

Aproximación a la patología del Antiguo Convento San Francisco de la ciudad de Tunja

Walter Parada

Arquitecto. Especialista en estructuras.

Consultor particular.

E-mail: albaeugenia21@hotmail.com

Recibido: 19 de septiembre de 2013 Aprobado: 10 de diciembre de 2013

Artículo de investigación elaborado por el autor.

Resumen

Este artículo presenta parte de los resultados del trabajo de investigación titulado "Aproximación a la patología del Antiguo Convento San Francisco de la ciudad de Tunja". El proyecto se enfocó en establecer las ventajas y desventajas de los materiales usados en las construcciones antiguas y las problemáticas que se presentan en la actualidad de acuerdo a las patologías encontradas y normas de sismo-resistencia. El estudio busca determinar los estados de riesgo de las edificaciones con antecedentes históricos en la ciudad de Tunja, específicamente el Antiguo Convento San Francisco con aproximadamente 443 años de uso. Para la evaluación del estado de la estructura no se usó una metodología específica, sino por el contrario, se estableció un estudio de acuerdo con cuatro elementos: estructurales, arquitectónicos, instalaciones y contenidos.

Palabras Claves : Convento de San Francisco, patología, restauración, vulnerabilidad sísmica.

Abstract

This article presents part of the results of research work entitled "Approach to the pathology of San Francisco Convent of Tunja." The project focused on establishing the advantages and disadvantages of the materials used in the old buildings and the problems that arise at present according to the standards of seismic resistance. The study determines the hazardous situation of buildings with historical background on the city of Tunja, specifically the San Francisco Convent with about 443 years of use. To evaluate the condition of the structure, no specific methodology was used, but rather a study was established according to four elements: structural, architectural, facilities and content.

Key words: San Francisco Convent, pathology, restoration, seismic vulnerability.

I. INTRODUCCIÓN

En Colombia, en la Ciudad de Popayán en marzo del año 1983, "la ciudad sufrió un sismo de magnitud 5.5 en la escala de Richter y variaciones de grados VI y IX en la escala modificada de Mercalli; su epicentro fue localizado a 46 km. al suroeste y el hipocentro a unos 4,000 m. de profundidad y su duración fue de 18 segundos. La cifra de muertos se calcula en trescientos y más de diez mil personas quedaron sin techo, amplias zonas del sector histórico construido en adobe y tapia se vio afectado, los edificios públicos y gran parte de las iglesias construidas en los tiempos de la colonia fueron averiados. La cúpula de la Catedral se desplomó y allí perecieron 90 personas que esperaban el inicio de los oficios religiosos del día". (Aragón, 1536-1936) a raíz del sismo ocurrido se realizaron estudios de vulnerabilidad sísmica a las estructuras patrimoniales existentes en dicha ciudad. Estos estudios arrojaron datos claves para el reforzamiento puntual de construcciones, que no ofrecían seguridad de vida a

las personas que se hallaban dentro de estos establecimientos.

En el departamento de Boyacá, hasta el momento no se conoce que existan estudios que determinen el riesgo en el que se encuentran dichas estructuras. De ellas hay numerosas edificaciones con un alto grado de valor patrimonial. La mayoría están construidas con técnicas antiguas, que carecen de estudios de vulnerabilidad ante eventos naturales. En ellas se reúnen grandes grupos de personas que en caso de un sismo, existiría gran probabilidad de fatalidad a causa del colapso de la construcción, que no poseen refuerzo que cumplan con un nivel de seguridad de vida. Esta característica es descrita para todas las estructuras en la NSR-10.

La ciudad de Tunja posee una población de 154.096 habitantes y en ella se encuentra una gran cantidad de estructuras con estas características. En el centro histórico de esta ciudad aproximadamente un 90% de sus construcciones son de bienes de interés cultural. Por lo tanto, es alto el nivel de peligro que tienen los ciudadanos y turistas al visitarlas.

Como ejemplo específico se desea tomar una estructura que ha sufrido grandes daños al transcurrir del tiempo, como lo es el antiguo convento de San Francisco, que se encuentra en la carrera 10 y la calle 21a y que tiene dos entradas principales que colindan con estas vías de la ciudad. Esta edificación tiene un uso frecuente por parte de la ciudadanía, pues es utilizada para realizar ceremonias religiosas por parte de la comunidad católica, con una asistencia cercana a 400 personas.

