

Chapter Title: ESTRUCTURACIÓN Y DISEÑO SISMORRESISTENTE DE ESTRUCTURAS

Book Title: Fundamentos de ingeniería estructural para estudiantes de arquitectura

Book Subtitle: Tercera edición

Book Author(s): Rafael Riddell C. and Pedro Hidalgo O.

Published by: Ediciones UC. (2015)

Stable URL: <https://www.jstor.org/stable/j.ctt1bhkq3k.10>

JSTOR is a not-for-profit service that helps scholars, researchers, and students discover, use, and build upon a wide range of content in a trusted digital archive. We use information technology and tools to increase productivity and facilitate new forms of scholarship. For more information about JSTOR, please contact support@jstor.org.

Your use of the JSTOR archive indicates your acceptance of the Terms & Conditions of Use, available at <https://about.jstor.org/terms>



JSTOR

Ediciones UC is collaborating with JSTOR to digitize, preserve and extend access to *Fundamentos de ingeniería estructural para estudiantes de arquitectura*

VIII.

ESTRUCTURACIÓN Y DISEÑO SISMORRESISTENTE DE ESTRUCTURAS

8.1 Tipos de Estructuración para la Edificación en Altura

La estructura resistente de un edificio es el esqueleto destinado a transmitir las solicitaciones desde el punto en que se generan al terreno de fundación.

En un país sísmico como Chile, la estructura resistente debe transmitir al terreno dos tipos de solicitaciones: *las verticales o gravitacionales*, provenientes principalmente del peso propio y de las sobrecargas de uso; y *las laterales u horizontales*, provenientes de acciones eventuales como el sismo y el viento.

Los elementos resistentes que transmiten cargas verticales son las losas, vigas, columnas y muros. A estos elementos hay que agregar las fundaciones, que son los ensanchamientos que experimenta el esqueleto resistente en su parte inferior con el fin de disminuir el nivel de las tensiones que se transmiten al terreno. Los elementos que transmiten cargas horizontales son las losas (a través del trabajo en su plano), vigas, columnas y muros, pero la forma en que trabajan estos elementos en este caso es diferente al caso de las cargas verticales. En la Fig. 8.1 se muestran cualitativamente los diagramas de momento flector para el caso de una estructura de pórticos para ambos tipos de solicitaciones, ya que éste es el esfuerzo interno que controla el diseño en este tipo de estructuración. Se puede observar como varía la distribución de momentos para ambos casos, así como también es distinto el esfuerzo axial que actúa sobre las columnas. En lo que sigue a continuación, la discusión se limita a la estructuración para transmitir cargas horizontales.

Existen dos tipos básicos de estructuraciones para absorber los esfuerzos generados por los movimientos sísmicos del suelo. Una es la estructuración de pórticos formada por vigas y columnas, y la otra es la estructuración de muros, los cuales pueden consultar o no dinteles o vigas de acoplamiento. En ambos casos, es muy ventajoso

el uso de losas para que desarrollen la función de diafragma rígido al nivel del cielo de cada piso, ya que con ello es posible incorporar a todos los elementos resistentes, columnas o muros, a la función de resistir los esfuerzos horizontales (esfuerzo de corte) que solicitan cada piso del edificio.

En la estructuración de pórticos sometidos a esfuerzos horizontales, que se muestra en la Fig. 8.2.a, tanto las vigas como las columnas trabajan principalmente a flexión, y en forma secundaria al esfuerzo de corte, con una importante incidencia del esfuerzo axial en el caso de las columnas.

