



CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL DE INMUEBLES CONSTRUIDOS CON TIERRA EN COLOMBIA. PERSPECTIVAS Y REALIDADES

Jenny Astrid Vargas Sánchez

Facultad de Artes, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. javargargassa@unal.edu.co

Palabras claves: arquitectura de tierra, conservación de patrimonio, consolidación estructural, riesgo sísmico

Resumen

La arquitectura de tierra es sin duda uno de los materiales más sensibles y vulnerables ante fenómenos naturales como tsunamis, terremotos, maremotos, ciclones, inundaciones, lluvias, avalanchas, deslizamientos, entre otros, dada su baja resistencia para soportar fuerzas dinámicas como las generadas por los sismos o para superar tiempos prolongados de exposición al agua. En Colombia, el mayor riesgo que existe para la arquitectura de tierra son los sismos, ya que la mayor parte de la población se halla asentada a lo largo de valles y montañas de las tres cordilleras, que son producto del movimiento constante de las placas tectónicas que dieron origen a la Cordillera de los Andes.

La huella que han dejado los sismos en el país ha generado un impacto en la formación y el quehacer profesional de arquitectos, ingenieros y constructores, que ha permitido llegar a tener uno de los códigos de construcción sismo resistente más exigente y de obligatorio cumplimiento nacional. No obstante, en el colectivo de restauradores, conservadores y en general de las personas que estamos involucradas y comprometidas con la recuperación y conservación del patrimonio cultural inmueble en Colombia, existe la idea de la necesidad de que dicho código permita un tratamiento especial para las estructuras patrimoniales y particularmente para aquellas construidas con tierra.

Esta preocupación ha permitido la generación de un campo específico de investigación, sobre la consolidación y reforzamiento estructural de los inmuebles construidos con tierra, que se ha venido trabajando desde la academia con importantes trabajos realizados por algunas universidades. El presente trabajo surge entonces del interés de reflexionar sobre la imperiosa necesidad de ejecutar obras para la consolidación y refuerzo estructural de las edificaciones construidas con tierra, ya sea que correspondan al patrimonio monumental o simplemente a la arquitectura tradicional.

El objetivo de esta investigación¹ ha sido comprender la evolución del concepto de la consolidación estructural de las edificaciones patrimoniales y su incidencia en la mitigación del riesgo sísmico de aquellas construidas con tierra, con énfasis en la manera cómo se ha abordado esta situación desde la práctica de la intervención en Colombia. Para ello, se realizó la revisión de la información planimétrica del Centro de Documentación de la Dirección de Patrimonio del Ministerio de Cultura, como fuente primaria para el acercamiento a los bienes de interés cultural del ámbito nacional, para identificar aquellos construidos con tierra y con proyecto de consolidación estructural aprobado, que permitieran abordar el escenario planteado.

1. LA ARQUITECTURA DE TIERRA EN COLOMBIA Y SU RIESGO SÍSMICO

La ocupación del territorio nacional es un proceso dinámico que se explica por las condiciones naturales del territorio, así como por las condiciones sociales, económicas, políticas y culturales de la población; el proceso de poblamiento de Colombia se desarrolló fundamentalmente a lo largo de las tres cordilleras, en las cuales se encuentran el mayor número de fallas geológicamente activas, donde por consiguiente se encuentran mayormente localizados los inmuebles construidos con tierra.

Según el Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10, *Colombia está localizada dentro de una de las zonas sísmicamente más activas de la tierra, la cual se denomina Anillo Circumpacífico y corresponde a los bordes del Océano Pacífico*, por lo que *el 87% de los colombianos se encuentran bajo un nivel de riesgo sísmico apreciable, que no solamente depende del grado de amenaza sísmica sino también del grado de vulnerabilidad*

que en general tienen las edificaciones en cada sitio. De acuerdo con la información del censo realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE en 1993, el 19% de las viviendas censadas para ese año, estaban construidas con tapia pisada, adobe o bahareque, siendo este uno de los indicadores con los cuales se mide el déficit cualitativo de la vivienda en Colombia. En la tabla 1 se observa la relación entre el porcentaje de viviendas construidas con tierra de cada departamento del país y el grado de amenaza sísmica de esa zona.

Tabla 1. % de construcción con tierra por departamento vs zonas de amenaza sísmica en Colombia

Departamento	% de viviendas construidas con tierra en cada departamento DANE - 2005	Zona de amenaza sísmica NSR-10
Amazonas	1%	Baja
Antioquia	14%	Alta- intermedia
Arauca	5%	Alta- intermedia
Archipiélago de San Andrés	0%	Baja
Atlántico	1%	Baja
Bogotá, D.C.	1%	Intermedia
Bolívar	6%	Intermedia-baja
Boyacá	20%	Alta- intermedia
Caldas	16%	Alta- intermedia
Caquetá	1%	Intermedia-baja
Casanare	9%	Alta- intermedia
Cauca	34%	Alta
Cesar	14%	Intermedia-baja
Chocó	20%	Alta
Córdoba	9%	Intermedia
Cundinamarca	8%	Intermedia-alta
Guainía	31%	Baja
Guajira	29%	Intermedia-baja
Guaviare	0%	Baja
Huila	26%	Alta
Magdalena	8%	Baja-intermedia
Meta	1%	Alta-intermedia-baja
Nariño	26%	Alta
Norte de Santander	15%	Alta- intermedia
Putumayo	1%	Alta- intermedia
Quindío	4%	Alta
Risaralda	9%	Alta
Santander	12%	Alta- intermedia
Sucre	12%	Intermedia
Tolima	13%	Alta- intermedia
Valle del Cauca	5%	Alta
Vaupés	1%	Baja
Vichada	10%	Baja