Este claustro se construyó aproximadamente en el año 1570, es decir que tiene aproximadamente 443 años de uso, ya que en su proceso constructivo tardaron varios años, a la fecha no se conoce ningún tipo de refuerzo a la estructura. Esta construcción tiene aproximadamente 2000 m² construidos, la configuración de la planta del claustro está constituida por una nave que se extiende a

lo largo del templo, acompañada de dos alas que se localizan en sus extremos laterales y un ábside semicircular situado en el extremo opuesto de la entrada principal. En el interior de la construcción se encuentra una configuración en peristillo con arcos de medio punto que soportan la cubierta.

Este tipo de construcciones se conforman por muros de tapia pisada y adobe, esta edificación posee muros con un espesor aproximado entre 80 cm. y 1 m., los cuales presentan grandes agrietamientos y desgaste en los acabados por el transcurrir del tiempo. Las grietas demuestran fallas que posiblemente puedan causar a futuro grandes problemas estructurales y patológicos. Además, son muros que aportan a su estructura mucho peso y que causan que su cortante basal sea bastante grande, por el método constructivo y por la antigüedad que tienen son muy susceptibles y podrían sufrir un gran daño ante movimientos telúricos.

La cubierta está soportada sobre peristillos circulares de grandes dimensiones, debido a que no existe un estudio de vulnerabilidad sísmica aplicado a esta construcción, no se puede determinar la resistencia de estos elementos ante movimientos horizontales, la cubierta está conformada por un diseño a dos aguas con una pendiente de 45°, los materiales usados fueron teja de barro que descansa en una superficie de un material sobre una capa de caña brava. La configuración de estos elementos genera estimaciones muy altas de carga muerta que aumentan el riesgo del colapso de la estructura. En algunos sectores del claustro se han caído tramos considerables de la cubierta que por el uso y el transcurrir del tiempo se han venido deteriorando perdiendo su calidad y han empezado a ceder.

Los elementos que constituyen la estructura de la cubierta como “pares, sobre pares, nudillos y canes” están conformados por madera de grandes dimensiones. Según personal que lleva mucho tiempo viviendo en el lugar se afirma que a esta madera no se le ha reali-



zado ningún tipo de mantenimiento para que la vida útil de la estructura continúe, siendo la madera muy susceptible a desgaste por las condiciones naturales.

En el costado suroccidental se construyó una edificación de doce (12) pisos, “Hotel Hunza”, para llevar a cabo este proyecto se tuvo que demoler parte de la estructura del antiguo convento, dejando los muros sin la continuidad que tenían. Posiblemente el edificio hizo que se presentaran asentamientos y por lo tanto las grietas que tienen los muros del antiguo convento se acentuaran aún más.

Se considera que por la falta de cuidado y mantenimiento del lugar, es posible que se generen humedades las cuales pueden deteriorar los muros y demás componentes estructurales, que con el tiempo pueden sufrir daños que no permitan su uso. Otra consecuencia de la falta de mantenimiento es la caída de cubiertas y entrepisos. Por esta razón hay una alta probabilidad que ocurran accidentes en el caso de que se sigan presentando daños a la edificación.

II. METODOLOGÍA

No existe un único y determinado método para realizar la evaluación de patologías y vulnerabilidad sísmica de una estructura, sino que éste se basa en lineamientos generales que se van detallando de acuerdo a la misma y su condición lo van requiriendo. No todas presentan exactamente el mismo tipo de daño ni requieren el mismo procedimiento para su evaluación y rehabilitación.

Para cuantificar el daño, es importante identificar previamente los sistemas que se encuentran expuestos dentro de una estructura, éstos se pueden agrupar en cuatro grandes clases de elementos: (Bonett Díaz, 2003).¹

¹ “El daño estructural es el grado de degradación o destrucción causado por un fenómeno peligroso sobre las personas, los bienes, los sistemas de prestación de servicios y los sistemas naturales o sociales. Desde el punto de vista estructural, generalmente se relaciona con deformaciones irreversibles (inelásticas), por lo tanto, cualquier variable de daño debe ser preferiblemente referida a una cierta cantidad de información”. (Bonett Díaz, 2003, p. 19).