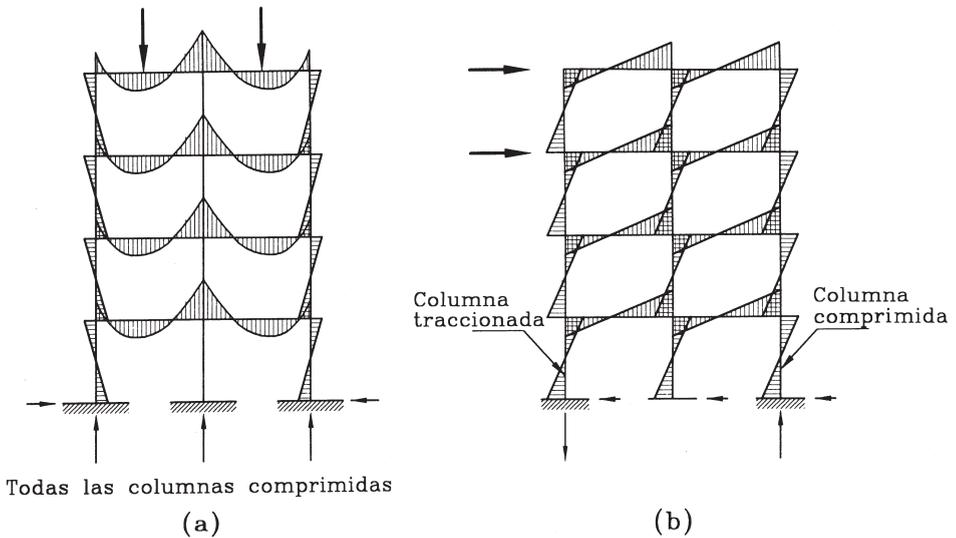


Figura 8.1 Diagramas de momento flector para una estructura de pórticos: a) Cargas verticales, b) Cargas horizontales

En la estructuración de muros, estos elementos tienen una sollicitación predominante de esfuerzo de corte, aunque también tienen un trabajo significativo en flexo-compresión. Los elementos de acoplamiento, sean vigas o dinteles, trabajan fuertemente al esfuerzo de corte y a flexión. Se puede distinguir entre el caso de muros en voladizo (Fig. 8.2.b) y el de muros acoplados por dinteles (Fig. 8.2.c). En la estructuración de muros en voladizo, la función de las losas se limita a compatibilizar las deformaciones horizontales de los muros, de modo que el momento volcante de la sollicitación es resistido por los momentos en las bases de los muros, los cuales están influenciados por el esfuerzo axial que proviene de las cargas verticales. En la estructuración de muros acoplados, los dinteles son capaces de desarrollar valores significativos de momento flector en las secciones de unión con los muros, lo cual implica la presencia de esfuerzo de corte en estos dinteles, tal como se indica en la Fig. 8.2.c. El desarrollo de estos esfuerzos de corte en los dinteles implica generar

tracciones y compresiones en los muros con lo cual se crea una pareja de fuerzas que también contribuye a resistir el momento volcante, además de los momentos en la base de los muros. Esto hace que la estructuración de muros acoplados presente mayor rigidez y resistencia que la de muros en voladizo. Es muy usual que la falla sísmica se produzca por esfuerzo de corte en los dinteles, a través de grietas diagonales en estos elementos; en tal caso, se pierde el mecanismo resistente provisto por los dinteles y el sistema se transforma en uno de muros en voladizo.

