



Restauración, remodelación y reciclaje

Francisco Peña Carrera*

*A la memoria de los maestros
José de la Vega Requenes y
Agustín Rangel Olivares,
hombres sabios y generosos.*

Las sociedades invierten cuantiosos recursos en la construcción de la infraestructura arquitectónica necesaria para su desenvolvimiento, por lo cual es explicable –razones simbólicas aparte–, que el hombre busque la perdurabilidad como un preciado atributo de sus edificios. La perdurabilidad es la capacidad de un edificio para que sus partes esenciales, es decir, estructura, instalaciones y aun partes envolventes como la cubierta y las fachadas, no sufran alteraciones por deterioro a lo largo del tiempo. (cfr. Peña, 2002).

En el mundo hay edificios milenarios que aún se utilizan, tal es el caso del panteón de Agripa, colado en *concretum*, que data de principios del siglo II de nuestra era.

En el Centro Histórico de la ciudad de México, hay edificaciones del siglo XVI aún en uso, como la Casa de las Campanas, la cual aloja a una dependencia de la Universidad Autónoma Metropolitana.

Las construcciones hechas con materiales pétreos son longevas, su durabilidad trasciende a la vigencia del uso original; hay viejas mansiones, antiguas estaciones de ferrocarril, instalaciones industriales convertidas en museos y centros culturales así como templos de otras épocas que hoy son bibliotecas. Esta actualización del uso de edificios y su consecuente acondicionamiento para aprovecharlos, es lo que se designa como reciclaje.

A diferencia del reciclaje, la remodelación puede darse o no, en términos de un cambio de uso o destino de los edificios. Ante todo es una operación encauzada al diseño, a la cual podríamos denominar “rearquitectura”, consiste en una adaptación de los espacios y la forma –sujeta a las restricciones respectivas si se trata de edificios catalogados–, de manera que respondan mejor a los requerimientos funcionales de la organización (empresa o institución) que la requiere. La remodelación se entiende si se concibe al par dialéctico edificio-organización como un caso especial de la categoría polar forma-contenido, puesto que la organización y el edificio se influyen mutuamente en el marco de la dimensión tiempo, modificándose de manera recíproca, atraviesan por momentos de adecuación que corresponden a puntos de equilibrio entre dos sistemas –edificio y organización–, cuyas modalidades de evolución difieren notablemente puesto que la organización evoluciona en una forma que se puede idealizar como continua, en tanto que el edificio se adapta en forma discreta o escalonada (ver figura 1), mediante remodelaciones que pueden implicar ampliaciones. *Op.Cit.*

Por lo que hace a la restauración, según el artículo noveno de la Carta de Venecia “... es una operación que debe tener un carácter excepcional. Tiene como fin conservar y revelar los valores es-

*Maestro en Ciencias y profesor investigador en la ESIA Tecamachalco.

Estados límite de seguridad y servicio

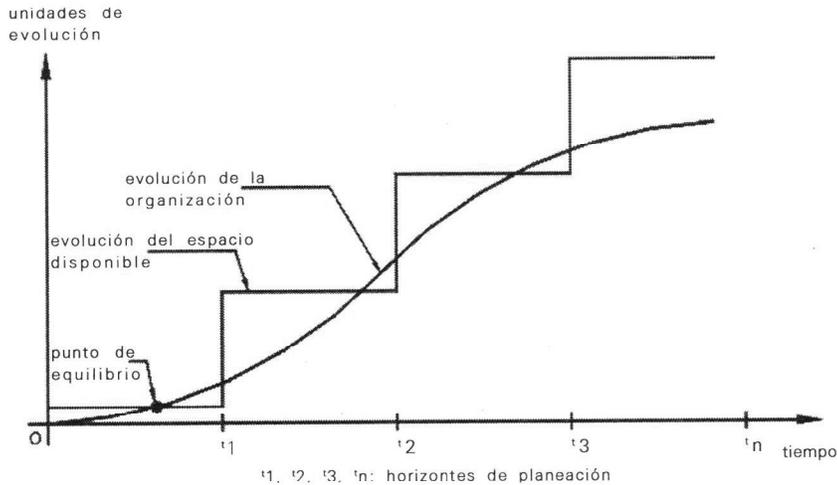


Figura 1. Idealización gráfica de la relación entre evolución de la organización y el espacio disponible.

téticos e históricos del monumento y se fundamenta en el respeto a la esencia antigua y a los documentos auténticos. Su límite está allí donde comienza la hipótesis: en el plano de las reconstituciones basadas en conjeturas, todo trabajo de complemento reconocido como indispensable por razones estéticas o técnicas aflora de la composición arquitectónica y llevará la marca de nuestro tiempo. La restauración estará siempre precedida y acompañada de un estudio arqueológico e histórico del monumento". (ICOMOS, 1964).

