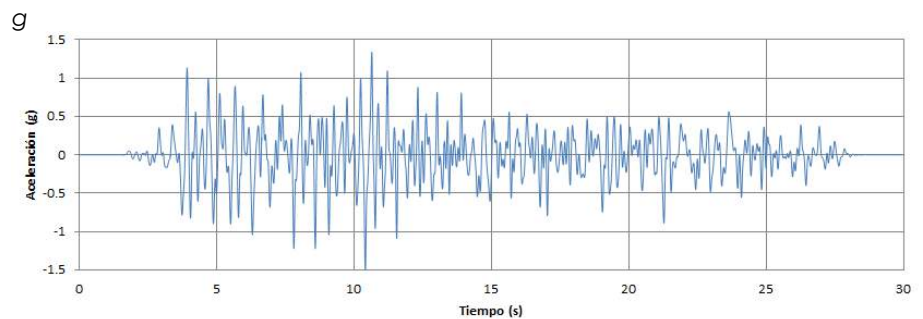
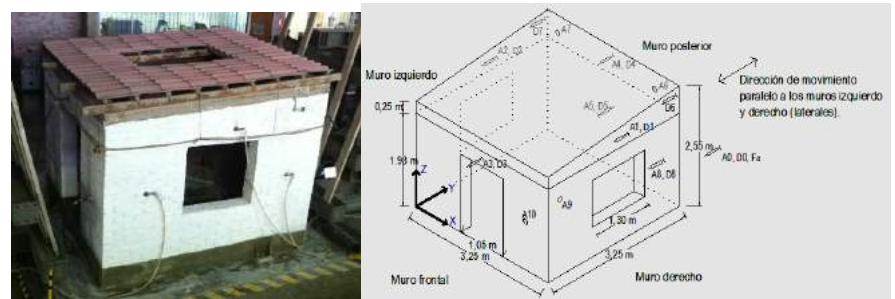


Figura 2. Aceleración en la mesa vibradora medida en un ensayo con desplazamiento pico $D = 130$ mm

La instrumentación incluyó acelerómetros para medir aceleraciones absolutas y transductores diferenciales lineales variables (LVDTs) para medir desplazamientos absolutos (figura 3). Se midieron la aceleración y el desplazamiento de la mesa vibradora; también se registró la fuerza en el actuador hidráulico. La frecuencia de muestreo de todos los instrumentos fue 200 Hz (intervalo de tiempo de 0,005 s).

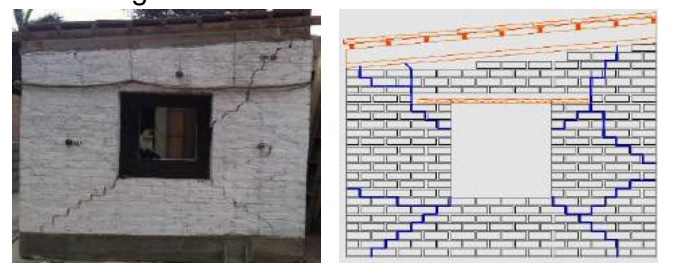


Modelo en la mesa vibradora Ubicación de la instrumentación

Figura 3. Modelo de adobe a escala natural y esquema de instrumentación.

4. ENSAYOS DINÁMICOS PARA GENERAR Agrietamiento SÍSMICO

El modelo original (no dañado) fue sometido a una secuencia de tres fases para inducir daño sísmico representativo en los muros como se observa en las construcciones de albañilería de adobe. En la primera fase, con un desplazamiento pico de comando $D = 30$ mm (desplazamiento pico de la mesa $D_{0max} = 28,90$ mm y aceleración pico $A_{0max} = 0,31$ g)², no produjo ningún daño visible en el modelo. Durante la segunda fase con $D = 60$ mm ($D_{0max} = 58,50$ mm y $A_{0max} = 0,64$ g), se crearon muchas fisuras en el modelo. Grandes fisuras diagonales fueron visibles en los muros laterales (izquierdo y derecho), pareciera que empezando en las esquinas inferiores de la ventana y propagándose hacia abajo. La trayectoria de las grietas no llega exactamente a las esquinas de las



a) Muro derecho b) Esquema de fisuras del muro derecho

Figura 4. Daño del modelo de adobe original luego de la tercera fase de ensayo ($D = 60$ mm).

paredes. Debido a que las fisuras eran muy delgadas (3 mm o menos), se decidió llevar a cabo una tercera fase $D = 60 \text{ mm}$ ($D_{0\text{max}} = 58,50 \text{ mm}$ y $A_{0\text{max}} = 0,64 \text{ g}$) para inducir mayor daño; las fisuras se ensancharon. Esta última fase

fue detenida después de 15 segundos para evitar daños irreparables (Groenenberg, 2010). La figura 4 muestra los patrones de daño en los muros de adobe, representativos del daño sísmico en estructuras de adobe.

5. ENSAYO DINÁMICO EN EL MODELO REFORZADO

5.1 Procedimiento de reparación

El modelo dañado fue reparado y reforzado en el patio de laboratorio. La reparación mediante inyección de barro líquido requirió que las grietas sean abiertas para permitir la completa penetración del barro líquido (lo cual puede afectar el principio de mínima intervención). En el caso de monumentos históricos, se recomienda proceder paso a paso con la secuencia de abertura de grietas e inyección.

En el presente proyecto, debido a limitantes de tiempo, se decidió abrir todas las grietas del modelo de adobe simultáneamente. Todas las grietas con ancho mayor a 1 mm fueron abiertas hasta un espesor de 8 mm aproximadamente, utilizando un taladro y cuchillo eléctrico (como se muestra en las figuras 5a y 5b). Luego,

todas las grietas fueron selladas con una capa de silicona en ambas caras, dejando pequeñas aberturas con aproximadamente 100 mm de separación una de otra. Posteriormente, el barro líquido fue inyectado en las grietas. Éste consistió en una mezcla de suelo tamizado en la malla # 10 (2 mm de abertura), 50% en volumen de paja finamente cortada (10 mm de longitud aproximadamente) y 35% de agua en peso. Esta mezcla fue inyectada en las grietas hasta que estuvieran completamente llenas (como se muestra en la figura 5c).

Después de que las grietas fueran reparadas con barro líquido, el modelo se dejó secar por dos meses para asegurar un adecuado proceso de secado de las grietas.



a) Uso de taladro eléctrico b) Uso de cuchillo eléctrico c) Inyección de barro líquido

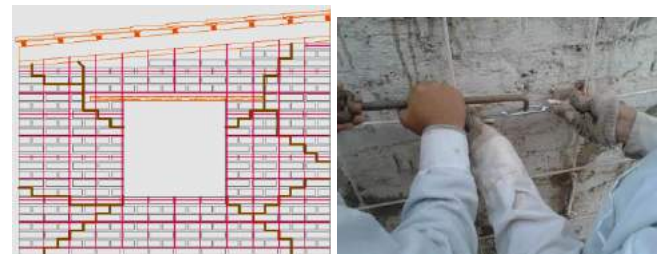
Figura 5. Abertura de grietas sísmicas e inyección de barro líquido

5.2 Procedimiento de refuerzo

Después de que el barro líquido inyectado secó completamente, todos los muros del modelo reparado fueron reforzados con una malla externa hecha de cuerdas sintéticas (drizas) con un diámetro nominal de $\frac{1}{4}$ " (6,35 mm). Los ensayos de tensión realizados en el laboratorio en cuerdas de driza dieron una resistencia última de 2 kN (esfuerzo nominal último de 63 MPa) y un módulo referencial de elasticidad de 100 MPa. La figura 6 a) muestra esquemáticamente la configuración de la malla usada. Las cuerdas verticales fueron colocadas a intervalos de 250 mm (la longitud de un bloque de adobe) en dos partes. La parte baja de la cuerda vertical, que midió aproximadamente 1,20 m, ingresó en los muros a través de la primera hilada (inferior) del mortero. La parte superior de la cuerda vertical se colocó sobre los muros, clavada a la viga collar y unida a la parte inferior de la cuerda mediante templadores. Las cuerdas horizontales se colocaron también a intervalos de 250 mm (dos unidades y media de adobe) en dos partes unidas por templadores.

Todas las cuerdas adquirieron tensión por los templadores, ver figura 6 b). La fuerza de tensión estimada de los templadores fue 200 N. En cada esquina, las cuerdas se colocaron dentro de un tubo plástico para proteger los muros de adobe, especialmente cuando la malla coincidía con la junta de mortero. Las mallas se colocaron en ambas caras de cada muro y estuvieron unidas por cuerdas de $\frac{1}{8}$ " (3,18 mm) (crossies), cuerdas que atravesaron los muros a través de las juntas de mortero en lugares seleccionados. La figura 6 c) muestra el detalle de los elementos de refuerzo. La figura 6 d) presenta el

modelo reforzado listo para ser ensayado nuevamente en la mesa vibradora.



a) Esquema del refuerzo con driza b) Templado de refuerzo horizontal



c) Detalle de refuerzo d) Modelo reparado y reforzado

Figura 6. Refuerzo con drizas del modelo reparado con barro líquido

6. EVALUACIÓN DE LA TÉCNICA DE REFORZAMIENTO

El modelo reparado y reforzado fue ensayado nuevamente en la mesa vibradora siguiendo en un inicio, el protocolo de ensayo del modelo original no dañado. Durante la primera fase ($D = 30 \text{ mm}$; $D_{0\text{max}} = 29,40 \text{ mm}$; $A_{0\text{max}} = 0,30 \text{ g}$), no existió daño visible en la estructura. La figura 7 b) muestra el esquema de daños que corresponde a la segunda fase de ensayo ($D = 60 \text{ mm}$; $D_{0\text{max}} = 58,40 \text{ mm}$; $A_{0\text{max}} = 0,71 \text{ g}$). Las fisuras previamente reparadas se resaltan; las líneas marrones muestran las grietas reparadas que no se abrieron; las líneas azules muestran las grietas debidas a la simulación sísmica.

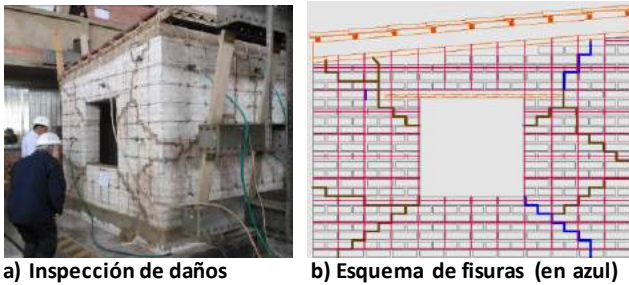


Figura 7. Modelo reparado luego de la segunda fase de ensayo ($D = 60 \text{ mm}$).

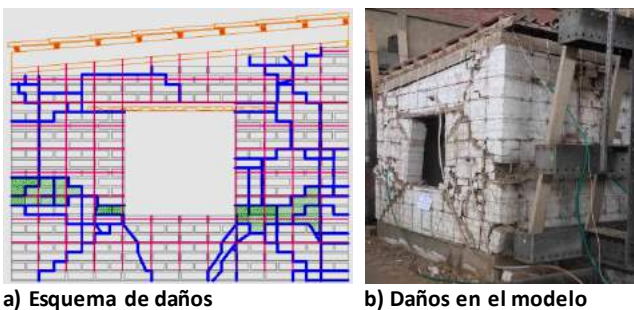


Figura 8. Patrón de daños y vista general del modelo después de todas las fases de ensayo.

La tercera fase de ensayo ($D = 90 \text{ mm}$; $D_{0\text{max}} = 89,30 \text{ mm}$; $A_{0\text{max}} = 1,08 \text{ g}$) probó la efectividad del refuerzo externo. Si el modelo hubiese sido reparado solamente con barro líquido, este habría colapsado debido al movimiento de la base tal como ocurrió en el ensayo de Groenenberg. El

refuerzo de driza pudo mantener juntos todos los bloques en los que los muros se habían fracturado. Se decidió someter el modelo a dos fases adicionales de movimiento intenso ($D = 130 \text{ mm}$; $D_{0\text{max}} = 128 \text{ mm}$; $A_{0\text{max}} = 1,53 \text{ g}$), un hecho que produjo un daño significativo: todas las grietas reparadas se abrieron y nuevas grietas aparecieron en los muros, ver figura 8a). A pesar que la viga collar se separó del modelo debido al gran daño en la parte superior del muro posterior, el refuerzo y la viga collar trabajaron muy bien en mantener la integridad de la estructura, ver figura 8b). Se notó que las cuerdas horizontales, localizadas en el mortero cerca de la base de la ventana, empezaron a cortar el mortero.

Los gráficos de cortante basal versus desplazamiento global, que corresponden a la primera fase de movimiento ($D = 30 \text{ mm}$) para el modelo en sus estados original y reparado. El procedimiento de reparación mediante barro líquido y refuerzo con driza fue muy efectivo en recuperar las características mecánicas del modelo no dañado. En ambos casos, el máximo cortante basal soportado por el modelo fue cercano a 47 kN . El modelo reforzado y reparado tuvo alrededor del 70% de la rigidez lateral del modelo original (60 kN/mm versus 87 kN/mm).

Para un nivel más alto de daño, correspondiente a una señal de comando $D = 60 \text{ mm}$, hubo respuesta no lineal significativa en el modelo original y el reparado-reforzado. El modelo original fue fisurado severamente y casi colapsó, pero el refuerzo fue efectivo en mantener la integridad estructural. Los gráficos de fuerza lateral versus desplazamiento muestran que el refuerzo fue efectivo en preservar una respuesta dinámica estable aun cuando la estructura había sufrido daño estructural. Se observó una reducción de la resistencia lateral de aproximadamente 33% (de 149 kN a 100 kN) y una degradación de rigidez de aproximadamente 42% (de 78 kN/mm a 45 kN/mm).

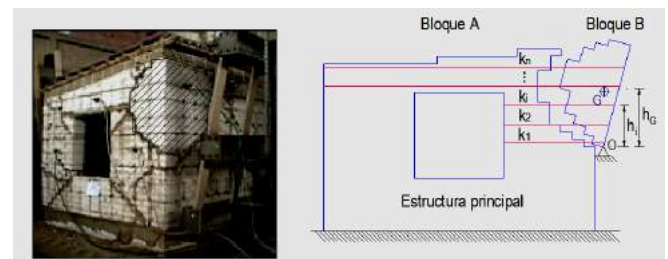
La respuesta sísmica para movimientos de mayor intensidad ($D = 130 \text{ mm}$; $D_{0\text{max}} = 128 \text{ mm}$; $A_{0\text{max}} = 1,53 \text{ g}$) en el modelo reforzado fue muy buena. El refuerzo instalado mantuvo la integridad estructural entre techo y muros, controló los desplazamientos excesivos y evitó colapsos parciales. Se preservó la integridad estructural.

7. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS PRELIMINAR

En la mayoría de ensayos realizados en estructuras de adobe en la PUCP, se observó que los muros de adobe se rompen en grandes pedazos que se separan y colapsan por volteo. En este proyecto, una porción del muro posterior (mostrada en sombreado en la figura 9 a), se separó del resto de la estructura durante ensayos de simulación realizados en el modelo de adobe reforzado.

Un modelo estructural simplificado fue generado considerando que la estructura principal y la porción separada fueran bloques rígidos, ver la figura 9 b). El bloque A representa la estructura principal (se asume no dañada) y el bloque B es la porción que se separa de la estructura. Las drizas evitan el volteo del bloque B. Esta situación se puede representar esquemáticamente por un modelo

dinámico simple en el que dos bloques son conectados por varias cuerdas horizontales elásticas.



a) Modelo a escala natural dañado
b) Modelo simplificado

Figura 9. Modelo simplificado de interacción de adobe

Este modelo simple fue usado para tratar de estimar las fuerzas en las cuerdas elásticas causadas por movimiento dinámico de la base. La figura 10 muestra el diagrama de cuerpo libre del bloque B. Se incluyen las fuerzas de inercia causadas por aceleraciones de traslación y rotación. El bloque rígido A está empotrado al terreno y tiene un desplazamiento absoluto x_0 . El bloque rígido B, con masa m_B y momento central de inercia I_G , rota alrededor del punto O. El desplazamiento relativo (con respecto del punto O) de cualquier punto i localizado en el bloque B a la altura h_i está denotado por u_i . Un amortiguador viscoso (no mostrado) con factor de amortiguamiento ζ_B está unido al centro de masa G. (Los ensayos de vibración libre realizados en el modelo de adobe entre cada fase produjeron factores de amortiguamiento viscoso entre 9% y 12%). La cuerda i tiene rigidez elástica k_i y está unida a los bloques A y B a la altura h_i .

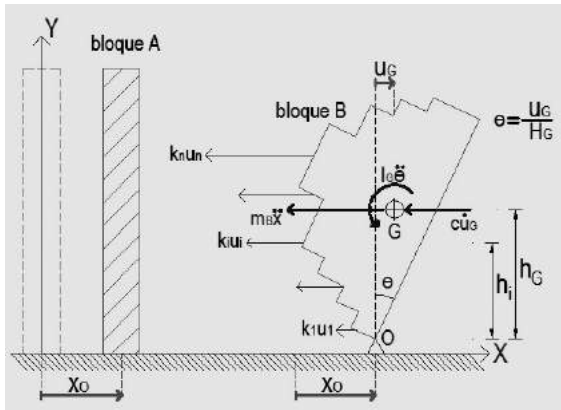


Figura 10. Diagrama de cuerpo libre del bloque B para un ángulo de rotación 'e'.

La ecuación resultante de movimiento del modelo, obtenido a través del equilibrio dinámico, es:

$$M_e \ddot{u}_G + C_e \dot{u}_G + K_e u_G = -m_B \ddot{x}_0 \quad (1)$$

Los coeficientes equivalentes para masa (M_e), rigidez (K_e) y amortiguamiento (C_e) son, respectivamente:

$$M_e = \frac{1}{h_G^2} (I_G + m_B h_G^2) \quad (2)$$

$$K_e = \frac{\sum k_i h_i^2}{h_G^2} \quad (3)$$

$$C_e = 2\zeta_B \sqrt{K_e M_e} \quad (4)$$

El periodo natural de vibración del sistema es:

$$T_B = 2\pi \sqrt{M_e / K_e} \quad (5)$$

Por lo tanto, si el espectro de respuesta de desplazamiento del terreno, $S_d(T, \zeta)$, es conocido, el desplazamiento pico del centro de masa G del bloque es $S_d(T_B, \zeta_B)$ y la fuerza en el cable i será:

$$F_i = \frac{h_i}{h_G} k_i S_d(T_B, \zeta_B) \quad (6)$$

Este procedimiento de análisis simple está siendo actualmente calibrado y refinado. Se espera que esto sirva como base para un procedimiento simple de diseño de un sistema de refuerzo para estructuras de adobe localizadas en áreas sísmicas.

8. CONCLUSIONES

La principal conclusión obtenida de este proyecto de investigación es que el modelo de adobe a escala natural, ensayado bajo excitaciones dinámicas severas, fue adecuadamente protegido por una técnica de refuerzo consistente en la combinación del sellado de grietas sísmicas mediante barro líquido (grout) y un refuerzo externo de cuerdas driza sintéticas que cubre todo los muros.

La técnica combinada de refuerzo mantiene la integridad estructural; se evita la degradación excesiva y la pérdida de resistencia. Además, brinda un control de desplazamientos de la estructura fisurada durante el movimiento de alta intensidad y se evita la pérdida de vidas. Los autores tienen confianza en que este sistema de protección puede ser perfeccionado para utilizarlo ade-

cuadamente en proteger monumentos históricos localizados en áreas sísmicas.

El reforzamiento estudiado aquí tiene un gran potencial para ser usado en reforzamiento sísmico de viviendas de bajo costo. La cuerda utilizada (driza) es relativamente barata y accesible.

Se requiere mayor investigación para optimizar el sistema de refuerzo, reemplazar los templadores por un sistema de nudos, desarrollar un análisis confiable y un procedimiento de diseño simple.

Existe confianza que los resultados presentados aquí puedan contribuir a proteger el patrimonio de adobe y además a construir viviendas de adobe más seguras en países sísmicos en donde la construcción en tierra es la principal solución de vivienda de muchas familias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blondet, M.; Vargas, J.; Morales, K.; Iwaki, C. *Estudio preliminar del uso de morteros de adobe para reparar grietas estructurales en construcciones históricas de adobe*. Adobe USA 2007. El Rito, New Mexico, USA, 2007.
- Blondet, M.; Vargas, J.; Groenenberg, R. *Evaluation of the efficacy of mud injection to repair seismic cracks on adobe structures via full-scale shaking table tests*. 15th World Conference on Earthquake Engineering, 15WCEE. Lisbon, Portugal, 2012.
- Blondet, M.; Vargas, J.; Sosa, C. A.; Soto, E. J. *Seismic simulation tests to validate a dual technique for repairing adobe historical buildings damaged by earthquakes*. New Generation Earthen Architecture: Learning from Heritage. (p. 269-276) Istanbul Aydin University, Istanbul, Turkey, 2013.
- Groenenberg, R. *The reparation of adobe constructions damaged by earthquake loading and development of an ATENA-GiD model to simulate shaking table tests for these structures*. MSc. Thesis, PUCP, Lima, Peru, 2010.

- ICOMOS (International Council of Monuments and Sites). *International letter related to Conservation and Restoration of Historical Monuments*. Venice, Italy, 1964.

NOTAS

¹ Driza es el nombre de una cuerda usada en embarcaciones náuticas.

² g es una unidad de aceleración que corresponde aproximadamente a 10 m/s².

AUTORES

Marcial Blondet. Profesor Principal. Ingeniero Civil (PUCP, 1973), Magíster y Doctor (PhD) en ingeniería sismorresistente (UC Berkeley, 1979 y 1981). Director de programas de Doctorado en Ingeniería. Especialista en ingeniería sísmica y dinámica de estructuras. Interesado en el estudio de sistemas de protección sísmica de edificaciones, refuerzo de bajo costo para viviendas de mampostería de ladrillo y de adobe, y protección sísmica de monumentos históricos de tierra.

Julio Vargas. Profesor Principal. Ingeniero Civil (PUCP). Primer Jefe Departamento de Ingeniería 1969). Primer Investigador a Tiempo Completo en Áreas de Construcción con Tierra e Ing. Sismo Resistente (1978-1885). Miembro de Comisión Académica y Consejo Universitario en dos períodos. Premio Nacional de Cultura 1985-86 en Ciencias Aplicadas y Tecnología. Miembro de 4 Comités Científico Internacionales Permanentes del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios, ICOMOS.

Jonathan Soto. Profesor contratado. Ingeniero Civil (UNSAAC, 2010), Magíster en Ingeniería Civil (PUCP, 2014). Co-investigador en la Sección Civil, PUCP. Coordinador técnico del proyecto "FISURAS V - PUCP." Ganador de la "Beca Aristóteles (2013): Reconocimiento a la trayectoria académica en la escuela de Posgrado PUCP. Interesado en el estudio en ingeniería sismorresistente, protección sísmica y refuerzo sísmico de viviendas y monumentos históricos de tierra.

Carlos Sosa. Profesor contratado. Ingeniero Civil (UNSA, 2008), Magíster en Ingeniería Civil (PUCP, 2014). Co-investigador en la Sección Civil de la PUCP. Miembro del grupo "Centro tierra" de la PUCP interesado en investigación de protección sísmica y económica para edificaciones de tierra. Ponente en diversos talleres de capacitación de reforzamiento de estructuras de adobe dentro y fuera del Perú.

5.3 Projeto de investigação seísmic-v: Reconhecimento da cultura sísmica local em Portugal.

Mariana Correia/ Filipa Gomes/ Gilberto Duarte Carlos

Mariana Correia¹, Filipa Gomes², Gilberto Duarte Carlos³
CI-ESG, Escola Superior Gallaecia, Portugal
1marianacorreia@esg.pt; 2filipagomes@esg.pt; 3gilbertocarlos@esg.pt

Palavras-chave: Património vernáculo, Cultura Sísmica Local, Técnicas sísmo-resistentes

Resumo

O presente artigo é desenvolvido no âmbito do projeto de investigação 'SEISMIC-V – Cultura Sísmo-Resistente Vernácula em Portugal'. O projeto SEISMIC-V é coordenado pela ESG/ Escola Superior Gallaecia e financiado pela agência nacional portuguesa para a investigação: FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia. A investigação tem como principais objetivos: a identificação de elementos de reforços sísmo-resistentes, edificados pelas populações locais nas suas habitações; e o reconhecimento de uma cultura sísmica local vernácula e sísmo-resistente.

O artigo aborda o estado da primeira atividade: a seleção das áreas e dos estudos de caso. As regiões de estudo selecionadas com uma estrutura habitacional em terra e com características sísmo-resistentes serão abordadas com maior profundidade. A seleção dos estudos de caso foi realizada de acordo com a historicidade sísmica, com as características sísmo-resistentes presentes nas tipologias vernáculas e com a atual preservação das habitações. Diversos edifícios em taipa foram identificados no território continental. A primeira fase do projeto levará à realização de um Atlas da Cultura Sísmica Local, em Portugal.

O artigo sintetiza a informação recolhida nas áreas de estudo selecionadas, revelando a diversidade de estratégias e de soluções sísmo-resistentes aplicadas, relativamente à ocorrência sísmica e à cultura construtiva local. Os estudos de caso selecionados caracterizam-se por diferentes assentamentos habitacionais, mas também por edifícios tradicionais com cultura sísmo-resistente local, em muitos dos casos já não ativa. A investigação realizada revela que as populações procuravam aplicar, nas suas habitações, intervenções preventivas e/ou reativas, aos acontecimentos sísmicos recorrentes, ocorridos nos últimos 250 anos, em Portugal.

1 INTRODUÇÃO

O artigo é desenvolvido no âmbito do projeto de investigação nacional 'SEISMIC-V – Cultura Sísmo-Resistente Vernácula em Portugal'. O projeto é coordenado pela ESG/ Escola Superior Gallaecia e financiado pela FCT – Fundação Ciência e Tecnologia (projeto nº PTdC/ATP-AQI/3934/2012), tendo como parceiros os Departamentos de Engenharia Civil da Universidade do Minho e da Universidade de Aveiro.

A investigação tem como principais objetivos, a identificação de elementos de reforços sísmo-resistentes, em edificações construídas pelas populações locais. A investigação pretende igualmente reconhecer se em Portugal existe, ou existia, uma cultura sísmica local - identificada internacionalmente como *Local Seismic Culture (LSC)*, de acordo com Ferrigni (1990).

