

LA PROBLEMATICA DE LA CONSERVACION DE EDIFICIOS HISTORICOS DE MAMPOSTERIA
TECNICAS CONSTRUCTIVAS Y CODIGOS UTILIZADOS EN ANTIGUA GUATEMALA

MARCO TULLIO ORDOÑEZ CASTELLANOS

CONSEJO NACIONAL PARA LA PROTECCION DE LA ANTIGUA GUATEMALA

ABSTRACT

This paper points out the problems involved in the preservation of the Monumental Site of La Antigua Guatemala, which is located on a high seismic area. It also analyzes the traditional materials and construction methods, the current damages caused by earthquakes in masonry historic building and the restoration technics that are being used by de National Council for the Preservation of La Antigua Guatemala.

ABSTRACT

El presente documento plantea los problemas que conlleva la conservación del Conjunto Monumental de Antigua Guatemala, situada en un área de alta sismicidad. Se analizan los materiales y técnicas constructivas tradicionales, las fallas más frecuentes causadas por los terremotos en edificios históricos de mampostería y los procedimientos de restauración que se están llevando a cabo por parte del Consejo Nacional para la Protección de la Antigua Guatemala.

1. Antigua Guatemala: su importancia histórica, arquitectónica y artística

Antigua Guatemala, fundada en 1543 en el Valle de Panchoy, fue conocida inicialmente como Santiago de los Caballeros de Guatemala. Fue la segunda capital de Centro América durante doscientos treinta años. En 1773, en el apogeo de su desarrollo, la ciudad de Antigua Guatemala fue destruída por un terremoto de gran magnitud. A raíz de esto, y por orden del Rey de España, la ciudad fue evacuada y se trasladó a otro valle, ubicado a 46 Km., en donde se fundó la Nueva - Guatemala. Desde entonces se le conoce a la vieja ciudad como La Antigua Guatemala.⁽¹⁾

El hecho de que la ciudad fuera abandonada ayudó a que, a pesar del tiempo transcurrido desde su abandono, esta conservara su fisonomía original con calles empedradas, amplias plazas y majestuosos edificios entre conventos, iglesias y palacios. Muchos de ellos se encuentran en ruínas a causa de periódicos movimientos sísmicos. Su valor histórico, cultural y artístico radica en que mantiene ciertas características muy especiales ya que es un ejemplo de una ciudad del siglo XVI con su trazo urbano típicamente renacentista; su arquitectura, predominantemente barroca, es un ejemplo de los siglos XVII, XVIII y XIX que constituye el testimonio de un pasado que parece haberse detenido en el transcurso del tiempo.

Sólo en el área del casco histórico de la ciudad existen más de 50 monumentos de primer orden entre iglesias, conventos y palacios. Su riqueza en lo referente a arquitectura doméstica, así como en cuanto a pintura e imaginería es incalculable, lo que la hace un centro cultural e histórico de mucha importancia.

En 1965 Antigua fue declarada por la Asamblea General del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Ciudad Monumento de América y desde 1979 forma parte del listado de Patrimonio Mundial de UNESCO.

En 1969 el Congreso de la República de Guatemala emitió una Ley Protec-

tora de Antigua, creando a su vez al Consejo Nacional para la Protección de la Antigua Guatemala (CNPAG), como entidad técnica encargada de velar por el rescate y conservación de la ciudad como centro histórico y artístico, declarándola área de conservación. Desde entonces un equipo, profesional y técnico, se dedica oficialmente a la delicada y enorme tarea de salvar Antigua para la posteridad.

2. Antigua: su problemática como Centro de Conservación en un área altamente sísmica

La conservación de la ciudad implica tareas bastante complejas, entre las que, por su importancia, podemos mencionar: mantener el estilo arquitectónico original de la ciudad, evitar su destrucción por la acción devastadora del hombre en nombre del "progreso", así como buscar fórmulas efectivas para hacer a los edificios históricos más resistentes a los terremotos. Estas son algunas de las preocupaciones del CNPAG.