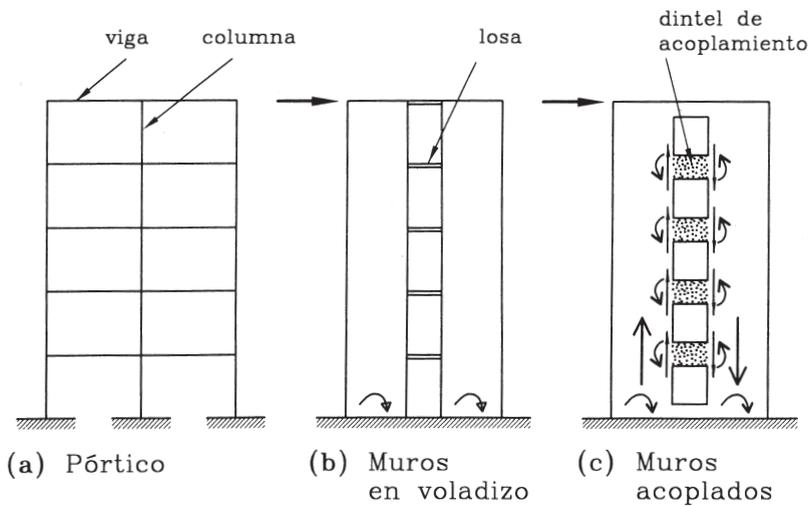


Figura 8.2 Tipos de estructuraciones para cargas horizontales

Es importante considerar en la estructuración la incidencia que pueden tener las cajas de ascensores, el núcleo de la caja-escalera y las escaleras mismas en la rigidez del esqueleto resistente. Es muy corriente que estos elementos pasen a formar parte de la estructuración y afecten la simetría en planta del resto de los elementos resistentes. Por otra parte, las escaleras mismas producen una abertura en la losa, que puede alterar la rigidez de este diafragma para el trabajo en su plano.

En la práctica, los dos tipos de estructuración básica que se han discutido se pueden presentar combinados. Sin embargo, la rigidez lateral de pórticos y muros es muy diferente, lo cual implica que la introducción de muy pocos muros en una estructuración de pórticos hace que los muros pasen a absorber la casi totalidad de las cargas horizontales ya que su rigidez frente a este tipo de cargas es mucho mayor. La deformación lateral de ambos tipos como función de la altura también es diferente, lo cual implica que, al compatibilizar las deformaciones de ellos, los muros tiendan a tomar una mayor proporción de la carga en los niveles inferiores, y lo inverso suceda en los niveles superiores.

8.2 Ventajas y Desventajas de los Diferentes Tipos de Estructuración

La estructuración de muros resistentes presenta grandes ventajas sismorresistentes, puesto que conforma sistemas que son muy difíciles de colapsar, al mismo tiempo que los muros proveen un eficiente control de las deformaciones laterales debido a su considerable rigidez lateral. Con ello se minimizan los daños en elementos no estructurales y en el equipamiento del edificio. Este último aspecto también hace que se inhiba la aparición de otros efectos secundarios, que no se consideran comúnmente en el análisis, como el efecto $P-\Delta$, éste es, la aparición de esfuerzos adicionales producidos por las cargas verticales actuando en los desplazamientos horizontales de la estructura. Estas ventajas superan largamente el aspecto desfavorable que representa su alta rigidez, bajo período fundamental de vibración y atracción de esfuerzos sísmicos mayores, ya que simultáneamente, las estructuraciones de muros presentan una significativa resistencia lateral.

Por otra parte, la estructuración de pórticos proporciona estructuras más flexibles, que atraen menores esfuerzos sísmicos, y que presentan la ventaja arquitectónica de plantas libres. Sin embargo, estas estructuras son muy deformables, lo cual produce problemas en los elementos no estructurales, y tienen posibilidad de colapsar frente a sismos de gran severidad, tal como quedó dramáticamente expuesto durante el sismo de Ciudad de México de septiembre 1985, y en menor grado en los sismos de San Salvador en octubre de 1986, Loma Prieta en octubre de 1989 y Northridge en enero de 1994.

Otro aspecto que ha resultado muy ventajoso con el uso de la estructuración de muros, es el que ha ofrecido al mundo la experiencia chilena. En nuestro país se han usado tradicionalmente edificios estructurados en base a muros, con densidades de muros respecto al área de la planta de:

- 1,5% a 4,5% para edificios de hormigón armado de 5 a 23 pisos y de
- 3,5% a 5% para edificios de albañilería de 3 y 4 pisos.