A existência desta cultura vernácula sísmo-resistente, devia-se à prevenção e/ou reação das populações locais, na sequência de ocorrências sísmicas, de média ou alta intensidade.

O projeto encontra-se estruturado em cinco fases progressivas, relacionadas com as atividades científicas da investigação:

- 1 - Definição das áreas de estudo, de acordo com o risco sísmico, apoiado pelas missões de pesquisa e análise preliminar;
- 2 - Caracterização experimental *in situ*, onde se irá proceder ao estudo dos materiais e da sua aplicação, através de comparação de desempenhos em casos representativos;
- 3 - Modelação numérica e estudos paramétricos;

4 - Identificação e definição das soluções, de reforços sísmo-resistentes, mais eficientes, assim como dos erros mais frequentes, que se irão concretizar num manual de boas/más práticas construtivas; 5 - Como objetivo final, o projeto irá sistematizar a informação recolhida e produzida, através da caracterização das soluções analisadas.

O presente artigo tem como objetivo abordar o desenvolvimento da primeira atividade: a seleção das zonas de estudo e dos estudos de caso. A seleção dos estudos de caso foi baseada na historicidade sísmica do território português, com a presença de características sísmo-resistentes nas tipologias vernáculas e com o atual estado de preservação das habitações identificadas. A primeira fase do projeto, levará à realização de um Atlas da Cultura Sísmica Local, em Portugal.

O artigo sintetiza a informação recolhida nas áreas de estudo selecionadas, revelando a diversidade de estratégias e de soluções sísmo-resistentes aplicadas, relativamente à ocorrência sísmica e à cultura construtiva local.

Os estudos de caso selecionados caracterizam-se por diferentes assentamentos habitacionais, mas também, pela presença de edifícios vernáculos onde é possível definir uma cultura sísmo-resistente local, onde em muitos casos esta já não se encontra ativa. A investigação já realizada, revela que as populações procuravam aplicar nas habitações, sistemas preventivos e/ou reativos, aos acontecimentos sísmicos recorrentes, ocorridos nos últimos 250 anos, em Portugal.

Neste artigo, serão abordados com maior enfoque assentamentos habitacionais caracterizados por terem sido edificadas em terra, nomeadamente em taipa, e nos

quais a cultura sismo-resistente local, já não se encontra.

2 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

A metodologia referente à primeira fase do projeto é sustentado nos seguintes pontos (Correia et al., 2013):

- 1 Identificação das principais bases de dados sustentados em acontecimentos reais, tais como, a seleção de uma amostra dos sismos relacionados com a data do acontecimento, impacto local e avaliação dos danos.
- 2 Recolha de dados a partir de fontes credíveis, tais como: Instituto Geográfico Nacional; base de dados Militar; Biblioteca Nacional; LNEC. Também, se torna fundamental, a recolha de informação nos municípios seleccionados, bibliotecas, Ordem dos Arquitectos e Arquivos.
- 3 Revisão da literatura, relativa aos dados históricos e locais, através dos seguintes critérios: local, impacto e período temporal dos terramotos ocorridos após o terramoto de 1755; período de tempo relacionado com a renovação e manutenção da arquitetura vernácula;
- 4 Definição das regiões preliminares como objecto de estudo das missões a concretizar;

- 5 Elaboração das missões e de recolha de dados locais, através das seguintes técnicas: método de avaliação; observação do edifício; desenho de observação; entrevistas; literatura local, etc.
- 6 Análise de dados qualitativos e quantitativos, considerando a intersecção dos seguintes dados: estudo das características arquitectónicas sismo-resistentes e estratégias aplicadas; dados da revisão da literatura e da análise de arquivos;
- 7 Planeamento de novas missões para abordagem a novos dados recolhidos em regiões preliminarmente não contempladas.
- 8 Análise dos dados gerais recolhidos, correlacionando-os com a revisão da literatura efectuada para a composição dos primeiros resultados preliminares.
- 9 Sistematização dos dados produzidos através da criação de um 'Atlas da Cultura Sismo-Resistente Local', em Portugal – como uma ferramenta visual de disseminação do conhecimento.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Os sismos mais significativos dos últimos séculos em Portugal, ocorreram entre 1755 e 1980. Apesar de Portugal ser reconhecido como um país de risco moderado, relativamente à sua vulnerabilidade sísmica, o facto é que apresenta uma susceptibilidade significativa em ocorrências futuras. A pesquisa da cultura sísmica no património vernáculo em Portugal é, portanto, pertinente, pois poderá eventualmente poupar vidas, através da mitigação e prevenção de riscos (Correia et al., 2013).

A reacção sísmica preventiva e/ou reativa por parte das populações relativamente à intervenção no parque edificado foi focada, durante muito tempo, no património monumental, incidindo escassamente sobre a arquitetura vernácula. Nos últimos anos, a nível internacional, tem havido um interesse emergente nas estratégias e soluções sismo-resistentes. A verdade é que se verifica que a arquitetura vernácula em uso requer uma pesquisa mais profunda sobre a adaptação de soluções para a habitação. Esta questão foi abordada ao longo dos últimos anos em vários projetos e publicações, nomeadamente por Vargas Neumann (1983) e Vargas Neumann et al. (2007), entre outros.

No entanto, falta ainda um levantamento e pesquisa, por parte da comunidade científica e académica, na identificação das características sísmicas aplicadas,

historicamente, na arquitetura vernácula. Em Itália, no *Centro Universitario Europeo per I Beni Culturali*, no âmbito de diversos projetos desenvolvidos, Ferruccio Ferrigni (1990) identifica a 'Cultura Sísmica Local'. Em 2001, ganha o financiamento para o projeto europeu 'Taversism', no qual identifica em parceria europeia, o uso consistente nas habitações, de elementos arquitectónicos, que reduzem o impacto das ocorrências sísmicas no edificado. O projeto 'Taversism', seleccionou Portugal como estudo de caso, devido à sua historicidade sísmica. Para o efeito foi elaborado um relatório da Cultura Sísmica Local em Portugal (Correia; Merten, 2001) (Correia, 2005), os quais foram integrados na publicação europeia do projeto 'Taversism'.

Porém, a pesquisa sobre a identificação das características sismo-resistentes na arquitetura vernácula portuguesa e o processo metodológico assente na cultura sísmica local, necessitam de ser aprofundados (Correia et al., 2013). A revisão da literatura elaborada sobre a temática da arquitetura sismo-resistente portuguesa revela que a maioria dos estudos se concentraram na abordagem da construção sismo-resistente 'pombalina' (Lopes dos Santos, 1994), no património arquitectónico (GECORPA, 2000) ou na habitação urbana (LNEC, 1982), revelando pouco enfoque na temática abrangida pela cultura sísmica local (Correia; Merten, 2001).

4 SEISMIC-V: AS FASES DO PROJECTO

O projeto encontra-se estruturado em cinco fases progressivas, relacionadas com as tarefas de desenvolvimento do projeto (Correia et al., 2013):

- 1 Determinação das áreas de estudo (regiões/ casos de estudo), de acordo com a intensidade e frequência dos sismos ocorridos, corroborada pelas missões de

levantamento e de análise preliminar. Esta tarefa dará origem ao 'Atlas da Cultura Sismo-Resistente Local' existente em Portugal;

- 2 Caracterização experimental *in situ*, onde se irá proceder ao estudo dos materiais e da sua aplicação,

através de comparação de desempenhos em casos paradigmáticos;

- 3 Modelação numérica e estudos paramétricos a desenvolver através de ensaios, cujas conclusões serão demonstradas em Seminários Laboratoriais.
- 4 Identificação e descrição das soluções de reforço sísmo-resistente mais eficientes, assim como dos erros mais frequentes, que se materializará num manual de práticas construtivas 'alertando para soluções erróneas', dirigido às comunidades e agentes locais.
- 5 Finalmente, o Projeto irá sistematizar a informação recolhida e produzida, caracterizando as soluções analisadas. Segundo o estudo da viabilidade das mesmas, uma publicação será produzida e criteriosamente verificada pelos consultores científicos nomeados, para se tornar referência na área disciplinar em questão.

O presente artigo aborda o desenvolvimento da primeira fase, a identificação das áreas de estudo, a seleção dos estudos de caso específicos e os primeiros resultados de análise. As áreas de estudo foram designadas de acordo com a sua historicidade sísmica. Os casos de estudo são selecionadas com base nos seguintes pontos: elementos

sismo-resistentes; características tipológicas; morfologia vernácula; preservação atual das estratégias aplicadas.

No decorrer do processo de identificação dos estudos de caso, a equipa de investigação, estabeleceu que o reconhecimento de um conjunto de, pelo menos, três ou mais técnicas sísmo-resistentes num edifício definiria que a sua utilização tinha sido consciente, pelo que a estrutura seria reconhecida como uma edificação com características sísmo-resistentes. Se numa região, se identificasse a presença de mais de três edifícios com a aplicação de estratégias sísmo-resistentes, estabelecia o reconhecimento de uma 'Cultura Sísmica Local'.

Durante a primeira fase da pesquisa, foi possível identificar diferentes abordagens e soluções, considerando as ocorrências sísmicas mais frequentes e importantes e a localização dos edifícios. Assim, os assentamentos selecionados surgem como objetos de análise para a reação ou prevenção sísmica. A identificação das regiões e estudos de caso irá contribuir para a produção de um 'Atlas da Cultura Sísmo-Resistente Local em Portugal', que é um dos primeiros resultados formais do projeto de investigação.

5 ATIVIDADE SÍSMICA EM PORTUGAL

5.1. Portugal Continental

A tabela 1 sintetiza os últimos 500 anos da historicidade sísmica de Portugal, apresentando os sismos maior relevância ocorridos no continente onde se destacaram os de 1531, 1755, 1858, 1909 e 1969 (LNEC, 1986). Nos parágrafos seguintes, são expostos sumariamente os danos causados pelos sismos indicados na tabela anterior.

1531 – O território continental português foi gravemente afectado, com particularidade na região de Lisboa. A região é referida por Senos et al. (1994) como o provável epicentro do acontecimento sísmico;

1755 – Em 1775 ocorreu o sismo de maior impacto catastrófico da história portuguesa. O impacto foi sentido um pouco por todo o país, mas com elevada intensidade em Lisboa, Algarve e na Costa Vicentina. O sismo provocou, também, danos significativos nos arquipélagos dos Açores e da Madeira. Para além do território Portugal, as ondas sísmicas fizeram sentir-se um pouco por toda a Europa (Senos et al., 1994);

1858 – O sismo de 1858 foi de grande intensidade, que afectou em maior escala a região Setúbal, destruindo algumas vilas, como Melides (Senos et al., 1994);

1909 – O sismo de maior intensidade atingiu a região centro de Portugal no decorrer do século XX. Foi registado em vários observatórios, danificando gravemente algumas vilas da região de Setúbal, de salientar a vila de Benavente, Samora Correia e Salvaterra de Magos. O epicentro foi apontado na localidade de Benavente (Senos et al., 1994);

1969 – Foi o último sismo de grande intensidade sentido no Continente Português. O epicentro foi localizado a 200 km da Costa de São Vicente, Sul de Portugal. O sismo afectou com maior amplitude a região do Algarve, atingindo uma intensidade de VIII (MCS) (Senos et al., 1994);

O mapa das linhas isossistas do Continente Português, apresentado na figura 1, é baseado nas intensidades históricas e atuais dos sismos e apresenta as principais falhas que resultam em eventos sísmicos. Algumas das áreas de maior intensidade, Região de Setúbal e

Santarém (Intensidade IX-VII MCS) encontram-se na localização da 'Falha Inferior do Tejo (VIT)'. As restantes zonas observadas de grande intensidade sísmica, correspondem à área da Costa Algarvia e à cidade de Lisboa (intensidade X MCS). A Costa Alentejana e a restante zona da região de Lisboa (intensidade IX MCS) e o interior do Alentejo atinge intensidade entre os VII e VIII na escala de Mercalli.

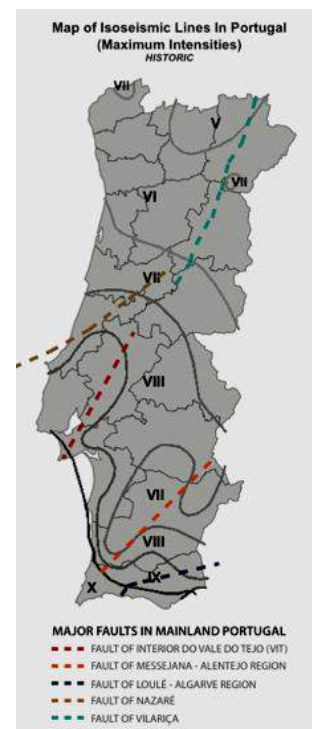


Figura 1 – Mapa das linhas isossistas máximas de Portugal Continental (Escala de Mercalli), baseado no Mapa do Instituto Nacional de Meteorologia. (Créditos: CI-ESG, 2014)

Tabela 1 – Os principais sismos ocorridos no Continente Português. (LNEC, 1986)

Ano	Intensidade Mercalli Scale (MCS)
1531	IX
1755	IX
1858	IX
1909	V
1969	VIII

5.2. Arquipélago dos Açores

O arquipélago dos Açores tem uma elevada sismicidade, caracterizada por crises sísmicas sistemáticas, com atividade vulcânica prolongada e significativa, devido à sua localização geográfica, perto do ponto triplo associado à junção das placas Eurásia, Africana e a Norte América. Desde a descoberta das ilhas, no século XV, são descritos relatos de terremotos e erupções vulcânicas destrutivas nos grupos oriental e central. Este arquipélago apresenta importante sismicidade histórica, com os terremotos que o afetaram, nomeadamente, S. Miguel em 1522, 1852; Terceira, em 1547, 1614, 1800, 1801 e 1841; S. Jorge e Pico em 1757.

No decorrer do século XX, são produzidas crises sísmicas em 1973 no Pico e Faial, em 1980 na Terceira, São Jorge e

Graciosa. Em 1998, o sismo mais recente no arquipélago dos Açores afetou as ilhas do Faial, Pico e São Jorge (Nunes et al., 2004).

Tabela 2 – Os principais sismos ocorridos no Arquipélago dos Açores. (Nunes et al., 2004)

Ano	Localização	Intensidade Escala de Mercalli (MCS)
1522	S. Miguel	X
1547	Terceira	VII-VIII
1614	Terceira	IX
1757	S. Jorge/ Pico	X
1800	Terceira	VII-VIII
1801	Terceira	VIII
1841	Terceira	IX
1852	S. Miguel	VIII
1973	Pico/Faial	VII-VIII
1980	Terceira/ S. Jorge / Graciosa	VIII-IX
1998	S. Jorge/ Pico/ Faial	VIII-X

6. DEFINIÇÃO DAS REGIÕES - ESTUDOS DE CASOS DE CULTURA SÍSMICA LOCAL

As reações da população perante as ocorrências sísmicas, relativamente à estrutura do parque edificado vernáculo, baseavam-se na construção local e no conhecimento empírico. As reações poderiam apresentar-se através de uma resposta preventiva e/ ou reativa aos acontecimentos sísmicos, influenciada pela intensidade e/ ou frequência das ocorrências. Dessa forma, pode-se assumir claramente, na atualidade, que havia uma cultura sísmica local na arquitetura vernácula do sul do território continental. Contudo, presentemente, verifica-se que esta cultura sísmica local apresenta-se na maioria dos casos como não ativa.

6.1. Áreas de estudo

A primeira fase da investigação é assente na delimitação das regiões de estudo e consequentemente na identificação da cultura sísmica local através da seleção dos casos de estudo. Sendo necessária a compreensão dos esforços das populações na intervenção do parque edificado, deteriorado pelas ocorrências sísmicas.

A recolha dos dados baseou-se, inicialmente, na análise dos acontecimentos sísmicos ocorridos em Portugal nos últimos séculos. O sismo de 1755 em Portugal é uma escolha óbvia, pelos danos causados por todo o país com destaque para a cidade de Lisboa, Costa Vicentina e a Região do Algarve. Após o terramoto, é mandado executar, pelo Marquês de Pombal, um relatório do estado/danos sentidos em cada paróquia (Vila/aldeia) do país de forma a obter as informações dos danos gerais causados pela ocorrência (Lopes dos Santos, 1994) (GECORPA, 2000).

O terramoto de 1755, os dados da ocorrência e o planeamento de reconstrução da cidade de Lisboa, surgem como base de referência para o desenvolvimento do projeto. Através, da correlação da informação gerada

depois de 1755, das missões referentes ao trabalho de campo, foi possível identificar algumas das regiões de estudo, bem como, os casos de estudo.

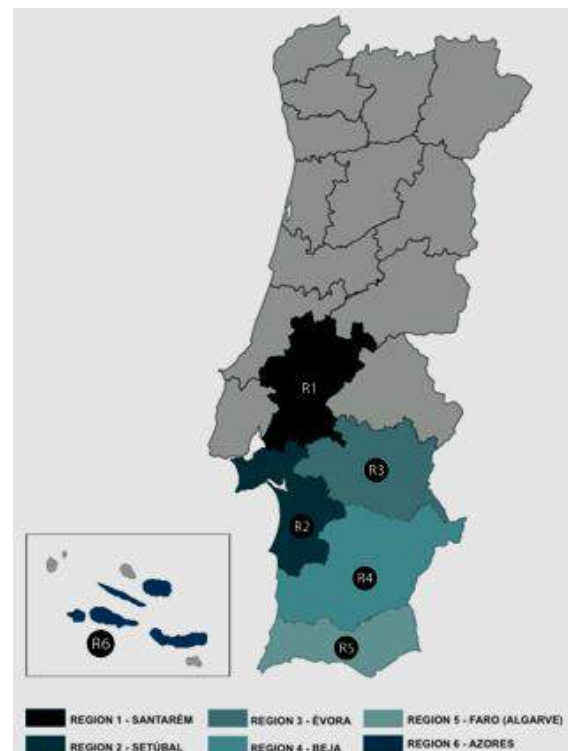


Figura 2 – Mapa das regiões de estudo selecionadas (créditos: CI-ESG, 2014)

6.1.1 Região 1 (R1) – Santarém

Região 1 – O distrito de Santarém está situado numa área de alta intensidade sísmica (Figura 1). A região é caracterizada pela ocorrência de terremotos relevantes e encontra-se localizada perto da linha de falha do 'Vale do Tejo Inferior (VIT)'. Na região 1, foi selecionada a vila de Benavente como estudo de caso, especialmente, devido à ocorrência de três sismos de grande intensidade (1531, 1909 e 1914), os quais tiveram os epicentros localizados perto da aldeia. O terremoto de 1909 teve consequências importantes em Benavente. De acordo, com dados bibliográficos locais, o sismo deixou destruição, ou em ruína parcial, parte significativa dos edifícios da aldeia (Vieira, 2009).

Alguns anos depois, a vila de Benavente, foi reconstruída, mas, em geral, houve a construção de uma nova zona habitacional. No entanto, algumas das casas reconstruídas integravam técnicas sísmo-resistentes, tais como, o sistema Pombalino, bem como plantas simétricas (Vieira, 2009). Também foi observado reforço horizontal nas habitações.

No que diz respeito à reação pós-sismo, identificam-se em Benavente duas abordagens: a) A abordagem reativa, pois não era patente uma preocupação de prevenção antes do sismo de 1909; b) A reação preventiva, pois já é observado, após o sismo de 1909, que foram incorporados elementos sísmo-resistentes em algumas das novas construções.

Tabela 3 – Os principais sismos ocorridos no distrito de Santarém. (LNEC, 1986)

Ano	Intensidade Escala de Mercalli (MCS)
1531	IX
1755	VIII
1909	IX
1914	VII
1969	VI

6.1.2. Região 2 (R2) – Setúbal

Região 2 – A Região de Setúbal é uma área de intensidade sísmica elevada, como pode ser observado na Figura 1. Depois da elaboração de uma extensa análise corroborada por missões na região, Alcácer do Sal foi selecionado como estudo de caso. A cidade é caracterizada por estar inserida numa área de intensidade elevada e de atividade sísmica regular. Na região de Alcácer, foram identificados em alguns dos edifícios de cariz vernáculo, elementos sísmo-resistentes, como, paredes Pombalinas (Correia; Merten, 2001). Foram, também, observados em alguns edifícios elementos de reforço horizontal, bem como, a utilização de contrafortes e tirantes/esticadores.

O sismo de 1858 atingiu o território português com intensidade significativa de IX, na escala de mercalli (MCS), atingindo com elevada intensidade a região de Setúbal, onde se localizou o epicentro (situado, provavelmente, no mar). A área de Setúbal foi assim severamente afetada, de onde se destaca a destruição parcial da Aldeia de Melides.

Após a elaboração de missões, e a revisão da literatura, a aldeia de Melides é selecionada como estudo de caso,

devido à sismicidade histórica e à regularidade de ocorrências sísmicas. Através das missões foram identificados vários edifícios em taipa, caracterizados pela utilização de vários elementos de reforço estrutural. Foi, também, identificada forte cultura construtiva baseada na melhoria dos sistemas construtivos e na utilização de elementos de reforço sísmo-resistentes. Como reação a efeitos dos sismos, a população apresentou soluções reativas através da utilização de elementos de reforço estrutural, como o reforço horizontal das paredes, a utilização de contrafortes, de tirantes e de embasamento saliente.

Tabela 4 – Os principais sismos ocorridos no distrito de Setúbal (LNEC, 1986)

Ano	Intensidade Escala de Mercalli (MCS)
1755	VIII-IX
1858	VIII-IX
1903	VI-VII
1969	VII

6.1.3. Região 3 (R3) – Évora

Região 3 – A região de Évora, é caracterizada pelo elevado número de ocorrências sísmicas, como pode ser observado na Tabela 5, nunca tendo sofrido danos significativos. No entanto, a região tem sido alvo de numerosos sismos de média intensidade que podem produzir pequenos mas consistentes danos aos edifícios, e criar memórias de medo ou mesmo de pânico na população (como retratado nos testemunhos históricos locais).

Durante o trabalho de campo efetuado, foi possível identificar evidências na prevenção sísmica, através da utilização de elementos sísmo-resistentes, tais como contra-arcos em edifícios do centro histórico. Dessa forma, Évora é selecionada como estudo de caso, pelas várias evidências detetadas e, em particular, devido ao uso de recursos sísmo-resistentes, refletindo-se, assim, uma resposta reativa por parte da população. De referir, que o centro histórico de Évora, é caracterizado pela presença de vários edifícios com aplicação de reforços, nomeadamente os contra-arcos existentes entre edifícios de distintos quarteirões, a presença de contrafortes de elevadas dimensões e de embasamentos salientes.

Tabela 5 – Os principais sismos ocorridos no distrito de Évora (LNEC, 1986)

Ano	Intensidade Escala de Mercalli (MCS)
1755	VII
1858	VII
1917	VII
1926	VII
1969	VII

6.1.4. Região 4 (R4) – Beja

Região 4 – A sismicidade histórica no distrito de Beja pode ser caracterizada como frequente, mas de intensidade média (VI-VII MCS), como pode ser observado na Tabela 6. Relativamente, a reação aplicada por parte da

população à ocorrência de um evento sísmico, a região de Beja é caracterizada pela resposta preventiva. Havendo uma reação provável aos diferentes acontecimentos sísmicos e uma necessidade implícita de reforço dos edifícios. No entanto, apesar de missões efetuadas, não foi ainda destacado um caso de estudo evidente.

De referir que ao longo da costa alentejana, observou-se, durante as várias missões, a aplicação de elementos de reforço estrutural em vários edifícios habitacionais caracterizados, maioritariamente, pelo uso da taipa como técnica construtiva. Os elementos de reforço identificados são: contrafortes, esticadores e embasamento saliente.

Tabela 6 – Os principais sismos ocorridos no distrito de Beja (LNEC, 1986)

Ano	Intensidade Escala de Mercalli (MCS)
1755	VII
1858	VI
1917	VII
1926	VII
1969	VI

6.1.5. Região 5 (R5) – Algarve

Região 5 – O Algarve é ilustrado por uma forte sismicidade histórica com sismos que causaram elevados danos na estrutura edificada da região. O terramoto de 1719, afeta com grande intensidade (IX MCS) a área de Portimão. Em 1722, um sismo afeta a costa de Tavira assinalado por uma intensidade máxima de X (MCS). Em Loulé, em 1856, é sentido um sismo com uma intensidade máxima de VII (MCS).

Nas missões de pesquisa, realizadas na região do Algarve, foram identificadas várias técnicas de reforço na arquitetura

vernacular, como, contrafortes, tirantes e paredes com a aplicação da estrutura Pombalina.

Através, dos elementos identificados durante as missões e pela recolha de dados expressivos, a cidade de Lagos emerge como um estudo de caso. O forte abalo sentido em 1755 na cidade e a necessidade de uma reconstrução quase integral da estrutura edificada da cidade, conduziu a uma intervenção preventiva por parte da população, introduzindo elementos sísmo-resistentes como, paredes pombalinas nos edifícios.

Tabela 7 – Os principais sismos ocorridos no distrito de Faro - Algarve (LNEC, 1986)

Ano	Intensidade Escala de Mercalli (MCS)
1719	X
1722	IX-X
1755	IX-X
1856	VIII
1858	VI-VII
1969	VIII

6.1.6. Região 6 (R6) – Açores

Região 6 – Com a introdução da revisão da literatura focada nas ocorrências sísmicas históricas e danos causados corroborada com uma missão ao Arquipélago Ilhas dos Açores, a ilha Terceira foi selecionada como estudo de caso.

A ilha da Terceira situa-se no grupo central, uma área complexa, perto do limite de 3 placas tectónicas (Nunes et al., 2004). A ilha encontra-se situada numa área sísmica de alta intensidade marcada pela frequência de eventos sísmicos. O sismo de 1980, de acordo com os dados recolhidos, teve consequências destrutivas em toda a ilha, mas, particularmente, em Angra do Heroísmo, que foi classificado património mundial, na sua sequência.