La actividad sísmica constituyó, desde la fundación de Antigua, un desafío para los constructores. Por diferentes crónicas de la época se sabe que la ciudad ha sufrido, desde el año 1500 hasta nuestros días, aproximadamente 40 sismos de más de 5.5 grados en la escala de Richter, siendo 7 de ellos de magnitud (2) 7.5 a 8.5 grados, lo que equivale aproximadamente a una intensidad, en la escala de Mercalli Modificada, de X y XI grados.

Guatemala, por su ubicación geográfica, ha sido afectada por el continuo movimiento de las placas tectónicas de América, del Caribe y del Coco, que ha dado por resultado la formación de cadenas volcánicas y de varios sistemas de fallas geológicas que atraviesan el país. Periódicamente estas fallas se activan liberando energía, lo que da origen a movimientos telúricos. Así mismo, pero en menor proporción, la actividad volcánica, bastante frecuente en la zona, ha sido otro factor sísmico de carácter considerable. Temblores de escasa magnitud ocu-

rren con cierta frecuencia. En Guatemala, su número sobrepasa a los dos mil anualmente, y en cierta forma pueden afectar la durabilidad de los edificios históricos.

A finales del siglo XVII y durante el siglo XVIII tienen lugar varios terremotos de gran magnitud en la región, siendo los más destructores los de San Miguel en 1717, San Casimiro en 1751 y Santa Marta en 1773, que obligaron finalmente al traslado de la ciudad de Antigua hacia el Valle de la Ermita donde se fundó la Nueva Guatemala. Ya en el presente siglo, la Antigua se ha visto afectada por nuevos sismos de gran intensidad. En 1917 y en 1976, tienen lugar dos terremotos, de aproximadamente 8 grados Richter, que destruyeron nuevamente la Ciudad. Este último ha sido uno de los más intensos registrados, con una liberación de energía 32 veces mayor que el terremoto de Friuli, Italia, en 1977. ⁽³⁾

Debido a que el interés por la conservación de Antigua es relativamente reciente (El CNPAG y la Ley Protectora tienen únicamente 10 años de haber sido creados y 6 de estar funcionando) los métodos de restauración y consolidación se han ido desarrollando paulatinamente, teniendo que adaptarse a la realidad del medio y a las posibilidades técnicas y financieras con que se cuenta. En los últimos 40 años, se han realizado diferentes tipos de intervenciones en los monumentos, muchas de ellas poco afortunadas. Estas van desde el uso de técnicas constructivas y materiales modernos hasta las de tipo tradicional.

Con ocasión del terremoto de 1976 se pudo hacer una evaluación de las mismas, habiéndose descartado varios sistemas y puestos a prueba otros.

Son varios los factores que influyen y deben tomarse en cuenta en la conservación de edificios históricos en áreas sísmicas. Al considerar este tipo de edificaciones, debe verse el fenómeno como algo dinámico, no en términos estáticos, ya que están involucrados, a la hora de un sismo; velocidades, aceleraciones, empujes laterales, masas, ⁽³⁾ así como otros factores que veremos más adelante. De la capacidad que tenga el edificio de absorber esa cantidad de energía li

berada, que se traduce en distintas fuerzas, dependerán los daños que el mismo sufra. En esto tiene que ver mucho el estado del edificio. La escala de Mercalli Modificada, basada en datos bastante subjetivos, le da mucha importancia a cuestiones como el mantenimiento del edificio; la calidad de la mano de obra y materiales usados, así como la calidad de reparaciones que se le hayan realizado anteriormente al edificio. Por lo tanto es necesario analizar los materiales y técnicas constructivas tradicionales utilizadas en el lugar

Antigua se ha convertido en los últimos años en un gigantesco laboratorio, a escala natural, donde se prueban constantemente nuevos materiales y técnicas, con el afán de conservar un legado cultural para las generaciones futuras de la humanidad.

3. Materiales tradicionales utilizados en la construcción y problemas más frecuentes

El análisis de los materiales que han sido utilizados tradicionalmente en Antigua en la construcción, es necesario para evaluar los procedimientos que pueden ayudar a preservar lo existente y evitar futuros daños en las edificaciones.