Fuente: elaboración propia, a partir de información del censo DANE 2005 y la NSR-10 (2010)

De las culturas constructivas que se encuentran en Colombia, el bahareque es la técnica que presenta en sí misma una menor vulnerabilidad frente al sismo, ya que se trata de estructuras generalmente livianas, con una alta flexibilidad otorgada por los elementos estructurales y portantes de madera, guadua u otros vegetales, los cuales absorben de manera importante los esfuerzos de tracción y torsión que genera el sismo. No obstante, cuando no se encuentra una buena ejecución de los amarres y uniones entre los diferentes elementos del bahareque y de este a su vez con los demás elementos de la edificación

como la cubierta y la cimentación, pueden presentarse daños ligados directamente a la concepción o construcción de la estructura.

En cuanto a las otras culturas constructivas, tapia pisada, adobe y BTC, se trata fundamentalmente de técnicas que tienen el mismo comportamiento de la mampostería, por lo cual con las fuerzas sísmicas se presentan daños importantes en el plano de los muros; grietas y fisuras diagonales, en X, por las juntas, etc., son daños típicos de las construcciones de mampostería, que han sido estudiados y analizados para la elaboración de las normas de construcción sismo resistente. Además de los daños que se presentan en muros, hay daños que se presentan en las cubiertas y otros elementos esenciales de la construcción, los cuales están asociados a otros factores diferentes a la propia resistencia del material tierra.

En el año 2005, con el último censo realizado en el país, el DANE reportó la estadística del material de construcción de los muros de las viviendas en cada uno de los departamentos, información que al ser contrastada con las zonas de amenaza sísmica que define la NSR10, pone en evidencia el alto riesgo sísmico que tienen las edificaciones construidas con tierra en Colombia. Es importante ver que justamente los departamentos que tienen mayor porcentaje de esta arquitectura como Cauca, Huila y Nariño, están localizados completamente en zona de amenaza sísmica alta. En cuanto al patrimonio construido con tierra, de forma consecuente con las situaciones antes descritas y al observar el mapa de densidad de población en Colombia, se reconoce que los bienes de interés cultural que forman parte de este patrimonio, se localizan igualmente a lo largo de las tres cordilleras, coincidiendo con las zonas de amenaza sísmica alta e intermedia.

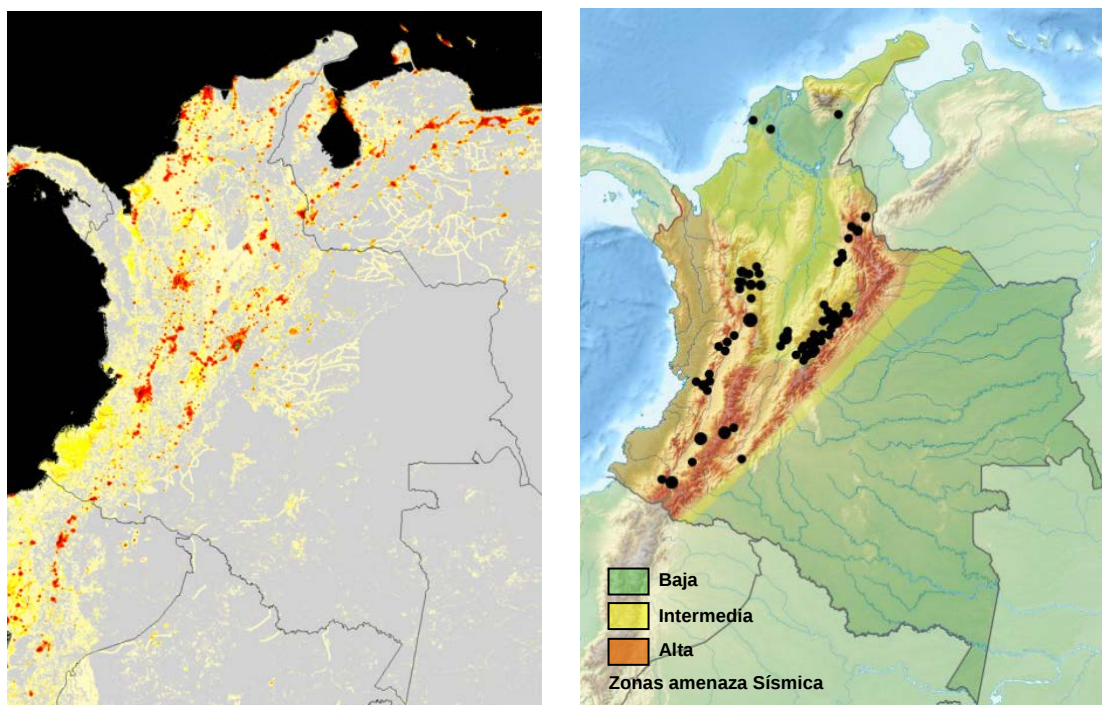


Figura 1. Comparativo Densidad de población en Colombia (Izq.) y Localización de 140 bienes de interés cultural construidos con tierra (Der.). Fuente: (Izq.) ESRI, CIAT data – Autor: Carlos Arango, (Der.) elaboración propia, a partir de cartografía del IGAC y la NSR-10