7. MELIDES: ARQUITECTURA VERNÁCULA EM TERRA COM CULTURA SÍSMICA LOCAL INACTIVA

Como referido anteriormente, a vila de Melides encontra-se situada numa zona de intensidade X (MCS) (Figura 1). Melides foi afetada durante os séculos XVIII e XIX por dois sismos - em 1755 e em 1858 - ambas as vezes com intensidades de IX (MCS) e com danos significativos. O sismo de 1858 foi bastante destruidor e a maioria dos edifícios da vila ficaram em ruína. Este acontecimento, conduziu a preocupação por parte da população de melhoria do comportamento das suas habitações face aos sismos.

Após 50 anos do sismo de 1858, Melides é novamente atingido por sismos significativos: em 1903, um sismo de intensidade VII MCS. Em 1909, 1911 e 1926 foram sentidos pequenos abalos com uma intensidade de V MCS. Já no final do século XX, Melides sofre novamente dois abalos significativos: um em 1966, com intensidade VI (MCS) e um outro em 1969, com intensidade VII (MCS).

Os eventos sísmicos do século XX que atingiram a costa Alentejana causaram menores danos no parque edificado, mas geraram receio entre a população. A frequência sísmica conduziu a uma memória mais presente dos danos que tinham ocorrido no passado e

que poderiam ser sentidos no futuro. Este foi, provavelmente, o período em que os elementos de reforço sísmo-resistentes, foram aplicados.

Durante as missões efectuadas, foram identificados, no centro de Melides, poucos edifícios com componentes estruturais de reforço. Nos arredores da vila foram identificados 12 edifícios. Os edifícios identificados detêm todos diversos elementos sísmo-resistentes de reforço. As habitações detetadas foram consideradas como originárias do fim do século XIX e início do século XX. Ou seja, os edifícios têm entre 100 a 150 anos (figuras 3, 4 e 5)

Pode-se assim considerar que Melides foi caracterizado, durante determinado período, pela introdução de elementos de reforço em diversos edifícios. Foram assim introduzidas diversas soluções de reforço, tais como: tirantes; contrafortes; embasamento saliente; reforço interno das paredes e do material de construção.

As soluções de reforço, a tipologia, os materiais e as técnicas de construção identificadas resultaram do levantamento e análise das habitações selecionadas, durante as missões efectuadas à Região de Melides.



Figuras 3, 4, 5 – Habitações em taipa com introdução de elementos sísmo-resistentes, Melides. (créditos: CI-ESG, 2014)

7.1. Morfologia das habitações

Morfológicamente, a tipologia de habitação identificada na região de Melides é baseada numa estrutura simples de planta rectangular composta, maioritariamente, por um único piso. O volume do edifício detém uma tendência horizontal com linhas retas e formas maciças. A fachada principal é caracterizada pela existência de poucas aberturas, normalmente, uma única porta com postigo incorporado ou uma porta e uma janela. O volume da chaminé é enfatizado na fachada principal. Devido à sua importância na vida familiar quotidiana, apresenta-se com elevadas dimensões.

7.2. Materiais e sistema construtivo

Os materiais mais utilizados eram a terra, o tijolo cozido, a pedra, a cal e a madeira. O sistema de construção presente na região de Melides, nomeadamente, nas habitações identificadas era a taipa, técnica e material comum na região alentejana. A mistura da taipa apresenta-se com uma composição arenosa, na qual se

identificam pedaços de telha, tijolo e cerâmica como elementos de reforço na composição e consolidação do material.

Apesar das variações locais, os taipais de madeira, no interior dos quais se elevavam os muros em taipa, eram desmontáveis e tinham 2 m de comprimento, por 0,50 m de altura. As juntas entre os taipais poderiam ser verticais ou em ângulo para melhor travamento. Anível do sistema construtivo da habitação, e de uma forma geral, as paredes exteriores apresentavam-se em muros de 0,45 m a 0,55 m, enquanto que as paredes interiores apresentavam-se em adobe ou tabique de caniço e tinham entre 0,07 m e 0,30 m. Por vezes, surgem edifícios com a utilização de um sistema misto, paredes exteriores em alvenaria de pedra e em taipa.

7.3. Elementos sísmo-resistentes

As características sísmo-resistentes utilizadas na região Melides são baseadas na aplicação de dois a três contrafortes na mesma fachada, na aplicação de esticadores nas paredes interiores, e na aplicação de quatro esticadores em redor das quatro fachadas do edifício; assim como na existência de um embasamento saliente em algumas das fachadas. Destaca-se igualmente o poial, um banco em pedra na fachada principal, que pode ter, paralelamente, função de reforço, sendo identificado num número significativo de habitações.

Numa análise mais profunda aos sistemas construtivos é perceptível que todos os contrafortes foram adicionados posteriormente, à parede original. A observação deve-se ao facto de se detetar, por debaixo dos contrafortes danificados, reboco caído a branco. O mesmo acontece no embasamento saliente. Relativamente, aos esticadores, estes são notoriamente elementos de reforço introduzidos, igualmente, numa fase posterior. Todos os elementos abordados são, claramente, elementos de uma abordagem reativa por parte da população..

8. CONCLUSÕES

As regiões seleccionadas para análise foram baseados nos seguintes critérios: 1) sísmico e intensidade do impacto por região; 2) frequência dos sismos de intensidades baixas e moderada. Os critérios para a seleção das regiões são uma questão importante para a determinação de uma metodologia de análise durante a identificação dos estudos de caso.

Nas seis áreas seleccionadas, foi possível observar o uso dos seguintes recursos sísmo-resistentes: plantas simétricas, reforço horizontal, paredes e estruturas Pombalinas, contrafortes, tirantes, embasamento saliente e contra-arcos. O uso de um conjunto de elementos sísmo-resistentes na arquitetura vernácula revela a relevância da ação reativa por parte das populações locais. A aplicação de um a dois elementos de reforço aplicados de forma isolada, muito dificilmente se encontram associados a prevenção ou reação sísmica. No entanto, a aplicação de três a quatro elementos de reforço identificados de forma consistente numa habitação remete para a preocupação do impacto sísmico, por

parte da população. A identificação da amostragem de mais de cinco edifícios baseada numa reação pró-ativa por parte das populações revela a existência de cultura sísmica local.

A região de Melides detém uma cultura sísmica local, não ativa, pois os edifícios identificados já não se encontram em uso. O evidente esquecimento por parte das populações do risco sísmico conduz ao abandono da aplicação dos elementos sísmo-resistentes, havendo a desvalorização das técnicas aplicadas e consequente abandono das habitações.

Melides, emerge como relevante estudo de caso, devido ao elevado número de edifícios com introdução recorrente de elementos sísmo-resistentes e também pelo facto da vila se encontrar localizada numa região considerada de alto risco sísmico. Melides representa, assim, um exemplo de um caso de abordagem reativa, contra ocorrência sísmica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Correia, M. (2005). Metodología desarrollada para la identificación en Portugal de la arquitectura local sismo-resistente. In SismoAdobe2005: Seminario Internacional de Arquitectura, Construcción y Conservación de Edificaciones de Tierra en Areas Sísmicas (digital Media). Lima: PUCP.
- Correia, M.; Merten, J. (2001). Report of the local seismic culture in Portugal. In Taversism Project - Atlas of Local Seismic Cultures. Ravello: EUCCH - European University Centre for Cultural Heritage.
- Correia, M.; Carlos, G.; Rocha, S.; Lourenço, P.B.; Vasconcelos, G.; Varum, H. (2013). Seismic-V: Vernacular seismic culture in Portugal. In Correia, Carlos & Rocha (eds) 2013. Vernacular Heritage and Earthen Architecture. Contributions for Sustainable Development. London: CRC/ Balkema/ Taylor & Francis Group, p.663-668
- Ferrigni, F. (ed.) (1990). S. Lorenzello, à la recherche des anomalies qui protègent. Conseil de l'Europe; Court-St-Étienne: Centre Universitaire Européen pour les Biens Culturels Ravello
- GECoRPA (2000). Sismos e património arquitectónico - Quando a terra voltar a tremer. In Revista Pedra & Cal; nº8; Out./Nov./Dez. 2000.
- LNEC (1982). Construção anti-sísmica: Edifícios de pequeno porte. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- LNEC (1986). A sismicidade histórica e a revisão do Catálogo Sísmico. Lisboa: Laboratório Nacional Engenharia Civil.
- Lopes dos Santos, V. M. V. (1994). O sistema construtivo pombalino em Lisboa: em edifícios urbanos agrupados de habitação colectiva - Estudo de um legado humanista da segunda metade do Século XVIII. Tese de Doutoramento. Lisboa: Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa.
- Nunes, J. C.; Forjaz, V. H.; Oliveira, C. S. (2004). Catálogo sísmico da região dos Açores. Versão 1.0 (1850-1998). Ponta Delgada: Vieira, R. (2009).
- Senos, M. L.; Ramalhe, D.; Taquelim, M. J. (1994). Estudo dos principais sismos que atingiram o território de Portugal Continental. In 2º Encontro Nacional sobre Sismologia e Engenharia Sísmica. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, p.1.75 - 1.84.
- Vargas Neumann, J. (1983). Earthquakes and adobe structures. In Adobe: International Symposium and Training Workshop on the Conservation of Adobe. Final Report and Major Papers, Organizers UNDP-UNESCO, and ICCROM, 69-75 Lima, Peru: Regional Project on Cultural Heritage and Development.
- Vargas Neumann, J.; Torrealva, D.; Blondet, M. (2007). Construcción de casas saludables y sismorresistentes de adobe reforzado con geomallas. Lima: Fondo Editorial.
- Vieira, R. (2009). Do terramoto de 23 de Abril de 1909 à reconstrução da vila de Benavente - um processo de reformulação e expansão urbana. Benavente: Câmara Municipal de Benavente.

AUTORES

Mariana Correia. Doutorada por Oxford Brookes University (Reino Unido); Mestre pela CRATerre-ENSAG (França); Arquitecta pela FAUTL (Portugal). Coordenadora do PROTERRA. Presidente do Conselho de Direção da ESG/Escola Superior Gallaecia (Portugal); Diretora do CI-ESG; Membro da UNESCO Chair-Arquitetura de Terra, ICOMOS-CIAV e ICOMOS-ISCEAH. Consultora Internacional do ICOMOS para sítios património da UNESCO. Membro do Comité Consultivo do programa WHEAP-UNESCO.

Filipa Gomes. Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo, na Universidad da Coruña (Espanha); Mestre e Arquitecta pela Escola Superior Gallaecia (Portugal). Bolseira de Investigação da FCT no CI-ESG, Centro de Investigação da Escola Superior Gallaecia, onde colabora em projetos de I&D. Publicou sobre arquitetura vernácula, em conferências internacionais e em capítulos de livros.

Gilberto Duarte Carlos. Doutoramento e DEA em Arquitetura pela Universidad da Coruña (Espanha); Arquitecto pela FAUTL (Portugal). Estagiou em Tóquio (Japão). Coordenador da Linha de Investigação em Arquitetura e Património do CI-ESG, aonde é investigador residente. É Vice-Diretor e Professor no Mestrado Integrado de Arquitetura e Urbanismo da ESG/Escola Superior Gallaecia (Portugal).

5.4 Gestión del riesgo en las iglesias del Altiplano, Chile. Daniela Andrea Díaz Fuentes

Daniela Andrea Díaz Fuentes

Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía "Manuel del Castillo Negrete" Instituto Nacional de Antropología e Historia, México D.F.

daniela.diazfue@gmail.com

Palabras clave: Gestión del riesgo, vulnerabilidad, amenazas, iglesias del norte andino chileno.

Resumen

En este artículo se realiza un recuento sobre cómo se ha actuado en Chile ante recientes terremotos que han afectado el patrimonio cultural y sobre el estado del arte de la gestión del riesgo a nivel internacional, incluyendo el 'Programa de prevención de desastres en materia de patrimonio cultural' (PrevINAH) implementado en México. Para comprobar la utilidad de sus estrategias en el contexto chileno, se plantea un escenario hipotético en el que este programa se hubiera aplicado en la iglesia de Sibaya, ubicada en el Norte Grande de Chile. El sistema constructivo de esta iglesia es mampostería de piedra con mortero de barro y adobe, y resultó seriamente dañada tras el terremoto de junio del 2005.

Durante los últimos diez años, en Chile han ocurrido cuatro terremotos que han evidenciado la mayor vulnerabilidad de las construcciones del norte de Chile, sector que concentra aproximadamente el 50% de la arquitectura de adobe del país, y epicentro de tres de los cuatro últimos terremotos. No obstante estas experiencias, en Chile se ha mantenido una actitud reactiva frente a las catástrofes naturales, y no se ha entendido que la gestión de los riesgos podría disminuir la probabilidad de destrucción de los bienes inmuebles más vulnerables.

Si el programa PrevINAH en sus tres etapas: prevención, respuesta y recuperación, se hubiera implementado en la iglesia de Sibaya, las acciones de conservación preventiva y las obras de mitigación habrían disminuido notablemente los daños en el inmueble a causa del terremoto, y por lo mismo también los costos y plazos para su recuperación, fundamental para dar continuidad a ritos y costumbres, propios de la cosmovisión de las comunidades andinas ligadas a esta iglesia.

1. UBICACIÓN: EL CONTEXTO SÍSMICO DE CHILE

El territorio chileno pertenece al Circum-Pacífico y es uno de los más sísmicos del planeta: los sismos que superan la magnitud 7 Richter suceden en promedio cada 10 años, registrándose más de 100 terremotos superiores a dicha magnitud desde 1570 a la fecha, según el registro histórico del Centro Sismológico Nacional de la Universidad de Chile.

Los eventos sísmicos se producen especialmente entre las regiones de Arica y Parinacota y de Aisén, debido al choque de la Placa Oceánica de Nazca contra la Placa Continental Sudamericana.

Más al sur de la Región de Magallanes se producen movimientos pero de menor magnitud, por el choque entre la Placa Oceánica Antártica y la Placa Continental Sudamericana. En menor medida, también se produce actividad sísmica tanto por la actividad volcánica como por fallas geológicas menores en el continente (SUBDERE, 2011).

Como se observa en la tabla 1, durante los últimos diez años, en Chile han ocurrido cuatro terremotos con una magnitud Richter sobre 7,5. El primero se presentó en el

norte del país el año 2005, con epicentro en Chusmisa (magnitud Richter de 7,8), y el segundo ocurrió el año 2010, en la zona centro-sur, con epicentro en Cobquecura (magnitud Richter de 8,8), y ambos generaron una destrucción importante del patrimonio chileno.

Si bien el terremoto del año 2010 fue de una intensidad mayor a la del 2005 en la escala de Richter, ambos registraron la misma intensidad en la escala Mercalli (IX-X), lo que significa que el nivel de daño en las construcciones y las personas fue el mismo, probablemente por la mayor vulnerabilidad de las construcciones del norte de Chile, sector en el que la construcción con tierra cruda es abundante, por el predominio del clima árido-seco (Jorquera, 2012).

En la Tabla 1 aparecen destacados los sismos de mayor magnitud y los más recientes. A la tabla original presentada en la Guía:

Análisis de riesgos naturales para el ordenamiento territorial de SUBDERE (2011) se agregaron los datos de los sismos del 2014.

2. ANTECEDENTES: GESTIONES POST TERREMOTO DEL ESTADO DE CHILE

En Chile, el Consejo de Monumentos Nacionales es la institución que tiene a su cargo la tuición del patrimonio nacional protegido en el marco de la ley 17.288 de Monumentos Nacionales, pero este rol no se condice con la estructura y financiamiento que le otorga el Estado de Chile, y su precariedad finalmente se ve reflejada en la protección del patrimonio, no obstante los esfuerzos individuales de sus trabajadores.

En este contexto, las acciones que gestionó esta institución tras el terremoto de junio del 2005 fueron más bien aisladas. Una de estas acciones fue la coordinación con el Ministerio de Vivienda y Urbanismo para la generación de prototipos de vivienda con subsidio del Estado para abordar la recuperación del Pueblo de San Lorenzo de Tarapacá y del Pueblo de La Tirana, ambos protegidos por ley bajo la categoría de Zona Típica.

Tabla 1: Sismos de gran magnitud que se han producido en Chile durante el siglo XX. (Fuente: SUBDERE, 2011).

Región	Ciudad	Fecha	Magnitud Richter	Intensidad Mercalli
Tarapacá	Chusmisa	13-07-2005	7,80	IX-X
	Pisagua	01-04-2014	8,30	VIII
	Iquique	02-04-2014	7,70	VIII
Antofagasta	Calama	09-12-1950	8,00	IX-X
	Taltal	28-12-1966	7,80	VIII
	Antofagasta	30-07-1995	7,80	VIII-IX
Atacama	Copiapó	04-12-1918	7,80	IX-X
	Vallenar	10-11-1922	8,40	X-XI
Coquimbo	Coquimbo	06-04-1943	8,30	X-XI
Valparaíso	Valparaíso	16-08-1906	8,60	X-XI
	La Ligua	09-07-1971	7,50	IX
	San Antonio	03-03-1985	7,80	VIII-IX
Maule	Talca	01-12-1928	8,00	IX-X
Biobío	Chillán	24-01-1939	8,30	X-XI
	Chillán	06-05-1953	7,60	IX-X
	Concepción	21-05-1960	7,80	X
	Cobquecura	27-02-2010	8,80	IX-X
Araucanía	Angol	10-05-1975	7,80	VII-VIII
Los Ríos	Valdivia	22-05-1960	9,50	>XI
Magallanes	Punta Arenas	17-12-1949	7,80	VIII-IX

Estos prototipos, construidos con materiales contemporáneos y tradicionales (bloques de concreto y estructura de madera rellena con adobillo), se integraron a los poblados logrando mantener sus valores ambientales.

Si bien esta gestión fue muy positiva, en la mayoría de los pueblos con la misma tipología constructiva tradicional de adobe y mampostería de piedra asentada en barro, pero que no contaban con protección legal, se procedió a la demolición de las viviendas tradicionales y a la cons-

trucción de viviendas con técnicas y materiales modernos, ajenos a la construcción tradicional, produciéndose una pérdida de valor patrimonial importante en los pueblos andinos. En relación al patrimonio religioso, la mayor parte de las iglesias del norte andino afectadas y muchas colapsadas por este terremoto a la fecha aún no han sido restauradas.

Luego del terremoto de febrero del año 2010, el Consejo de Monumentos Nacionales mejoró su capacidad de respuesta ante una catástrofe, demostrándolo en el trabajo en terreno mediante la realización de fichas de registro de daños por inmueble, en las que se indicaron acciones de emergencia caso a caso, y en la coordinación con el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, logrando desarrollar lineamientos para la construcción y restauración de viviendas en las Zonas Típicas afectadas.

Por otra parte, se definieron criterios para desarmes y rescate de materiales y bienes, y se elaboraron documentos como la 'Cartilla del adobe' (Consejo de Monumentos Nacionales, 2011), material de difusión que tuvo el objetivo de facilitar la evaluación de daños y proponer acciones de conservación preventiva. Este material también sirvió para desmitificar el mal funcionamiento del adobe ante los sismos, ya que la opinión de la ciudadanía estaba sesgada por el actuar del personal de distintas instituciones, que no contaban con capacitación para emitir un dictamen técnico del estado de conservación de los inmuebles, y que sin embargo calificaron a muchos como inhabitables, marcando con una cruz sus fachadas. Lo anterior fomentó la ejecución de demoliciones apresuradas y la desesperación de los habitantes de las localidades afectadas, como se muestra en la figura 1.

Otras acciones implementadas por esta institución fueron: invertir la totalidad de sus fondos para emergencias en materiales para proteger los inmuebles de la acción de las aguas de lluvia, como plásticos, polines y clavos; y gestionar fondos de la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo para obras de emergencia de mayor envergadura.



Figura 1 – Inmueble marcado con una cruz verde por los equipos de emergencia indicando su inhabitabilidad, y con un mensaje escrito por los habitantes del poblado de Lolol tras el terremoto del 2010. (Fuente: Consejo de Monumentos Nacionales, 2011)

No obstante estas experiencias, en Chile aún no se ha entendido la importancia de la prevención de riesgos como una herramienta para la protección del patrimonio cultural. Si bien se ha demostrado una mejora en la capacidad de respuesta ante una catástrofe, el Estado de Chile no ha superado su actitud reactiva, con todas las consecuencias que esto implica en cuanto a la pérdida de valor patrimonial, y a los extensos plazos y costos elevados de la recuperación del patrimonio cultural inmueble.

Por lo anterior es posible concluir que manteniendo una actitud reactiva frente a las catástrofes naturales no se logra proteger el patrimonio, y que en cambio una actitud preventiva podría disminuir el riesgo de destrucción de los bienes inmuebles más vulnerables. Por esta razón es

necesario avanzar hacia la evaluación y control de riesgos en el patrimonio chileno, mediante la identificación de amenazas y vulnerabilidades, para luego proponer planes de prevención, respuesta y recuperación.

3. MEMORIA DESCRIPTIVA: ESTADO DEL ARTE DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DEL PATRIMONIO CULTURAL

Los principales aportes hasta el momento en materia de gestión del riesgo del patrimonio cultural a nivel internacional comenzaron con la 'Convención de la Haya' de UNESCO en 1954, que después de la Segunda Guerra Mundial estableció reglas para proteger los bienes culturales en caso de conflicto armado, y la 'Convención sobre la protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural', en 1972, que llamó a los estados miembros a hacer frente a los peligros que amenazarán a su patrimonio cultural y natural, y creó la 'Lista del Patrimonio en Peligro'. Posteriormente se creó el ICBS (International Committee of the Blue Shield) en 1996, organismo equivalente a la Cruz Roja en materia de bienes culturales, y surgieron la Declaración de Quebec/Canadá, la Declaración de Kobe/Tokio, la Declaración de Asís y la Declaración de Lima para la Gestión del Riesgo del Patrimonio Cultural, documentos que relevaron la importancia de la gestión del riesgo y de la generación de conciencia en la comunidad sobre estos temas.

El primer manual de preparación al riesgo fue desarrollado por Herb Stovel en 1998, el 'Risk preparedness: a management manual for World Cultural Heritage', editado en conjunto por ICCROM, UNESCO, ICOMOS y el World Heritage Center. Este manual es el más completo que se ha desarrollado en cuanto al manejo del riesgo, y por lo mismo es el principal precedente para el desarrollo de un plan de prevención, respuesta y recuperación. En el año 2010 UNESCO, ICCROM, ICOMOS y el IUCN desarrollaron el Managing Disaster Risks for World Heritage, manual que fue creado como otro paso para mejorar la protección de los Sitios de Patrimonio Mundial ante el riesgo, y que complementó el manual de Herb Stovel. Sumado a lo anterior, ICCROM desarrolló el 'Manual de

Gestión de Riesgo de Colecciones', que se enfocó en la prevención de riesgos en los museos. Con los lineamientos otorgados por UNESCO, ICOMOS y Herb Stovel, es posible desarrollar una estructura base para la generación de un plan de manejo del riesgo, que abordaría aspectos como: la identificación y mapeo de las amenazas; priorización de las acciones en base a la medición de la vulnerabilidad de los bienes, tanto en sus aspectos físicos como ambientales; y coordinación y educación para la prevención tanto a nivel local, regional y nacional.

Si bien existen ejemplos de manejo del riesgo en Sitios de Patrimonio Mundial y especialmente en museos, las estrategias de gestión del riesgo para bienes inmuebles aún no se han puesto a prueba como una herramienta integral, ya que los planes de prevención de riesgos actualmente en funcionamiento responden a una amenaza específica, pero no manifiestan un reconocimiento integral de los valores, vulnerabilidades y diversas amenazas que podrían afectar a los bienes inmuebles.

Por otra parte, es necesario especificar los lineamientos en la etapa de recuperación, ya que estos documentos sólo señalan la importancia de mantener los materiales y sistemas constructivos tradicionales, pero muchas veces no es posible ante la evidencia de inmuebles colapsados y una normativa sísmica que exige estructuras más resistentes. En este punto las propuestas de integración, reintegración o consolidación deben diseñarse con estas consideraciones pero recordando la Carta de Venecia, que señala que las obras monumentales deben transmitirse al futuro con toda la riqueza de su autenticidad (Díaz-Berrio, 2012, p.13).

4. ANÁLISIS CRÍTICO: APLICACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DEL RIESGO DEL PATRIMONIO CULTURAL

El riesgo ha sido entendido en documentos internacionales a partir de conceptos como amenaza, vulnerabilidad, exposición o desastre, pero el año 2009 fue definido por el programa United Nations International Strategy for Disaster Reduction como "la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas" (UNISDR, 2009, p.29).

En el marco de esta definición, la probabilidad de que se produzca un riesgo es la amenaza, y sus consecuencias negativas dependen de la vulnerabilidad, razón por la cual estos conceptos también fueron definidos en este programa:

Amenaza: Un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos

sociales y económicos, o daños ambientales. (UNISDR, 2009, p.5).

Vulnerabilidad: Las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza. (UNISDR, 2009, p.34).

Por lo anterior, para que exista un riesgo debe existir una amenaza natural o antrópica que interactúe con una vulnerabilidad, la que puede ser constructiva, ambiental, entre otras, en un contexto espacial y temporal determinado.

En el manual desarrollado por Herb Stovel (1998) se definieron tres etapas para la gestión del riesgo: prevención, respuesta y recuperación. En la etapa de prevención se incluyeron los procesos de: documentación, inventario e inspección de los bienes, análisis de la naturaleza de las amenazas, grados de vulnerabilidad y

recomendaciones y acciones para reducir el daño potencial.

Para la etapa de respuesta, que corresponde a las primeras 72 horas después del desastre, este manual propuso el desarrollo de un plan de emergencia con medidas para todo tipo de amenazas, por lo que es necesaria la capacitación de equipos de emergencia y la aplicación de prioridades y medidas apropiadas para rescatar a las personas, alertar a los centros locales de emergencia, y rescatar los bienes culturales.

En la etapa de recuperación, el manual propuso una revisión del estado de conservación del inmueble, la identificación de proveedores y disponibilidad de materiales para su reemplazo, la aplicación de los principios internacionales de conservación y el establecimiento de estándares de diseño.

Por otra parte, según el documento de UNESCO y otras instituciones desarrollado el 2010 *Managing disaster risks for world heritage*, las etapas de prevención, respuesta y recuperación forman parte de un ciclo en la gestión de riesgos de desastres, ciclo que se presenta como un proceso dinámico en constante retroalimentación y revisión (UNESCO, 2010), como se representa en la figura 2. Debido a que la gestión del riesgo en Chile es una temática incipiente, que hasta el momento no ha sido abordada como una herramienta eficiente para la conservación del patrimonio cultural, y no obstante existen aspectos que mejorar en los documentos anteriormente mencionados, el estudio de los programas y manuales existentes y de sus respectivas estrategias para la gestión del riesgo podría permitir la creación de una estructura base para el desarrollo de planes de prevención, respuesta y recuperación, adaptados tanto al patrimonio cultural como al contexto chileno.