Las operaciones arquitectónicas de reciclaje, remodelación y restauración, tienen en común el reacondicionamiento integral del edificio, cuyo factor relevante es el acondicionamiento estructural en términos de estabilidad y seguridad.

Para efectos de reciclaje y remodelación, el proyecto arquitectónico puede demandar modificaciones a la estructura —crecimiento, principalmente vertical; remoción, alteración y sustitución de elementos resistentes— por razones principalmente funcionales. Antes se deberá verificar si el edificio está catalogado, de ser así no será posible ninguna intervención de tal tipo. En caso de no haber impedimento, se impone un estudio responsable para proceder sin poner en riesgo la estabilidad y la seguridad estructural. Por otro lado, en los tres casos las edificaciones suelen presentar deficiencias mecánicas que deben ser objeto de atención. En el caso de la restauración, la Carta de Venecia enuncia en su artículo décimo que: "Cuando las técnicas tradicionales se muestran inadecuadas, la consolidación de un monumento puede ser asegurada valiéndose de todas las técnicas modernas de conservación y de construcción cuya eficacia haya sido demostrada con bases científicas y garantizada por la experiencia". *Op. Cit.*

Una señal de que la estabilidad y la seguridad estructural de una construcción pueden estar en riesgo, la proporciona de manera inmediata su aspecto, en el caso de que éste presente deformaciones, hundimientos, emersiones, desplomes y agrietamientos. Sin embargo, este factor, si bien es una condición necesaria, no es suficiente para dictaminar las condiciones reales de estabilidad y seguridad de una estructura.

La filosofía de diseño manifestada en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal señala, en su artículo 182, que las estructuras y sus componentes deben cumplir con dos requisitos fundamentales:

"I. Tener seguridad adecuada contra la aparición de todo estado límite de falla posible ante las combinaciones de acciones más desfavorables que puedan presentarse durante su vida esperada; y

"II. No rebasar ningún estado límite de servicio ante combinaciones de acciones que corresponden a condiciones normales de operación".

El artículo 183 indica que por "estado límite de falla" se debe entender "... cualquier situación que corresponda al agotamiento de la capacidad de carga de la estructura o de cualquiera de sus componentes, incluyendo la cimentación, o al hecho de que ocurran daños irreversibles que afecten significativamente la resistencia ante nuevas aplicaciones de cargas". Lo que significa el concepto "estado límite de servicio", está precisado en el artículo 184 y se refiere a la "... ocurrencia de desplazamientos, agrietamientos, vibraciones o daños que afecten el correcto funcionamiento de la edificación, pero que no perjudiquen su capacidad para soportar cargas". Esto último deberá ser objeto de revisión, ya que la manifestación de un estado límite de servicio, puede ser indicio de la proximidad de un estado límite de falla.

Agentes de deterioro y daño estructural

El deterioro estructural es un estado de afectación de las propiedades geométricas y mecánicas debido a diversos factores ambientales acumulados a lo largo del tiempo, incluido el daño estructural, en tanto que este último ocurre cuando la estructura o sus elementos alcanzan un estado límite de falla. Han sido identificados en general, como factores de deterioro: la falta de mantenimiento, la intemperie, las solicitaciones sísmicas y los hundimientos del terreno de apoyo, entre otros. Los mismos autores reconocen que "... los monumentos de la ciudad de México han sido más afectados por los hundimientos diferenciales que por los sismos ..." (Sánchez, Rivera y Meli, 1998).

En un análisis detallado pueden ser enunciados los siguientes agentes:

Envejecimiento. Proceso de deterioro gradual debido a efectos nocivos y acumulativos, que se acentúa con la ausencia del mantenimiento. Entre los efectos perniciosos de carácter acumulativo participan algunos de los que se enlistan a continuación:

Ataque de agentes biológicos. Este aspecto tiene principal importancia en materiales de origen biológico como la madera, el concreto no está exento. Entre los agentes biológicos están los hongos y los insectos. (Robles y Echenique, 1983).