En Colombia no existe hasta el momento un documento o investigación que haya registrado cuántos y cuáles son los inmuebles patrimoniales construidos con tierra. Con el ánimo de dar un paso hacia adelante en este campo, el presente trabajo surgió de la revisión del archivo planimétrico digital del Centro de documentación de la Dirección de Patrimonio del Ministerio de Cultura, con el fin de identificar un primer listado de inmuebles, de los cuales la información planimétrica expresa (mediante texto) la existencia de la tierra como material de construcción. Se revisaron 1465 inmuebles, de los cuales se pudieron identificar 140 inmuebles que están total o parcialmente construidos con tierra, teniendo que un 39%

corresponden con bienes de interés cultural con declaratoria individual del ámbito nacional, mientras que los restantes inmuebles forman parte de alguno de los 44 centros históricos igualmente declarados en el ámbito nacional.

Tal como los historiadores de la arquitectura en Colombia lo han citado, la tierra tuvo su mayor aplicación como material de construcción durante el periodo Colonial, por lo que se encuentran inmuebles de este periodo contruidos completamente en tapia pisada, adobe, bahareque o la mezcla de estos, mientras que a comienzos del siglo XIX y durante el periodo Republicano predomina el uso del ladrillo cocido, pasando la tierra a ser un material secundario. En los 140 inmuebles identificados, se observa claramente el predominio del origen colonial, así como el predominio de la arquitectura de tierra en la arquitectura religiosa y la arquitectura habitacional, lo cual contrastado con el origen principal en la época colonial, conduce al proceso fundacional de los pueblos, donde el templo es la edificación principal, rodeada por las estructuras de vivienda. La arquitectura institucional adquiere un mayor desarrollo e importancia en periodos posteriores y fueron materiales más nobles y de mayor jerarquía como la piedra o el ladrillo, los que conformaron su construcción.

Los sismos más importantes que se han registrado en Colombia y que han generado mayor destrucción de las arquitecturas de tierra son el sismo de Cúcuta del 11 de septiembre de 1875, el sismo de Popayán del 31 de marzo de 1983, el sismo de Páez del 6 de junio de 1994, el sismo del Quindío y el Eje Cafetero del 25 de enero de 1999, y el sismo de Quetame del 24 de mayo de 2008. El nivel de daño causado por estos eventos condujo a la formulación del Código Colombiano de Construcciones Sismoresistentes, cuya versión más reciente es la del año 2010, en el que no se reconoce la tierra como un material y sistema estructural permitido.

2. LA CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL Y LA CONSERVACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA

En su libro “Conservación de bienes culturales. Teoría, historia, principios y normas” Ignacio González-Varas (2003) plantea que debido a la complejidad y diversidad de materiales y técnicas presentes en la arquitectura, se requieren diversos tratamientos de conservación, entre ellos la intervención directa, que tiene como finalidad “mantener, reforzar y reparar la estructura material de los bienes culturales”, sobre lo cual resalta la importancia del conocimiento de las técnicas y los materiales constitutivos del bien, para efectuar una correcta intervención.

Además de realizar trabajos puntuales para conservar los materiales de construcción, la intervención de un inmueble requiere con frecuencia la “consolidación estructural”, que de acuerdo con los planteamientos generales de la conservación, debería realizarse sin alterar el espacio y el aspecto estético de la edificación, mejorando su comportamiento estructural con medios compatibles con la estructura original y en lo posible de carácter reversible.

Teniendo en cuenta que la consolidación estructural ha sido una de las preocupaciones de los teóricos de la restauración y que por tanto ha estado sometida a discusión constante, a continuación se realiza una revisión de las principales Cartas sobre restauración, con el fin de comprender el proceso de pensamiento que inicia con la validación del uso de estructuras modernas insertadas en la estructura original, que luego de ser altamente cuestionado por su irreversibilidad, ha conducido a la propuesta del uso de técnicas tradicionales asociadas a la práctica del mantenimiento preventivo.

La Carta de Atenas de 1931 es el primer documento internacional que establece los principios y normas generales para la restauración, por lo cual su contenido con relación a la consolidación estructural de los inmuebles, marcó un momento muy importante en la historia de la conservación. En el punto quinto la Carta de Atenas señala:

*5. Los expertos escucharon varias comunicaciones relativas al empleo de materiales modernos para la consolidación de los edificios antiguos, y **han aprobado el empleo juicioso de todos los recursos de la técnica moderna, muy especialmente del***

concreto armado.

*Expresan la opinión de que normalmente **estos medios de refuerzo deben estar disimulados para no alterar el aspecto y el carácter del edificio a restaurar**; y recomiendan el empleo de dichos medios, especialmente en los casos en que aquellos permiten conservar los elementos “in situ”, evitando los riesgos de la destrucción y de la reconstrucción (negrita fuera de texto).*

Las consecuencias de la aplicación de este aparte de la Carta de Atenas generaron un amplio debate y postura crítica, que suscitaron reflexiones como la del italiano Paolo Marconi, uno de los redactores principales del Carta del Italiana del Restauro de 1987, quien criticó ampliamente el uso de estructuras ocultas de hormigón u acero, ya que a pesar de preservar la “imagen” del monumento modifican drásticamente el esquema estático original.

La Carta de Cracovia del año 2000 establece uno de los principios que resulta fundamental dentro de los planteamientos de la conservación de la arquitectura de tierra, como lo es la “compatibilidad” de la intervención con los materiales y estructuras existentes, lo que se asocia directamente con la recomendación de estimular el conocimiento de materiales tradicionales y técnicas antiguas.