Los valores anteriores se refieren a porcentajes en cada una de las direcciones principales del edificio, los cuales no son en general iguales como en teoría debiera ser. Estas densidades de muros, unidos a la sana práctica de usar plantas razonablemente simétricas o con buena rigidez torsional, han producido estructuraciones que tuvieron un muy buen comportamiento durante el sismo de marzo de 1985, a pesar que las normas utilizadas para diseñarlos eran poco sofisticadas y el proceso de inspección de construcción muy poco estricto. El comportamiento de los edificios durante dicho sismo revela que las deformaciones de los elementos estructurales se mantuvieron esencialmente dentro del rango elástico de comportamiento. Este es un resultado que muchos países sísmicos de gran desarrollo desearían poder ofrecer al mundo después de un movimiento sísmico de gran severidad como el de marzo

de 1985, pero que en la práctica no se ha repetido en los sismos posteriores a dicha fecha ocurridos en otras partes del mundo, (Ciudad de México, 1985; San Salvador, 1986; Afganistán, 1988; Loma Prieta, 1989; Northridge, 1994; Kobe, 1995; Turquía, 1999; Taiwan, 1999). No obstante lo anterior, es un hecho que las características deseables de las estructuraciones de los edificios chilenos están disminuyendo con posterioridad a 1985, con consecuencias desfavorables en febrero 2010 en algunos edificios recientemente construidos que presentaron daños inaceptables. Esto es posible porque las disposiciones de la norma NCh 433 no obligan al uso de las cantidades de muros que se han usado hasta 1985. Es indispensable que nuestros arquitectos e ingenieros mantengan la tradición anterior a 1985 al proyectar sus edificios y dediquen la atención suficiente a ciertos detalles de estructuración y dimensionamiento, mientras no existan estudios que permitan disminuir dichos estándares con la seguridad que el comportamiento sísmico de nuestros edificios se mantendrá en los niveles exitosos exhibidos en marzo de 1985.

8.3 Requisitos de Regularidad Estructural

La regularidad estructural puede definirse como la propiedad de presentar una razón demanda/provisión, de resistencia o ductilidad, que sea uniforme a través del proceso de transmisión de los esfuerzos sísmicos desde el punto en que ellos se generan hasta que son entregados al suelo de fundación. Esto es análogo a tener eslabones de igual resistencia o capacidad de deformación inelástica a lo largo de una cadena. Con ello se evita que se produzcan puntos débiles, que inexorablemente serán detectados por un sismo, donde se concentre la disipación de energía y el daño durante eventos sísmicos de gran intensidad.

a) Regularidad de la Estructuración en Vertical

Cualesquiera sea el tipo de estructuración que se adopte en un edificio, es muy importante que se mantenga una regularidad en vertical de la distribución de masas, de rigidez lateral y de resistencia lateral, con valores que vayan aumentando hacia la base del edificio. Esto permite que el modo fundamental de vibración se aproxime a una línea recta, lo cual hace que la distribución de fuerzas laterales del método de análisis estático se aproxime bastante a la distribución real. Más importante aún, y considerando que las demandas sísmicas crecen hacia al nivel basal, es evitar que se produzcan demandas concentradas de ductilidad en los puntos de transición, o puntos débiles, y eventuales fallas locales durante sismos severos.

Aspectos que van contra esta recomendación son el uso de pisos blandos (de menor rigidez), aberturas grandes o cambios de sección en muros en los niveles inferiores, interrupción de muros, columnas o vigas, aberturas grandes en losas, cambios bruscos en las secciones de columnas y muros en pisos adyacentes, el uso de pisos notablemente más altos o más bajos que los pisos adyacentes, o cambios bruscos en las dimensiones de la planta.

b) Regularidad de la Estructuración en Planta

Debe procurarse que la distribución de las rigideces de los elementos en una planta sea lo más simétrica posible y le proporcione a la planta una alta rigidez frente a giros torsionales. Ambos efectos disminuirán los esfuerzos debidos a la torsión en planta. Otra recomendación importante es tratar de lograr que las rigideces de una planta en ambas direcciones principales, tengan valores lo más balanceados o parecidos posible, puesto que la acción sísmica puede actuar indistintamente en cualquiera dirección.