A. Elementos estructurales

Son los elementos que componen los sistemas resistentes de cargas verticales (gravitatorias) y cargas laterales.

B. Elementos arquitectónicos

Hace referencia a diferentes elementos como: muros divisorios, ventanales, revestimientos, entre otros, los cuales generalmente son utilizados para la división, aprovechamientos de espacios en las construcciones y aspectos relacionados con la estética de la edificación. En realidad, aunque su diseño, distribución y construcción no se relacionan con el sistema estructural, no pueden ser ignorados ya que su interacción con el sistema estructural es importante.

C. Instalaciones

Se trata de todos aquellos elementos que suministran servicios, entre ellos se puede encontrar: tuberías de agua, redes eléctricas, alcantarillado, conducciones de gas y otros que se encuentren en el lugar.

D. Contenidos

Son objetos que podemos encontrar en el edificio y que no hacen parte de ningunos de los anteriores componentes, como ejemplo maquinarias, equipos, mobiliario, artículos de decoración, entre otros.

La metodología a usar se basa en la adquisición de conocimiento determinista, en el cual el estado de la estructura se evalúa de acuerdo con las características analizadas en campo por medio de una o varias visitas de inspección de edificaciones, el paso inicial para ello es generalmente una inspección de la misma. Dependiendo de la circunstancia que haya causado la realización de la inspección a un inmueble, se hará necesario desarrollar a

menor o mayor profundidad una evaluación que permita comprender la naturaleza de las afectaciones. La observación y análisis permiten determinar las causas de las manifestaciones de daño que pocas veces se encuentran de manera evidente y las más cuando se trata de una combinación de circunstancias; surge entonces la necesidad de realizar distintos tipos de inspecciones de acuerdo a la necesidad que se tenga para evaluar la prevención o el daño. Esta es una metodología que solo las condiciones propias del inmueble en consideración puede definir la prevalencia de una o varias de ellas. De acuerdo con el alcance que se desee señalar en una investigación, podemos distinguir las siguientes clases de inspección: inspección preliminar, inspección detallada, inspección especial e inspección rutinaria o de mantenimiento.

De acuerdo con los datos de la investigación documental, el primer paso de la evaluación de una edificación será la recopilación de toda la información escrita, dibujada o esquematizada relativa al proyecto o ejecución de la construcción. Se incluye dentro de los documentos, el diseño arquitectónico, el estudio geotécnico o de suelos, el proyecto estructural, memoria de los cálculos, libro de obra, registros de interventoría, etc. sin descartar los antecedentes que puedan existir, inclusive sobre comportamiento de las edificaciones aledañas. Se deben conocer hasta donde ello sea posible, los datos de la fecha de construcción, en caso de que sea aplicable, la licencia de construcción y planos o documentos de reformas, materiales, procesos constructivos, etc. En algunos casos las fotografías de las obras o del sector permiten conocer las modificaciones que a lo largo del tiempo se han llevado a cabo. Con las memorias del análisis y diseño estructural, se logra conocer las cargas de diseño, parámetros de los materiales, métodos de análisis y cálculo, sistema estructural de resistencia y normas o códigos vigentes para la fecha de construcción.

Para esta investigación es necesario tomar como referencia documentos relacionados

con la historia del lugar, usos de la edificación a lo largo del tiempo, fecha de construcción e intervenciones realizadas y cambios a la estructura inicial de la misma, teniendo en cuenta toda la información suministrada por la comunidad; sin embargo, a continuación se relacionan algunas actividades recomendadas para llevar a cabo el estudio y que se basan en las siguientes actividades: sintomatología, inspección preliminar y estudio de caso.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

El trabajo cumplió con varias etapas para lograr el objetivo de obtener los datos acerca de las patologías que afectan al convento de San Francisco en la ciudad de Tunja. La secuencia fue la siguiente:

A. Sintomatología

Se realizó una visita inicial para identificar los principales daños o deterioros en la estructura e identificar la sintomatología general. Se identificaron deterioros en los muros y acabados usados en la fachada y generalizados en toda la edificación. Se encontraron daños considerables en las placas de entrepiso y en el sistema de cubierta, humedades debidas al deterioro del sistema de evacuación de aguas lluvias, fisuras y agrietamientos en los muros. En general la estructura presenta mal aspecto en cuanto a funcionalidad y genera una sensación de inseguridad debido a la abundancia de agentes biológicos y material vegetal que se encuentra dentro y fuera de la edificación, además de los deterioros ya mencionados.

