

## 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 Peralta<sup>1</sup>; María Luisa Zúñiga Lamarque<sup>2</sup>; Carlos Muñoz Parra<sup>3</sup>  
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 valórico 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 patrimonial<sup>1</sup>.

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 ítemizado 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 vecinos<sup>2</sup>.

## 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 local<sup>3</sup>

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.

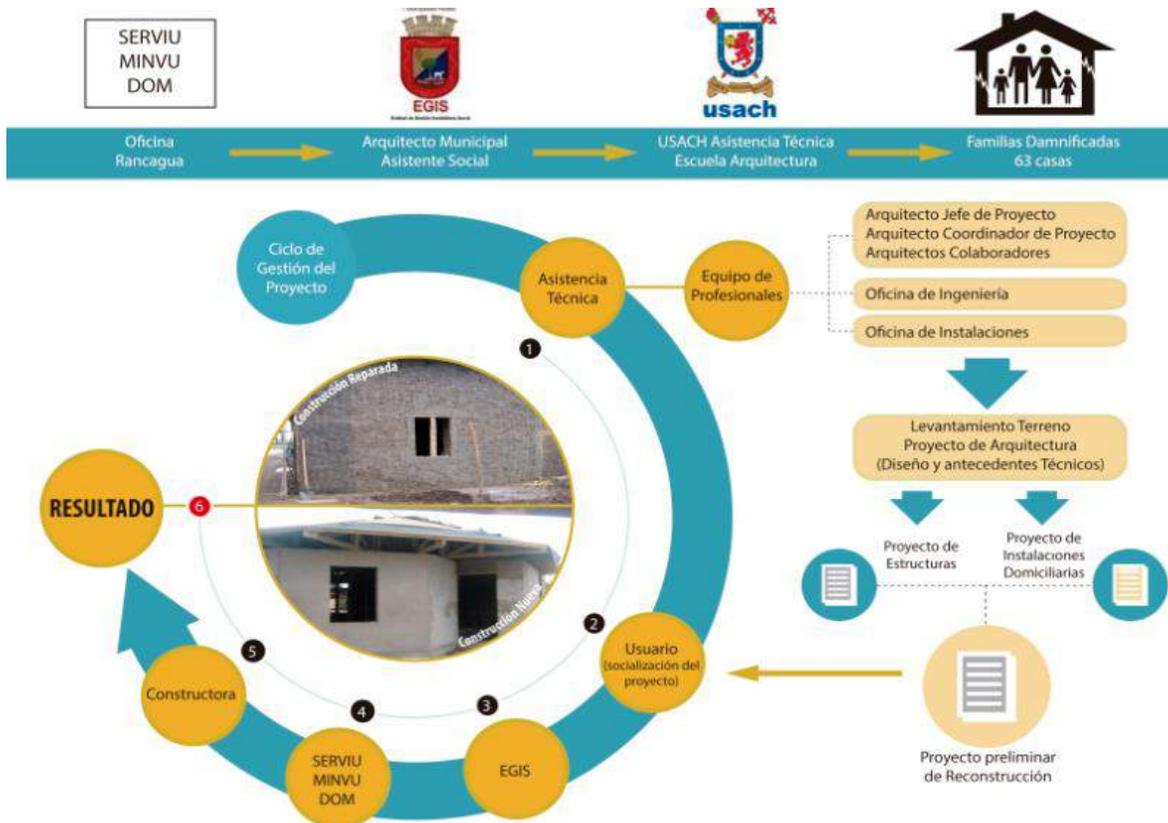


Figura 1 – Layout de la gestión del proceso de reconstrucción.

- 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 m<sup>2</sup> para cada unidad, nuestros proyectos fluctuaban entre 56 m<sup>2</sup> y 58 m<sup>2</sup>, contemplando una ampliación de 15 m<sup>2</sup>. 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 m<sup>2</sup>, 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 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/cm<sup>2</sup>; Compresión paralela – 66 kgf/cm<sup>2</sup>; Compresión normal – 19 kgf/cm<sup>2</sup>; Módulo de elasticidad – 69.000 kgf/cm<sup>2</sup>; Cizalle – 8,6 kgf/cm<sup>2</sup>.

#### 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/cm<sup>2</sup> -1,3 kg/cm<sup>2</sup>. 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/m<sup>2</sup> 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.

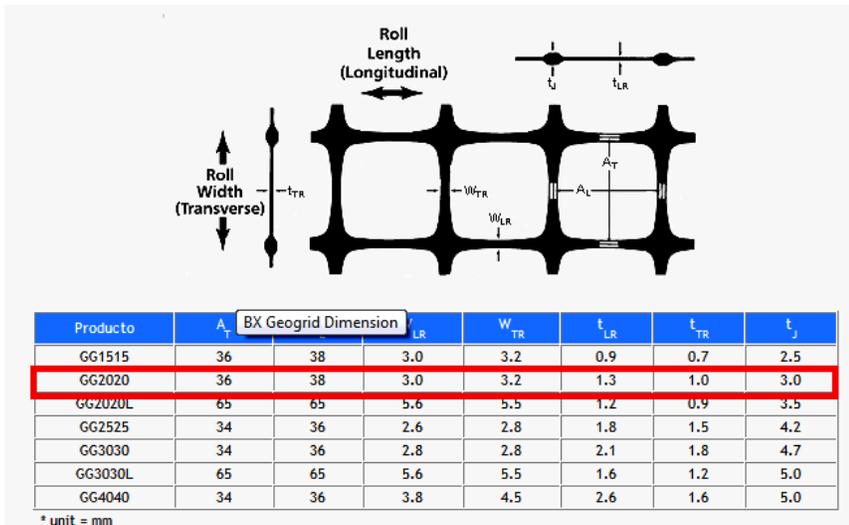


Figura 2 – Diseño y resistencias de geomallas

### Madera

Refuerzos de madera de pino radiata seco H= 12%; Grado estructural G1; Humedad equilibrio: 16%  
Tensiones admisibles: Flexión – 86 kgf/cm<sup>2</sup>; Compresión paralela – 66 kgf/cm<sup>2</sup>; Compresión normal – 19 kgf/cm<sup>2</sup>; Módulo de elasticidad – 69.000 kgf/cm<sup>2</sup>; Cizalle – 8,6 kgf/cm<sup>2</sup>

### 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

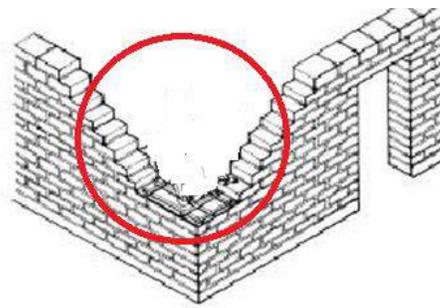
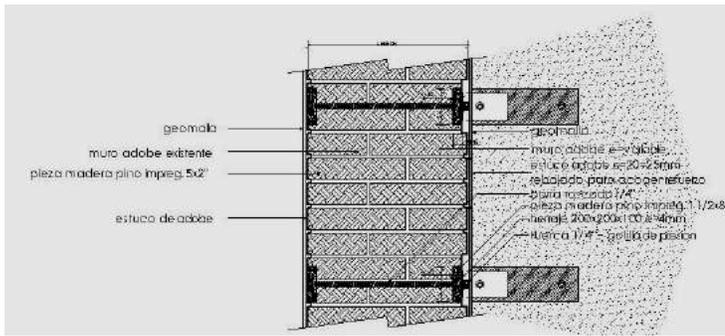


Figura 9 – der.  
Retiro y  
reposición de  
adobes.

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.*