Figura 2 – Esquema del ciclo del riesgo con tres etapas: prevención, respuesta y recuperación, en base al Disaster risk management cycle. (Fuente: UNESCO, 2010).

En este sentido es importante considerar casos referenciales en los que las estrategias han logrado implementarse, como por ejemplo la 'Carta del Rischio' desarrollada por el Segretariato Generale del Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro (1996) en Italia, y el 'Programa de prevención de desastres en materia de patrimonio cultural', desarrollado por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (2013) en México.

La *Carta del Rischio* comenzó a desarrollarse en 1992 como una herramienta de apoyo a la actividad científica y administrativa de las instituciones y organismos responsables de la protección, preservación y conservación del patrimonio cultural. Es un Sistema de Información Geográfica con el que es posible explorar, superponer y procesar información sobre posibles factores de vulnerabilidad, amenazas y riesgos que afectan al patrimonio cultural. A partir de este mapa del riesgo es posible implementar programas de prevención en zonas específicas.

Por otra parte, el 'Programa de prevención de desastres en materia de patrimonio cultural' (PrevINAH) desarrollado por el Instituto Nacional de Antropología e Historia en México, tiene el valor de haber constituido una estructura base para el desarrollo de planes de prevención, respuesta y recuperación para diversos tipos de patrimonio (inmueble, mueble y sitios arqueológicos) sometidos a distintas amenazas, tanto naturales como antrópicas.

Con el objetivo de comprobar la utilidad de las estrategias planteadas por programas como PrevINAH en Chile, a continuación se plantea un escenario hipotético que intenta responder a la siguiente pregunta: ¿Qué habría pasado si en Chile se hubiera implementado un programa como PrevINAH en las iglesias del norte andino antes del terremoto del 2005?

Para comprobar lo anterior, se propone como caso de estudio la Iglesia de Sibaya, ubicada en la Región de Tarapacá, construida en mampostería de piedra con mortero de barro y adobe, y gravemente afectada tras el terremoto del 13 de junio del 2005. Su emplazamiento y una imagen de su fachada principal se muestran en la Figura 3.



Figura 3: Fachada de la iglesia de Sibaya antes del terremoto del 2005 (Fuente: Archivo Consejo de Monumentos Nacionales, 2010).

Como se comentó en un principio, el terremoto del año 2005 afectó una vasta zona del Norte Grande de Chile, con una intensidad de 7,8 en la escala de Richter, y una intensidad de daño en la escala de Mercalli de IX-X, por lo que es posible suponer que el nivel de vulnerabilidad de las construcciones era alto, y es posible comprobarlo en la tipología de las iglesias emplazadas en el altiplano y en las quebradas del Norte Grande, ya que muchas resultaron colapsadas principalmente por deficiencias en su estructura y falta de mantenimiento.

Si bien existen diversas amenazas que ponen en riesgo esta tipología de iglesias, la amenaza sísmica es la que históricamente ha causado los efectos más graves. En la zona norte del país ya han ocurrido tres terremotos sobre la magnitud 7,5 en la escala de Richter en los últimos diez años, situación que ha producido un daño acumulativo en estas iglesias, altamente vulnerables tanto por su sistema constructivo, como por la pérdida de la tradición constructiva de las comunidades indígenas y el abandono de los poblados, los cuales sólo vuelven a colmarse de gente para las festividades religiosas.

La primera etapa del programa Prev INAH es la prevención, y se compone de las siguientes líneas de acción (INAH, 2013):

- 1 Organización (equipos de trabajo para la prevención, vigilancia, respuesta inmediata y recuperación).
- 2 Documentación (inventario de bienes inmuebles y muebles).
- 3 Análisis y diagnóstico de riesgos y recursos del inmueble (situación geográfica, económica, social, política, histórica y cultural).
- 4 Actualización de directorios.
- 5 Señalización.
- 6 Programa de mantenimiento.
- 7 Equipo de seguridad para el inmueble.
- 8 Capacitación (equipo organizado de especialistas, educación).
- 9 Difusión y concientización (cursos, talleres, conferencias, folletos).
- 10 Ejercicios y simulacros. Practicar los ejercicios y simulacros que permitirán desarrollar un mayor conocimiento de las formas de actuar ante una eventualidad.

Gran parte de estos puntos se enfocan en la generación de equipos capacitados que puedan tanto prevenir como responder a la emergencia, y en la gestión de acciones para el resguardo de la vida de las personas. En cuanto a la prevención de deterioros en los bienes patrimoniales, un punto fundamental es la documentación, que incluye un inventario y catálogo de bienes inmuebles y muebles, además de un diagnóstico del edificio en base a un levantamiento arquitectónico y a la detección de riesgos estructurales y no estructurales. Este punto está muy ligado con el referido al programa de mantenimiento, ya que a partir de estos estudios es posible definir medidas de mitigación y de conservación preventiva, fundamentales para mejorar la resistencia del bien ante un desastre natural.

En el caso de la iglesia de Sibaya, que colapsó en más del 60% de su estructura, la ejecución de un adecuado registro del inmueble habría facilitado el desarrollo de propuestas para su recuperación. Por otra parte, la ejecución de medidas de conservación preventiva y un reforzamiento estructural que hubiera mejorado el comportamiento monolítico del inmueble ante un sismo, probablemente habría evitado su colapso, y la ejecución de medidas de mitigación como la construcción de terrazas y muros de contención en el cerro aledaño a la iglesia, hubiera impedido el colapso de su ábside a causa del desmoronamiento de la ladera del cerro, como se representa en la Figura 4.

Por otra parte, la capacitación de la comunidad mediante la enseñanza de las técnicas tradicionales de construcción a las generaciones más jóvenes, permitiría entregarles herramientas para la realización de un monitoreo y mantenimiento efectivos de los inmuebles

patrimoniales, lo que sería una garantía para su conservación.



Figura 4: Interior de la iglesia de Sibaya después del terremoto del 2005. (Fuente: Elaboración propia, 2014, y Archivo Consejo de Monumentos Nacionales, 2010).

La segunda etapa del programa Prev INAH es el auxilio o atención, que se compone de las siguientes líneas de acción (INAH, 2013):

- 1 Alertamiento y protección de bienes (dar aviso de la existencia de un peligro inminente y aplicar de forma inmediata las medidas de protección al personal, usuarios y bienes).
- 2 Plan de emergencia.
- 3 Evaluación de daños.

El contar con un plan de emergencia para la iglesia de Sibaya y con un equipo capacitado y preparado para responder ante la catástrofe habría evitado demoliciones apresuradas y sin un adecuado registro y resguardo de los materiales. Por otra parte, el contar con materiales y criterios para ejecutar apuntalamientos habría evitado el daño producto de las réplicas, y un plan para el traslado de los bienes muebles a un lugar adecuado para su resguardo, habría disminuido su deterioro.

En cuanto a la evaluación de los daños, una eficiente revisión y registro en los planos arquitectónicos de los elementos estructurales con daños y la elaboración de un dictamen técnico, habrían permitido la ejecución de acciones de emergencia apropiadas y en plazos más acotados.

Finalmente, la tercera etapa del programa Prev INAH es la recuperación, que se compone de las siguientes etapas (INAH, 2013):

- 1 Restablecimiento de las condiciones necesarias para volver al uso de las instalaciones.
- 2 Corroborar que no existan daños en el inmueble que pongan en riesgo los bienes muebles culturales en su interior.

Para la etapa de recuperación, en la que se elaboran los proyectos de intervención y se coordinan las acciones para su ejecución, es fundamental contar con financiamientos previamente gestionados, lo que podría prevenirse en base al establecimiento de rangos de daño de acuerdo a un estudio de la tipología constructiva y de sus fallas más probables. Si bien esta consideración no está

incluida en el documento Prev INAH, su implementación podría facilitar la etapa de recuperación tras una catástrofe. Lo anterior también permitiría el establecimiento de criterios de intervención para cada tipo de daño, asociándolos a presupuestos y a financiamientos.

En el caso de las iglesias del norte andino chileno no se establecieron previamente criterios de intervención, y por esta razón, para iglesias de la misma tipología arquitectónica y constructiva, y colapsadas en más del 50% de su estructura, se propusieron tres tipos de proyectos de

restauración: los que mantuvieron los sistemas constructivos tradicionales, sólo reforzados con geomalla y mejorando la estructura de techumbre y su conexión con los muros; los que propusieron sistemas estructurales mixtos, de adobe con estructuras de madera o metálicas, o de mampostería de piedra con elementos de concreto armado; y los que eliminaron la responsabilidad estructural de los vestigios de muro original, y reconstituyeron la volumetría de la iglesia mediante la integración de una nueva estructura, de marcos rígidos metálicos o de concreto armado.

5. REFLEXIONES FINALES

Las instituciones públicas en Chile deben enfrentar el problema del riesgo y establecer políticas públicas como el programa Prev INAH en México, ya que si se hubiera implementado en la iglesia de Sibaya, probablemente habría contado con planes de conservación preventiva y se habrían ejecutado obras de mitigación como la construcción de muros de contención que hubieran evitado el desmoronamiento del cerro aledaño, o reforzamientos con mallas electrosoldadas o geomalla, que habrían impedido el colapso del inmueble.

Debido a la demora en la gestión de financiamientos, en la elaboración de diagnósticos y del proyecto de intervención, sólo a fines del año 2013 comenzó la ejecución de su restauración, pero en los ocho años que pasaron la iglesia de Sibaya continuó su proceso de disgregación y erosión debido a la acción de las aguas de lluvia, del viento y de las heladas propias del clima desértico en el que se emplaza.

En términos generales el prevenir estas vulnerabilidades podría haber evitado el colapso de esta iglesia, la pérdida irremediable de su valor patrimonial, y la afectación de los ritos y costumbres propios de la cosmovisión andina. Por otra parte, es importante avanzar en la realización de diagnósticos de las estructuras sociales, económicas y culturales de las comunidades indígenas, para entender el fenómeno de migración de los poblados andinos, principal vulnerabilidad de este patrimonio religioso.

Si bien la implementación de estos programas no es fácil, principalmente por la necesidad de un registro y un levantamiento acucioso de cada inmueble, un primer paso para la gestión del riesgo es avanzar en la toma de conciencia de que con prevención, medidas de mitigación y conservación preventiva, disminuyen notablemente los daños en los inmuebles ante una catástrofe, y por lo mismo también disminuyen los costos y plazos para su recuperación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Archivo Consejo de Monumentos Nacionales (2010) Archivo fotográfico con motivo del desarrollo del proyecto de restauración de la iglesia de Sibaya, Región de Tarapacá, Chile.
- Consejo de Monumentos Nacionales (2011) Presentación: A un año del terremoto. Informe electrónico disponible en <http://www.monumentos.cl>.
- Díaz-Berrio, S. (2012). Comentarios a la Carta Internacional de Venecia. México DF: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.
- ICCROM; The Getty Conservation Institute (1987). Between two earthquakes. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.
- Instituto Nacional de Antropología e Historia (2013). Programa de prevención de desastres en materia de patrimonio cultural. México DF: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro (1996). Carta del Rischio. Disponible en <http://www.cartadelrischio.it>.
- Jorquera, N. (2012). Culturas constructivas en tierra y riesgo sísmico. El caso de la arquitectura tradicional chilena y la evaluación de su vulnerabilidad frente a la acción sísmica. In: Terra 2012 XI Conferencia internacional sobre el estudio y conservación del patrimonio arquitectónico de Tierra. Lima.
- Stovel, H. (1998). Risk preparedness: a management manual for world cultural heritage. Roma: ICCROM / UNESCO, WHC/ ICOM OS.
- SUBDERE (2011). Guía: Análisis de riesgos naturales para el ordenamiento territorial. Santiago: Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo.
- UNESCO; ICCROM; ICOM OS; IUCN (2010). Managing disaster risks for world heritage. París: UNESCO.
- UNISDR (2009). Terminología sobre reducción de riesgo de desastres. Disponible en: http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRterminologySpanish.pdf.

AUTOR

Daniela Andrea Díaz Fuentes, Arquitecta de la Universidad de Chile, cuatro años de experiencia en el Consejo de Monumentos Nacionales de Chile. Organizadora del seminario: I Reunión Técnica Iglesias del Altiplano, cuyos resultados publicó en la revista Cuadernos del CMN N° 110. El 2012 expuso en la XI Conferencia Internacional Terra 2012 en Lima. Actualmente cursando la maestría 'Conservación y Restauración de Bienes Culturales Inmuebles' en la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía 'Manuel del Castillo Negrete' en México D.F.

5.5 La importancia de la investigación y reglamentación técnica para la construcción de vivienda con tierra. Oscar Armando Trujillo

Oscar Armando López Trujillo
Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano / VMVDU, El Salvador
viviendasocial@mop.gob.sv, oscar.lopez@mop.gob.sv

Palabras claves: Regular la construcción con tierra

Resumen

Después de las lecciones aprendidas de los terremotos del año 2001, en pérdidas de vidas humanas debido al colapso de viviendas, el Gobierno de El Salvador realizó esfuerzos solicitando apoyo a gobiernos cooperantes con asistencia técnica para ayudar a mejorar la seguridad de la construcción de la vivienda social, a través de la mejora de tecnologías constructivas sustentadas en investigaciones experimentales, con la participación categórica y valiosa de instituciones como la academia, gremiales, organizaciones que promueven este tipo de construcción en los sectores más vulnerables del país.

La sinergia de esta última década tuvo un objetivo holista, procurar reducir la vulnerabilidad de la población de bajos recursos económicos ante daños causados por sismos, a través de la investigación, la reglamentación y transferencia de técnica constructiva, que proporcione una opción segura, económica y de oportunidad formando mano de obra calificada en sus propias comunidades. Es así la importancia de la reglamentación técnica en la construcción con tierra, ya que para las futuras acciones de divulgación que se tomen a nivel nacional, y hasta a nivel regional, deben estar fundadas bajo criterios de diseño y construcción y de una evaluación de la conformidad, puesto que, dada la alta sismicidad del país, se hace necesario tomar medidas adecuadas para reducir los daños a viviendas y pérdidas de vidas humanas a futuros desastres sísmicos.

Por ello se reconoce que la construcción con tierra es un sistema constructivo ancestral y como una alternativa constructiva predominante hasta hoy en día, el V Censo de Vivienda 2007 (DIGESTYC) el Parque Habitacional de Paredes de Adobe, es de 210,708, no importando los últimos terremotos del país y el desplazamiento por el uso de otras alternativas constructivas, aún persiste el sistema de adobe, en las zonas rurales del país y se sigue construyendo por aquellas familias más vulnerables.

1. MARCO LEGAL INSTITUCIONAL

El proceso de origen de las instituciones nacionales facultadas para atender la vivienda en El Salvador y en especial la vivienda que se construye con adobe, ha sido de la manera siguiente:

En el año 1979, por Decreto Ejecutivo No. 26, de fecha 30 de abril de 1979, publicado en el Diario Oficial No. 79, Tomo No. 263, del 2 de mayo del mismo año, se creó la Subsecretaría de Vivienda y Desarrollo Urbano, adscrita al Ministerio de Obras Públicas, con las atribuciones de planificar y coordinar las actividades de los sectores de vivienda y desarrollo urbano en todo el territorio nacional y dirigir, como órgano rector las políticas nacionales de vivienda y desarrollo urbano; determinando, en su caso, la competencia y actividades respectivas de las entidades del Estado involucradas en su ejecución y orientando la participación del sector privado.

Luego en el año 1993, se hace una primera reforma, creándose el Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU), adscrito y dependiente del Ministerio de Obras Públicas (MOP), mediante Decreto Ejecutivo No. 71, de fecha 25 de junio de 1993, publicado en el Diario Oficial No. 133, Tomo 320, de fecha 15 de julio de 1993. Donde expresa el Considerando IV:

“que el Ministerio de Obras Públicas en la práctica responde más a un enfoque operativo y de constructor de proyectos; mientras que las funciones de vivienda debe mantener un rol de ente facilitador, coordinador, promotor, procurador y normativo de las políticas de vivienda a nivel nacional, y queda restringida su actividad para realizar construcciones de viviendas y/o parcelaciones en forma directa”.

Nueve años más tarde, se hace una segunda reforma al decreto antes citado a través de otro Decreto Ejecutivo No. 61, del 30 de mayo del 2002, publicado en el Diario Oficial No. 110, Tomo 355, del 17 de junio del 2002. Este expresa en su Considerando III:

“que se hace necesario redefinir la naturaleza jurídica y el objeto para el que fue creado dicho Viceministerio, como ente autónomo en lo administrativo y en lo relativo a la ejecución presupuestaria, a fin de que se cumpla adecuadamente con las atribuciones que se le asignan en el Reglamento Interno del Órgano Ejecutivo, dentro de las competencias que el referido cuerpo normativo le señala al Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano”.

Y en su Considerando IV: “que para viabilizar lo planteado en el considerando anterior, era necesario reformar el decreto de creación del VMVDU, como ente autónomo en lo administrativo y en lo presupuestario, adscrito al Ministerio de Obras Públicas”.

2. MARCO DE REGLAMENTACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN CON ADOBE

El adobe es un sistema constructivo ancestral, utilizado a través de los años como una alternativa constructiva predominante hasta hoy en día, por consiguiente ha sido importante reglamentar este sistema, con el objeto principal de garantizar la vida y la seguridad de las edificaciones.

Tomando como base un periodo de 69 años, a partir del año 1945 a la fecha (año 2014), se observa que el país ha mostrado mucho interés de cómo regular y atender la problemática de vivienda, en especial la construida con tierra.

Siguiendo esa lógica normalizadora, la Asamblea Nacional Constituyente de la República de El Salvador, en uso de sus facultades dicta el Decreto Legislativo No. 7, de fecha 25 de agosto de 1932, publicado en el Diario Oficial No. S/N, del 6 de septiembre del mismo año, por el cual se prohibía en la República la construcción de casas de adobe o de cualquier sistema que no era considerado técnica y prácticamente asísmico.

Sin embargo, durante un periodo de 13 años, desde el año 1932 hasta el año 1945, no ingresó al país ninguna tecnología constructiva; por ello la Asamblea Nacional Constituyente, dicta el Decreto Legislativo No. 22, y cita en su Art. 1º, que se deroga el Decreto Legislativo No. 7, del 25 de agosto de 1932; y expresa en el Art. 2º, que se faculta al Poder Ejecutivo, en el Ramo de Comunicaciones y Obras Públicas, para que dictase cuanto antes el reglamento necesario, a fin de que se permitiera la construcción de casas de adobe en las zonas y lugares del país en que se creyera conveniente, siempre y cuando se tomara en cuenta las condiciones del terreno y el destino que se daría a los edificios por construirse;

publicándose en el Diario Oficial No. 272, Tomo No. 139, de fecha 12 de diciembre de 1945.

Por lo que en el año 1946, en uso de las facultades que la Constitución Política le confiere al Poder Ejecutivo, decreta el 'Reglamento para el Uso del Adobe en las Construcciones de Vivienda Social de Un Nivel', mediante Decreto Ejecutivo No. S/N, de fecha 26 de febrero de 1946, publicado en el Diario Oficial No. 61, Tomo 140, del 15 de marzo del mismo año; en el que se dictan reglas mínimas de seguridad estructural.

Cabe destacar, que dicho Reglamento respondía en su momento a su época; ya que luego del terremoto de octubre de 1986, que afectó gran parte del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), causando daños considerables a la infraestructura de la ciudad, el colapso de la vivienda popular, en su mayor parte la construida con bahareque, adobe y lámina, de igual forma edificios nuevos que no fueron construidos con norma sismorresistente, quedando en evidencia las malas prácticas constructivas y diseños de los mismos, así como la mala calidad de los materiales utilizados.

Y los terremotos de enero y febrero del año 2001, que afectaron gran parte del territorio nacional, teniendo su mayor impacto en la Zona Paracentral del país; como el enjambre sísmico de diciembre del año 2006 en la zona de Ahuachapán; donde se puso de manifiesto la vulnerabilidad del sistema constructivo de adobe afectando a muchas viviendas; y aunque el sistema constructivo presentó fallas ante los sismos de esos años, las familias de escasos recursos o más vulnerables del país, han continuado resolviendo su necesidad de vivienda con la construcción con tierra.

3. TENDENCIAS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN EL PARQUE HABITACIONAL DE EL SALVADOR

De acuerdo a los últimos datos de los tres censos de vivienda de la DIGESTIYC (Dirección General de Estadística y Censos), correspondientes a los años 1971, 1992 y 2007, la tipología de material de paredes en la vivienda, sucedidos durante un periodo de 36 años, en los diferentes sistemas constructivos (concreto-mixto, bahareque, adobe, madera, lámina metálica, paja-vegetales, desechos y otros), indican una tendencia y evolución de la aplicación de los mismos tipos de materiales y sistemas constructivos en las paredes de la vivienda en El Salvador; donde se considera el material y sistema predominante a incrementar, el que se mantiene en el tiempo y el que tiende a desaparecer.

Según el análisis de los datos tomados de la DIGESTIYC, el Parque Habitacional de paredes de adobe, este registró en el III Censo de vivienda del año 1971, una cantidad de 169.919 viviendas, incrementándose para el IV Censo del año 1992, a una cantidad de 293.403 viviendas, pero se observa una tendencia a disminuir para el V Censo del año 2007, a una cantidad de 210.708 viviendas, esto debido a los terremotos de los años de 1986, 2001 y el enjambre sísmico del 2006 en el Departamento de Ahuachapán, y por el desplazamiento del uso de otras

alternativas constructivas; pero a pesar de estas causas en El Salvador, aún persiste la construcción del sistema de adobe, en las zonas rurales del país, por aquellas familias más vulnerables y otras que han sido beneficiadas a través de Organismos No Gubernamentales que promueven dicho sistema constructivo.

En la gráfica, se puede determinar que los censos de vivienda, no muestran una considerable adopción de nuevas tecnologías durante esos 36 años, y que se mantienen los mismos sistemas constructivos tradicionales; pero si es clara una dinámica a la disminución o con tendencia a desaparecer las paredes de bahareque, madera y paja o vegetales; y como tendencia a incrementar el sistema constructivo de paredes de concreto o mixto, y lámina metálica, en gran parte impulsado por los eventos sísmicos vividos en el país en los años de 1986, 2001 y 2006; así también la tendencia a persistir de las paredes de adobe y desechos u otros materiales constructivos, tal como se muestra en la Figura 1.

TENDENCIA DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN LA VIVIENDA

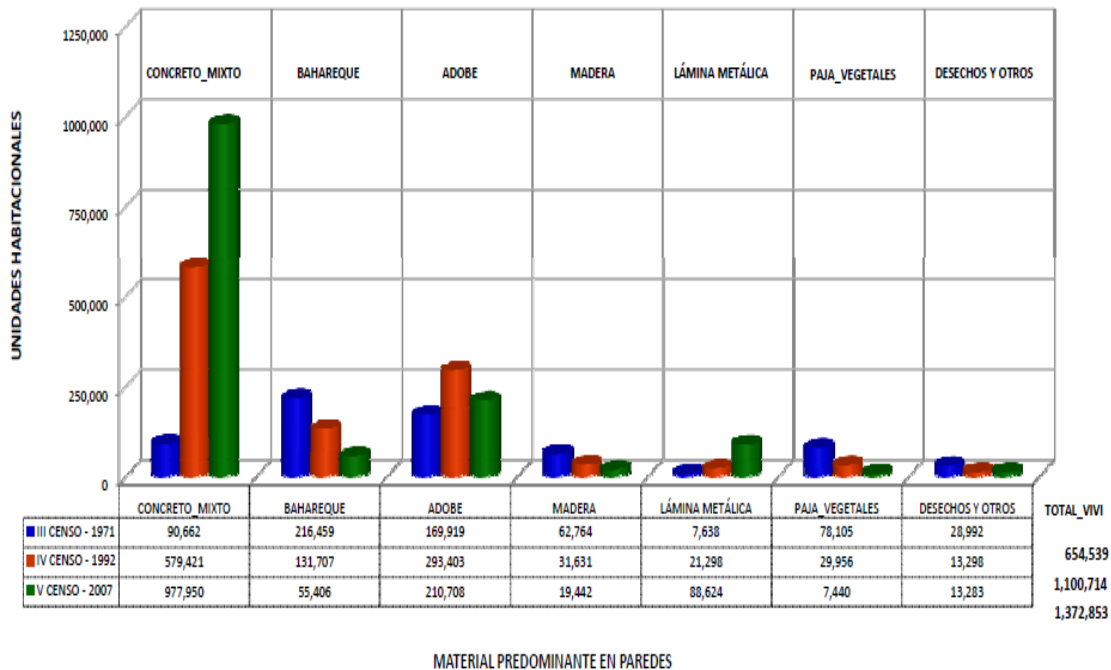


Figura 1 – Tendencia del Parque Habitacional en El Salvador (Censos: 1971, 1992 y 2007)

4. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA MEJORAR LA TECNOLOGÍA DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE ADOBE

Es así que en el marco del proyecto conocido como TAISHIN, se realizaron grandes esfuerzos con personal capacitado en el área de la investigación tecnológica, con el apoyo brindado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y el Centro Nacional de Prevención de Desastres de México (CENAPRED), durante el periodo comprendido del año 2009 al año 2012 al proyecto denominado 'Mejoramiento de la Tecnología para la Construcción y Sistema de Difusión de la Vivienda Social Sismo-resistente', donde el Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU) coordinó conjuntamente con la Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas" (UCA), la Universidad de El Salvador (UES), el Instituto Salvadoreño de la Construcción (ISC) y la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL) (Figura 2).

Siendo uno de los objetivos del proyecto a profundizar en

el área de la investigación tecnológica del sistema constructivo de adobe reforzado, para ello se realizó un diagnóstico de las construcciones de adobe en el país, con el objeto de conocer las fallas principales del sistema tradicional ante eventos sísmicos que se muestran en la Figura 3.