Posteriormente, en el año 2003, la 14ª Asamblea General del ICOMOS, en Victoria Falls - Zimbabue, presenta una nueva carta con el deseo de formular recomendaciones para el análisis y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico, que puedan ser adecuadas a cada contexto cultural, entendiendo que la singularidad de cada estructura dificulta la aplicación de las normas vigentes en el ámbito de la construcción. Este documento es el más reciente pero sobretodo la más precisa de las Cartas del ICOMOS, que se refiere exclusivamente al componente estructural de la restauración. Su contenido completo se divide en dos partes: “la titulada Principios, donde se plantean los conceptos básicos de conservación, y la titulada Directrices, donde se proponen las reglas y los métodos que deberían seguirse por los que intervienen en ambas actividades”.

Con respecto a la valoración se destaca en la Carta de Zimbabue el numeral 1.3, el cual establece que “el valor de un edificio histórico no reside sólo en la apariencia de sus elementos individuales, sino también en la integridad de todos sus componentes, considerados como un producto único de la tecnología constructiva específica de su tiempo y lugar”. Así, las técnicas de construcción con tierra que a veces pueden ser consideradas como precarias o frágiles, deben valorarse por tratarse de la tecnología específica con la que fuese construida una edificación. Igualmente, es importante el principio definido en el numeral 3.12, el cual plantea que “toda intervención debe respetar, en la medida de lo posible, la concepción y las técnicas constructivas originales, así como el valor histórico de la estructura y las pruebas históricas que proporciona. Este planteamiento asociado al definido en el numeral 2.10, en el que se establece la importancia de la compatibilidad de los materiales que se empleen en la intervención, otorga una valoración específica a las técnicas tradicionales y determina la necesidad de su pleno conocimiento para proponer intervenciones que no resulten agresivas con la fábrica original del inmueble.

La promulgación de estas Cartas ha generado en las últimas décadas una mayor conciencia sobre la importancia de la conservación del patrimonio vernáculo y especialmente de la arquitectura de tierra, por lo que han surgido diferentes comités científicos y centros de investigación que contribuyen continuamente con la formación, difusión y promoción de las buenas prácticas necesarias para la conservación de ese patrimonio. Entre estos se encuentran el Programa de patrimonio mundial para la arquitectura de tierra – WHEAP- de la UNESCO, el Centro Internacional de Estudios para la Conservación y Restauración de Bienes Culturales – ICCROM- que trabaja continuamente con el Centro Internacional de la Construcción con Tierra – CRATerre, el Comité Científico Internacional de Patrimonio Arquitectónico de Tierra – ISCEAH- que forma parte del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios – ICOMOS, el Instituto Getty y Proterra, e innumerables centros de investigación que laboran al interior de diversas facultades de arquitectura. Del trabajo conjunto de estos centros, surgen los encuentros académicos y profesionales dedicados

difusión de las investigaciones que se realizan, como las conferencias Terra, los Seminarios Iberoamericanos de Construcción con tierra – SIACOT, el evento Sismoadobe, entre otros.

A nivel normativo, la investigación en el campo de la consolidación estructural ha sido muy importante, la cual ha contribuido con la definición de métodos y sistemas de intervención adaptados al comportamiento físico, químico y mecánico de la tierra, decantando aquellos tipos de intervención que fueran propuestos desde las doctrinas de la restauración. Estas reflexiones han sido difundidas en los diferentes congresos y seminarios, pero también se han consignado en documentos importantes como las Guías de planeamiento e ingeniería para la estabilización sismorresistente de estructuras históricas de adobe del Instituto de Conservación Getty (2002), las Directrices para la evaluación y la reducción del riesgo sísmico de patrimonio cultural del Ministerio de Infraestructura y Transporte de Italia (2008) y la reciente Norma Técnica para la intervención estructural de construcciones patrimoniales de tierra - NTM 002 2010 que nos ha presentado Chile (2010). Esta última presenta un aporte significativo en la definición de considerar “materiales estructuralmente incompatibles a aquellos cuya rigidez difiera en más de un 100% con la del adobe”; así mismo, presenta como materiales estructuralmente compatibles con las estructuras de las construcciones patrimoniales la geomalla de polipropileno, la madera, la albañilería de adobe y la caña.

En Colombia, el panorama normativo de conservación y restauración de las construcciones de tierra está dado fundamentalmente por los principios generales para la intervención, establecidos por la Ley General de Cultura, así como su definición sobre el reforzamiento estructural; los apartes relacionados con edificaciones patrimoniales que ha incluido la última revisión de las normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente NSR-10; y los sistemas de rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada, incluidos en el manual elaborado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

3. LA PRÁCTICA DE LA CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL DE INMUEBLES CONSTRUIDOS CON TIERRA EN COLOMBIA

Luego de reconocer el panorama general del riesgo de las construcciones de tierra frente a los sismos, principal motivación de los expertos de la conservación de patrimonio y la arquitectura de tierra para reflexionar sobre la necesidad de consolidar estructuralmente los inmuebles, se presenta en este capítulo una mirada hacia las intervenciones que se han propuesto en Colombia y su impacto en la conservación de los inmuebles.