El problema de la torsión no ha sido resuelto satisfactoriamente en los métodos de análisis simplificados que están disponibles para uso práctico; además, existe incertidumbre respecto a la magnitud de la torsión en planta que puede afectar a una estructura. Esto hace necesario ser muy prudentes en la distribución en planta de los elementos resistentes, a fin de minimizar lo más posible este efecto. Por esta razón, plantas en forma de C, T, L o + (cruz) no son aconsejables bajo el punto de vista de la torsión en planta. En estos casos es conveniente separar estructuralmente los cuerpos con el fin de dejar plantas rectangulares que respondan independientemente frente a un sismo.

Además, la presencia de excentricidades importantes entre centros de masa y centros de rigidez, cualesquiera sea su definición, hace que los modos de vibrar presenten acoplamientos entre desplazamientos laterales y giros; con esto, el modo fundamental puede ser muy diferente de la forma lineal que está implícita en la distribución de fuerzas laterales del método de análisis estático, con la consiguiente desvinculación entre los resultados de este método y los esfuerzos internos máximos que realmente se desarrollan en los elementos durante un sismo.

8.4 Diseño de Elementos no Intencionalmente Estructurales

Se entiende por estos elementos aquellos que no forman parte de la estructura resistente, pero que pueden llegar a recibir solicitaciones sísmicas en caso que no se tomen las precauciones correspondientes. El problema no sólo radica en la destrucción de estos elementos, al tomar esfuerzos para los que no han sido diseñados, sino que también en la posibilidad que ellos cambien la respuesta sísmica de elementos estructurales o de la estructura completa, produciendo un comportamiento diferente del anticipado en las etapas de análisis y dimensionamiento. Este es un problema real, que se repite con frecuencia durante el comportamiento sísmico de las construcciones, produciendo muchas veces cuantiosas pérdidas económicas, como por ejemplo, el uso de muros no estructurales, o tabiques que reducen la altura libre de algunas de las columnas de un pórtico, aumentando su rigidez o cambiando su tipo de comportamiento,

o que alteran la disposición de elementos resistentes de una planta. La moraleja que han dejado estas experiencias es la siguiente: o el elemento no estructural se desliga apropiadamente de la estructura resistente, o se diseña para absorber las solicitaciones que resulten de su incorporación a la estructura resistente.

La disposición de la norma NCh 433 para proteger el daño en elementos no estructurales es la limitación de las deformaciones horizontales de entrepiso, medida en el centro de masas, a 0,002 veces la altura de entrepiso. Este es un valor práctico, refrendado por el satisfactorio comportamiento de los edificios estructurados con muros, y que se obtiene del cálculo de las deformaciones usando los métodos de análisis establecidos en dicha norma. Es exigible a todo tipo de estructuraciones, a pesar que es más problemático de satisfacer en una estructuración de pórticos que en una de muros.

8.5 Separaciones de Edificios o de Partes Independientes de un Mismo Edificio

Las estructuras que son independientes deben quedar suficientemente separadas, a fin de permitir que sus respuestas dinámicas durante el sismo puedan desarrollarse sin interferencia y de acuerdo a la forma que ha sido considerada en el análisis. Si no se usa una separación suficiente, las diferentes características dinámicas de estructuras vecinas pueden producir choques entre ellas, o bien que una estructura se apoye en otra más rígida con el consiguiente traspaso de esfuerzos por la introducción de limitaciones de deformación no contempladas en el análisis. La experiencia del terremoto de Ciudad de México de septiembre de 1985 dejó claras evidencias de estos problemas.

La norma NCh 433 establece que la distancia D_j del piso j al plano medianero del sitio debe cumplir las siguientes condiciones:

$$D_j \geq \begin{cases} R^*/3 \text{ veces el desplazamiento del piso calculado con las fuerzas} \\ \text{laterales de diseño} \\ 0,002 \text{ veces la altura del piso } j \text{ sobre el nivel basal} \\ 1,5 \text{ cm} \end{cases}$$

La separación entre dos edificios contiguos en cada nivel no debe ser inferior al doble de los valores establecidos anteriormente. La separación entre dos partes independientes de un mismo edificio debe ser mayor que la suma de los valores obtenidos de la primera condición o el doble de los establecidos en la segunda y tercera condiciones.