A partir de ello se realizaron pruebas a materiales, a prismas, paredes a escala natural y a módulos de viviendas en el Laboratorio de Estructuras Grandes (LEG), ubicado en la UCA, y en la Mesa Inclinable (MI), ubicada en la UES, a fin de hacer las mejoras e innovaciones al sistema constructivo, contribuyendo con esto al establecimiento de las exigencias técnicas que deberán de cumplir las edificaciones de adobe, a fin de garantizar la seguridad en la construcción y minimizar las pérdidas de vidas humanas en caso de eventos naturales severos.



Figura 2 – Instituciones involucradas en la ejecución del proyecto TAISHIN.

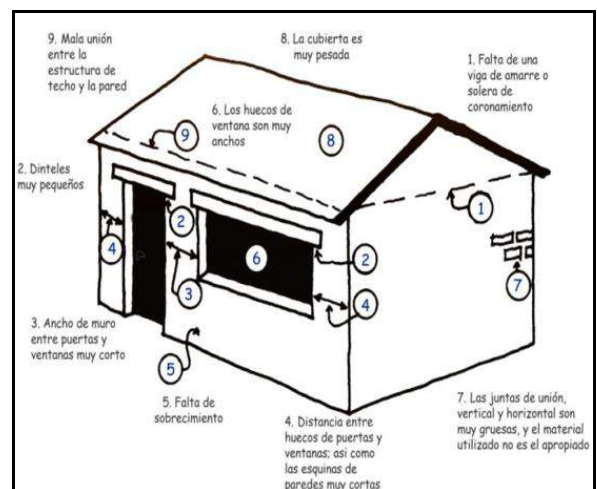


Figura 3. Principales fallas en el sistema constructivo de adobe, investigación de campo Proyecto TAISHIN

Y partiendo de la investigación experimental llevada a cabo en el marco del Proyecto TAISHIN, se obtuvieron resultados importantes para mejorar el comportamiento estructural del sistema constructivo de adobe, tal como se muestra en la Figura 4; a partir de aquí se redacta un nuevo reglamento, el cual vendría a sustituir al antiguo reglamento que fuera emitido por Decreto Ejecutivo del año 1946, por el 'Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS) 91.02.01:14 Urbanismo y Construcción en lo Relativo al Uso del Sistema Constructivo de Adobe para Viviendas de Un Nivel'.

Para lograr que este anteproyecto de reglamento fuera un proyecto de carácter obligatorio, se realizó un proceso de consultas que establece la Ley de Creación del Sistema Salvadoreño para la Calidad, a través del Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica (OSARTEC), adscrito al Ministerio de Economía, con la estrecha coordinación del Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU), con el fin primordial de dar una respuesta a la población más vulnerable, para que pueda contar con una vivienda más segura y saludable con las mejoras estructurales, y evitando que se siga construyendo de manera empírica siguiendo prácticas tradicionales.

Es en fecha 27 de mayo de 2014, el Comité Nacional de Reglamentación Técnica aprueba el proyecto de Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS) 91.02.01:14 'Urbanismo y Construcción en lo Relativo al Uso del Sistema Constructivo de Adobe para Viviendas de Un Nivel' (Figura 5), donde se dictan reglas claras para el sector público Nacional y Local, y Organismos No Gubernamentales, a través de este instrumento técnico-normativo de carácter obligatorio, que garantiza la calidad de los materiales y el proceso constructivo de la vivienda de adobe sísmo-resistente.

Y como paso final el Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano (MOPTVDU) aprueba a través de un Acuerdo Ejecutivo con número 314/2014, el mes de junio de 2014, dicho reglamento para su publicación en el Diario Oficial; a fin de ser de carácter obligatorio y entre en vigor para las nuevas construcciones de adobe; el cual vendría a Fortalecer el Marco Legal de la Construcción en El Salvador y su Aplicación.

Desde el año 2013, el Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano a través del Viceministerio de Vivienda, realiza grandes esfuerzos para reglamentar los diferentes sistemas constructivos tradicionales en nuestro país, con la visión de priorizar aquellos Reglamentos Técnicos que permitan garantizar las condiciones de seguridad estructural, de servicio, reducción de pérdidas de vidas humanas y que el país se recupere de manera rápida ante la recurrencia de los eventos sísmicos; siempre y cuando la reglamentación sea obligatoria y aplicable en el país.



Figura 4. Resultados de la investigación del Proyecto TAISHIN

REGLAMENTO TÉCNICO SALVADOREÑO	RTS 91.02.01:14
URBANISMO Y CONSTRUCCIÓN EN LO RELATIVO AL USO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE ADOBE PARA VIVIENDAS DE UN NIVEL	
Correspondencia: Este Reglamento Técnico Salvadoreño tiene correspondencia parcial con normativa internacional.	
ICS91.100	RTS 91.02.01:14
Editada por el Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica, ubicado en 1ª Calle Poniente, Final 41 Av. Norte, N° 18 San Salvador, Col. Flor Blanca. San Salvador, El Salvador. Teléfono (503) 2590-5323 y (503) 2590-5335. Correo electrónico: consultasreglamento@osartec.gob.sv	
Derechos Reservados.	

Figura 5. Comité Nacional de Reglamentación Técnica, aprueba el proyecto RTS 91.02.01:14.

CONSIDERACIONES FINALES

Se concluye que la construcción con tierra, es un sistema constructivo ancestral, que no ha desaparecido hoy en día y que difícilmente vaya a desaparecer en especial en el área rural; ya que la historia de este país registra que muchas familias han y siguen construyendo viviendas de adobe pero con sus propias técnicas, las cuales hacen

vulnerable al sistema ante la recurrencia sísmica, por lo que se cree que este nuevo reglamento ha incluido la seguridad estructural, con el objeto de prevenir pérdidas de vidas ante nuevos terremotos, mejore la condición de salud y proteja el patrimonio familiar de los más desfavorecidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Diario Oficial No. S/N, 6 de septiembre de 1932. Decreto Legislativo No. 7. San Salvador, El Salvador.
- Diario Oficial No. 272, Tomo No. 139, 12 de diciembre de 1945. Decreto Legislativo No. 22. San Salvador, El Salvador.
- Diario Oficial No. 61, Tomo No. 140, 15 de marzo de 1946. Decreto Ejecutivo No. S/N, 26 de febrero de 1946. San Salvador, El Salvador.
- Diario Oficial No. 79, Tomo No. 263, 2 de mayo de 1979. Decreto Ejecutivo No. 26. San Salvador, El Salvador.
- Diario Oficial No. 133, Tomo 320, 15 de julio de 1993. Decreto Ejecutivo No. 71. San Salvador, El Salvador.
- Diario Oficial No. 110, Tomo 355, 17 de junio de 2002. Decreto Ejecutivo No. 61. San Salvador, El Salvador.
- VI Censo de Población y Vivienda 2007. Tomo V, Vivienda: Características de las Viviendas, p. XXII-XXVIII. Dirección General de Estadística y censos/DIGESTYC, Ministerio de Economía. San Salvador, El Salvador. Octubre de 2009.

AUTOR

Oscar Armando López Trujillo; *Arquitecto, Universidad Politécnica de El Salvador (1979-1986). Tesis: "Formulación e Implementación de Costos Mínimos para Asentamientos Rurales del Sector Reformado en El Salvador" (1986). Coordinador de la Unidad de Investigación y Normas de Urbanización y Construcción del VMVDU (2007-2014). Transferencia de conocimientos para el Fortalecimiento Institucional.*

5.6 Reconstrucción post 27/F en Chile en zonas de interés patrimonial. Una Experiencia de asistencia técnica universitaria en la región de O'Higgins. Jimena Morales Peralta/ María Luisa Zúñiga Lamarque/ Carlos Muñoz Parra

Jimena Morales Peralta¹; María Luisa Zúñiga Lamarque²; Carlos Muñoz Parra³
Escuela de Arquitectura, Universidad de Santiago de Chile.
1carlos.munoz.p@usach.cl; 2jmparq@gmail.com; 3mzunigalamarque@yahoo.es

Palabras claves: Reconstrucción patrimonial, arquitectura vernácula, reforzamiento antisísmico para adobes, patrimonio habitacional rural.

Resumen

Este trabajo se refiere a proyectos desarrollados por la Asistencia Técnica de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Santiago de Chile el cual, a través de un encargo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, planteaba recuperar, en la Región de O'Higgins de Chile, aquello que la Arquitectura generada en sus bases fundacionales, le dio un carácter vernacular que se ha proyectado en el tiempo, y que a pesar del efecto del terremoto del 27 de febrero del 2010, mantiene su esencia.

El Plan de Reconstrucción en zonas de interés patrimonial para el denominado Valle de Colchagua, tenía como objetivo general la propuesta de Regeneración Urbana emanada de la Asistencia Técnica de la Escuela para dicha localidad:

'Ser un instrumento de puesta en valor de un conjunto específico de elementos que recuperen las cualidades trascendentes de identidad a su territorio urbano'. Con esto, se establecerían las condiciones y requerimientos que permitirían su reconstrucción en vías de un mejoramiento de las condiciones de habitabilidad de sus residentes.

A partir de este marco de intervención, se muestran las experiencias llevadas a cabo por el equipo de Arquitectos que trabajaron en los aspectos de diseño, estructura y metodología de construcción que se hizo con la rehabilitación de antiguas casas de adobe cuando éstas aún eran sujetos de mejoramiento, y la generación de proyectos nuevos cuando la pérdida de las viviendas era total.

Hubo una serie de aprendizajes y puesta en valor de metodologías de reforzamiento de la construcción con tierra, así como preservar la imagen propia de la arquitectura vernácula de los lugares intervenidos. Se pudieron preservar algunas construcciones relevantes conformando circuitos de calles patrimoniales que son importantes en la memoria de la comunidad, generando una puesta en valor del patrimonio arquitectónico de la ruralidad de la Región de O'Higgins.

1. CONTEXTO DE ORIGEN DEL PROGRAMA

A partir de lo que fue el terremoto acaecido en Chile el 27 de febrero del 2010, se produjo un grave daño a las regiones del centro sur del país, afectando particularmente las construcciones con fines residenciales, entre las cuales había muchas con interés patrimonial por su apego a la identidad de las localidades afectadas. Estas viviendas, contaban entre sus características principales, la materialidad en la que habían sido construidas, y ellas eran en alguna variante de tierra cruda, siendo predominantes las de adobe y las de tabiquería de adobe y quincha.

A partir de esta situación el gobierno de Chile, por intermedio del Ministerio de Vivienda y Urbanismo inició la tarea de reconstrucción con un llamado a configurar, primero que nada luego de atendida la emergencia inmediata, propuestas de Regeneración Urbana para las localidades comprometidas por el sismo.

Con esto en proceso, la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Santiago de Chile, que había tenido un papel activo en la generación de un catastro de daños en el Valle de Colchagua de la Región de O'Higgins, y siguiendo un compromiso asumido por la Universidad de apoyar a esta zona en particular, se involucra a través de la Unidad de Asistencia Técnica de la Escuela de Arquitectura, en una licitación pública para llevar a cabo seis Planes de Regeneración Urbana en otras tantas localidades de este valle. Esto se desarrolla de manera exitosa durante el año 2010, dejando las bases establecidas para las intervenciones específicas del

proceso de reconstrucción que vendría a continuación en la zona estudiada.

De este modo se pasa a la etapa del proceso de reconstruir o rehabilitar el hábitat destruido parcial o totalmente, situación que para concretarse se llama nuevamente a una licitación de parte del Ministerio de Vivienda para asignar la tarea de diseñar arquitectónica y constructivamente las reparaciones y las viviendas nuevas en las que se denominaron "zonas de interés patrimonial". Nuevamente la Unidad de Asistencia Técnica de la Escuela de Arquitectura, con la experiencia obtenida en terreno en las etapas previamente desarrolladas, se adjudica la tarea señalada en cuatro localidades de la zona afectada.

Estas intervenciones en las que se comienza a trabajar desde el año 2011, se fundan en la propia estrategia de intervención definida en el Plan de Regeneración Urbana para estas localidades, donde se establece que, se aplicaran requerimientos para un diseño y construcción sustentables y promover la arquitectura de calidad, con compromiso alóxico en su contexto y favoreciendo tanto el rescate de sistemas vernaculares como las nuevas tecnologías de construcción.

Todo con conciencia de los valores que tenemos, preservando el pasado de valor en la identidad ciudadana de las localidades, así se podía construir un futuro digno y orgulloso para nuestras nuevas generaciones

1.1. Marco de las prestaciones

Esta línea de prestaciones diseñada por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, tenía por objeto preservar las zonas históricas y patrimoniales, particularmente algunos poblados rurales que dan sello e identidad a los centros urbanos y rurales, y para los cuales este Ministerio determinó un conjunto de criterios que facilitarían una adecuada reconstrucción de esas zonas.

Más allá del patrimonio monumental, el que se encontraba abordado por otras vías de financiamiento, el énfasis de este programa analizado está puesto sobre el tejido de vivienda, pues se la considera parte de un cierto patrimonio modesto. La vivienda actúa como la principal configuradora de estos pueblos, es decir, como un elemento cuyo valor radica en la construcción de una sumatoria mayor, que está en directa relación con el espacio público, conformando así un conjunto patrimonial¹.

Complementariamente se genera un instructivo para zonas patrimoniales, donde se declara la preocupación por preservar las zonas históricas y patrimoniales, particularmente algunos poblados rurales que dan un sello e identidad especial a los centros urbanos y rurales, así el

Ministerio de Vivienda y Urbanismo determinó un conjunto de criterios que facilitarían una adecuada reconstrucción de esas zonas patrimoniales.

De esta manera se estableció: el monto de las aportaciones subsidiarias del Ministerio para las reconstrucciones o reparaciones; la forma de postulación a estos beneficios subsidiarios por parte de los damnificados, quienes podían ser elegibles para acceder a este beneficio; la materialidad de las obras a ejecutar, en donde se reconoce el adobe como material constructivo, pero se establecen condiciones especiales para resolver la estructura del inmueble; el itemizado técnico y cuadro normativo de los proyectos y las construcciones respectivas; lineamientos de coordinación con el Consejo de Monumentos Nacionales para agilizar gestiones; plan de Re-construcción Patrimonial con descripción de metodología; la coordinación con el Consejo nacional de Cultura y Artes para canalizar donaciones privadas; se define un modelo de gestión, donde al ser proyectos emblemáticos, se requiere un trabajo cuidadoso, indicándose que para tal efecto se han firmado convenios de cooperación entre universidades, fundaciones, especialistas, MINVU, municipios y juntas de vecinos².

1.2. Contrato de las prestaciones

El contrato de diseño propiamente tal que se llevó a cabo, se realizó según establecía el instructivo previamente señalado con la Entidad de Gestión Inmobiliaria Social constituida por las propias municipalidades de las localidades donde se haría la prestación, las cuales eran la encargadas de la gestión integral del proyecto, captando la demanda de las familias elegibles para acceder al beneficio, organizar esta demanda, contratar el diseño de las soluciones de tal manera de responder a cada demanda en particular y conseguir las empresas constructoras que concretarían las obras proyectadas.

En el caso específico de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Santiago de Chile, estaba incorporada al proceso, como la encargada de generar los diseños de Arquitectura de las obras a ejecutar, incluyendo las especialidades pertinentes para llevarlos a cabo, entendiéndose por esto, el diseño de las estructuras, la tecnología que se aplicaría en la ejecución de las obras y los diseños de red de energía, de agua potable y de aguas servidas para el apropiado funcionamiento de la unidad habitacional.

Bajo este marco, se suscribieron contratos con las comunas de La Estrella, Quinta de Tilcoco y Peralillo con su localidad de Población de manera complementaria. Se les denominó convenios de 'Solución definitiva para proyectos de recuperación y reconstrucción patrimonial para la localidad' que se asimilaron a Fondos Regionales de Iniciativa Local (FRIL) a partir de la delegación emanada del Gobierno Regional de O'Higgins.

De conformidad con lo establecido en dichos instrumentos las Municipalidades asumían, entre otros, los siguientes compromisos:

1. Ejecutar los proyectos de conformidad a los objetivos, actividades, beneficiarios y tiempos establecidos en la ficha de postulación.
2. Utilizar los recursos transferidos por este Gobierno Regional, única y exclusivamente, en las iniciativas de inversión definidas.
3. Ejercer supervisión logística en la ejecución de los proyectos y sus requerimientos.
4. Evaluar el trabajo realizado, entregando la ficha de cierre respectiva.

Para tal efecto, la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo (SEREMI MINVU), por Resolución Exenta N° 1093, definió superficies o polígonos en cada una de las 32 comunas de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, que se denominaron 'Áreas de valor patrimonial', que en el caso de cada una de las comunas que se atendieron, se especificaron en Plano adjunto a dicha resolución.

Así la EGIS municipal contrata la Asistencia Técnica para prestar servicios en las siguientes labores de consultoría:

1. Levantamiento de cada vivienda (entiéndase esto para la postulación al Programa de Protección del Patrimonio Familiar, PPPF para restauración) y terreno en el cual se emplazaría el proyecto desarrollado, dicho levantamiento tendría por objeto rectificar las dimensiones.
2. Recopilación de antecedentes necesarios para la elaboración de proyectos de carácter patrimonial.
3. Elaboración de los proyectos técnicos necesarios para postular al Programa de Reconstrucción Patrimonial del Ministerio de Vivienda, entendiéndose por estos todos

aquellos actos, documentos o planos necesarios para el ingreso de los proyectos al Banco de Proyectos del Servicio de Vivienda y Urbanización, SERVIU, Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

De acuerdo a lo establecido en el Check List Fondo Solidario de Vivienda (FSV) Construcción Sitio Propio (CSP) viviendas patrimoniales. De acuerdo con el Marco Normativo MINVU DS 174/2005, las resoluciones N° 2186/2010, N° 2964/2010, N° 2968/2010, N°

4722/2010, N° 6064/2010 y sus modificaciones y el Instructivo Recuperación Zonas Históricas y Patrimoniales.

4. Realizar mesas técnicas de evaluación de proyectos tanto con los profesionales de la Dirección de Obras Municipales, Entidades de Gestión Inmobiliaria Social y Prestadores de Servicios de Asistencia Técnica (DOM y EGIS-PSAT), SERVIU y con los beneficiarios, previa postulación de los proyectos.

1.3. Fundamentación de las prestaciones

Para llevar a cabo este proceso de propuestas arquitectónicas, constructivas y estructurales se basó en la propuesta de Regeneración Urbana que se había desarrollado previamente por la Asistencia Técnica de Arquitectura USACH para las zonas afectadas por el sismo en la Región de O'Higgins, donde se asumió el reconocimiento de un conjunto de objetivos trascendentes que consolidarían la identidad de las zonas urbanas donde se trabajaría, como lo son entre otras:

- Preservación de la estructura urbana de la unidad territorial.
- Preservación de las características del tejido urbano.
- Preservación de algunas construcciones relevantes para una puesta en valor del patrimonio arquitectónico.
- Potenciamiento de valores culturales patrimoniales, colocando en relieve los elementos de identidad.

Con esta estrategia territorial, que se basa en el reconocimiento de ciertos aspectos trascendentes, se estaba:

- Proponiendo la regeneración y creación de lugares que se articulan con lo existente y fueran sustentables socio-cultural, económica y ambientalmente.
- Formulando y aplicando estrategias de cualificación ambiental en los espacios de residencia, de trabajo, movilidad y esparcimiento.
- Comprendiendo el entorno atmosférico de los asentamientos humanos de raigambre rural y sus estructuras funcionales, productivas, ambientales y socio-culturales.
- Profundizando en la condición intermedia de las obras de arquitectura, en función de lo territorial y ambiental, de manera integrada.
- Concibiendo las obras de arquitectura, como intermediadoras entre el ser humano y su territorio, poniendo énfasis en su condición y capacidad de configurar el espacio público.

A partir de lo señalado tenemos que nuestra propuesta de reconstrucción habitacional en zonas de interés patrimonial lograría en vías de un mejoramiento de las condiciones de habitabilidad de sus residentes:

- Impactar: buscando mejoras tangibles en las condiciones de vida de las personas, sobre todo

aquellas que trabajan por un sustento económico en el contexto.

- Cooperar: buscando la asociación y coordinación de varias entidades o grupos para llevarse a cabo.
- Favorecer: buscando intervenciones para corregir los problemas de marginación, pobreza y descontento potencial, permitiendo la inclusión social de los grupos más vulnerables.
- Innovar: buscando propuestas audaces, originales y novedosas, pero que a la vez acojan los valores de la cultura local³

De este modo se tuvo que para la imagen de las localidades atendidas, se planteaba recuperar aquella que la Arquitectura generada en sus bases fundacionales, le dio un carácter y emacular que se ha proyectado en el tiempo, y que a pesar del efecto del terremoto del 27 de febrero del 2010, mantiene su esencia, tanto en lo que ha quedado construido como en la percepción asumida por sus habitantes.

En estas localidades lo más relevante del patrimonio arquitectónico, estaba constituido por la fachada continua que se repite en todas las calles centrales, generando alturas medias que normalmente no sobrepasan un piso, con vanos que han establecido ritmos, donde predomina el muro por sobre la apertura, dando lugar a una privacidad muy austera respecto a las características de lo que significan estas construcciones, las que forman parte del paisaje construido propio del contexto.

Se cubren con techos a dos aguas con cubiertas de tejas en algunos casos y particularmente en la localidad de Población, con corredores que actúan pasivamente frente a la fenomenología de la zona. Esto permite llegar a un equilibrio formal, producto de la sobriedad del uso de elementos de transición, como galerías o espacios techados al exterior en algunos casos, manteniendo la materialidad propia del valle como lo son el adobe y la madera (Muñoz et al. 2011, Página 65).

De este modo se han logrado edificaciones con una muy buena calidad estética, por la forma de relacionarse con el contexto y por la percepción sensorial que provocan, generando un valor que si bien no siendo de carácter patrimonial en sí, generan un hito de patrimonio arquitectónico para recordar y por lo tanto, para preservar y proyectar en el tiempo.

2. PROPUESTAS ARQUITECTÓNICAS DE VIVIENDA NUEVA Y REHABILITACIÓN

2.1. Proyectos

Generalidades

En el proceso de recuperación de viviendas afectadas como consecuencia del impacto del terremoto, se abordó el tema siguiendo los lineamientos del Plan de Reconstrucción Nacional del MINVU: levantar viviendas sociales en los mismos sitios donde se encontraban las casas que resultaron dañadas. MINVU, crea el subsidio en sitio propio con proyecto tipo, modalidad que promueve e la innovación constructiva, agiliza los tiempos y procedimientos operativos de la postulación, es un llamado a las familias damnificadas que poseen un terreno a postular

vivienda propuesta directamente a SERVIU y postular a las viviendas tipo generadas por la EGIS y PSAT. Para ello los postulantes debían cumplir con los siguientes requisitos:

- Ser damnificado acreditado por MINVU.
- Habitar una vivienda que se ubique en Zona Patrimonial.
- Contar con el certificado de inhabitabilidad emitido por la DOM.
- Ser mayor de 18 años.

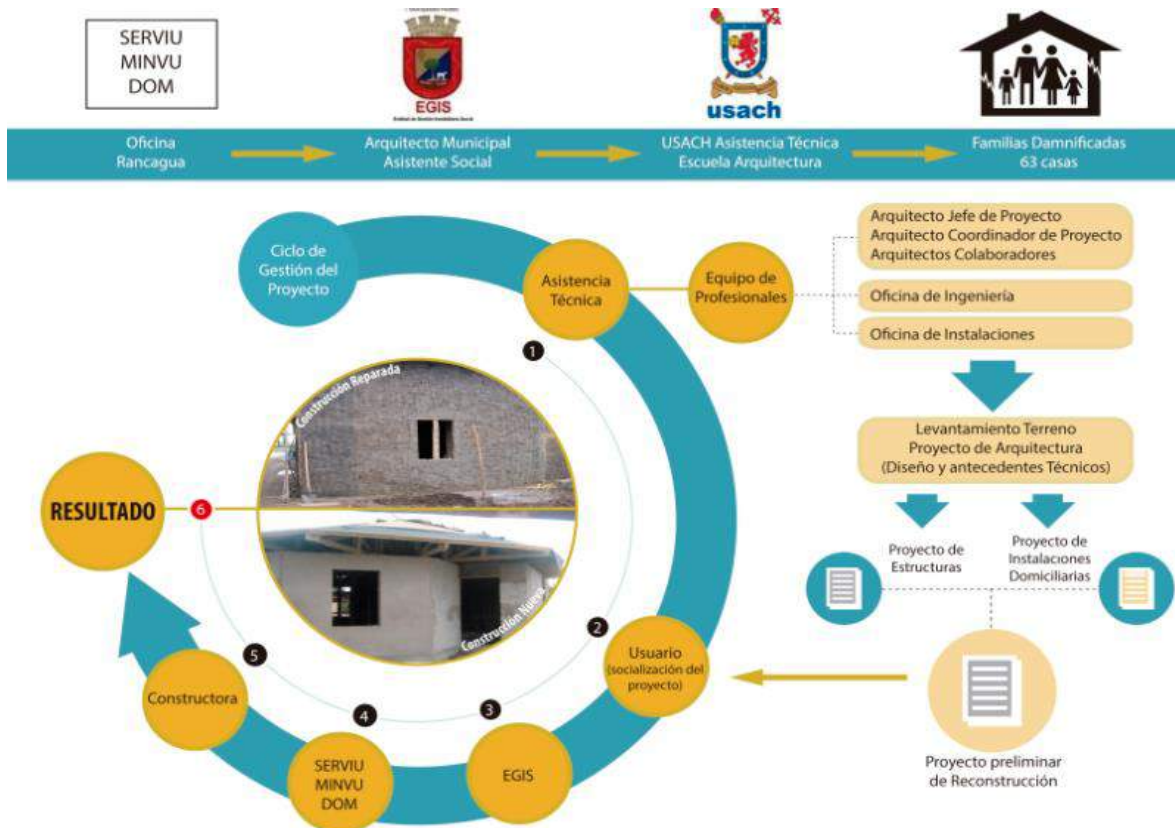


Figura 1 – Layout de la gestión del proceso de reconstrucción.

- El beneficiario no debe ser dueño de otra propiedad
- No se requiere acreditar ahorro.