Este capítulo se estructura en dos partes: en la primera se presenta una clasificación de los sistemas de reforzamiento, identificada a partir de la revisión general de un grupo de proyectos de intervención en bienes de interés cultural construidos con tierra; en la segunda parte, a través del análisis de cuatro casos de estudio, se propone una reflexión sobre la decisión de conservar la materialidad o la apariencia estética del inmueble, al tratarse esta dualidad en una determinante fundamental para el diseño del proyecto de reforzamiento estructural.

Con el ánimo de establecer un espectro de estudio más amplio que el que pudieran ofrecer unos casos de estudio puntuales, a partir del listado de los 140 inmuebles construidos con tierra que se identificaron con la información de la planoteca digital del Centro de Documentación de la Dirección de Patrimonio, se filtraron 32 bienes de interés cultural que cuentan con proyecto de intervención aprobado por dicha Dirección, que involucren obras de reforzamiento estructural, los cuales se relacionan a continuación en la Tabla 2:

Tabla 2. Identificación de sistemas de reforzamiento estructural de bienes de interés cultural construidos con tierra

INMUEBLE	MUNICIPIO	FECHA**	TIPO***
Templo de San Agustín	Villa de Leyva	1994	Pañete estructural
Iglesia y casa cural de Turmequé	Turmequé	1995	Contrafuertes de concreto armado
Capilla de Jesús Nazareno	Marinilla	1996	Pantallas de concreto armado
Templo Mayor de Villa de Leyva	Villa de Leyva	1996	Pórticos de concreto armado
Estación El Cable	Manizales	1996	Columnas/columnetas y vigas de concreto armado
Casa Agueda Gallardo Villamizar	Pamplona	1996	Vigas de amarre superior de concreto armado
Iglesia de Sabaletas - Nuestra Señora de La Candelaria	Montebello	1997	Vigas de amarre de concreto armado y tirantes metálicos
Capilla Doctrinera de San Isidro de Chíquiza	Chíquiza	1997	Estructura de madera
Capilla Doctrinera Oicatá	Oicatá	1997	Estructura de madera y vigas de amarre de concreto
Casa de Hacienda Hatogrande	Sopó	1999	Armadura metálica (platinas y pernos o barras de acero)
Museo Juan del Corral	Santafé de Antioquia	1999	Estructura metálica
Capilla de San Laureano	Tunja	1999	Pañete estructural
Ermita de San Lázaro	Tunja	1999	Contrafuertes de concreto armado
Capilla Doctrinera Tenjo	Tenjo	1999	Pantallas de concreto armado
Casa del Virrey	Cartago	1999	Pórticos de concreto armado
Iglesia y Convento de la Candelaria	Bogotá	2000	Columnas/columnetas y vigas de concreto armado
Iglesia y Convento de las Aguas	Bogotá	2000	Vigas de amarre superior de concreto armado
Antiguo Hospital de La Misericordia	Calarcá	2001	Vigas de amarre de concreto armado y tirantes metálicos
Capilla Doctrinera	Suesca	2002	Estructura de madera
Casa carrera 9 n.º 11-69-77-79-85-93 - Calle 12 n.º 9-05	Villa de Leyva	2003	Estructura de madera y vigas de amarre de concreto
Casa donde murió Antonio Nariño	Villa de Leyva	2003	Armadura metálica (platinas y pernos o barras de acero)
Convento del Santo Ecce Homo	Sutamarchán	2004	Estructura metálica
Casa donde murió el General Juan José Reyes Patria	Corrales	2005	Pañete estructural
Antiguo Templo Parroquial de Hato Viejo	Bello	2005	Contrafuertes de concreto armado
Casa Histórica de Ventaquemada	Ventaquemada	2006	Pantallas de concreto armado
Convento de Santa Clara	Tunja	2006	Pórticos de concreto armado
Casa Vargas	Paipa	2006	Columnas/columnetas y vigas de concreto armado
Capilla Santa Bárbara	Villavieja	2006	Vigas de amarre superior de concreto armado
Estación de Ferrocarril El Bosque	Medellín	2007	Vigas de amarre de concreto armado y tirantes metálicos
Casa que habitó el Virrey Sámano	Bogotá	2007	Estructura de madera
Casa de Hacienda Cañas Gordas	Cali	2007	Estructura de madera y vigas de amarre de concreto
Inmueble calle 4 n.º 6-26	Zipaquirá	2008	Armadura metálica (platinas y pernos o barras de acero)

Fuente: elaboración propia, a partir de análisis de información planimétrica

Con respecto a la norma colombiana de diseño y construcción sismo resistente, se encuentra que hay 9 proyectos que fueron aprobados antes de la expedición de la NSR-98 y 23 proyectos que se diseñaron en vigencia de la misma. Resulta una constante, la actividad proyectual año tras año para la elaboración de proyectos de intervención que incluyen obras

de reforzamiento estructural, probablemente por tratarse de inmuebles de uso público, ya sea esta su condición original o por consecuencia del cambio de uso en arquitectura habitacional. Es importante señalar que el uso público de un inmueble generalmente conlleva a la intervención integral del mismo y dada su propia condición, la solicitud de la autorización para dicha intervención es la que permite tener registros que sirven de base para investigaciones como esta, a diferencia de las obras menores que probablemente se realizan en inmuebles destinados a vivienda; lo anterior comprensible también por los costos tanto de las obras como de la elaboración de un proyecto de intervención integral.