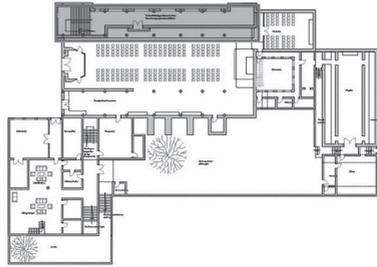
B. Inspección preliminar

1) Tipología existente. El sistema estructural encontrado fue muros de carga construidos en adobe y tapia pisada, con entrepisos en madera y cubiertas diseñadas a dos aguas con teja de barro que reposan sobre una estructura en madera y una gran cantidad de masa debido a las dimensiones de los elementos.



2) Investigación documental. Aunque se llevó a cabo una laboriosa investigación en cuanto a la documentación y registros que podrían dar cuenta del diseño estructural y el tipo de cimentación inicial de la edificación o de hechos importantes durante su construcción, no se encontró ningún documento. De lo anterior solo queda realizar los diferentes ensayos para determinar con precisión el sistema estructural y las características de los materiales utilizados.

**TABLA I
EXAMEN VISUAL DE DEFECTOS**



DETALLE 1

DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES



En la imagen se percibe que retiraron la cubierta posiblemente por prevención de colapso, esta fue sustituida por teja de zinc, la cual presenta filtraciones de agua lluvia causando manchas y humedad sobre el muro y el entrepiso en madera. Además de estos la escorrentía de agua afecta los marcos de las ventanas causando oxidación.

DETALLE 2

DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES



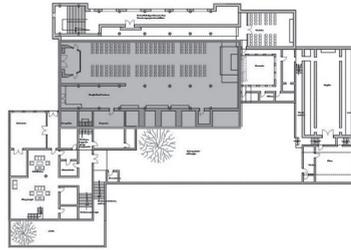
En la imagen se observa presencia de manchas a causa de la filtración de agua lluvia.

DETALLE 3

DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES



Colapso del entrepiso causado por la debilitación de la madera de la cual se desconoce su tipo por su antigüedad, pero que es notable la presencia de humedad por el agua lluvia y se destaca el crecimiento de agentes biológicos.



DETALLE 1

DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES



Se observan manchas.

DETALLE 2

DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES



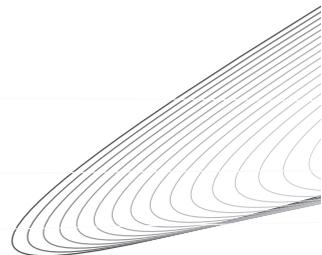
En la imagen se nota la caída del cielo raso causado por la humedad que presenta la estructura del cielo raso y posiblemente agentes biológicos de debilitan la densidad de la madera.

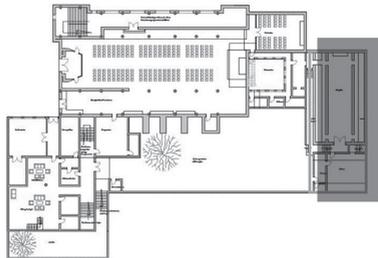
DETALLE 3

DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES



Riesgo de caída del cielo raso por causa de la humedad.



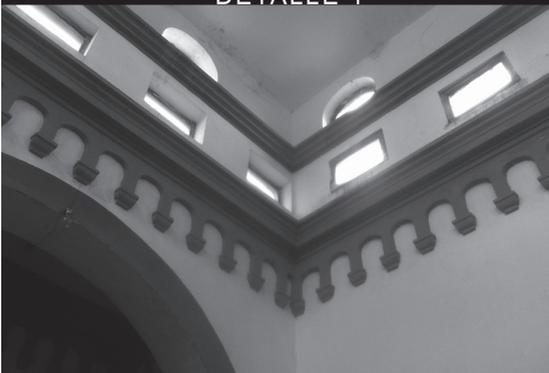


DETALLE 1



DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES

Presencia de humedad en el cielo raso debido a la absorción de agua, debido a que se presenta filtración entre la cubierta.