Podemos mencionar como los más utilizados en la época colonial los siguientes:

- a. Piedra rústica y labrada. Usada en muros, dinteles, jambas y bases de pilas--tras de madera. También se utilizó como piso en interiores y exteriores.
- b. Ladrillo de barro cocido. Utilizado en muros, columnas, arcos, etc.
- c. Mortero de arena amarilla, tierra o talpetate, cal y algunos otros aglutinantes como clara de huevo, miel y leche según crónicas de la época.
- d. Adobe usado en levantado de muros y rellenos.

- e. Tapiales, o secciones de muros, que se hacían formando un encofrado de madera que luego se rellenaba con lodo de talpetate, separándose los diferentes rellenos por rafas o soleras de ladrillo de barro cocido.
- f. Bahareque. Se le llamó así a una estructura de cañas, amarradas con cintas - de cuero, que luego se rellenaba con lodo o adobe de canto. Se utilizó para hacer tabiques divisorios especialmente en segundos niveles.
- g. Baldoza de barro cocido. Fue utilizada para terrazas españolas, bóvedas, arcos, dinteles de puertas y ventanas. También se utilizó como piso.
- h. Madera, utilizada principalmente en pilastras, dinteles, artesonados y terrazas españolas. También fue utilizada como estructura de tabiques de adobe.
- i. Teja de barro cocido, utilizada para cubiertas.

La mayor parte de construcciones en Antigua fueron de mampostería, aunque en los muros se encuentran generalmente diversos materiales mezclados: piedra y ladrillo pegados con mortero de cal, bloques de tapial ó adobe, formando masas muy heterogéneas resistentes a la compresión, no así a la tensión.

Con el transcurso de los años, los muros han ido perdiendo consistencia. Esto se ha debido principalmente al proceso de deterioro de los morteros que, con el tiempo, tienden a perder sus cualidades aglutinantes, dando por resultado el desprendimiento de los distintos componentes. Este proceso se acelera cuando están sujetos a la erosión del agua y el aire, así como la destrucción causada por hongos, vegetales e incluso insectos, como sucede frecuentemente en los muros de adobe y tapial.

En la escala de Mercalli Modificada se menciona también la calidad de los morteros como un factor que debe tomarse en cuenta al evaluar un edificio - histórico. Posiblemente este sea más importante incluso que la calidad de la mano de obra utilizada, pues como ya se mencionó, a través de los años pierde sus capacidades aglutinantes, creando zonas débiles en los muros, lo que fué reportado como una de las principales razones del colapso de muchos edificios históricos

(3)
durante el terremoto de Montenegro (Yugoeslavia) en 1979 . La reposición de los morteros y las inyecciones con material expansivo son soluciones adecuadas en muchos casos.

En lo que respecta a cubiertas y entrepisos de mampostería la situación es la misma. Aquí influyen también la humedad y el agrietamiento causado por terremotos anteriores o por sismos de poca intensidad. Las reparaciones hechas en épocas pasadas, por lo general de mala calidad, crean zonas débiles que fácilmente vuelven a fallar a la hora de un nuevo terremoto.

El problema en las cubiertas con estructura de madera, lo constituyen la humedad y los insectos, especialmente la polilla que la ataca fácilmente.

Por los materiales utilizados, los sistemas constructivos están basados en la gravedad. Las distintas cargas, son transmitidas por sucesivas compresiones hasta llegar al suelo, donde son absorvidas. Estáticamente no existe problema, pero como ya se indicó, la situación varía cuando se transmiten al edificio, a través de los cimientos, aceleraciones y empujes verticales y horizontales causados por las ondas sísmicas.

4. La arquitectura antiguena

Se ha mencionado cómo la actividad sísmica ha determinado desde sus inicios las características arquitectónicas de la Antigua Guatemala. Analisaremos ahora los tipos constructivos más representativos del lugar.

Por patrones de diseño, uso de materiales y sistemas constructivos utilizados, dividiremos la arquitectura antiguena en dos grupos:

4.1 Arquitectura doméstica

4.2 Arquitectura civil y religiosa

4.1 Arquitectura doméstica (casas de habitación)

Las casas de habitación desarrollaron un estilo típico, no sólo en -

cuanto a la distribución de los ambientes, sino también en cuanto a materiales y técnicas utilizadas en su construcción. Basados en el concepto de un patio central, alrededor del cual se desarrollan corredores que comunican con las habitaciones, este patrón se mantiene sin mayores variantes durante la época colonial. Es interesante el cambio que sufren las alturas de los muros, así como los espesores de los mismos, por las experiencias sísmicas que se tuvieron con el transcurso de los años.