El subsidio a entregar se desglosa de la manera siguiente: Fondo Solidario de Vivienda (FSV), correspondiente a un monto de 380 UF (US \$17.500), más 200 UF (US \$9.200) como beneficio adicional, por vivienda ubicada en polígono patrimonial determinado por la SEREMI, incorporando un beneficio adicional, generando un monto total de subsidio de 580 UF (US \$26.700).
Gestión del proceso de reconstrucción

Para llevar a cabo los lineamientos dispuestos para el proceso de Reconstrucción, intervienen varios organismos que se relacionan y operan para que se haga efectiva la obtención del subsidio por parte de las familias damnificadas, las que se muestran en la Figura 1.

En primera instancia se catastró por la DOM de la Ilustre Municipalidad, toda la zona afectada determinándose que viviendas por el nivel de daños debían ser demolidas y cuales si bien estaban inhabitables, podían ser recuperadas con un proyecto estructural y constructivo que les devolviera su carácter de habitable.

En ese contexto se desarrollaron un total de 63 proyectos, correspondiente a 32 proyectos de viviendas nuevas y 31 proyectos de habilitación de vivienda. Para los proyectos de viviendas nuevas, se desarrollaron 7 tipologías, aplicables en casos particulares con un programa común entregado por SERVIU.

Como la solución debía inscribirse en el programa de subsidio habitacional que exige una superficie mínima de 50 m² para cada unidad, nuestros proyectos fluctuaban entre 56 m² y 58 m², contemplando una ampliación de 15 m². El desafío mayor era recuperar un patrimonio habitacional a partir de proponer una solución arquitect-

tónica que reflejara los elementos patrimoniales sin plantear un falso histórico sino que recuperar aquellos elementos que hacían de esa arquitectura un patrimonio local, entregándole una interpretación contemporánea. La solución constructiva y estructural propuesta fue abordada con la aplicación de materiales nobles como el barro y la madera, constituyendo ambos una solución asísmica y fiel reflejo de la memoria colectiva de sus habitantes. Hubo consenso con SERVIU, el trabajar con tipologías, lo que tenía no sólo una finalidad técnica sino que como consultora también teníamos que contactar una constructora que ejecutara los trabajos pensando en el volumen y no en la individualidad. Ya tenía un grado de complejidad trabajar con una técnica con base en la tierra, por lo tanto había que

minimizar los riesgos de no contar con el ejecutante de los trabajos.

En cuanto a los proyectos de habilitación de viviendas, esto estaba referido a aquellas viviendas que habían sido dañadas, pero que no ameritaba la demolición, sino que con intervenciones estructurales, se podía restablecer y afianzar una estructura centenaria, en algunos casos, rescatando también una técnica constructiva arraigada en nuestras zonas rurales, como lo es el adobe. De esa manera se logra restablecer la habitabilidad de la vivienda para sus moradores y mantener el patrimonio arquitectónico de la zona afectada.

2.2. Propuestas tecnológicas para la construcción

Para ilustrar mejor las propuestas, se adjunta parte del trabajo técnico, en anexo, correspondiente a cinco fichas

resumen de los proyectos entregados para su posterior ejecución.

2.3. Especificaciones y fundamentos técnicos

En las propuestas de trabajo se apoyó las decisiones arquitectónicas y constructivas en la normativa vigente y en el estudio estructural de los sistemas constructivos empleados: tabiquería en madera y adobe.

Normas utilizadas para las viviendas nuevas:

NCh 1198:	Madera – construcciones en madera - Cálculo
NCh 433:	Diseño sísmico de edificios
NCh 430:	Hormigón armado. Requisitos de diseño y cálculo
NCh 431:	Construcción. Sobrecargas de nieves
NCh 1537:	Diseño estructural de edificios. Cargas permanentes y sobrecargas de uso
NCh 432:	Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones
NCh 204, NCh 211 y NCh 434:	Barras para hormigón armado
NCh 148, NCh 158 y NCh 160:	Cemento
NCh 163:	Agregados
NCh 170:	Hormigón

Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) (Decreto 854 de 1949 y modificaciones) (Minvu) ACI 318-08. Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario

Descripción del proyecto

Vivienda de un piso estructurada en base a tabiques de madera de pino radiata en planta rectangular de 58,63 m², altura de muros 2,40 metros y 3,90 metros a nivel de cumbrera.

Modelo estructural

Estructura en base a tabiques de madera de pino radiata, en un piso de altura.

- Pies derechos trabajan a cargas axiales de compresión (cargas estáticas y verticales).
- Soleras en ambas direcciones (x e y en planta) reciben esfuerzos sísmicos laterales perpendiculares al plano del tabique.
- Diagonales en todos los tabiques interiores y exteriores, en ambas direcciones (x e y en planta) reciben

esfuerzos laterales en el sentido del plano del tabique que los contiene.

- Vigas reticuladas verticales reciben cargas de cubierta en sectores donde no hay continuidad estructural
- La techumbre está conformada por cerchas de madera.
- Las fundaciones son continuas y descargan directamente en terreno de fundación
- La distribución de los elementos descritos se indican en planos de cálculo respectivos.

Calidad de los materiales

Madera

Tabiques de madera de pino radiata seco H= 12% impregnada; Grado estructural G1; Estación de referencia más cercana: San Fernando; Humedad equilibrio: 16%. Tensiones admisibles: Flexión – 86 kgf/cm²; Compresión paralela – 66 kgf/cm²; Compresión normal – 19 kgf/cm²; Módulo de elasticidad – 69.000 kgf/cm²; Cizalle – 8,6 kgf/cm².

Hormigón

Emplantillado – H5, nivel de confianza de 90%; Radier – H15, nivel de confianza de 90%; Fundación – H 25, nivel de confianza de 90%

Acero de refuerzo

Para elementos concretados *in situ* – acero A63-42 H

Criterios de diseño

Los criterios de diseño estructural corresponden a la normativa vigente mencionada anteriormente

Mecánica de suelo

Según calcatas ejecutadas por sectores involucrados se determinó valores de suelo tipo II, con tensiones admisible de suelo estático y dinámico de 1,0 kg/cm² -1,3 kg/cm². Por seguridad para el cálculo de fundaciones se estimaron (considerados) valores más conservadores

$\sigma_e = 0,8 \text{ kgf/cm}^2$ estático
 $\sigma_s = 1,0 \text{ kgf/cm}^2$ dinámico
 Tipo de suelo: III

Consideración de cargas de diseño

Los elementos estructurales calculados, consideran cargas muertas y sobrecargas en las combinaciones indicadas en la Norma chilena NCh 433 1996, modificada en el 2009.

Se privilegió la carga por sismo, pues al considerar el coeficiente sísmico máximo, este prevalece sobre el diseño por nieve y viento.

Para los proyectos de habilitación:

Criterios de intervención estructural

Los criterios de intervención acordes con las cartas internacionales de conservación son los siguientes:

- Se tendrá presente en todo momento la mantención, restitución y/o aumento de resistencia frente a sismos.
- Considerar desempeño estructural durante sismos, de modo de controlar desplazamientos de la estructura dañada sobre la base de refuerzos de mínima intervención, compatibilidad y reversibilidad.
- Principios en que se combinan los criterios anteriores.
- *Criterios patrimoniales*
- Originalidad: la materia original no puede ser reemplazada.
- Reversibilidad: la intervención será identificable, de tal modo que pueda ser removida en cualquier momento sin dañar la materia original.
- Compatibilidad de materiales: se usarán materiales originales o tradicionales, compatibles con los de cada caso, de modo de no causar incompatibilidades físicas, químicas y estéticas entre materiales originales.
- Principio caso a caso: las edificaciones patrimoniales tienen su propio valor que deberá ser preservado y evaluado caso a caso.
- Levantamiento y diagnóstico crítico. Se deberá diagnosticar el estado de la edificación y de sus patologías y análisis del origen de las mismas.
- Mínima intervención: la intervención deberá ser la justa y precisa para conservar la edificación
- Historial. Se deberá registrar cambios y transformaciones indicando el grado de intervención en cada caso.

Proyecto Estructural – las edificaciones deberán: resistir daños sísmicos de intensidad leve; limitar daños en elementos no estructurales durante sismos de intensidad mediana; evitar el colapso durante sismos de intensidad severa, aunque presenten daños.

Materiales – algunos de los materiales estructuralmente compatibles con las estructuras de las construcciones patrimoniales de tierra son: A.1. Geomalla de polipropileno; A.2. Madera; A.3. Albañilería de adobe; A.4. Caña; A.5. Otros debidamente especificados por el proyectista

Normas y documentos utilizados

Anteproyecto de norma NTM 002 2010

Estructuras: Proyecto de intervención estructural de construcciones patrimoniales de tierra.

Norma Chilena Oficial NCh 433. of 1996, modificación en 2009

Norma Técnica E-080 Construcción con adobe, Perú.

NZS 4297 1998 Engineering design of earth buildings.

NCh 1198: Madera - construcciones en madera - Cálculo

NCh 1537: Diseño estructural de edificios. Cargas permanentes y sobrecargas de uso

NCh 432: Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones

Documentos

Reglamentación para el uso de la geomalla en el adobe (Vargas, 2008).

Guías de planeamiento e ingeniería para la estabilización sísmo resistente de estructuras históricas de adobe (Leroy Tolles et al, 2002).

Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sísmico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per la costruzioni. Guía italiana para construcciones patrimoniales (Ministerio, 2010).

Alternativas de rehabilitación de adobe y tapia pisada (Díaz; Ríos, 2005).

Caracterización de daños en construcción de adobe (Torrealva, 2010).

Descripción del proyecto

En este ítem se describe aspectos generales de la vivienda siniestrada, su morfología, materialidades involucradas en muros y techumbre, superficie. Se incluye los daños observados y catastrados que comprometen la habitabilidad de la vivienda y que definirán el proyecto técnico de reparaciones.

Modelo estructural

Albañilería simple de adobe. Este modelo consiste en una estructura perimetral de gran solidez, que debe ser capaz de absorber esfuerzos sísmicos y cargas gravitatorias en el sentido del plano y perpendicular al plano a la vez. Como este material tiene sólo resistencia en compresión, ya que no resiste tracción, la estabilidad del conjunto es otorgada por la gran masa de la estructura. Su problema en general son las conexiones con paramentos en diferentes planos, que tienden a desgarrarse con los sismos.

La rehabilitación de los muros en sí y sus encuentros se pueden fortalecer mediante la colocación de una malla de alta resistencia (geomalla) la cual:

- Provee la capacidad de resistencia a la tracción de la que carece el adobe.
- Proporciona continuidad estructural entre los muros que conforman un eje estructural (mejor distribución de esfuerzos).
- Restituye continuidad estructural en los encuentros de muros perpendiculares entre sí, perdida por falta de elementos conectores que evitaran el destabe entre ellos.
- Proporciona confinamiento a la masa de adobe para disminuir efectos de las grietas.

Materiales usados en las intervenciones

Mortero fluido

En todas las fisuras y grietas se ejecutará inyección de mortero fluido. Para este procedimiento se sellará con yeso ambos lados de la fisura, dejando boquillas cada 20 cm. La mezcla se preparará con tierra hameada pasada por malla n° 10 (2 mm de abertura) y consistirá en tierra con 20% de yeso en peso y 35% de agua; se colocará en tubos de inyección.

Geomalla

Los requerimientos mínimos para la geomalla deben ser: Conformación de retícula rectangular o cuadrada, con abertura máxima de 50 mm y nudos integrados.

- Capacidad mínima de tracción de 3,5 kN/m² en ambas direcciones, para una elongación de 2%.
- Flexibilidad y durabilidad

Para la situación de estas viviendas, se recomienda una geomalla de mayor resistencia, cuyos datos referenciales son presentados en la figura 2.

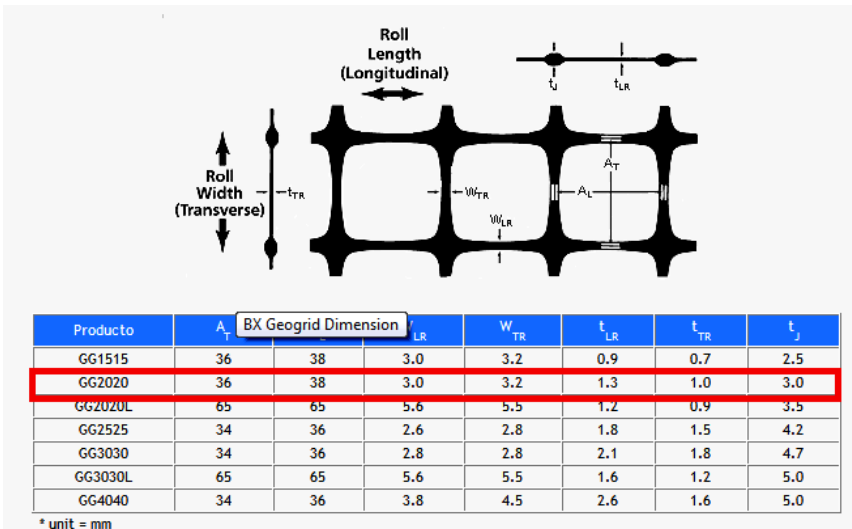


Figura 2 – Diseño y resistencias de geomallas

Madera

Refuerzos de madera de pino radiata seco H= 12%; Grado estructural G1; Humedad equilibrio: 16%
Tensiones admisibles: Flexión – 86 kgf/cm²; Compresión paralela – 66 kgf/cm²; Compresión normal – 19 kgf/cm²; Módulo de elasticidad – 69.000 kgf/cm²; Cizalle – 8,6 kgf/cm²

Acero

Las pletinas metálicas consideradas en el proyecto de intervención serán con acero A37-24ES; Los elementos metálicos considerados en el proyecto de intervención deben ser galvanizados

Adobe

Los materiales y sus características a contemplar para la elaboración de adobes nuevos son los que se describen a continuación:

a) Suelo

El suelo a utilizar para los fines de preparación de la mezcla deberá poseer la siguiente composición:

- Finos (limos y arcillas no expansivas): 35%, con un mínimo de 20% de arcilla.
- Arenas: 65%

Se debe procurar que el suelo a utilizar para elaborar la mezcla no contenga material orgánico visible ni ningún elemento extraño tales como huesos, restos animales, restos de plantas y raíces ni piedras.

b) El agua a utilizar para la mezcla deberá ser potable. Se prohíbe el uso de agua proveniente de canales de regadío o de norias.

c) Fibras vegetales

Se deberá utilizar, preferentemente, paja seca de trigo como adición de fibra orgánica a la mezcla para elaborar adobes, debido a sus propiedades de lenta degradación. En caso de falta de disponibilidad de la misma, puede utilizarse paja seca de alfalfa en fardos.

d) Dosificación

La dosificación a emplear para la preparación de la tierra será:

Suelo: 2 partes
Arena: 3 partes

La dosificación de la fibra orgánica será:
15 kg de paja por cada metro cúbico de tierra preparada.

Descripción constructiva de las intervenciones

Reparación con geomalla

Para la colocación de la geomalla, se perforarán con una broca los muros en su mortero y no en los adobes, cada 30 cm tanto vertical como horizontalmente, para luego colocar geomalla por ambas caras del muro conectadas entre sí con rafia cuádruple, dejando para amarrarla, cuatro hebras de 15 cm aproximadamente para cada lado (Figura 3). La disposición de esta malla puesta por ambas caras del muro tiene un comportamiento de rigidización de los paramentos dañados. La geomalla deberá retornar en vanos de puertas y ventanas. El traslapo de la malla no debe ser menor a 40 cm entre una y otra, salvo en esquinas donde el traslapo será de 100 cm, para lograr un mejor reforzamiento (Figura 5).

La sujeción en la parte inferior de la geomalla será mediante una pieza de madera de pino impregnado de 1 ½" x 8" (~ 4 cm x 20 cm) por ambas caras, conectadas con una varilla de acero roscada de 1/2" (1,27 cm), con tuerca más golilla a presión. La longitud de la barra roscada debe ser igual al ancho de muro más 5 cm y el distanciamiento entre pernos debe ser 50 cm como se muestra en Figura 6.

En la parte superior la geomalla debe pasar para entre las cerchas, y debe tener un traslapo con la malla del otro lado del muro de a lo menos 80 cm como se muestra en Figura 4.

Los muros se cubrirán con revoque de barro y paja de espesor mínimo de 2,0 cm a 2,5 cm.

Reparación de fisuras leves (menos de 2 cm).

Se retirará revoque. En todas las fisuras se ejecutará inyección de mortero fluido. Para este procedimiento se sellará con yeso ambos lados de la fisura, dejando boquillas cada 20 cm. La mezcla se preparará con tierra hameada pasada por malla n° 10 (2 mm de abertura) y

consistirá en tierra con 20% de yeso en peso y 35% de agua; se colocará en tubos de inyección.

La inyección de mortero se hace inmediatamente a continuación de la inyección con agua. Una vez ejecutada la inyección de mortero fluido, se procede a retirar el sello de yeso.



Figura 3. Colocación de la rafia cada 30 cm en la zona del mortero



Figura 4. Retorno de malla entre las cerchas (80 cm)



Figura 5. Retorno de la malla en esquinas (100 cm)



Figura 6. Sujeción geomalla en parte inferior del muro

Las herramientas que se utilizarán en la inyección de mortero en las paredes de adobe serán las siguientes: Pistola de inyección para aplicación de sellantes
Cartuchos vacíos de silicona (Figura 7). Finalmente los muros se cubrirán con revoque de barro y paja de espesor mínimo de 2 cm

Reparación de grietas (mayor de 2 cm)

Para la reparación de grietas mayores a 2 cm, se realizará con una masa de suelo sin tamizar, con 20% de yeso y agua necesaria. Previamente se debe mojar completamente con la pistola de inyección la superficie interior de la grieta para conformar la masa plástica, que se aplicara en la grieta.

Para sostener esta masa plástica, se debe acuñar con madera.

Refuerzos de madera

Los refuerzos serán horizontales y verticales; se consultan en madera de pino impregnado de 1 1/2" x 8" (~ 4 cm x 20 cm) que irán dispuestos en el interior y el exterior del muro. Ambas piezas de madera deberán estar unidas mediante pernos hilados de 1/4" (0,635 mm) y sus respectivas tuercas y góllila de presión. En las esquinas se ha dispuesto la colocación de herrajes de (200x200x100x4) mm; ellos quedarán afianzados a los elementos de madera según detalle en Figura 8.

La cantidad de refuerzos horizontales es 3 en la altura, dejando 20 cm en la parte superior, 50 cm en la inferior y 2 espacios de h/2 cada uno.

La cantidad de refuerzos verticales será indicada en planos respectivos.

Todos estos muros irán rematados superiormente con amarre de viga collar, según detalle.

Reposición de adobes

En ejes con destrabe y pérdida de material, se repondrá en parte, retirando el material en forma escalonada por ambos lados, y luego con adobe nuevo se reconstruirá la esquinas, ver Figura 9.

Notas generales

La reparación especificada en la memoria se debía realizar en su totalidad, la ejecución de una parte de ésta no garantizaría el correcto comportamiento de la estructura.

Así mismo, cuando una vivienda conforma parte de una unidad estructural (con otras viviendas), la reparación debía abarcar la totalidad del conjunto. Reparaciones parciales de una unidad estructural, no garantizaban su seguridad.

Los cálculos realizados a las vivienda se hicieron considerando la integridad de los elementos (reparación de grietas, fisuras y destrabes).

La colocación de la geomalla debía realizarse de acuerdo a las especificaciones, y resistencias estipuladas en la memoria.



Figura 7 – Inyección de mortero

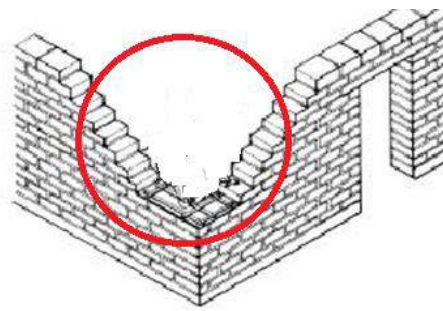
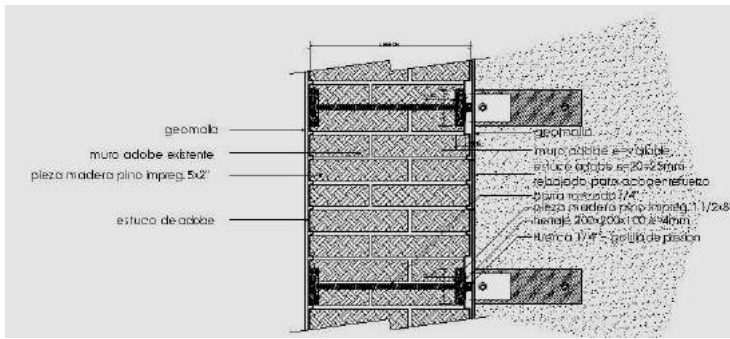


Figura 9 – der.
Retiro y
reposición de
adobes.

Figura 8 – izq.
Instalación de
refuerzos,

3. CONCLUSIONES

Los profesionales que constituyen el equipo de trabajo de la consultora USACH, (Asistencia Técnica) aceptaron el desafío de colaborar en la recuperación de un bien tan sensible para las familias afectadas como su vivienda, no solo en ese aspecto sino que también aportar en la reconstrucción de ciudades y localidades que perdieron el grano que constituye y le da sentido a la identidad de un poblado o ciudad, sobre todo en la zona rural de nuestro país. El primer acercamiento a las zonas afectadas que comprendían nuestra intervención, fue la visita a cada vivienda dañada, visualizando en ese acto no solo la magnitud de los daños materiales sino que también el sentir de las familias. Además de evaluar técnicamente los daños, se aprovecha la instancia para reconstruir junto con ellos, a través de relatos o de fotografías familiares la imagen de la vivienda perdida, experiencia muy valiosa para el equipo, por la cercanía con la familia damnificada. Junto con catastrar los daños y conocer las necesidades de cada familia, se investigó lo relacionado con la construcción en tierra, ampliando el conocimiento técnico, para poder rehabilitar las construcciones dañadas por el terremoto del 2010, con una propuesta eficiente técnica y constructivamente, incluso desde el punto de vista patrimonial.

Al detectar tipos de daños y analizar el porqué de las fallas estructurales frente al terremoto, se pudo constatar que el origen de éstas no solo provenía del movimiento sísmico sino que también a la intervención de estas viviendas por sus usuarios, con ampliaciones ejecutadas con materialidades diferentes a la original, lo cual genera un cambio en el modelo estructural, con las consecuencias ya conocidas en sus elementos estructurales (fisuras, grietas, destrabes, cortes, desaplomes). Asimismo en muchos casos, los problemas se originaron al haberse modificado los diseños originales de las viviendas, donde se perdieron las proporciones entre llenos y vacíos, creándose un desequilibrio estructural que provocó colapsos.

Algunas construcciones presentaban daños ocasionados previamente al 27 F, debido a una deficiente mantención de dichas construcciones, originado por una falta de recursos o por desconocimiento de los mismos usuarios, lo que también incidió en las propuestas de rehabilitación. Otra situación no menor fue la de definir en el proyecto de rehabilitación no solo sobre la base de la magnitud de los daños y la superficie original de la vivienda sino que priorizar y ajustar el proyecto acorde con los recursos asignados por subsidio, situación que para algunos propietarios era incomprensible en el momento de socializar el proyecto. Una vez definida la magnitud del

proyecto a realizar técnicamente, nuestro quehacer se centró en la búsqueda de soluciones de reforzamientos de las construcciones, con la menor intervención posible en ellas, por un postulado patrimonial y por lo que se comentó anteriormente el monto del subsidio asignado por vivienda.

Esto nos llevó a estudiar e informarnos de las distintas posibilidades de reparación del adobe, y una de las alternativas de rehabilitar las viviendas dañadas, con la menor intervención en las viviendas patrimoniales fue reforzar estas estructura con la colocación de una malla biaxial de nudo integrado de alta resistencia (geomalla), como refuerzo sísmico, dada la compatibilidad con el material de base y durabilidad frente a agentes externos, como al mismo tiempo, se puede revertir el proceso sin dañar los elementos estructurales. Avala esta solución de reforzamiento su uso desde hace algún tiempo en Perú, desde el terremoto del 2007 en Pisco. Ellos han investigado y realizado proyectos experimentales, los que han concluido que la geomalla es un buen refuerzo sísmico, información que se grafica en la siguiente transcripción (Torrealva, 2010, p. 2):

Luego de un primer proyecto experimental en el cual se ensayaron diversos elementos industriales tuve la experiencia de realizar una pasantía de estudio en el Instituto Getty de Conservación de Los Ángeles donde Francois Leblanc, Jefe de los Proyectos de Campo, y Mary Hardy, Jefa del Proyecto TERRA, me apoyaron para realizar un proyecto semilla de investigación experimental para usar las geomallas como refuerzo sísmico exterior de construcciones históricas de adobe dada su compatibilidad con el material de base y durabilidad frente a agentes externos. En este proyecto se realizó el primer ensayo de simulación sísmica donde se demostró la eficacia de esta técnica de refuerzo. A este proyecto, le siguieron luego una serie de ensayos realizados por otros investigadores, en los cuales por razones de costo utilizaron mallas de menor calidad y diferentes configuraciones de refuerzo. Estos ensayos corroboraron la conveniencia de usar geomallas biaxiales con características de resistencia y durabilidad certificadas. Esta técnica de refuerzo se está aplicando en diversos proyectos de reconstrucción de viviendas rurales después del sismo del 15 de Agosto en Pisco.

También se tiene experiencias de este tipo en Chile, a partir de la reconstrucción, con la utilización de este refuerzos en vivienda, y en algunas iglesias como la de Batuco y la capilla del fundo San Nicolás en Calera de Tango.

Una experiencia enriquecedora, compleja, un desafío técnico profesional social, pero además un

cuestionamiento de los procesos de reacción frente a una emergencia, en donde se deja de manifiesto la falta de competencia para agilizar los procesos administrativos en una situación de catástrofe, donde los damnificados no cuentan con una solución adecuada próxima al suceso sino que se entraba en una burocracia que hasta el día de hoy se hace presente y no ofrece la respuesta adecuada.