DETALLE 2

DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES

La cubierta fue retirada por el riesgo de colapso que presentaba y fue sustituida por una cubierta provisional en teja de zinc sostenida en parales de madera, pero la mal posición de la cubierta genera filtración de agua y produce la humedad en muros y en la estructura causando posiblemente corrosión en varillas.



DETALLE 3

DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES

Por el exceso de humedad en el cielo raso se produjo la caída del cielo raso y está causando manchas en los muros.



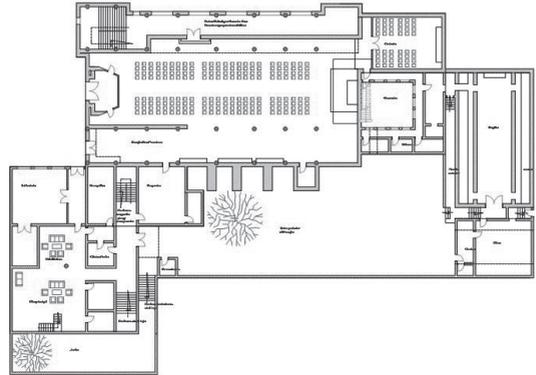
3) Normativa entonces aplicada. En la época de la colonización las edificaciones se regían bajo la ley de indias, las construcciones religiosas por lo general se basaban en un mismo diseño el cual era una nave central acompañada de dos alas laterales y éstas se construían con materiales de la región como adobe y tapia pisada.

4) Materiales encontrados. Se encontró que la estructura cuenta con muros de carga en adobe y tapia pisada, entresijos y cielo raso en madera bastante deteriorados.

5) Condiciones geotécnicas. De la inspección realizada se determinó que el suelo es predominantemente limo arcilloso y que la humedad presente en la superficie es muy alto. Se podría decir con estos pocos parámetros iniciales que son suelos arcillosos de baja plasticidad y que en apariencia preliminar no son expansivos. Se entiende que es necesaria la realización de un estudio de suelos detalla-

do para evaluar la capacidad del suelo frente a una posible remodelación y reforzamiento de la edificación.

6) Planos del proyecto. Como ya se dijo anteriormente se realizó un levantamiento preliminar y luego uno detallado de la arquitectura de la edificación.



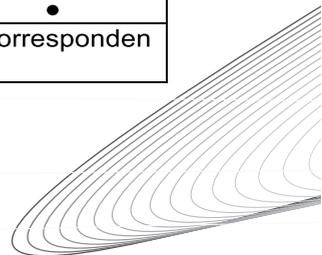
Inventario de elementos propensos al daño. “El estudio de la respuesta de los diferentes elementos de una estructura (estructurales o no estructurales) expuestos a la acción sísmica, ha permitido establecer las principales variables o parámetros que condicionan al daño. De esta forma se ha identificado que los componentes estructurales son sensibles a la deriva entre piso, mientras que los componentes no estructurales pueden dividirse en dos grupos: 1) Elementos sensibles a la deriva entre piso y 2) elementos sensibles a la aceleración. En la Tabla II se muestra la sensibilidad de algunos elementos no estructurales”. (Bonett Díaz, 2003).

**TABLA II
EJEMPLOS DE COMPONENTES NO ESTRUCTURALES Y CONTENIDOS DE ESTRUCTURAS**

Tipo	Ítem	Sensible a la deriva	Sensible a la aceleración
Arquitectónico	Particiones	●	○
	Parapetos		●
	Paneles exteriores	●	○
	Ornamentos		●
Mecánico y eléctrico	Mecanismos generales		●
	Sistemas de tuberías	○	●
	Electricidad en general	○	●
Contenido	Archivadores		●
	Equipo de oficina		●
	Equipos informáticos		●
	Equipo no permanente		●
	Objetos de arte y de valor		●
Los puntos sólidos indican la primera causa de daño, mientras que los vacíos corresponden a la causa secundaria.			

Fuente: Bonett Díaz, 2003

!