En cuanto a la localización de los inmuebles, pese a que esta selección no pueda extrapolarse para referirse a una condición general del país, lo que se puede corroborar es que los 32 proyectos de reforzamiento estructural que se identificaron, están localizados en zonas de amenaza sísmica alta o intermedia, correspondientes a los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Antioquia principalmente. Sobre los materiales empleados en el reforzamiento estructural, a partir de la revisión de los proyectos de los 32 inmuebles citados, se puede determinar que son el concreto (77%), el acero (14%) y la madera (9%), los materiales principales que se emplean en la intervención estructural, con un predominio absoluto del concreto u hormigón armado.

La falta de una norma para el estudio e intervención estructural de las edificaciones patrimoniales y específicamente para aquellas construidas con tierra, ha permitido la exploración de diversos sistemas para tratar de dar una respuesta a las solicitudes estructurales de los inmuebles, ya sea para mejorar su comportamiento frente a los sismos o simplemente para garantizar su estabilidad o capacidad de carga generada por ejemplo, por el cambio de uso de la edificación. Con la aparición de la primera normativa sobre construcciones sismo resistentes en Colombia², expedida en 1984, la responsabilidad de los profesionales de la arquitectura y la ingeniería sobre el adecuado comportamiento sísmico de las edificaciones se hizo evidente, y posteriormente con la NSR-98, que incluyó la evaluación de edificaciones construidas antes de la reglamentación, la intervención de los inmuebles patrimoniales pasó de ser una labor puramente de restauradores, para requerir del trabajo interdisciplinar con la ingeniería estructural.

A continuación se presenta un panorama general de los sistemas de consolidación estructural que se han aplicado en Colombia, los cuales para efectos de la presente investigación se han clasificado según su localización con respecto a la estructura existente, así: estructuras internas, estructuras externas, o superficies envolventes.

3.1. Estructuras internas

Como se vio antes, una de las formas más comunes de reforzar las edificaciones construidas con tierra es la adición de estructuras de hormigón armado, ya sean pórticos o únicamente las vigas superiores para generar el amarre de los muros; con menor frecuencia se emplean con este sistema materiales como el acero, la madera o la guadua. Estas intervenciones se clasifican como estructuras internas, porque generalmente tienden a ser construidas estrictamente al interior de los muros existentes, lo que implica la demolición parcial de algunas porciones de muro, ocasionando la pérdida de la estructura original, como se observa en la intervención de la Capilla de Hato Viejo en la Figura 2.

El dimensionamiento de la nueva estructura no sólo tiene un impacto en la conservación de la materialidad del inmueble y en la dificultad de la ejecución de las obras, sino que realmente debe estar diseñada con especial atención y cuidado a la diferencia de rigidez entre el muro de tierra y la nueva estructura, ya que un movimiento diferencial entre las dos, puede ocasionar un mayor daño en la estructura más frágil durante un sismo.



Figura 2. Ejemplo del proceso constructivo de las columnas y vigas de concreto, para reforzar muros de tierra. Fuente: Informe de intervención Capilla de Jesús Nazareno (Marinilla, antioquia), Fundación Ferrocarril de Antioquia

En cuanto a la apariencia estética de la intervención, se puede decir que la preferencia que pueden tener las estructuras internas frente a otros sistemas radica en mantener la apariencia formal del inmueble, ya que no se incrementa ni el espesor de los muros ni aparecen elementos que sobresalgan del plano original. No obstante, los nuevos elementos generan superficies planas y a plomo, que son opuestas a la superficie irregular que por lo general ofrece un muro de tierra antiguo, además de tratarse de intervenciones que definitivamente no se pueden considerar como reversibles, ya alteran completamente la fábrica original de la edificación. La compatibilidad de los materiales, específicamente la relación tierra – cemento, generalmente es uno de los puntos que no se resuelven cuando se proponen estructuras internas de concreto armado. El cemento o el concreto no generan adherencia a las superficies de tierra, por lo cual se deben contemplar elementos o materiales de transición, que permitan la adecuada transmisión de esfuerzos.

3.2. Estructuras externas o complementarias

A diferencia de las anteriores, como su nombre lo indica, se trata de estructuras que se integran desde el exterior del muro original, ya sea que se trate de elementos completamente adosados al plano del muro o de estructuras independientes que complementan el comportamiento estructural del inmueble. La función principal de estas estructuras es contribuir con la transmisión de cargas transversales a la cimentación, como en el caso de los contrafuertes que permiten al muro resistir empujes laterales, que pueden ser ocasionados por ejemplo, por la presión ejercida por la cubierta. Los contrafuertes y las pantallas de concreto generalmente se utilizan para contrarrestar la esbeltez de los muros y la ausencia de tabiques o muros transversales.

Las pantallas son elementos estructurales que se adosan generalmente a una de las caras del muro, en forma de delgadas franjas verticales que contribuyen al reforzamiento de los puntos más vulnerables del inmueble; incluyen sistemas de anclaje para garantizar el comportamiento unitario de los dos sistemas en caso de sismo, como se observa en la Figura 3. El detalle de los sistemas de anclaje, es un punto delicado ya que puede superponerse con juntas entre adobes o tapiales, así como con grietas y fisuras de los muros, por lo que el tipo y dimensión de las perforaciones es relevante para la conservación de la materialidad del muro.

Las estructuras externas al ser menos invasivas que las estructuras internas, conservan en mayor medida la materialidad de los muros de tierra, por lo que su aparición en el campo de la conservación de patrimonio está asociada al concepto de reversibilidad. No obstante, esta condición de “reversibilidad” es parcial, ya que de cualquier manera deben generarse anclajes de la nueva estructura a la estructura original, de forma que se garantice la

adecuada transmisión de esfuerzos.