Se ha dividido la arquitectura doméstica en tres períodos que reflejan los cambios más significativos ocurridos en las edificaciones, desde la época colonial, hasta nuestros días.

a. Construcciones del siglo XVII y principios del XVIII

Las casas son de un sólo nivel y tienen una altura de 5 ó más metros, siendo las paredes de un espesor aproximado de 0.60 m. Los techos son de madera cubierta con teja de barro y es típico el alero hacia el frente. Los materiales usados en los muros son la piedra y el ladrillo pegados con mortero de cal. El adobe y el bahareque fue utilizado sólo en construcciones de un estrato social y económico bajo, no así en las capas medias y altas.

b. Construcciones del siglo XVIII tardío y principios del XIX

Conforme se adquiere consciencia de la actividad sísmica del valle, las alturas de las casas tienden a reducirse y los espesores de muros aumentan. Un detalle típico de esta etapa es que el alero empieza a sustituirse por una moldura corrida, en donde remata el techo de teja. Los materiales más usados en los muros siguen siendo el ladrillo y la piedra pegados con mortero, así como el adobe en construcciones de baja categoría social. La tradición de la casa de un nivel se mantiene.

c. Construcciones del siglo XIX y XX

El descubrimiento del concreto armado y las influencias arquitectónicas

neoclásicas europeas, hacen desaparecer visualmente los techos inclinados, recubiertos con teja, al ponerse de moda un pretil que remata las fachadas en su parte alta. Se abandona casi por completo el uso de la piedra en la construcción de muros, sustituyéndose por el ladrillo y el concreto lo que reduce su espesor. Por economía, el adobe y el bahareque empiezan a cobrar importancia en las construcciones de niveles sociales medios e incluso altos. En muchos casos los gruesos muros se recortan, dejando sólo en la parte baja el espesor original, construyéndose el resto de bahareque, mucho más delgado y ligero, por lo que el muro da la impresión de tener pequeños contrafuertes.

En las cubiertas se empieza a sustituir la teja por lámina de zinc y, ya entrado el siglo XX, se ponen en boga las losas de concreto armado, que cambian radicalmente los patrones de diseño originales.

Los materiales y técnicas constructivas modernas, utilizados en este período, ofrecen soluciones estructurales adecuadas, pero por lo general van en detrimento del estilo arquitectónico de la ciudad, iniciándose además la construcción de casas de 2 ó más niveles. El concreto armado es utilizado en muros, losas e incluso en la hechura de arcos, bóvedas de cañón y cúpulas.

El terremoto de 1976 determinó en gran parte el uso que posteriormente se ha hecho de los materiales tradicionales de construcción. Miles de casas de adobe y otros materiales tradicionales, técnicamente mal construídas, se destruyeron durante el mismo. Esto hizo que se les considerara materiales no seguros para construir. Desde entonces su uso se ha reducido enormemente. En su lugar, el block de pómez y el ladrillo con refuerzos de concreto armado, ha cobrado gran auge, lo que se traduce en un tipo de construcción más seguro, pero más costoso. En el caso de Antigua, deberá utilizarse de una manera que no afecte el estilo arquitectónico de la ciudad.

4.2 Arquitectura civil y religiosa

La arquitectura civil y religiosa que comprende palacios, colegios ma-

yores, iglesias, conventos y monasterios, también fue determinada por los terremotos. "Al menos en dos sentidos marcaron su arquitectura. Por un lado, como - ha sido señalado casi unánimemente, los arquitectos fueron buscando soluciones - que hicieran a las construcciones más resistentes a los terremotos: tuvieron po- ca altura, los muros se hicieron cada vez más gruesos, las torres cada vez más bajas. En general, la sensación que dan los volúmenes arquitectónicos es de pesadez. Por otro lado, es raro el edificio que constituye una unidad cronológica y arquitectónica. Los constantes terremotos obligaron a reconstruir y rehacer, pero algunas veces se aprovechaban partes que habían resistido; ello hace - casi imposible o muy difícil determinar la exacta cronología de la arquitectura."⁽⁴⁾

En este tipo de edificaciones es característico el uso de bóvedas, en techos y entrepisos, y de cúpulas de muy variado tipo.,

En cuanto a los materiales, la mampostería fué el más utilizado. Los muros de piedra, ladrillo y mortero, eran generalmente revestidos de repello y estuco. En algunos casos, las fachadas de iglesias y palacios fueron recubiertas de piedra labrada.