IV. MÉTODOS DE RESTAURACIÓN

Los métodos de restauración hacen referencia a todas aquellas acciones aplicadas a un bien individual, con el objetivo de mejorar su apariencia, estado y función, a su vez dar mayor integridad y prolongar su vida útil. Estas acciones sólo se realizan cuando el bien ha perdido parte de su consistencia o no cumple su función debido a alteraciones o deterioros pasados. La restauración se basa principalmente en el respeto del material original, sin embargo en la mayoría de los casos, estas acciones modifican el aspecto inicial y en algunos casos es necesario reemplazarlo por uno que garantice mayor resistencia.

Las intervenciones aquí propuestas tienen como propósito la reducción de la vulnerabilidad de la edificación, pero en particular, el objetivo es proteger la vida de los ocupantes ante un accidente por colapso de la estructura o materiales que se desprendan de ella y prolongar la resistencia de la edificación ante un evento sísmico, por esta razón es recomendable realizar todas aquellas acciones preventivas y de mantenimiento que en conjunto puedan hacer la edificación más segura.

A. Reparación de cubierta

La cubierta debe reconstruirse utilizando elementos de madera o guadua que estén en buen estado y debidamente inmunizados, es necesario alivianar el peso de la estructura de techumbre en el caso de la teja de arcilla, eliminar el revoque de barro, los listones deteriorados y el adobe de relleno del interior del tabique, dejando sólo el esqueleto estructural de madera en la construcción. Se debe generar un adecuado arriostamiento en la estructura de la cubierta, para mejorar

el comportamiento ante las cargas verticales y horizontales y después se evalúa el reforzamiento y reemplazo de las piezas estructurales de madera en mal estado. Se puede utilizar teja de barro sobre una capa de papel asfáltico para separar la teja de la madera. Las tejas deben estar adecuadamente amarradas para impedir el deslizamiento de las mismas durante un terremoto.

B. Reparación de estructuras de madera

Los daños producidos por los xilófagos² siempre conducen a la pérdida de la sección original, en el caso de hongos o de insectos, los daños son evidentes y en el caso de las termitas pueden existir grandes destrozos en el interior de la madera y quedan totalmente ocultos en su superficie. Los puntos más proclives a padecer ataques de termitas son las cabezas de vigas empotradas en fachadas sometidas a lluvias, umbrales de balcones, elementos de cubierta mal mantenidos, buhardillas abiertas en tejados y especialmente soleras y estribos de armaduras de cubierta situadas en la zona en donde va a parar el agua de posibles goteras de las cubiertas. Una vez localizados los daños por cualesquiera tipos de xilófagos, se procederá a analizar la función de cada elemento dañado en el conjunto estructural del que forme parte para ver como afecta a su resistencia la merma de sección sufrida en dicho conjunto, puede darse el caso que la pérdida del material no afecte a su resistencia, esto es frecuente en el caso de las cabezas de vigas en ciertas luces, dado que la sección necesaria para resistir el momento flector en el centro del vano puede llegar a ser doble o incluso triple que la necesaria para absorber el esfuerzo cortante en el apoyo. En el caso de que la pérdida de sección sufrida invalide al elemento dañado para cumplir la función estructural que tiene asignada en el conjunto, en principio caben dos soluciones bien diferentes, la sustitución o la reparación.

Puede parecer complicado realizar la reparación de un elemento de madera dañado, normalmente se puede llevar a cabo sin grandes complicaciones y por más de un procedimien-

² El término xilófago es usado para describir organismos cuya dieta está basada principalmente en madera y que pueden llegar a causar patologías en las estructuras de edificaciones.

to, uno de ellos consiste en utilizar resinas de tipo epóxico, mezcladas con una carga inerte, por ejemplo arena de sílice, para recomponer la sección dañada, las características mecánicas de esta mezcla se aproximan mucho a las de madera, sin que suponga merma de resistencia del conjunto, para garantizar una perfecta unión de la prótesis realizada con la pieza a reparar, se utilizan varillas de fibra de vidrio o de acero corrugado, totalmente libre de óxido, que han de introducirse en orificios practicados previamente en la madera con la holgura suficiente para que la resina pueda rellenar totalmente el espacio dejado entre varilla y el taladro, a fin de garantizar una perfecta adherencia entre los dos materiales. (Nuere, 2007).