La inexistencia de programas de emergencia pre diseñado y apropiado para las situaciones de anomalía producto de fenómenos naturales en nuestro país, han obligado a la institucionalidad pública al uso de programas para tiempos normales, alterando su génesis. Dada esta situación, su aplicación fue engorrosa, incluso con inhabilidades funcionarias para poder aplicarlos, y para peor, con desconocimiento técnico de las soluciones propuestas lo que ha retardado en exceso el proceso de ejecución de los proyectos generados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Concrete Institute (2008). ACI 318-08 - Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario.
- Díaz, K.; Ríos, J. (2005). Alternativas de rehabilitación de adobe y tapia pisada. Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia. 14 páginas.
- Instituto Nacional de Normalización (1968). NCh 148. Cemento – Terminología, clasificación y especificaciones generales. Chile: INN
- Instituto Nacional de Normalización (1967). NCh 158. Cementos - Ensayo de flexión y compresión de morteros de cemento. Chile: INN
- Instituto Nacional de Normalización (1969). NCh 160. Cemento - Agregado tipo A para uso en cementos - Especificaciones. Chile: INN
- Instituto Nacional de Normalización (2013). NCh 163. Aridos para morteros y hormigones - Requisitos. Chile: INN
- Instituto Nacional de Normalización (1985). NCh 170. Hormigón - Requisitos generales. Chile: INN
- Instituto Nacional de Normalización (2012). NCh 211. Acero – Enfierradura para uso en hormigón armado - Requisitos. Chile: INN
- Instituto Nacional de Normalización (2006). NCh 204. Acero – Barras laminadas en caliente para hormigón armado. Chile: INN
- Instituto Nacional de Normalización (2008). NCh 430. Hormigón armado – Requisitos de diseño y cálculo. Chile: INN
- Instituto Nacional de Normalización (2010). NCh 431. Diseño estructural - Cargas de nieve. Chile: INN
- Instituto Nacional de Normalización (2010). NCh 432. Diseño estructural – Cargas de viento. Chile: INN
- Instituto Nacional de Normalización (1996) Mod. 2009. NCh 433. Diseño sísmico de edificios. Chile: INN
- Instituto Nacional de Normalización (1970). NCh 434. Barras de acero de alta resistencia en obras de hormigón armado. Chile: INN
- Instituto Nacional de Normalización (2006). NCh 1198. Madera - Construcciones en madera - Cálculo. Chile: INN
- Instituto Nacional de Normalización (2009). NCh 1537. Diseño estructural - Cargas permanentes y cargas de uso. Chile: INN
- Leroy Tolles, E.; Kimbro, Edna E.; Ginell, William S. (2002). Guías de planeamiento e ingeniería para la estabilización sísmo resistente de estructuras históricas de adobe. Getty Conservation Institute, California, USA. 144 páginas.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) (Decreto 854 de 1949 y modificaciones) de la República de Chile.
- Ministero per i Beni e le Attività Culturali, (2010). Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sísmico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero della Infrastrutture e dei trasporti. (Guía italiana para construcciones patrimoniales). Italia. p. 11-113.
- Muñoz Parra, Carlos et al. (2011). Plan de regeneración urbana Comuna de Peralillo, Informe etapa 1-A. Programa de Asistencia Técnica Fundación Universidad Empresa a la SEREMI MINVU Región de O'Higgins. 67 páginas.
- Torrealva Dávila, Daniel. (2003). Caracterización de daños en construcción de adobe. Pontificia Universidad Católica de I Perú. Departamento de Ingeniería Civil. Sección Ingeniería Civil. Serie Cuadernos de Adobe. 42 páginas.
- Torrealva, Daniel, (2010). Diseño sísmico de muros de adobe reforzados con geomallas. Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú. 30 páginas.
- Vargas Newmann, Julio. (2008). Reglamentación para el uso de la geomalla en el adobe. Gerencia de Investigación y Normalización SENCICO.

NOTAS

1 Detalle del Ordinario N°4600 del 23 de diciembre del 2010 del Director Subrogante del SERVIU del Libertador General Bernardo O'Higgins informando sobre antecedentes de postulación a línea especial de recuperación de viviendas patrimoniales.

2 Aspectos relevantes de la Minuta Instructivo del 13 de diciembre del 2010 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo para Recuperación de Zonas Históricas y Patrimoniales.

3 Del informe final del Plan de regeneración urbana de las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Lolol, Peralillo, Paredones y Pumañque. Fundación Universidad Empresa a la SEREMI MINVU Región de O'Higgins, Marzo del 2011.

RECONOCIMIENTO

Colaboración de Eduardo Fuentes Lara, Licenciado en Arquitectura Universidad de Santiago de Chile, alumno de Título y ayudante de curso de Diseño y Construcción con tierra. eduardo.fuentesl@usach.cl.

AUTORES

Jimena Morales Peralt a, Arquitecto Universidad de Chile, Académico Escuela de Arquitectura Universidad de Santiago de Chile, especialista en tecnologías de la construcción, miembro del equipo de Asistencia Técnica.

María Luisa Zúñiga Lamarque, Arquitecto Universidad de Chile, Mg. En Estructuras. Académico Escuela de Arquitectura Universidad de Santiago de Chile, miembro del equipo de Asistencia Técnica.

Carlos Muñoz Parra, Arquitecto Pontificia Universidad Católica de Chile, Dr. Arquitecto, Académico Escuela de Arquitectura Universidad de Santiago de Chile, Jefe de Asistencia Técnica Arquitectura 2011 al 2013.

5.7 Sistema de difusión y transferencia de la tecnología de adobe reforzado en El Salvador y otras regiones de Centroamérica. Rosa Delmy Núñez

Rosa Delmy Núñez

Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, FUNDASAL

Reparto Sta. Alegría, Calle L-B No.7, Cdad. Delgado, San Salvador, El Salvador, Centro América.

uprode@fundasal.org.sv, delmynut@yahoo.es

Palabras clave: difusión, transferencia, adobe reforzado, reglamento, modelos

Resumen

El patrimonio edificado con adobe ha sido afectado como consecuencia de desastres por eventos sísmicos en diferentes momentos en la historia de El Salvador, principalmente en el parque habitacional. A nivel de país se han realizado esfuerzos por proponer nuevas prácticas de construcción con adobe reforzado como resultado de investigaciones científico técnicas, se ha formulado un reglamento para fortalecer el Marco Regulatorio y se ha desarrollado un sistema de difusión y transferencia tecnológica adoptando los criterios de seguridad estructural para mejorar el comportamiento de la construcción con adobe ante sismos.

Este sistema de difusión y transferencia tecnológica contempla un proceso educativo a diferentes niveles de intervención mediante la construcción de modelos demostrativos, desarrollo de seminarios, talleres de capacitación y diseño de herramientas pedagógicas. Lo anterior ha permitido mejorar la capacidad sísmica de la vivienda social a nivel local. La vulnerabilidad ante sismos afecta a la región de Centroamérica y por esta razón los avances tecnológicos desarrollados en El Salvador se han transferido a otros países como Honduras y Guatemala, para introducir una cultura de prevención ante sismos.

Este trabajo describe la experiencia de difusión y transferencia tecnológica desarrollada en el marco del proyecto 'Mejoramiento de la tecnología para la construcción y sistema de difusión de la vivienda social sismo resistente', con el apoyo de la Agencia Internacional de Cooperación del Japón en articulación con otros actores mediante la construcción de edificaciones modelo de adobe reforzado como: un Centro Comunitario en la región de Choluteca en Honduras, la construcción de una Casa de Atención Materna para comunidades indígenas en el Municipio de Chinique, departamento de Quiché, en Guatemala y en San Salvador, en el Centro de Capacitación TAISHIN, de la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL).

1. INTRODUCCIÓN

La región de Centroamérica está expuesta a una amenaza sísmica constante y en El Salvador se han registrado eventos que han causado cuantiosos daños. Las zonas afectadas han sido las más vulnerables y debido a la cultura constructiva con adobe, sin refuerzos, se afectó el patrimonio edificado y principalmente la vivienda auto construida.

Esto ha llevado a introducir una cultura de construcción sismo resistente desde la mejora de la práctica constructiva conservando la tradición de construcción con adobe. Se ha promovido la aplicación de criterios de seguridad estructural producto de investigaciones realizadas en Latinoamérica y a nivel local en el marco del proyecto 'Mejoramiento de la tecnología para la construcción y sistema de difusión de la vivienda social sismo resistente'.

Como resultado de las investigaciones se ha actualizado el Reglamento para construcción con adobe, que en su última versión fue aprobado en el año de 1946.

La actualización del reglamento permite mejorar el marco regulatorio de construcción con adobe para vivienda de un nivel, aplicar la normativa en la formulación de nuevos proyectos y mejorar en consecuencia, la calidad de la vivienda y de vida de las familias, conservando la tradición constructiva con adobe, ahora reforzado.

En este artículo se comparte tres experiencias de transferencia de tecnología para la construcción con adobe reforzado en Honduras, Guatemala y El Salvador, que fueron desarrolladas en el marco del proyecto TAISHIN con la colaboración de actores locales y la participación de la población mediante prácticas de ayuda mutua.

2. ANTECEDENTES

En El Salvador y posterior a los terremotos del año 2001, se desarrolló un proceso de investigación experimental y a nivel científico técnico para mejorar la capacidad sísmica de las viviendas de adobe. Después de nueve años de investigación del sistema constructivo de adobe se ha logrado regular los parámetros técnicos para viviendas de un nivel haciendo uso de criterios estructurales y geométricos que garanticen la seguridad de las cons-

trucciones. Los ensayos realizados consistieron en el análisis de las dosificaciones adecuadas para la selección de suelos y elaboración de los adobes, se ensayaron modelos a escala natural en paredes sometidos a ciclos de tensión y compresión y se construyeron modelos de vivienda a escala natural que se ensayaron en una mesa inclinable. Con base en los resultados de las investigaciones se formuló el reglamento para la construcción con adobe

reforzado, bajo la coordinación del Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU) y actualmente está en proceso de legalización, sin embargo los insumos ya

sirvieron de base para desarrollar las experiencias aquí transmitidas.

3. MARCO REGULATORIO

Desde la época colonial, El Salvador ha mantenido una cultura de construcción con adobe y, dentro del marco regulatorio de la construcción, el instrumento legal con el que se cuenta para normar este tipo de construcciones data del año 1946, que, por Decreto Ejecutivo, se aprobó el Reglamento de construcción con adobe, orientado principalmente a grandes edificaciones como iglesias, palacios municipales, etc.

Este Reglamento no considera la amenaza sísmica a la que se encuentran sometidas las edificaciones en El Salvador y además su cumplimiento tiene un carácter discrecional por carecer de la viabilidad técnica que exige la vulnerabilidad del país.

Otro instrumento legal con el que se cuenta es un folleto complementario anexo a la norma técnica de vivienda, que dicta criterios constructivos y estructurales basados en

las investigaciones realizadas en Perú para el sistema de adobe. Esta norma técnica también tiene una exigencia de cumplimiento de carácter discrecional por la debilidad del marco regulatorio en El Salvador.

A partir de los insumos obtenidos de la investigación estructural desarrollada en el proyecto TAISHIN, se ha actualizado el Reglamento de Construcción con Adobe y se encuentra en proceso de aprobación por el Gobierno de El Salvador a través del Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano.

A este Reglamento se anexará un manual de criterios técnicos que permita ampliar detalles de diseño geométrico y procesos constructivos que garanticen la aplicación de los parámetros establecidos en el Reglamento.

4. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

La Región de Centroamérica está expuesta a las mismas amenazas en términos de vulnerabilidad sísmica, en ese sentido, los avances desarrollados en El Salvador a nivel científico técnico para la mejorar la capacidad sísmica de las construcciones han sido transferidos también a otras regiones del área como Honduras y Guatemala, con el objetivo de introducir la cultura de prevención ante sismos y promover además la conservación de construcción con adobe.

Para lograr este proceso de transferencia a diferentes niveles de intervención y siempre en el marco del proyecto TAISHIN, se promovió la coordinación con otras instituciones, Agencias de Cooperación y actores locales, lo que facilitó el proceso, los niveles de participación y la posibilidad de réplica de la experiencia.

El proceso de transferencia de la tecnología fue desarrollado principalmente por la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima FUNDASAL, como parte integrante del proyecto y como institución que hace posible llevar a la práctica los resultados de las investigaciones desarrolladas desde y en conjunto con la academia. FUNDASAL ha trabajado en conjunto con otras instituciones y organizaciones para lograr transferir los conocimientos y hacer llegar los avances tecnológicos hasta pobladores, enfocándose en sus necesidades y

aprovechando la tradición constructiva en adobe, respetando también el paisaje cultural de cada zona. Las intervenciones se desarrollaron en tres zonas de la región, donde se construyeron edificaciones con el sistema de adobe reforzado que serán utilizados como centro comunitario, centro de atención médica y un centro de capacitación.

En Honduras se construyó un Centro Comunitario con el sistema de adobe reforzado en un área de 180 metros cuadrados, creando un espacio de trabajo, con vivienda y albergue durante situaciones de emergencia para 81 familias que habitan en la comunidad Matapalos Arriba, Municipio El Triunfo, Choluteca, Honduras.

En Guatemala se construyó una Casa de Atención Materna en Chinique, Departamento del Quiché, una de las zonas con alto número de población indígena y que conserva la tradición de construcción con adobe. En El Salvador se construyó un Centro de Capacitaciones en FUNDASAL, con el fin de contar con una muestra tangible que forma parte de una vitrina tecnológica para divulgar la construcción con adobe y al mismo tiempo crear un espacio para la transferencia y difusión de la reglamentación y técnicas de construcción con tierra.

5. METODOLOGIA DE INTERVENCIÓN

La intervención se realizó en diferentes zonas de la Región Centroamericana, a partir de las necesidades de cada organización y de las familias que participaron en los procesos. La experiencia representó la oportunidad de introducir una cultura de prevención ante sismos, principalmente en Honduras y Guatemala, mediante el uso del sistema de adobe reforzado, lo cual implica un cambio en la práctica constructiva, con criterios de seguridad estructural.

Para una intervención efectiva se implementó una metodología basada en un proceso educativo, con el desarrollo de un programa de capacitación a diferentes niveles: en primer lugar institucional, para sensibilizar a las autoridades locales, en segundo lugar a nivel técnico académico con la participación de estudiantes de las carreras de arquitectura y de ingeniería y finalmente a nivel de líderes comunitarios y pobladores, para promover

la réplica. Se capacitó a la población en el área técnico-constructiva para la construcción de las edificaciones y en el área socio organizativa, para potenciar la participación en los procesos, promover el uso de recursos locales y tecnologías tradicionales mejoradas.

En cada experiencia de intervención se interactuó con culturas diferentes y se presentaron desafíos nuevos en los procesos, tanto de capacitación como en la intervención física.

5.1 Programa de capacitación

FUNDASAL tiene como misión promover el desarrollo y la seguridad de las familias que viven en situaciones de precariedad económica y social, por esto, se desarrolló un programa de capacitación orientado a la transferencia de conocimientos técnico-constructivos para la construcción de edificaciones seguras y en el fortalecimiento de la organización comunitaria para la intervención física mediante el proceso de ayuda mutua solidaria.

La capacitación técnico-constructiva se convirtió en un espacio práctico de aprendizaje, basado en un proceso de demostración, simulacro y práctica. Los contenidos se orientaron al desarrollo de habilidades y destrezas que permitieron a los participantes apropiarse de una nueva práctica de construcción con el sistema de adobe reforzado, conservando una tradición constructiva y mejorándola a través del aporte tecnológico.

5.2 Intervención física

La intervención física consistió en la construcción de edificaciones modelo por los participantes de los programas de capacitación, con la asistencia de personal calificado en los sistemas implementados. La intervención inició con la fase de producción de adobes y se utilizaron

los recursos locales de cada sitio, se seleccionaron los bancos de material granular y suelo arcilloso, así como especies forestales y maderables, pétreos y otros recursos accesibles en la zona.

6. EXPERIENCIA DE TRANSFERENCIA Y EDIFICACIONES MODELO EN CADA REGION

6.1 Centro Comunitario en Honduras

Ubicación geográfica de 13°7' Norte y 87°0' Oeste, en la comunidad de Matapalos Arriba, del municipio de El Triunfo, departamento de Choluteca, Honduras, se construyó un centro comunitario con el sistema de adobe reforzado como una alternativa de construcción sismo-resistente ante la necesidad de la población, de tener un espacio de convivencia y albergue ante eventos climatológicos adversos (Video, 2012).

para la construcción del centro comunitario. Ahora los líderes y pobladores de esta comunidad están preparados para enseñar a las nuevas generaciones una mejor técnica de construcción con adobe reforzado y sienten la confianza de que cuentan con un lugar seguro para la convivencia entre familia y un resguardo en caso de una emergencia.

La coordinación para la ejecución del proyecto se realizó en conjunto con la Alcaldía Municipal, La Organización Comunitaria y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón JICA, a través del Proyecto 'Desarrollo de capacidades para la gestión de riesgos a desastres en América Central (BOSAI) en Honduras y la asistencia técnica del proyecto TAISHIN en El Salvador a través de FUNDASAL. Como parte de la asistencia que da FUNDASAL, se organizó a la comunidad para que trabajaran conjuntamente hombres y mujeres, distribuyéndose las labores de construcción bajo el sistema de ayuda mutua solidaria.

En la comunidad de Matapalos Arriba se encuentran muchas casas de adobe por ser una tradición y práctica local, sin embargo no se aplican criterios de seguridad estructural por no tener una cultura de prevención ante sismos, aún cuando están muy organizados para la prevención de otro tipo de desastres. Con la experiencia han conocido la tecnología de adobe reforzado y criterios de sismo resistencia. Estos conocimientos adquiridos les permitirán hacer mejoras en sus viviendas y réplicas en vivienda nueva.

Con este proyecto no solo se deja un modelo replicable en la zona, sino que también se deja en las personas el aprendizaje de las técnicas que ellos mismo aplicaron



Figura 1. Mujeres participantes en la construcción de Centro Comunitario

6.2 Casa de Atención Materna en Guatemala

Ubicación geográfica de 15°2' Norte y 91°1' Oeste, en el municipio de Chinique Las Flores, departamento de Quiché, en Guatemala, se construyó la Casa de Atención Materna, como una necesidad de construir un lugar seguro y estable donde las comadronas que atienden a las mujeres embarazadas en la comunidad indígena pudieran prestar un servicio seguro y en una edificación cómoda, que además ofrece el confort necesario para las condiciones climatológicas de la zona, con temperaturas bajas (Video, 2013).

En las comunidades indígenas de este municipio el paisaje muestra la tradición y cultura en las viviendas construidas con adobe. En esta zona del país predomina la lengua quiché y buena parte de la población también habla español. Esto se convirtió también en un reto para el desarrollo del programa de capacitación, para diseñar las herramientas pedagógicas adecuadas para transferir la tecnología. La coordinación para el desarrollo de la experiencia se realizó mediante el contacto que la organización de Médicos Descalzos (MEDES) y Arquitectos Sin Fronteras (ASF) hicieron con el proyecto TAISHIN en El Salvador y con FUNDASAL. FUNDASAL como contraparte del proyecto TAISHIN brindó la asistencia técnico-constructiva, se desarrolló un programa de capacitación y se hizo la transferencia de la construcción con el sistema de adobe reforzado, adecuándolas a las tradiciones y cultura constructiva de esta región.

Ahora las comadronas y la comunidad cuentan con un lugar seguro y estable para atender a las futuras madres, con la medicina natural en un ambiente natural, como parte de sus tradiciones por generaciones, además, conocen nuevas prácticas de construcción para mejorar la capacidad sísmica de sus viviendas conservando su tradición constructiva.

Gracias a esta experiencia, en esta zona de Guatemala se conocen las prácticas adecuadas de construcción con adobe reforzado, se cuenta con una casa como modelo replicable y está sirviendo de muestra tangible debido a que a pesar que la zona fue muy afectada por los sismos del 7 de noviembre de 2012, las edificaciones no sufrieron ningún tipo de daño y esto ha propiciado que diversas organizaciones y familias visiten la experiencia y se reconozca como una buena práctica.

6.3 Centro de Capacitaciones de FUNDASAL

Ubicación geográfica de 13°42'35" Norte y 89°07'00" Oeste, en el Municipio de Ilopango en San Salvador, se construyó el Centro de Capacitaciones de FUNDASAL, como medio para la sostenibilidad, difusión y transferencia de los resultados de las investigaciones, reglamento y normativa creada en el marco del proyecto TAISHIN.

La experiencia de capacitación en este edificio se orientó hacia la academia, estudiantes de ingeniería y arquitectura y otras organizaciones no gubernamentales que participaron en el proceso. Se hizo una difusión de la propuesta de actualización del reglamento de construcción con adobe y se logró sensibilizar a estudiantes y profesionales sobre el uso de tecnologías de construcción tradicionales mejoradas con la adición de refuerzos para mejorar su capacidad sísmica.

Durante el proceso constructivo se desarrollaron diversos talleres de capacitación con la participación de estudiantes, catedráticos, representantes de ONG y pobladores. Esta práctica permitió que conocieran y aplicaran el sistema de adobe reforzado, mediante el proceso de aprender-haciendo.

El Centro de Capacitaciones fue construido por los técnicos y capacitadores de campo de FUNDASAL quienes son los agentes multiplicadores de estas tecnologías en los diversos programas de capacitación hacia las comunidades. La edificación también forma parte de una

vitrina de tecnologías junto a otras edificaciones en el mismo Centro de Tecnologías Constructivas de FUNDASAL y junto a otras 10 edificaciones comunitarias existentes en la zona y construidos con diversos materiales alternativos.



Figura 2. Vista Casa Materna diurna y nocturna



Figura 3. Estudiantes participan en elaboración y colocación de adobes



Figura 4. Centro de Capacitaciones de FUNDASAL

7. LOGROS E IMPACTOS

La actualización del Reglamento de Adobe Reforzado para viviendas de un nivel en El Salvador permitirá regular los parámetros de construcción y la introducción de criterios técnicos y de seguridad estructural, además estos resultados han trascendido a otros países de Centroamérica para beneficio de la región y su cultura constructiva.

Con la construcción de una edificación modelo como el Centro de Capacitaciones en la zona central de El Salvador se ha logrado tener una muestra tangible del sistema de adobe reforzado de un nivel y se promoverá su réplica en proyectos de vivienda principalmente en la zona rural.

Se ha logrado un impacto a nivel regional de la construcción de edificaciones modelo con el sistema de adobe reforzado, transfiriendo conocimientos a otros pobladores de la zona con el objetivo de que se repliquen las buenas prácticas.

En la comunidad de Matapalos Arriba en Honduras se ha logrado contribuir en la construcción de un centro

comunal y albergue para las personas de esta zona y se han transmitidos nuevos conocimientos, contribuyendo también al desarrollo de la comunidad por medio de una herencia de conocimientos así como de trabajo en ayuda mutua y una buena organización de las familias en la comunidad.

En la zona indígena de Chinique Las Flores en Guatemala, se ha logrado la transferencia de las técnicas sismo-resistentes en la construcción con adobe de una Casa de Atención Materna, que permitirá que los pobladores de la zona conozcan las nuevas técnicas, respetando la cultura y tradición en la comunidad.

Se ha logrado conservar el paisaje rural en la zona, a través del rescate de la tradición constructiva y de la aplicación de materiales y sistemas que no contrastan con el ambiente, se ha mejorado el hábitat mediante el uso de los recursos locales y se ha fortalecido la mano de obra local mediante la participación directa de las familias en el proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Video (2012). Transferencia de tecnología sismo-resistente Matapalos, Honduras. En el marco del proyecto 'Mejoramiento de la tecnología para la construcción y sistema de difusión de la vivienda social sismo resistente' (TAISHIN). FUNDASAL
- Video (2013). Construcción de casa materna en Chinique Las Flores, Guatemala. En el marco del proyecto 'Mejoramiento de la tecnología para la construcción y sistema de difusión de la vivienda social sismo-resistente' (TAISHIN). FUNDASAL

AUTOR

Rosa Delmy Núñez, Ingeniera Civil, Investigadora de la Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima FUNDASAL, Miembro de la Red Proterra, Coordinadora por El Salvador Plataforma Mesoameri-kaab para la construcción con tierra, Investigadora del Proyecto Taishin en El Salvador, Ex miembro de Proyectos de Investigación PROTERRA y CASAPARTES, Programa CYTED/HABYTED.

5.8 Pautas para una normativa de construcción con tierra cruda para la provincia de San Juan – Argentina. Juan Arturo Pereyra/ Mabel Fabrega/ Liliana Beatriz Vega/ Jesica Castilla

Juan Arturo Pereyra1; Mabel Fabrega2; Liliana Beatriz Vega3; Jesica Castilla
Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat - Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño - Universidad Nacional de San Juan - Argentina
1arturoar2003@yahoo.com,2fernandezfabrega@gmail.com,3lvega@fau.unsj.edu.ar

Palabras claves: normativa, construcción, tierra cruda, zona sísmica, tecnologías

Resumen

En 1944, se produce un terremoto en la ciudad de San Juan provocando el desastre más grande de su historia con numerosas víctimas fatales y la destrucción de la casi la totalidad de las construcciones que en su mayoría estaban construidas con adobe. Después de esta catástrofe, se inició el proceso de reconstrucción de la ciudad de San Juan, teniendo en cuenta innovadoras normas de construcción sismorresistente y de planificación urbana. Se crea el Consejo de Reconstrucción de San Juan que después se denomina Dirección Provincial de Planeamiento y Desarrollo Urbano, órgano que hasta la actualidad controla la construcción de todo tipo de obras en la Provincia de San Juan. Este ente aplica como normativa, el Código de Edificación que no contempla la construcción de tierra cruda.

En consecuencia, este organismo gubernamental solo supervisa y controla las construcciones que se encuadran bajo las normativas vigentes, en tanto desconoce toda construcción de adobe, quincha o tapia, que en la realidad se sigue ejecutando en gran porcentaje, quedando en la categoría de obra subrepticia, sin ningún tipo de control, sobre todo en las zonas rurales.

Actualmente en San Juan, hay un importante déficit habitacional especialmente en una importante franja poblacional que no puede acceder a una vivienda de ladrillo u otros materiales industrializados por sus altos costos; estos pobladores construyen con tierra sus hogares y lo seguirán haciendo por mucho tiempo sin control alguno, si no cambia la situación socio económica del país. Una normativa sería la herramienta necesaria para reglamentar las construcciones de tierra y evitar que se siga construyendo con grandes deficiencias, que en caso de sismos de gran magnitud, pueden provocar una catástrofe como ya ha ocurrido. En conclusión, se propone debatir la temática en este Seminario con el anhelo de citarlo como antecedente para proponer una normativa a nivel provincial encuadrada en un contexto nacional e internacional.