Estas separaciones no se aplican a las fundaciones. El espacio libre entre edificios debe quedar libre de cualquier material que pueda eventualmente anular el efecto de la separación.

La razón de amplificar por $R^*/3$ las deformaciones calculadas con los métodos de la norma NCh 433, se debe a que estos métodos representan acciones sísmicas reducidas por el factor R . Se ha demostrado que, en los edificios más flexibles, la deformación horizontal inelástica máxima que demanda un sismo severo es muy semejante al valor que demandaría el mismo sismo suponiendo comportamiento elástico de la estructura. Por lo tanto y en rigor, las deformaciones calculadas con los métodos de la norma debieran multiplicarse por R^* para tener una correcta estimación de las deformaciones inelásticas máximas. Sin embargo, en los edificios chilenos se ha usado con bastante éxito un factor de amplificación muy parecido a $R^*/3$, éxito que se debe probablemente al uso predominante de la estructuración de muros; esta es la razón que se ha tenido en cuenta para mantener el factor $R^*/3$ en la actual norma NCh 433.

8.6 Sistemas sin Diafragma Rígido. Función de las Cadenas

La función sísmica de las losas, o acción de diafragma, consiste en compatibilizar los desplazamientos horizontales de los elementos resistentes con los tres grados de libertad de la planta, a través del uso de la considerable rigidez que las losas tienen en su plano.

Cuando las losas tienen aberturas importantes que comprometen la rigidez de su función de diafragma, es necesario aumentar los grados de libertad por piso e incluir la flexibilidad del diafragma en las relaciones cinemáticas que deben guardar estos grados de libertad. Hoy en día ya existen programas computacionales que permiten idealizar este efecto e incorporarlo en el análisis sísmico. La flexibilidad del diafragma representa una distribución del esfuerzo de corte entre los elementos que componen una planta, que es diferente a la distribución que se obtiene con un diafragma rígido.

Un caso extremo de la situación anterior está representado por los edificios que no tienen losa, y en que la única acción de diafragma es la desarrollada por la estructura de la techumbre. Esta es generalmente una estructura flexible en cuanto a su acción en el plano horizontal, y se considera que no tiene la rigidez suficiente para distribuir esfuerzos de corte entre los elementos resistentes que componen una planta. En este caso, la acción sísmica sobre los muros se genera en los puntos en que se encuentran ubicadas las masas, y se da el caso de muros que reciben directamente la descarga del peso de la techumbre y sobre los cuales se ejerce una acción sísmica, y de otros muros que no reciben carga de techumbre y en los que la acción sísmica sólo se debe al peso propio del muro.

Por lo tanto, el peso de la techumbre y su correspondiente acción sísmica actúan al nivel superior de ciertos muros solamente, mientras que el sistema estructural responde esencialmente a través de sus muros, interconectados en su nivel superior por medio de las cadenas de amarre. Si la acción sísmica es coincidente con la dirección de un cierto muro, la línea resistente a la que pertenece el muro debe tomar las fuerzas de diseño y distribuirla entre los muros que componen esta línea en proporción a sus rigideces. Si la acción sísmica es perpendicular a la dirección del muro, la cadena superior transmitirá las fuerzas sísmicas a otras líneas resistentes ortogonales a través de una acción de flexión contenida en un plano horizontal; en este último caso los pilares de borde y las cadenas sirven además de elementos en los que se apoya el muro para la acción perpendicular a su plano. Para el adecuado trabajo de esta cadena, es importante el anclaje de ella a las cadenas ortogonales ubicadas sobre los muros a los que está transmitiendo el esfuerzo sísmico. La Fig. 8.3 muestra como los muros que son paralelos a la acción sísmica son los que finalmente son responsables de transmitir las fuerzas sísmicas al suelo de fundación.