C. Reforzamiento de muros en adobe y tapia pisada.

1) Rehabilitación con malla de acero y mortero de arena y cal.

Consiste en instalar mallas con vena por franjas horizontales y verticales (simulando franjas verticales y horizontales confinadas) en las zonas críticas de los muros principales de la construcción. Los tramos de malla se instalan en la cara interna y externa del muro en forma simultánea. Las mallas de las dos caras se interconectan con alambrones de 8 mm colocado en orificios previamente perforados los cuales se rellenan con mortero de cal y arena. El amarre del alambrón y la malla se realiza únicamente en las venas de la malla. Los alambrones van espaciados cada 20 cm. en promedio en las dos direcciones. Posteriormente la malla se recubre con mortero de cal y arena.

Cuando se trate de muros en tapia pisada, los orificios de los mechinales deben rellenarse con una matriz de mortero de cal, arena y roca, ladrillos o adobes. Para lograr un mejor llenado se recomienda clavar una cuña de madera en el orificio apenas unos minutos después de haberlo llenado. (Presidencia de la República)

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

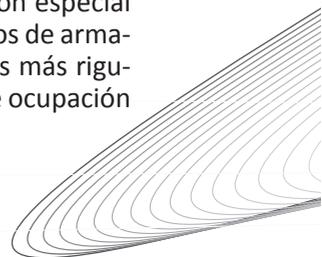
Como resultado de la investigación se encontró que existen diversos sectores de cubiertas que han colapsado y otros que están a punto de fallar. Posiblemente este fenómeno se presenta por la filtración de agua en la cubierta y a través del sistema estructural de madera que la soporta. Los factores que han afectado directamente la cubierta son la falta de mantenimiento y prevención, la antigüedad y los movimientos sísmicos que generan pequeños espacios entre las tejas de barro. La humedad crea porosidades que favorecen la reproducción de xilófagos, insectos y otros agentes biológicos que contribuyen al deterioro de la madera, generando la reducción de su resistencia y en muchos casos ocasionando el derrumbe de la cubierta.

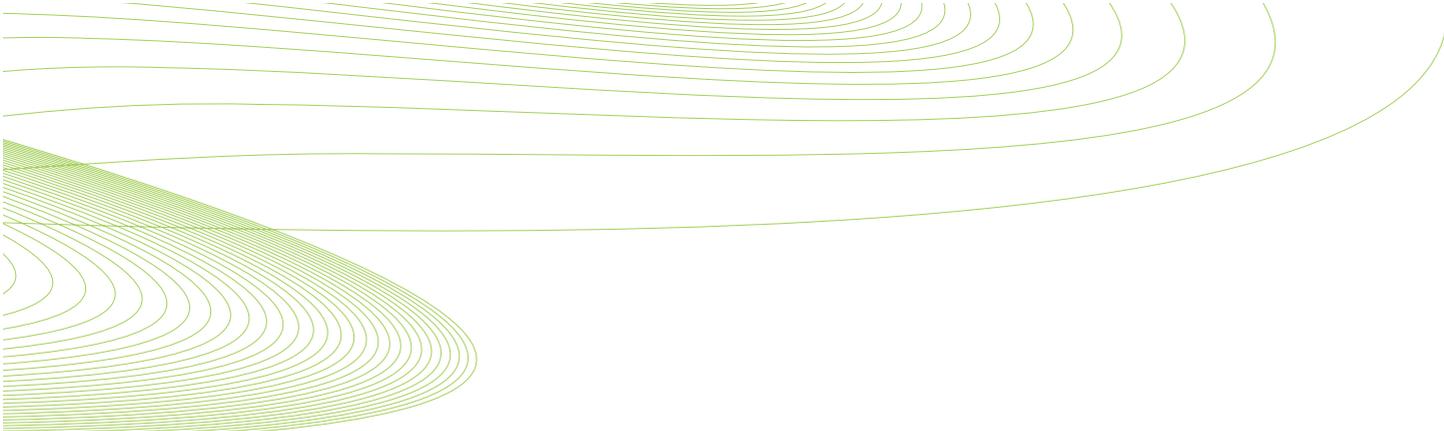
En las paredes se aprecian manchas a causa de la entrada de agua debido a que los muros por ser de tapia pisada y adobe están elaborados en tierra y otros elementos que al estar en contacto con el agua se diluyen fluyendo sobre las paredes. Esto además de ser un problema estético debilita el muro, el cual es el mismo soporte estructural de la construcción.