Efectos debidos a agentes químicos. Las atmósferas agresivas provocan degradación estructural afectando a casi todos los materiales. Producen corrosión en el acero y afectan la integridad de los elementos de concreto y de algunas mamposterías naturales. "Se acepta que el principal agente corrosivo individual de los materiales de construcción es el dióxido de azufre y sus productos secundarios".¹

La lluvia ácida es una consecuencia de la contaminación con azufre de las atmósferas urbanas y desde 1980 es motivo de preocupación especial a causa de sus efectos sobre edificios y esculturas de importancia histórica y artística.

Humedades. Constituyen una manifestación muy común de una atmósfera agresiva que afecta al acero y al concreto mal protegidos, así como a la madera, contribuyendo a la putrefacción de ésta.

Erosión y otros factores de desgaste. La acción abrasiva de los agentes atmosféricos, viento y lluvia, producen un cambio de forma en los elementos estructurales y disminuyen las dimensiones resistentes de los mismos.

Asentamientos. En el Centro Histórico de la ciudad de México, los hundimientos diferenciales, debidos al suelo altamente compresible y a la sobreexplotación de los acuíferos, constituyen un agente de deterioro y daño estructural en monumentos, aún mayor que los sismos. (Sánchez, Rivera y Meli, 1998).

Cambio de cargas. Se debe principalmente al incremento en la magnitud de las cargas debido a cambio de uso, cambio de pisos o de otros acabados y debido al peso excesivo de algunos refuerzos estructurales.

Efectos acumulados debido a sismos. Aun la microfisuración tiene efectos perniciosos en la rigidez y la capacidad resistente de una estructura. Los monumentos coloniales, ubicados en zonas de sismos intensos, presentan "debilitamiento debido al efecto acumulado de los sismos". *Op. Cit.*

Incendios y explosiones. Parece que estos fenómenos suelen ser más frecuentes en las zonas industriales y comerciales, antes que en las habitacionales. El efecto de los incendios sobre las estructuras causa degradación en las propiedades mecánicas, así como pérdida de la integridad

geométrica. Por lo que a las explosiones se refiere, éstas tienen el efecto equivalente a un fuerte viento sobre los edificios.

Daño estructural inducido. Este agente puede ser consecuencia de una desatinada intervención estructural.

Indicios de deterioro y daño estructural

Manchas. Éstas pueden deberse a cambios locales en el contenido de humedad de los elementos de madera, así como al ataque de hongos; en el acero, a la oxidación, y en el concreto a eflorescencias causadas por reacciones alcalinas.

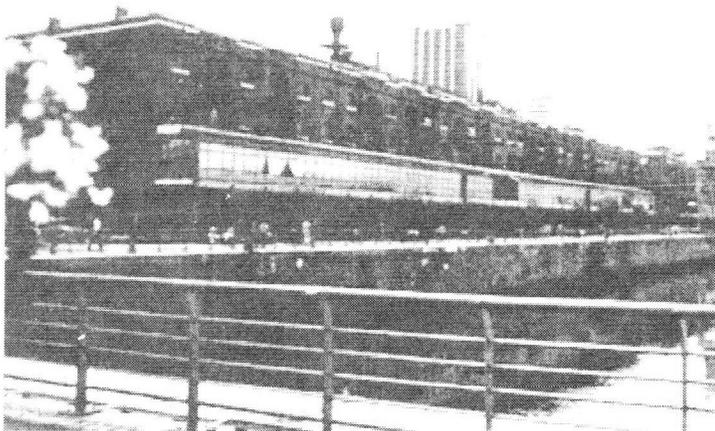
Desgaste de elementos estructurales. El desgaste se manifiesta mediante una alteración de la geometría de las partes expuestas, descrita por superficies redondeadas, y en el caso del concreto armado con exposición del acero de refuerzo.

Asentamientos y emersiones. Cuando son uniformes, se acusan mediante cambios de nivel, si son diferenciales, implican una alteración de la verticalidad, además de la geometría de elementos deformables.

Desplome. Consiste en la pérdida de la verticalidad inducida (como se indicó antes) debido a los asentamientos diferenciales.

Deformaciones. Todo elemento estructural al ser solicitado, se deforma. Este apartado se refiere a las deformaciones excesivas, es decir, a aquellas que rebasan los estados límite de servicio, o bien las que provocan inquietud en los usuarios del inmueble.