En el levantado de muros se hizo frecuentemente uso del tapial. Este se hacía formando un encofrado de madera que luego era relleno con lodo de tapetate. Una vez seco, la madera era retirada. Se formaban bloques de aproximadamente 0,80 y 1,80 y por el total del espesor del muro, que es variable. En otros casos los bloques tienen varios metros de largo siendo su altura no mayor de un metro. Antes de hacer un bloque de tapial sobre otro, se colocaban varias hiladas de ladrillo, a manera de refuerzo, formando una especie de solera. Como se comprenderá, este tipo de levantado de muros era rápido y económico, máxime - si se toma en cuenta las enormes masas que conforman los muros. Este procedimiento fue muy utilizado en muros o bardas circundantes. En algunos casos alcanzan hasta 5 mts. de altura, hechos totalmente de bloques de tapial. Como es de suponerse, este tipo de muros sufrió muchos daños con los terremotos.

Al igual que sucedió con la arquitectura doméstica, los espesores de -

muros en la mayor parte de edificaciones fue aumentando, conforme se tenían las constantes y desastrosas experiencias sísmicas. Este tipo de edificaciones, llegan a tener muros de más de 2.00 metros de espesor, lo que da origen a volúmenes muy interesantes. A la par de esto surgen grandes y masivos contrafuertes, de muy variadas formas, utilizados para reforzar los muros y hacerlos más resistentes a los terremotos. En muchos casos esta solución resultó adecuada, no así en otros en donde los contrafuertes funcionaron como arietes, dañando al edificio.

-Tanto en la arquitectura civil como en la religiosa, encontramos edificaciones de dos niveles. Tal es el caso de los palacios de gobierno y la mayoría de conventos. El tipo de construcción es el tradicional, siendo los entrepisos y en muchos casos también los techos, bóvedas rebajadas hechas de baldoza de barro y mortero de cal, habiéndose utilizado también piedra pómez para reducir su peso.

Por lo general las fachadas de las iglesias, por su forma y dimensiones, son enormes masas que, a la hora de un sismo, trabajan independientemente del resto del edificio. Al tener distinta frecuencia de oscilación se separan, golpeando y provocando daños al resto del mismo. Este fenómeno se ha producido en edificios como el Palacio del Ayuntamiento y el Palacio de los Capitanes Generales, en donde las arquerías de las fachadas, se separaron del conjunto, abriéndose grietas a lo largo de las bóvedas que las unían.

En la mayor parte de los conventos con arquerías en el segundo nivel, cuyas bóvedas habían sido destruídas por anteriores sismos, sufrieron durante el terremoto de 1976 un colapso total ya que habían perdido los elementos que las conectaban con el resto del edificio.

Un elemento característico de la arquitectura antigua son las chimeneas. Se encuentran tanto en edificios civiles y religiosos, así como en casas de habitación. Este elemento, generalmente de forma octogonal, sirve de cubierta del área de cocinado y funciona como una campana que ayuda a evacuar el humo de

la habitación. En su parte alta está rematado por una linternilla que tiene orificios por donde sale el humo. Su forma tan dinámica y estable, lo ha hecho un elemento muy resistente a los terremotos, conservándose muchas de ellas en buen estado.

Existen otros factores que afectan el comportamiento sísmico de los edificios históricos. Entre estos están su masa, su rigidez, su período de vibración, su capacidad de absorber energía, su resonancia, su estabilidad, su geometría estructural, la continuidad de su masa estructural y su resistencia. ⁽³⁾ Estos factores dependen en gran parte de la condición general de la estructura, - del mantenimiento que se le ha dado al edificio y como ya se indicó antes, de la calidad de las reparaciones que se la hayan hecho en el pasado.