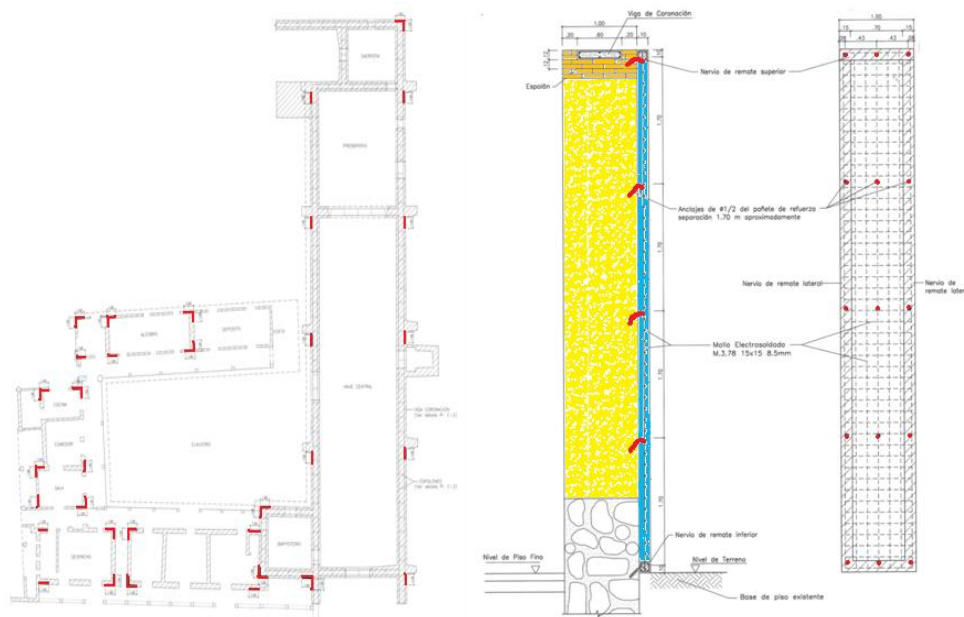


Figura 3. Localización y detalle de anclaje de pantallas de concreto, Templo doctrinero de Oicatá – Boyacá. Fuente: Proyecto de intervención estructural: Arq.-Ing. José Gustavo Martínez (Detalle y planos originales retocados con color)

La construcción de una estructura externa o complementaria supone que el inmueble cuente con el espacio suficiente para su construcción, ya sea hacia el exterior para el caso de contrafuertes o al interior de los espacios como en el caso de pantallas o nuevas estructuras. Esta condición de ocupación espacial de las estructuras externas, implica necesariamente una alteración de la espacialidad del inmueble, lo que puede significar la alteración de sus valores estéticos, por lo que suelen convertirse en intervenciones polémicas y controvertidas por parte de los restauradores.

3.3. Superficies envolventes

Esta es una de las tendencias que se podría considerar más reciente en el campo del reforzamiento estructural, que consiste en la adición de materiales en la superficie de los muros, que permitan mejorar su comportamiento a flexión, de forma que se genere un complemento al sistema estructural existente; todo ello teniendo en cuenta que la tierra resiste principalmente esfuerzos de compresión.

Las superficies envolventes tienen una amplia variedad, dependiendo fundamentalmente del material “estructural” que se adiciona al muro. Se han utilizado retículas de madera, barras de acero, mallas de acero, mallas biaxiales poliméricas (geomalla), tejidos de fibras naturales como el yute, cañas, entre otros, como se observa en la Figura 4. La aplicación de algunos de estos materiales ha surgido de otras disciplinas diferentes a la construcción de inmuebles, como el caso de las geomallas, que tienen su aplicación principal en la construcción de estructuras de contención o pavimentos.

Con el uso de las superficies envolventes se generó el concepto de los llamados “pañetes estructurales”, con la idea de pasar de tener un pañete como material puramente de recubrimiento, para convertirse en un elemento con un comportamiento más cercano al de una pantalla de concreto; generalmente utilizan malla electrosoldada y espesores de mortero de cemento que oscilan entre los 7 cm y los 12 cm aproximadamente, para garantizar el adecuado recubrimiento y trabajo de la malla. Estas estructuras que recubren total o parcialmente la superficie de los muros de tierra, se convierten fácilmente en barreras impermeables, que alteran las propiedades higrométricas de la tierra. Su efecto nocivo es ligeramente menor, cuando la envolvente recubre una sola cara del muro, permitiendo que haya una fluctuación de aire y humedad por la cara contraria; no obstante, para garantizar la

efectividad del reforzamiento, es prácticamente una condición esencial que se instale la malla por las dos caras. Por tanto, la mejor manera de evitar generar tal barrera impermeable y poder instalar el sistema por las dos caras del muro, es utilizando recubrimientos a base de tierra o tierra-cal, teniendo así un material compatible, que tendrá una mejor adherencia y que no conforma una superficie impermeable.