Agrietamientos y otras formas de ruptura. En los materiales de comportamiento frágil, las grietas aparecen debido a una insuficiencia de dichos materiales para tomar esfuerzos de tensión, tal es el caso de las mamposterías y los morteros que las unen. Para evitar la falla por tensión, las estructuras de mampostería se han construido para



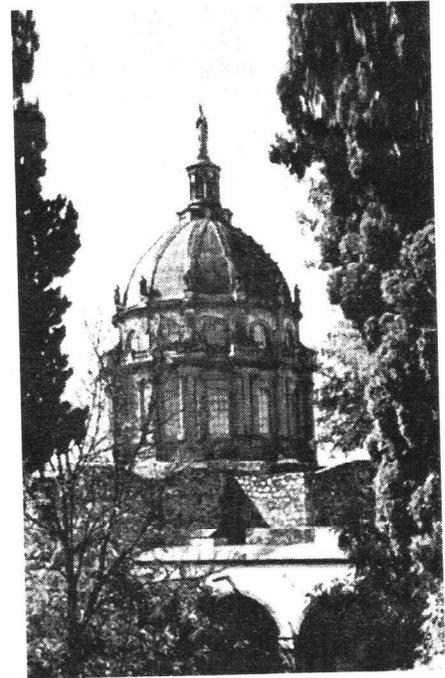
Bodegas portuarias de principios del siglo XX, transformadas en viviendas y comercios. Puerto Madero, Buenos Aires.

trabajar a compresión agregando el peso muerto necesario –en muros, columnas y contrafuertes– para tal efecto. Incluso la piedra clave (*keystone*), en arcos y dinteles, hace las veces de cuña, pues al ser colocada asegura la integridad de arcos y dinteles. Las alteraciones geométricas producidas por desplazamientos de los apoyos, dan lugar a esfuerzos de flexocompresión, originalmente no previstos en estructuras de mamposterías. En el caso de las estructuras de acero, el desgarramiento de las almas de aquéllos ocurre por un exceso de tensión diagonal.

Vibraciones. Este fenómeno tiene lugar cuando una estructura flexible o asentada sobre un suelo deformable, es excitada dinámicamente, provocando en los usuarios desde molestias hasta afectaciones a la salud. En las edificaciones las vibraciones producen, a largo plazo, degradación de las propiedades mecánicas. (Contreras, 1977).

El proyecto estructural

“Los trabajos de conservación, de restauración y de excavación, irán siempre acompañados de la elaboración de una documentación precisa, en forma de informes analíticos y críticos, ilustrados con dibujos y fotografías. Todas las fases del trabajo de desmontaje, consolidación, recomposición e integración, así como los elementos técnicos y formales identificados a lo largo de los trabajos, serán allí consignados. Esta documentación será depositada en los archivos de un organismo público y puesta a la disposición de los investigadores; se recomienda su publicación”. ICOMOS, 1964. Carta de Venecia Art. 16°.

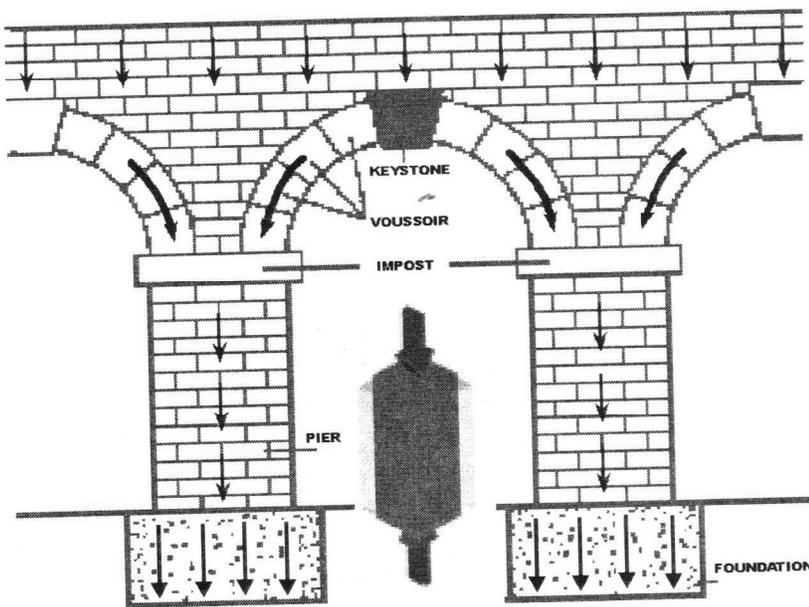


Criterios generales

Bernardo y José Luis Calderón Cabrera, distinguen las siguientes formas de intervención en monumentos históricos: consolidación, reparación, conservación, recimentación, reestructuración, remodelación, restauración y protección, señalando que “... no se aplican aisladamente, siempre se efectúan combinadas ...” (Bernardo y José Luis Calderón Cabrera, 1974).