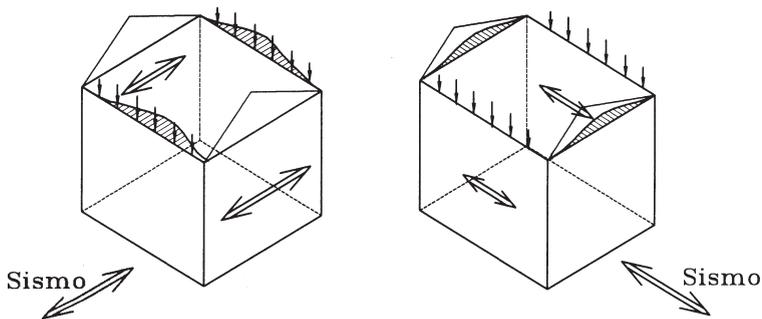


Figura 8.3 Distribución de esfuerzos en sistemas sin diafragma rígido

De la discusión anterior debe quedar claro que la acción de las cadenas es de tipo axial para la acción sísmica paralela a la de la línea resistente, y de tipo horizontal para la acción sísmica perpendicular a la de la línea resistente. Es importante darse cuenta que la acción de flexión de las cadenas no se desarrolla en su plano vertical sino que en su plano horizontal, y que la dimensión de la sección más importante para el trabajo de la cadena es su ancho o dimensión horizontal en vez de su altura o dimensión vertical. Las dimensiones de la sección y el refuerzo de las cadenas dependen en forma significativa de la distancia a que se encuentran los muros ortogonales a los cuales se traspasan los esfuerzos sísmicos para la acción perpendicular al muro considerado. Un aspecto importante es verificar que la deformación horizontal de las cadenas durante esta acción de flexión, sea compatible con la deformación que puede experimentar el muro antes de Asurarse; por esta razón, el uso de cadenas metálicas para muros de albañilería es inconveniente, puesto que la cadena es demasiado

flexible y normalmente empieza a desarrollar su trabajo por flexión cuando el muro ya se ha agrietado como consecuencia de la acción sísmica perpendicular a su plano.

8.7 Daños Sísmicos y Reparaciones

En primer lugar, es conveniente destacar que los problemas de justificar los daños producidos por un sismo y diseñar un proyecto de recuperación, son más serios de resolver y requieren en general de mayores conocimientos que un caso normal de diseño estructural. Por lo tanto, este tipo de problemas debe ser entregado a profesionales idóneos y con experiencia en este tipo de trabajo, en vez de afrontarlos con la ligereza con que se ha procedido en muchos de los casos de daños producidos por sismos pasados.

Bajo el punto de vista de la estructura resistente, se entiende que los daños sísmicos son los que afectan a los elementos que componen dicha estructura, que es la responsable de mantener en pie y en servicio al edificio. Por este motivo, la primera recomendación cuando se trata de apreciar al grado de daños sísmicos de un edificio, es localizar los elementos de la estructura resistente y la forma en que ellos están conectados para conformar el sistema estructural. De esta forma, una vez establecido el tipo y grado de daño en cada uno de los elementos, se puede inferir la gravedad que estos daños representan para la resistencia, rigidez o ductilidad de la estructura resistente.

El análisis anterior debe permitir la adopción de una decisión acerca de la necesidad de recuperación de la estructura, de desalojo en el caso de posibilidad de colapso parcial o total frente a réplicas o sismos futuros, o de demolición por daños demasiado severos que pongan en peligro vidas humanas o bienes vecinos ante la eventual inminencia de un colapso. Se entiende por *recuperación estructural*, el proyecto y los procesos constructivos que deben ser aplicados para proveer a una estructura de un nivel de seguridad sísmica predeterminado. Este proyecto debe incluir como antecedente previo la determinación de las causas y la justificación de los daños y el nivel de seguridad sísmica asociado al proyecto de recuperación. Lo primero, porque no se puede arreglar algo sobre lo que no se saben las causas que produjeron el problema; lo segundo, porque muchas veces no es posible recuperar una estructura de modo que alcance el nivel de seguridad que garantizan las normas vigentes, o porque no existen los recursos económicos para efectuar una recuperación de esa naturaleza.