1. INTRODUCCIÓN

La Provincia de San Juan presenta un elevado déficit habitacional; la construcción con tierra y otros materiales regionales constituyen una solución innegable a la permanente demanda de viviendas. Los pobladores rurales autoconstruyen sus viviendas con adobe, tapia, quincha y otros sistemas constructivos; estos pobladores son conocedores de estas técnicas heredadas de sus ancestros y con el material que les procura la naturaleza satisfacen plenamente su necesidad de albergue. Apesar de ello, estas construcciones tienen baja aceptabilidad social porque se contraponen con los modelos culturales impartidos fundamentalmente por los medios de comunicación y los cánones del posmodernismo. Tampoco son reconocidas por el Estado, al efecto se puede afirmar: que considerando la Argentina, la realidad muestra un diagnóstico similar, teniendo en cuenta que casi un 75% del país es árido y semiárido, la arquitectura de tierra es parte del patrimonio tradicional, y solución habitacional vigente para el habitante sin recursos, pero aún sin el adecuado reconocimiento y promoción por parte del Estado (Rotondaro, 2002).

La inexistencia de una normativa de construcción con tierra, lleva a que los pobladores rurales construyan sus viviendas con técnicas inapropiadas. Es necesario legislar sobre las construcciones de tierra en zonas con alto riesgo sísmico donde la sismorresistencia es sinónimo de salvar vidas.

La tierra, la piedra, la madera, la caña, la paja son materiales naturales que están disponibles en las zonas rurales de la provincia y se han utilizado para la construcción de viviendas a través de los siglos.

La tierra está resurgiendo como material de construcción natural, tras un largo período de abandono en el que predomina la valoración de materiales industrializados. Actualmente el adobe, la tapia y otros sistemas similares, se están utilizando cada vez con mayor intensidad en mérito a sus beneficios de sustentabilidad ambiental, menores costos, salubridad, propiedades de aislamiento termo acústicas, reguladores de humedad y del aire. Empleando técnicas apropiadas se puede lograr una óptima resistencia al sismo y agradables percepciones desde lo estético y morfológico. A ello se le agrega la alta probabilidad de autoconstrucción por su facilidad de ejecución formando parte de las tecnologías alternativas o apropiadas de baja intensidad tecnológica.

Congreso Panamericano de Arquitectura Sismorresistente. COPARSIS Acta. Universidad Nacional de San Juan- Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño-28 al 31 de mayo de 1996-San Juan

La Provincia de San Juan ha sido azotada por terremotos destructivos: sufrió el de mayor magnitud en Argentina en 1894 en la localidad de Iglesia (Congreso, 1996). En 1944 se produce otro sismo, con epicentro en la ciudad Capital, con el saldo de 10.000 víctimas fatales y la destrucción de la casi la totalidad de las construcciones que en su mayoría eran de adobe y tapia (Congreso, 1996). Posteriormente se repite otro episodio en 1952, esta vez sin víctimas fatales (Primeras, 1986) y en el año 1977 ocurre el siguiente terremoto con epicentro a 30 km al Este de la ciudad de San Juan en el Departamento Caucete, con víctimas fatales y numerosas viviendas de adobe colapsadas. Después del terremoto de 1944 se conforma

el Consejo de Reconstrucción de San Juan que posteriormente se transformó en la Dirección Provincial de Planeamiento y Desarrollo Urbano (DPDU), órgano que hasta la actualidad controla la construcción de todo tipo de obras. DPDU Aplica como normativa el Código de Edificación que no contempla las construcciones de tierra.

Por esta razón, DPDU solo supervisa y controla las construcciones que se encuadran bajo las normativas vigentes. En tanto desconoce toda construcción de adobe, quincha o tapia, que en la realidad se sigue ejecutando en gran porcentaje, quedando en la categoría de obra subrepticia, sin ningún tipo de control, sobre todo en las zonas rurales. Esta situación se ve agravada por que la construcción tradicional de adobe y de quincha es llevada a cabo por albañiles que poseen el conocimiento transmitido por generaciones anteriores y existen detalles técnicos que se van perdiendo paulatinamente, porque el proceso de enseñanza-aprendizaje de estas prácticas se realiza oralmente, dando como resultado construcciones que paulatinamente van acumulando deficiencias. Estas obras resultan cada vez más defectuosas en cuanto su resistencia al sismo.

En San Juan actualmente, hay un importante déficit habitacional y existe una gran franja poblacional que no

puede acceder a una vivienda de ladrillo u otros materiales industrializados por sus altos costos; estos pobladores construyen con tierra sus hogares y lo seguirán haciendo por mucho tiempo sin control alguno, si no cambia la situación socio económica del país.

Por lo expuesto y luego de estudiar el tema desde la investigación científica durante casi tres décadas, como investigadores de estas tecnologías, se tiene la certeza que es el momento de promover una normativa que contemple los requisitos de sismorresistencia de las construcciones de tierra, su aspecto morfológico y su comportamiento bioclimático bajo una óptica de sustentabilidad.

Se analiza el estado del arte de las normativas de construcciones de tierra en el mundo, en el país y en la provincia de San Juan, sintetizando los aspectos más importantes que deben considerar las normas, acentuando el de la sismorresistencia.

En la actualidad se realizan gestiones y tareas de comunicación en los medios de difusión y foros profesionales, comunitarios y científicos, así como la construcción de un prototipo de vivienda de adobe como un buen ejemplo de uso correcto de la tecnología.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN SAN JUAN

Cada localidad sanjuanina tiene características distintas en cuanto al uso de materiales, costumbres, tradiciones y modos de vida de los pobladores. Desde el punto de vista tecnológico se identifica una arquitectura de tierra con características regionales puestas de manifiesto tanto en el uso de materiales locales como el adobe, el álamo y la caña como en su adaptación espontánea al clima, que se caracteriza por veranos prolongados y calurosos e inviernos relativamente cortos y muy fríos.

Los sistemas constructivos que se destacan para la construcción de muros son mampuestos de adobe, tapiales y quincha. En los techos los materiales más utilizados son el rollizo de álamo y la caña, tanto en techos planos como a dos aguas.

La construcción tradicional de adobe y otras tecnologías de construcción con tierra es llevada a cabo por operarios que poseen el conocimiento heredado de generaciones anteriores, transmitido oralmente, razón por la cual los detalles constructivos se pierden paulatinamente, dando como resultado construcciones con importantes deficiencias que aumentan su vulnerabilidad sísmica. Las

construcciones de tierra, por sus cualidades térmicas, se adaptan muy bien a las condiciones climatológicas de la zona; hacen uso de materiales locales, son sustentables y ambientalmente adecuadas y culturalmente responden a los modos de vida y costumbres de los pobladores, sobre todo de las zonas rurales.

Teniendo en cuenta el uso generalizado de la tierra en las construcciones tradicionales de la provincia y considerando que la población del lugar continuará haciendo uso de este material por ser de fácil acceso, bajo costo, y muy buen comportamiento bioclimático, las nuevas investigaciones han incorporado elementos nuevos e innovadores, para incrementar la resistencia a los sismos, como la construcción de sobrecimientos, contrafuertes en los encuentros de muros, viga de encadenado superior, refuerzos con estructuras de madera o cañas y la utilización de geomalla o malla electro soldada adherida a los muros. Estos elementos que contribuyen a aumentar la resistencia a las fuerzas sísmicas, deben incorporarse a una normativa de construcción con tierra.

3. NORMATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

3.1 Fundamentos históricos para una normativa

La Provincia de San Juan, por su conformación geológica y tectónica, es una de las zonas del país con mayor peligro sísmico. La ciudad capital se encuentra emplazada en la zona de peligrosidad sísmica 4 que es la de mayor riesgo. Luego del terremoto de 1944, se inicia un proceso de reconstrucción de la ciudad capital supervisado por el Consejo de Reconstrucción que actúa como ente regulador de las nuevas obras¹. En 1961, el organismo toma el nombre de Consejo de Construcciones Antisísmicas y Reconstrucción de San Juan (CONCAR) y

deja de tener funciones de contralor de la ejecución de las obras y se limita a concluir las que se encontraban en ejecución (Guillani, 1986). En las zonas suburbanas y zonas rurales el proceso de reconstrucción de las viviendas destruidas por el terremoto fue llevado a cabo por los propios usuarios, que utilizaron en la mayoría de los casos, sus conocimientos de las tecnologías del adobe y de la quincha heredados de sus mayores. Esta arquitectura vernácula que caracteriza a las zonas rurales de la Provincia, se adapta y da respuesta al medio a través de

su morfología, proporciones y la utilización de materiales autóctonos. La construcción con materiales naturales no estuvo ni está controlada ni supervisada por ninguna institución gubernamental. Las construcciones se ejecutan aplicando el conocimiento popular adquirido de generación en generación, con muchas fallas estructurales y constructivas. Los pobladores siguen construyendo sus viviendas con tierra y materiales que encuentran en la naturaleza que por el momento es la única

manera de solucionar su problema habitacional y probablemente seguirá siendo mientras se mantengan las economías regionales y las causas sociales, culturales y ambientales que promueven en su uso.

Desde los organismos estatales se debe controlar la calidad de estas construcciones mediante una normativa que contemple estos procedimientos.

3.2 Antecedentes de normativas en San Juan

La Argentina es uno de los pocos países en toda América que no tiene reglamentado el uso de la construcción con tierra. Mediante una legislación, distintos países americanos como Perú, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Nicaragua, México y Estados Unidos han elaborado normativas en relación al uso de la tierra en la construcción, con el fin de aumentar la seguridad de estas construcciones y disminuir los riesgos de roturas o colapso en caso de sismos de gran intensidad. Como en el resto de América Latina, la construcción con tierra en la Argentina, por la disponibilidad de la materia prima, facilidad de construcción y economía de recursos es empleada en gran proporción en la región árida andina, incluyendo importantes ciudades del noroeste argentino donde se encuentra la mayor proporción de edificaciones de tierra. Los anchos muros de adobe de estas construcciones protegen a sus ocupantes del frío en invierno y del calor en verano porque la tierra es un buen aislante térmico.

En San Juan, la construcción con tierra cruda no se encuentra reglamentada en el Código de Edificación de la provincia por presentar poca resistencia a los sismos de grado superior a VII en la escala de Mercalli y han sido causa de la mayor cantidad de víctimas fatales ocasionadas por los terremotos. Esta es la razón por la cual el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) ha prohibido su utilización. Sin embargo, construcciones de adobe en que se han aplicado normas para su mejor comportamiento sismorresistente y que han sido sometidas a intensidades de grado VIII y IX de la escala de Mercalli,

durante el terremoto de Cauce, San Juan, Argentina, del 23 de noviembre de 1977, han mostrado que es posible construir viviendas económicas y de adobe con adecuada resistencia a los sismos (Giuliani, 1986, p. 141). Está demostrado que si bien este tipo de construcciones presentan baja resistencia al sismo, es posible aumentar su sismorresistencia en forma considerable, con la aplicación de los resultados de importantes investigaciones (Congreso, 1996).

Como antecedente de una normativa, en la Provincia de San Juan en el año 1994, en la Cámara de Diputados se presenta para su sanción, una ley que introduce normas al Código de Edificación, referidas a construcciones no tradicionales. La ley propone reglar todas las construcciones nuevas de adobe, que se realizaran en las zonas rurales y suburbanas, dentro del territorio de la Provincia. Lamentablemente esta norma nunca se aplicó. En términos generales, la ley contemplaba las fallas en las viviendas de adobe debido a su baja resistencia a los esfuerzos de tracción y reducida adherencia entre mortero y adobe y recomendaba la incorporación de refuerzo de caña para mejorar el comportamiento estructural de estas construcciones. También sugería que los techos fueran flexibles por considerar que no eran aptos para distribuir las fuerzas sísmicas a los muros, proporcionalmente a sus rigideces. Establecía requerimientos para el diseño arquitectónico y estructural de la vivienda de adobe. Establecía que los Municipios serían los organismos encargados de los controles técnicos y asesoramientos respectivos.

3.3 Consideraciones para una normativa en zonas sísmicas

Tomando como base esta normativa y los resultados de nuevas investigaciones sobre las tecnologías de construcción con tierra realizadas en diversas instituciones, se pretende racionalizar esta técnica con el fin de evitar que se siga construyendo sin ningún tipo de control. Las investigaciones realizadas en el Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño, de la Universidad Nacional de San Juan intentan realizar aportes significativos en la calidad constructiva con el propósito de favorecer la viabilidad de una nueva normativa para este tipo de construcciones que pueda aplicarse en todo el territorio provincial, contemplando los grados de sismicidad de cada zona, además de las características de suelo y clima.

Esta iniciativa no promueve la construcción con adobe, hasta tanto se avance en los estudios de sismorresistencia, sino de propiciar que sea aplicada a los casos en que por razones socioeconómicas, sea ineludible su construcción. También se podría considerar en esta nueva normativa, la consolidación y reforzamiento de edificaciones existentes, especialmente los bienes con valor patrimonial,

incorporando el resultado de investigaciones recientes que utilizan diferentes materiales como plástico, o madera, demostrando en laboratorio su efectividad para el propósito buscado. De esta manera se podría evitar que se continúe aplicando las tecnologías de construcción con tierra con graves fallencias que pudiesen provocar el colapso estructural con el riesgo de pérdida de vidas.

Estas razones se consideran suficientes para justificar la necesidad y conveniencia de elaborar una nueva normativa específica que atendiendo a las tradiciones y condicionantes propios de cada región, defina directrices, códigos y reglamentos para legalizar la construcción con tierra en forma análoga a la existente para la construcción convencional, a fin de asegurar apropiados estándares de calidad, seguridad y durabilidad.

Es importante para la provincia ahorrar recursos en aquellas viviendas de adobe recuperables luego de un sismo, situación que puede agilizar la toma de decisiones en caso de emergencia. Proscribir el adobe constituye un atentado contra el derecho humano a un techo, de

importantes sectores sociales que pueden hacer uso de la autoconstrucción empleando las técnicas apropiadas con el asesoramiento profesional adecuado. Sin embargo, se debe reconocer que aunque se demuestre de múltiples maneras la necesidad de una normativa, su aprobación y el éxito de su aplicación dependerá del reconocimiento oficial por parte de los organismos competentes del Estado y de la existencia de mecanismos y recursos para la inspección y vigilancia de su cumplimiento.

Una construcción sismorresistente se logra a través de la conjunción de una serie de factores, tales como el diseño arquitectónico y estructural, los materiales utilizados, el control de la ejecución, etc. Los materiales por sí solos no garantizan un buen comportamiento del edificio ante terremotos; por ello no se puede hablar de materiales sismorresistentes, sino de materiales aptos o no aptos para lograr una construcción segura. Como ejemplo puede decirse que una vivienda de ladrillo y hormigón armado no es necesariamente sismorresistente pues esta condición depende del diseño y control en la ejecución de la misma.

El equipo del proyecto de investigación al que pertenece este trabajo está realizando acciones de difusión con el fin de sensibilizar a la comunidad, a los profesionales relacionados con la construcción y a los organismos gubernamentales para comenzar un proceso de concientización preparatorio para la normativa que se propone para las construcciones con tierra, conscientes que una legislación por sí sola no es suficiente si no tiene la aceptación de la comunidad. El imaginario colectivo de la comunidad sanjuanina está marcado por el miedo a los sismos y la desconfianza en las construcciones de adobe porque existe un desconocimiento del aporte de nuevos conocimientos a las tecnologías de construcción con tierra.

Las acciones desarrolladas se relacionan con publicaciones en los diarios locales, programas radiales, muestras fotográficas, publicaciones científicas referidas a un prototipo de vivienda que se está construyendo en la localidad de Iglesia, convenios de cooperación con Municipalidades y gestiones con diputados provinciales para encarar una ley que legisle este tipo de construcciones.

4. PAUTAS PARA UNA NORMATIVA PARA LA PROVINCIA DE SAN JUAN

Se pretende que la norma regule la correcta ejecución de las tecnologías de construcción con adobe, quincha, tapial y mixta como también que rija en la restauración y recuperación de construcciones existentes que en muchos casos están declarados monumentos históricos. Es importante reglamentar el uso de estos materiales y exigir la capacitación de técnicos y usuarios de estas tecnologías para asegurar su correcta aplicación y supervisión evitando casos registrados con frecuencia, como la construcción de viviendas, generalmente promovidas por organizaciones que en el afán de reducir los costos utilizan mano de obra comunitaria no capacitada, carente de asesoramiento, con resultados

con alto riesgo sísmico. Especialmente el área rural donde las tareas de construcción se hacen de manera comunitaria, es necesaria la capacitación de los líderes o conductores de obra.

Las pautas para la elaboración de una normativa para construcciones de tierra en zona sísmica que se proponen, se basan en las recomendaciones expresadas por el ingeniero Hugo Giuliani (1986), reconocido investigador sanjuanino sobre construcciones sismorresistentes, incorporando además, resultados de estudios recientes. La propuesta se refiere al diseño estructural y arquitectónico de las viviendas de adobe.

4.1 Diseño estructural

Se entiende que una construcción de adobe tiene un comportamiento satisfactorio cuando es capaz de resistir a sismos menores, sin daños; sismos moderados con daños estructurales y no estructurales leves; y sismos intensos sin colapsos y sin ocasionar víctimas. Las fallas de las viviendas de adobe pueden atribuirse fundamentalmente, a su

poca resistencia a los esfuerzos de tracción y a su reducida adherencia entre mortero y adobe. Las características mecánicas que interesa tener en cuenta son la resistencia a la tracción, a la flexión, al corte y a la compresión.

4.2 Diseño arquitectónico

- Se deben procurar plantas simétricas con distribución balanceada de muros.
- Limitación de altura de los muros (8e, siendo e el espesor del muro).
- Limitación de la longitud máxima de los muros (10e).
- Abertura de puertas y ventanas pequeñas (no mayor de 1,20 m de ancho).
- Los vanos de puertas y ventanas alejados por lo menos 1,20 m de las esquinas o de lo contrario en el centro del muro.

- Uso adecuado de contrafuertes para mejorar la estabilidad de los muros. Estos pueden ubicarse en los encuentros exteriores de los muros (longitud saliente mínima igual al espesor del muro), en el centro de un muro largo o en coincidencia de un vano de puerta o ventana (longitud total del contrafuerte, 3e).
- Incorporación de una viga de encadenado superior de hormigón armado o madera que vincule la totalidad de los muros.
- Techos livianos, generalmente de rollizos de madera con caña, barro (espesor e 7cm) y aislación hidrófuga.

4.3 Detalles constructivos

Muros

- Ancho mínimo 0,40 m, sea o no portante.
- No se permiten muros aislados, sin contrafuertes para su estabilidad.
- Podrán reforzarse con materiales estables y que sean compatibles con el material del muro, por ejemplo cañas, mallas metálicas soldadas o geomallas.

Cimientos y sobrecimientos

- Profundidad mínima 0,40 m.
- Ancho mínimo 0,40 m, o el que resulte en función de la tensión admisible del terreno de fundación.
- Sobrecimiento mínimo de 0,20 m.
- Se construirán de hormigón ciclópeo, con un mínimo de 160 kg de cemento/m³ y un 30% de piedra bola, o de albañilería de ladrillo, bloques de hormigón o piedra natural asentados con mortero 1:1/4:4 (cemento-cal-arena) convenientemente trabados.

Viga superior de arriostramiento

- Todos los muros en su coronamiento llevarán encadenado formado por dos rollizos de 0,10 m, o dos tirantes de 0,10 m x 0,10 m vinculados cada 70 cm mediante tirantillos de 2 cm x 5 cm de sección. En los cruces y encuentros de muros se empalmarán a media madera y con cinco clavos 4 mm x 120 mm en cada unión.
- Es preferible el encadenado superior de hormigón armado de ancho igual al del muro y 15 cm de altura, con 4 barras de acero de 10 mm y estribos de acero 6 mm separados c/20 cm. También se puede ser construido con madera
- La estructura del techo se vinculará adecuadamente a la viga superior de encadenado.

Dinteles

- Cuando los dinteles de aberturas de puertas y ventanas y las vigas de encadenado son de hormigón armado y estén separados con menos de 15 cm, es conveniente su unificación.

Revoques

- Los muros serán revestidos con revocos de mortero de barro con abundante paja o mortero de cal-arena (1:5).

Pisos

- Podrán ser de cemento alisado, mosaicos calcáreos o ladrillo recocido.
- En todos los casos, el nivel de piso terminado será de 10 cm por debajo del sobrecimiento.

Instalaciones

- No conviene embutir ningún tipo de instalación en muros de adobe. En caso necesario será muy superficial.

Aleros de protección de muros externos

- Se recomienda el uso de aleros de 0,50 m en muros exteriores, obtenidos como prolongación de los techos, con el propósito de protegerlos del agua de lluvia.
- Refuerzos horizontales y verticales de cañas
- Los refuerzos horizontales y verticales de caña mejoran notablemente la estabilidad de los muros. Los refuerzos verticales requieren el uso de un adobe especial que permita el alojamiento de dichos refuerzos. Estos refuerzos verticales se anclan convenientemente en el cimiento y en la viga superior de hormigón armado.

Dimensiones del adobe

- Adobe tradicional 10 cm x 20 cm x 42 cm.
- Adobe cuadrado 38 cm x 38 cm x 8 cm y medio adobe 38 cm x 18 cm x 8 cm, brinda mayor seguridad ante el efecto sísmico.

Vereda perimetral

- En todo el perímetro de la vivienda se deberá ejecutar una vereda exterior de hormigón alisado y de un ancho mínimo de 0,60 m.

Separación entre viviendas de adobe

- Toda vivienda de adobe deberá separarse de cualquier otra construcción existente, sea de adobe o no, un mínimo de 1 m de los límites de la propiedad.

Desagües pluviales

- Los desagües pluviales de los techos se deberán hacer con caños de bajada exterior o en su defecto por caída libre por medio de caños o canaletas que sobresalgan como mínimo 0,60 m del paramento exterior.

4.4 Fabricación del adobe

Selección de la tierra

Tierras limpias, sin gravas, ripios o granos mayores de 5 mm. Deben ser tierras que contengan arcillas y limo, pudiendo ser la proporción de arcilla entre 20% y 50% del total y cuyo índice de plasticidad esté comprendido entre 9% y 10%.

Prueba para seleccionar la tierra

Se procede a formar un cilindro de aproximadamente 2 cm de diámetro de barro amasado con poco agua y se

observa el largo que puede alcanzar sin romperse. Si este largo está comprendido entre 5 cm y 15 cm, la tierra se considera apta para la fabricación de adobes.

Preparación del barro

Previo trituración de la tierra seleccionada, se amasa agregando agua y suficientes fibras como por ejemplo, de paja seca. La mezcla se estacionará no menos de tres días antes del moldeo de los adobes, dándole un amasado diario.

5. CONCLUSIONES

Se considera que debatir la propuesta presentada en este Seminario, será un importante antecedente para promover en nuestra legislación una normativa a nivel provincial encuadrada en un contexto nacional e internacional. Aunar criterios sobre la necesidad de una normativa para la construcción con tierra en zonas sísmicas permitirá evitar pérdidas de vidas humanas, asegurando que la edificación no colapse por los efectos de un terremoto, aunque los daños que pudiera sufrir sean

muy severos y no permitan la posterior recuperación de la misma.

Además la realidad indica que por las características de esta tecnología, el uso del adobe continuará siendo para determinados sectores de la sociedad, una práctica difícil de reemplazar por otras alternativas constructivas, situación que debe ser aceptada y que indudablemente constituye un desafío, el reglamentar su uso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Congreso Panamericano de Arquitectura Sismorresistente - COPARSIS (1996). Acta. Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño, 28 al 31 de mayo de 1996, San Juan
- Giuliani, H. (1986). Diseño de estructuras sísmo-resistentes. San Juan: Facultad de Arquitectura; UNSJ
- Primeras Jornadas Nacionales de Arquitectura Sismorresistente (1986). Acta. Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño, IRPHA, 16 al 19 de mayo de 1986, San Juan
- Rotondaro, R. (2002). El proyecto en ambientes áridos. Propuesta para el ecoproyecto con el altiplano argentino. La tierra cruda en la construcción del hábitat. San Miguel de Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán, p. 30-38.

NOTAS

1 Proyecto de Investigación: Planificación de proyectos culturales para la puesta en valor del patrimonio del departamento Iglesia 2008-2009. Subsidio: CICYTCA-UNSJ-Código: 21/A 829, Unidad Ejecutora: IRPHA -Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat- IDIS - Instituto del diseño- FAUD. - UNSJ., Directora: Mag. Arq. María Rosa Plana- 2008-2010

AUTORES

Juan Arturo Pereyra. Arquitecto. Docente Investigador en el Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño - UNSJ. Director de Proyectos de Investigación y de Extensión referidos a tecnologías apropiadas en zonas rurales árido sísmicas. Docente en las Cátedras de Construcción con Tierra, de Diseño Bioclimático y de Instalaciones II de la Carrera de Arquitectura y Urbanismo.

Mabel Fábrega. Licenciada en Ciencias de la Comunicación. Especialista en Docencia Universitaria. Docente Investigador en el Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño - UNSJ. Codirectora de Proyectos de Investigación y de Extensión. Estudios referidos a procesos de comunicación en públicos de zonas rurales. Docente en las Cátedras de Psicología de la Comunicación y de Gestión Empresarial y Mercado Tecnia de la Carrera Diseño Gráfico.

Liliana B. Vega. Arquitecta. Investigador en el Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño - UNSJ. Integrante de equipos de Proyectos de Investigación y de Extensión referidas a tecnologías apropiadas en zonas rurales árido sísmicas.

Jésica Castilla. Estudiante de 6° Año de la Carrera de Arquitectura y Urbanismo, de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño - UNSJ. Becaria CICITCA - UNSJ

ARQUITECTURA DE TIERRA: PATRIMONIO Y SUSTENTABILIDAD EN REGIONES SÍSMICAS

14° SIACOT, San Salvador, El Salvador



“ Las alianzas son indispensables, para impactar al nivel requerido; ahí se encuentra mucha de la riqueza de este 14° SIACOT, que se vuelve un espacio único de intercambio, debate y propuestas que giran la mirada hacia el hábitat, reconociéndolo como un Derecho Humano Universal. ”

Claudia María Blanco Alfaro
Directora Ejecutiva de
FUNDASAL