En la misma referencia los autores proponen un proyecto de “Ordenanzas para reestructurar edificios”, formulada para hacer las veces de normas técnicas complementarias, orientadas al acondicionamiento estructural de los edificios patrimoniales.

Si bien el ingeniero Manuel González Flores perseguía con la aplicación de los pilotes de control el propósito de recuperar los niveles y la regularidad morfológica originales de los edificios, es a principios de la última década del siglo XX que se difunde el concepto de “rectificación geométrica” (Zaldívar, 1994), consistente en reducir los asentamientos diferenciales ocurridos –causantes de las alteraciones morfológicas que se han traducido en daños estructurales–, mediante una técnica denominada subexcavación, propuesta por los ingenieros Enrique Tamez y Enrique Santoyo, la cual propicia el colapso de las partes altas mediante la perforación de microtúneles de seis a siete metros de longitud por diez centímetros de diámetro. La idea es abatir la irregularidad de la superficie de desplante de los cimientos, para convertirla en lo más parecido a un plano horizontal. Con esto se recuperaría la verticalidad necesaria para invertir deformaciones y cerrar grietas, propiciando un satisfactorio comportamiento estructural de los edificios tratados mediante esta técnica.



Desde luego, los movimientos que se producen al abatir las partes altas pueden afectar la estructura, por lo que ésta debe estar protegida contra desprendimientos y desplomes locales, además de mantener en constante monitoreo mediante observaciones y comprobaciones continuas a través de análisis estructurales por elemento finito, para "... poder proporcionar recomendaciones que sirvieran de guía para efectuar, de manera segura, los movimientos de la estructura mediante la subexcavación". (Sánchez, Meli, Peña y Rodríguez, 1998).

Estudios preliminares. Éstos se componen de exhaustivos levantamientos en la geometría del inmueble y en los registros, también son importantes los daños que presente, así como estudios completos sobre la historia mecánica del edificio, los sistemas y procedimientos constructivos a lo largo de su vida, los estudios de mecánica de suelos, la comprobación de la calidad de los materiales y del estado de esfuerzos de partes específicas, a través de métodos no destructivos.

Modelos de análisis. Los modelos de análisis por elemento finito, son ponderados minuciosamente y críticamente en el trabajo de Sánchez, Meli, Peña y Rodríguez. No obstante, en las hipótesis, simplificaciones y artificios, se concluye que tales modelos son de utilidad para la estimación del comportamiento estructural ante diversas sollicitaciones; deben ser mejorados continuamente aprovechando las observaciones a la respuesta estructural real.

Criterios de diseño. En general, son aplicables los criterios vigentes del Reglamento de Construcciones y sus Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras y Cimentaciones.

En los ejercicios de diseño arquitectónico y ejecución de reciclaje, remodelación y restauración de edificios, la estabilidad y la seguridad estructu-

ral tienen una importancia capital. Para el reacondicionamiento estructural de edificios dañados, es necesaria la filosofía de un proyecto de rescate basada en la consolidación de la estructura, la cual tiene ahora un principio promisorio con la rectificación geométrica mediante la técnica denominada subexcavación[®]

Bibliografía:

Calderón C., B y Calderón C., J. L. *Reestructuración de monumentos*. Sociedad Mexicana de Arquitectos Restauradores, AC. México, 1974.

Contreras, Humberto. *Vibraciones en losas*. Reporte 398. UNAM Instituto de Ingeniería. México, 1977.

ICOMOS. Carta de Venecia, 1964.

Peña C., Pablo F. *El espacio arquitectónico y los elementos para su diseño*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. México, 2002.

Robles, Francisco y Echenique, Ramón. *Estructuras de madera*. Limusa. México, 1983.

Sánchez A. R., Meli P. R., F. Peña M. y Rodríguez, G. *El uso de modelos de elemento finito en el proyecto de rehabilitación de la Catedral y el Sagrario de la ciudad de México*. SMIE, Memorias del XI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural. Monterrey, México, 1998.

Sánchez A. R., Rivera D., y Meli P. R. *Aspectos básicos del comportamiento estructural de monumentos coloniales*. SMIE, Memorias del XI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural. Monterrey, México, 1998.

Zaldívar Guerra, Sergio. *Catedral Metropolitana de la Ciudad de México, rectificación geométrica*. Revista "México en el tiempo", Número 1, México desconocido-INAH. México, 1994.

Mediografía:

¹www.coeduca.cl