En algunos sectores de la construcción se presentan agentes biológicos como: insectos, xilófagos, hongos, roedores y desechos orgánicos de estos animales, los cuales están afectando la calidad de los materiales y generando la pérdida en su consistencia, esto crea una falta de atención por su apariencia que conlleva al descuido y abandono del lugar.

Según la inspección visual realizada y el levantamiento arquitectónico es posible que el sistema estructural por ser en muros de carga construidos en adobe y tapia pisada con bastantes años de uso y que no se conservan en buenas condiciones, no son lo suficientemente rígidos para disipar la energía introducida durante un sismo.

Debido a que esta edificación es un lugar en el que se pueden reunir más de 200 personas, se convierte en una edificación especial por lo tanto debe cumplir requisitos de armado en sus elementos estructurales más rigurosos que los de una estructura de ocupación normal





VI. CONCLUSIONES

Es claro que las edificaciones de adobe y tapia pisada poseen una baja resistencia a la tracción, poca restricción en los extremos superiores de los muros y pérdida de apoyo de los elementos de cubierta, deficiencias que se hacen más vulnerables ante la presencia de cargas sísmicas y ante el deterioro de los materiales.

En la edificación se han realizado cambios estructurales a lo largo del tiempo, las zonas que más se ven afectadas ante sismos y por lo tanto, generan el mecanismo de falla predominante, son las esquinas inferiores de los muros, las esquinas de puertas y ventanas y la parte superior de muros donde se apoya la cubierta. Debido a que es una construcción con más de 400 años de uso y que se encuentra emplazada en una zona de amenaza sísmica media, se convierte en una edificación con alto grado de peligro ante un evento natural, razón por la cual es necesario realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica donde se muestre la resistencia de la estructura y se proponga un reforzamiento que cumpla con los requisitos mínimos de la NSR 10.

Las alternativas de rehabilitación propuestas conforman una serie de recomendaciones que tienen como objetivo, disminuir el riesgo sísmico al que están sometidas las edificaciones de adobe y tapia pisada. Se pretende en lo posible evitar la ocurrencia del colapso de la edificación durante el evento sísmico o en lo posible retardar dicho colapso para permitir la salida de los ocupantes y evitar con esto la pérdida de vidas humanas, además disminuir los efectos negativos que puedan afectar la edificación y causar daños a los elementos no estructurales. Por otro lado, también debe advertirse que las medidas propuestas están dirigidas a la rehabilitación de estructuras existentes y no a la construcción de nuevas estructuras.

Es necesario mantener la flexibilidad en los entramados de madera de nuestros edificios, procurando no hacer encuentros hiperestáticos donde hay simples apoyos, cosa que vemos habitualmente en rehabilitación cuando se sustituye la madera por acero y se empotran las viguetas a las carreras con gruesos cordones de soldadura o cuando se utilizan dados de hormigón o retacados que sujetan en exceso la base de los pies derechos en vez de realizar los encuentros tradicionales mediante bulones o espigas de madera.

REFERENCIAS

Aragón, A. (1536-1936). *Fastos Payaneses*. Bogotá: Imprenta Nacional.

Bautista, P. (2008). Validación de las funciones de vulnerabilidad sísmica simuladas para mampostería. Página 48. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas.

Bonett, R. (2003). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.

García, L. (2011). Informe preliminar en patologías estructurales. EPS Departamento de Ingeniería de la Construcción. Alicante, España: Escuela Politécnica Superior. Universidad de Alicante.

Muñoz, H. (Noviembre de 2001). Evaluación de patologías en estructuras de concreto. Evaluación y diagnóstico de las estructuras en concreto, *Asocreto*, (págs. 2-10). Bogotá.

Nuere, E. (2007). *Madera en restauración y rehabilitación*. Presidencia de la República. (s.f.). Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada. (A. C. AIS, Ed.) Colombia.