5. Comportamiento estructural de los edificios históricos

Los muros y construcciones en ruinas nos proporcionan lecturas de los distintos esfuerzos a que se vieron sometidas las estructuras a la hora de un terremoto. El comportamiento de los distintos edificios varía entre otras cosas, por el material que lo constituye, su forma y proporciones y el tipo de suelo en que se localiza el edificio.

No está por demás recordar que las edificaciones en Antigua fueron diseñadas para una zona altamente sísmica pero con materiales no aptos para soportar adecuadamente esfuerzos de tensión o flexión. En el estado actual de muchos edificios en ruinas, el desplome de bóvedas, arcadas y de elementos conectores, que hacían del edificio una unidad, ha dado por resultado que muchos elementos hayan quedado aislados del resto, lo que los hace menos resistentes a los movimientos sísmicos.

Se ha comprobado que la dirección de las ondas sísmicas tienen distintos efectos destructivos, según la posición del edificio.

La rigidez del mismo y el tipo de suelo sobre el cual se haya edificado, van a influir también en su comportamiento estructural. Los edificios históricos de mampostería son generalmente rígidos por lo que la unión de sus elementos es muy importante.

La frecuencia predominante de las ondas sísmicas y la frecuencia natural del edificio y del terreno sobre el que está situado son cuestiones que deben ser analizadas. El edificio podrá vibrar en una cierta frecuencia de acuerdo a su rigidez y forma y si ocurre una resonancia dinámica, los daños pueden ser más graves. Generalmente se considera que los edificios rígidos están más seguros si se encuentran situados en terrenos suaves de cierta profundidad. ⁽³⁾ También se ha observado que un edificio de mampostería puede resistir algunos temblores de gran intensidad, pero que las vibraciones de larga duración los afectan más.

En el caso de Antigua nos encontramos con un terreno de aluvión formado por sucesivas inundaciones en el valle. Su composición es arenisca y de piedras de mediano tamaño. Su nivel freático puede oscilar entre 4 y 6 metros de profundidad, por lo que existe cierto peligro de licuefacción durante un terremoto. Feilden recomienda un espectro sísmico para los sitios con edificios históricos ya que puede ayudar a predecir mejor el comportamiento de los edificios dependiendo de la conformación del suelo.

Analizaremos seguidamente algunas de las fallas y problemas que se presentan más frecuentemente en este tipo de edificaciones y en sus elementos componentes.

a. Fallas en muros

Por lo general encontramos dos fallas típicas en muros ocasionadas por esfuerzos de corte. Una es la falla a 45° en un sentido o formando una x. Estas aparecen generalmente en las partes más débiles del muro donde existen vanos de puertas y ventanas. Son causadas por las tensiones y compresiones producidas,

en el edificio, por las ondas sísmicas.

En vanos de ventanas y puertas encontramos los cortes a 45° por lo general en los vértices superiores y es común encontrar el dintel o la clave caída, fuera de su lugar.

En las esquinas, el empuje de los dos muros que las forman, frecuentemente ocasiona fallas de corte a 45° . Esto hace separarse a la esquina, como un bloque, hacia la parte exterior del edificio, causando un corrimiento de arriba a abajo y de dentro hacia afuera.

Otra falla muy común es el corte horizontal a lo largo de los muros. Por lo general este corte aparece en la parte baja del muro, debido a su oscilación y provoca muchas veces su falla por volteo. Se ha podido comprobar, que en muchos casos este tipo de falla está relacionado con la forma en que los muros eran construídos. El muro, hecho de piedra y mortero, era nivelado cada cierta altura con hiladas de ladrillo, sobre las cuales se continuaba luego el levantado de piedra. Es en las áreas de ladrillo, de por sí un material más frágil, donde aparece con frecuencia este tipo de grieta, ya que es allí donde pierde su continuidad el muro.

En esquinas y uniones entre muros, se presentan corrientemente fallas verticales, ocasionadas por la falta de anclajes adecuados entre una y otra. Cuando son sometidas a la acción de un sismo, las paredes tienden a trabajar cada cual en forma diferente y si no existe una liga adecuada, tienden a separarse verticalmente en su punto de unión.