Figura 4. Ejemplos de reforzamiento estructural con superficies envolventes. (Izq.) Detalle pañete estructural, Templo y Claustro de San Agustín – Villa de Leyva. Cálculo estructural: Fernando Barriga del Diestro, 1995. (Der.) Refuerzo de muro de adobe con geomalla, Fuente: Pontificia Universidad Católica del Perú

La aplicación de estos sistemas se imposibilita en el caso de inmuebles con superficies decoradas por pintura mural, altos o bajo relieves, entre otros. Igualmente, cuando se trata de inmuebles medianeros, generar la envolvente por las dos caras del muro no siempre es posible. En el caso de los llamados pañetes estructurales, teniendo en cuenta que el espesor del recubrimiento que se adiciona al muro es considerable (10-12 cm), se debe evaluar su pertinencia en espacios pequeños, en los cuales pueda cambiar ligeramente la percepción de la proporción o forma del lugar.

En cuanto a la conservación del inmueble, un aspecto importante a considerar, es el cambio de la apariencia de la superficie del muro, ya que dependiendo de la ejecución de la obra, se puede transformar completamente el aspecto sinuoso e irregular de un pañete de tierra por una superficie lisa y plomada. En cuanto a la reversibilidad del sistema se puede plantear que el retiro de un recubrimiento o pañete siempre es posible de realizar, sin embargo, se debe tener en cuenta que para unir o cocer las dos caras del muro, se realizan necesariamente perforaciones y se instala algún tipo de conector que pasa por la masa del muro.

4. ¿PRESERVAR LA ESTÉTICA O LA MATERIALIDAD?

A lo largo del desarrollo de esta investigación se pudo constatar que la consolidación estructural de las edificaciones patrimoniales es una actividad que ha estado en debate permanente, el cual tiene como interrogante principal el decidir qué tipo de refuerzo se implementa, en función de la preservación de la estética o la materialidad del inmueble. Sin duda alguna, esta decisión debe estar asociada a la valoración del inmueble, para la cual debe conocerse en profundidad la historia constructiva de la edificación, sus transformaciones en el tiempo, la calidad de los materiales y las técnicas de construcción presentes. En algunos casos, el mayor valor del inmueble puede estar asociado directamente a las técnicas constructivas, como reflejo de la evolución de una cultura o región, pero como se ha dicho, es una condición que solo puede determinarse con el estudio y valoración del inmueble.

Siguiendo la clasificación de los tipos de reforzamiento estructural que se han definido con el presente trabajo, se reconoce que la dicotomía entre la conservación de la estética o la materialidad surge principalmente por el impacto que tienen las estructuras internas o externas, respectivamente. De esta manera, para enriquecer el análisis de los tipos de reforzamiento estructural que se han realizado en Colombia y hacer referencia a la temática aquí planteada, se seleccionaron 4 proyectos de intervención de bienes de interés cultural del ámbito nacional. Cada uno de estos proyectos es un caso representativo tanto por el tipo de reforzamiento como por el material utilizado, así: la Capilla de Jesús Nazareno (Marinilla, Antioquia) y el Templo de Hato Viejo (Bello, Antioquia), proyectos desarrollados por la Fundación Ferrocarril de Antioquia, son un ejemplo del uso de estructuras de concreto armado internas y externas, respectivamente; la Casa del Virrey Sámano (Bogotá, D.C.) y la Hacienda Cañasgordas (Cali, Valle del Cauca), permiten un acercamiento al uso de estructuras complementarias externas, con una situación diferente en cuanto al diseño y material de la estructura propuesta, madera o metal.

Todo este análisis permitió reconocer que el impacto de sismos con un escenario de daño importante, como el de Popayán en el año 1983, no sólo movilizaron la comunidad académica y profesional para la elaboración de una norma de sismo resistencia, sino que desencadenaron un nuevo pensamiento colectivo, sobre la necesidad de diseñar las construcciones para resistir las cargas impuestas por los sismos y en ese mismo sentido, consolidar o reforzar las estructuras existentes. Un código cada vez más exigente, acompañado de un desconocimiento cada vez mayor de la arquitectura de tierra y su comportamiento estructural, ha conducido no sólo a desechar normativamente la tierra como material de construcción, sino a introducir a la fuerza otros sistemas estructurales que puedan ser fácilmente calculados y verificados con la norma y los programas de computador para el análisis de estructuras. Sin duda, la elaboración de la norma para el reforzamiento estructural y la consolidación de un inventario de arquitectura de tierra en Colombia supone un enorme trabajo, por lo cual es fundamental lograr la sinergia de los diferentes actores llamados a intervenir en la realidad del país, ojalá como medida de prevención y no como medida de emergencia ocasionada por la ocurrencia de un sismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2010). Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Bogotá: AIS.

González-Varas, I. (2003). Conservación de bienes culturales. Teoría, historia, principios y normas. Madrid, España: Ediciones Cátedra.

Notas

(1) Este artículo es producto de la tesis elaborada por la autora para obtener el título de Magíster en Conservación del Patrimonio Cultural Inmueble (2012), de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, bajo la dirección del arquitecto Germán Téllez García.

(2) Decreto 1400 del 7 de junio de 1984 "Por el cual se adopta el Código Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes".

Currículo

Jenny Astrid Vargas Sánchez, arquitecta y magíster en Conservación de Patrimonio cultural Inmueble de la Universidad Nacional de Colombia, DSA en Arquitectura de Tierra de la Escuela Nacional Superior de Arquitectura de Grenoble – CRATerre. Realiza actividades de investigación, consultoría y formación sobre conservación del patrimonio y construcción con tierra. Es miembro del grupo de investigación sobre arquitectura en tierra de la Universidad Nacional de Colombia, del ICOMOS Colombia y de la Cátedra UNESCO Arquitectura de Tierra.