De esa misma manera encontramos que muchas fachadas, principalmente en iglesias, trabajan independientemente del resto del cuerpo del edificio. Por lo general, la tendencia es a separarse y golpear el edificio como un ariete, ocasionando graves daños al mismo, teniendo la fachada mucha tendencia a fallar por volteo.

b. Fallas en columnas y arquerías

En las edificaciones en ruinas existentes en Antigua, es muy corriente encontrar columnas y arquerías que han quedado aisladas, debido al colapso de arcos, bóvedas o techos que servían de elementos conectores con el resto del edificio. Al desaparecer estos elementos, no sólo la estructura pierde continuidad - sino que las columnas ya no soportan las cargas de compresión que dichos elementos les transmitían y para las que fueron diseñadas. Al verse afectadas por un sismo y vibrar, estas columnas tienden a fallar por corte horizontal y consecuentemente por volteo. Hay que tomar en cuenta las aceleraciones que se producen en elementos tan masivos y esbeltos.

c. Fallas en arcos y bóvedas

En arcos y bóvedas encontramos fallas muy similares. Si consideramos que la bóveda de cañón es una sucesión de arcos, esto lo explica claramente. Por lo general las grietas aparecen a 45° en los arranques, provocando en los arcos la caída de la clave y en las bóvedas frecuentemente el colapso de las mismas. Otra falla muy común en bóvedas, es una grieta que surge al centro de la misma y que luego la recorre longitudinalmente, provocando muchas veces su derrumbe. Estas fallas surgen generalmente como consecuencia del oscilamiento y separación de las paredes que las soportan.

d. Fallas en cúpulas, chimeneas y torres de campanarios.

Las cúpulas y las chimeneas, son elementos muy dinámicos que soportan bastante bien los esfuerzos de flexión y torsión a que son sometidos a la hora de un terremoto. Sin embargo, el hecho de estar colocados en la parte más alta de las edificaciones hace que sufran las aceleraciones más fuertes que el sismo ocasiona en el edificio, por lo que sufren algunos daños.

En las cúpulas encontramos fallas que las circulan horizontalmente en la parte superior del arranque así como otras perpendiculares al mismo. Muchas

veces el movimiento las desplaza varios centímetros de su base, lo que en algunos casos provoca el colapso.

En cuanto a las chimeneas, por lo general de base octogonal, los tipos de fallas más frecuentes son la vertical ó a 45°. La vertical generalmente aparece en los vértices de unión de los distintos planos que conforman la campana de la chimenea. Muchas veces su colapso se debe a la destrucción de los elementos, arcos o paredes que las soportan. Es muy corriente encontrar las linternillas, que rematan tanto chimeneas como cúpulas, falladas horizontalmente en su base y rotadas sobre su propio eje.

Los campanarios de las iglesias, a pesar de no haber desarrollado mayor altura en la Antigua, sufrieron muchos daños por su ubicación en la parte alta de los edificios. Por lo general, su período de oscilación es diferente al resto del edificio. Esto hizo que la mayoría de campanarios se destruyeran o resultaran seriamente dañados al ser afectados por un terremoto.

6. Códigos de construcción utilizados en Antigua

La mayoría de códigos de construcción se han desarrollado para edificaciones que incluyen materiales y sistemas constructivos capaces de absorber los empujes laterales, ocasionados por los sismos. El consenso de los expertos es que dichos códigos no se adaptan a los edificios históricos, por sus características especiales, que ya hemos analizado. Ahora bien, el hecho de que los edificios históricos no puedan llenar los requisitos de los códigos oficiales utilizados en la actualidad no es razón suficiente para condenarlos a desaparecer o no ser utilizados. Como ya se ha visto, existen diversos factores que, estudiados más a fondo, pueden dar respuestas a muchos de los problemas que se tienen actualmente en la conservación de los edificios históricos.

Los métodos de restauración utilizados en la Antigua, han variado en los últimos años, principalmente por las experiencias tenidas durante el terremoto de 1976. Esto originó que algunos procedimientos se descartaran y en su lugar se utilizaran otros en busca de nuevas soluciones a los problemas que se presentaron.

Nos hemos referido ampliamente a los factores que intervienen en los daños que los terremotos ocasionan a este tipo de edificios y a las fallas más comunes que aparecen luego de un sismo de cierta intensidad. Ahora nos referiremos brevemente a los criterios y métodos de restauración que el CNPAG está utilizando en la Antigua.

Basados en que los materiales tradicionales no soportan adecuadamente los esfuerzos laterales producidos por los sismos, se le está dando prioridad al refuerzo de los edificios, principalmente en el sentido horizontal.

Se utilizan anillos de concreto reforzado y cables de acero en forma de tensores para amarrar en la parte superior los distintos elementos del edificio. Estos anillos son luego unidos a la cimentación por medio de elementos verticales. Con esto se logra que el edificio se comporte como una unidad durante un sismo.

Como se comprenderá, este tipo de intervención es muy costosa, por lo que tomará muchos años reforzar la totalidad de edificios existentes en La Antigua. Actualmente está por terminarse un trabajo de este tipo en la iglesia de La Merced y se está iniciando uno similar en el Palacio del Ayuntamiento.

En cuanto a los muros, bóvedas y demás elementos de mampostería, el criterio de restauración ha sido utilizar los sistemas y materiales tradicionales con ciertas variantes. Entre estas está la utilización de morteros con cemento. En casos de grietas, se elimina el material suelto. Luego éste se repo-

ne y se hacen inyecciones a presión de morteros con material expansivo, generalmente hecho de limadura de metal. De la misma manera los arcos y bóvedas que son intervenidos, se construyen como se hacía originalmente. Algunas bóvedas han sido reforzadas con una delgada fundición de concreto armado en la parte de arriba, para aumentar su resistencia. Las uniones entre elementos así como las esquinas, también suelen reforzarse, ya que se ha comprobado que son puntos críticos durante los terremotos.

Feilden recomienda que la resistencia del concreto armado utilizado en estos casos sea similar a la de la mampostería, por lo que deben utilizarse agregados más suaves y proporciones más pobres.⁽³⁾

Esto está basado en múltiples experiencias, en donde fueron utilizados como refuerzo, elementos mucho más resistentes que el resto de la construcción. En muchos casos, estos elementos fueron causantes de graves daños en el edificio, pues su comportamiento estructural fue muy diferente al del resto de la edificación. Tal es el caso de las corbatas o grapas de concreto, cuyo uso en la reparación de grietas fue descontinuado.

En el caso de muros, columnas y arquerías que han quedado aisladas del resto del edificio y que tienen por lo tanto mucha tendencia a oscilar y fallar por volteo, se piensa usar una nueva modalidad, hasta ahora no utilizada en la Antigua. La solución consiste en estabilizar los elementos con cables de acero verticales que van sujetos en la parte de arriba a una plancha de acero y anclados al suelo con una fundición de concreto. Estos cables absorberían los esfuerzos de flexión que provocara el sismo. Otra solución a este problema es rehacer los elementos conectores perdidos, pero en muchos casos daría lugar a la reconstrucción casi total del edificio, lo que además de costoso va contra los criterios de restauración de la Carta de Venecia.

Mencionaremos por último y no por eso menos importante, la necesidad de investigar la cimentación de los edificios. En muchos casos su deterioro pro

voca asentamientos que pueden dañar gravemente el edificio. Desgraciadamente es te tipo de trabajo también es muy costoso, por lo que no ha sido posible llevarlo a cabo en la Antigua hasta la fecha.

Referencias

1. Verle L. Annis, La Arquitectura de Antigua Guatemala 1543 - 1773, Josten's/American Yearbook Co., Calif. (1968)
2. CNPAG, Memoria de Labores 1978, Imp. Industriales, Guatemala (1979)
3. Bernard Feilding, Artículo inédito: Earthquakes and Historic Buildings, foto copiado (1979)
4. Jorge Luján Muñoz, artículo: Antigua, su arquitectura, Suplemento revista - Américas, OEA, Washington, (1974).
5. Ernesto Chinchilla Aguilar, Historia del Arte en Guatemala, Edit. Jose Pineda Ibarra, Guatemala (1965)
6. Simposio Internacional sobre el terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976 y el proceso de reconstrucción, Memorias, Impresos Industriales, Guatemala (1977).