Independientemente de lo anterior, es necesario puntualizar que el tipo de recuperación que necesita una estructura no sólo debe considerar el grado de daño experimentado, sino que también la intensidad sísmica que tuvo el evento en el lugar considerado. Por ejemplo, dos estructuras que presentan los mismos daños a consecuencias de sismos de muy diferente intensidad, representan diseños originales de diferente calidad, lo cual evidentemente afecta el grado de recuperación que necesitan dichas estructuras.

Existen dos tipos de recuperación estructural: *la reparación*, cuando a una estructura dañada se le devuelve al menos su capacidad resistente y su rigidez original previa al sismo; y *el refuerzo*, cuando a una estructura, con o sin daño, se le modifican sus características para incrementar su nivel de seguridad sísmica original. La decisión sobre el tipo de recuperación está en muchos casos controlada por razones de orden económico.

Los métodos de reparación pueden ser de diferente naturaleza. Los más conocidos y empleados hasta ahora se indican a continuación:

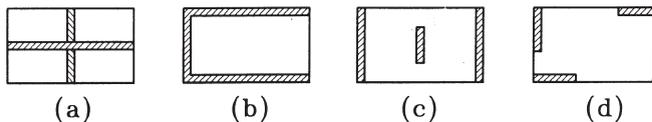
- i) Inyección de mortero epóxico a presión para reconstruir la integridad de elementos con fisuras de espesor moderado.
- ii) Introducción de barras de acero de refuerzo adheridas con resina epóxica al material base.
- iii) Reconstitución o introducción de elementos de hormigón armado, ya sea con uso de hormigón convencional u hormigón preempacado.
- iv) Refuerzo de muros a través del agregado de mallas de refuerzo embebidas en hormigón o mortero convencional o proyectado.

Por último, en un proyecto de refuerzo en el cual se consulta la introducción de elementos estructurales nuevos o el refuerzo de elementos existentes, no debe olvidarse el impacto que esto puede tener en el diseño de nuevas fundaciones o en el refuerzo de las fundaciones existentes.

8.8 Ejercicios Propuestos

- 8.01 ¿Cuáles son las dos funciones que debe cumplir la estructuración que Ud. deja implícita al desarrollar un proyecto arquitectónico?
- 8.02 Suponga un edificio de 20 pisos con losa de hormigón armado en todos los pisos. Indique en qué forma trabajan las losas: a) frente a la acción de cargas gravitacionales, y b) durante un movimiento sísmico.
- 8.03 ¿Qué diferencia existe en los esfuerzos sísmicos que solicitan a los muros, entre el caso de un edificio de muros no acoplados y uno de muros acoplados por dinteles? Explicar de dónde proviene esta diferencia.

- 8.04 Nombre las dos principales ventajas de naturaleza sísmica que presenta la estructuración en base a muros comparada con la de pórticos.
- 8.05 Explique una ventaja y una desventaja de las estructuraciones de pórticos.
- 8.06 Suponga que Ud. está diseñando un conjunto de departamentos en un edificio de 4 pisos de albañilería, con unidades de 15 cm de espesor. La planta tiene dimensiones 20 m x 8 m, ¿qué suma de longitud de muros debiera disponer Ud. aproximadamente, en cada dirección de resistencia sísmica?
- 8.07 Mencione las dos características más importantes de los edificios chilenos que explican su satisfactorio comportamiento durante los sismos pasados, en relación a los daños observados tanto en Chile como en Ciudad de México, San Salvador, etc.
- 8.08 ¿Qué se entiende por una estructura regular en altura?
- 8.09 ¿Por qué se afirma que la distribución de fuerzas laterales de la norma NCh 433 no es válida para sistemas que presentan una distribución irregular en la altura de masas o rigideces?
- 8.10 ¿Por qué es importante que la estructuración de un edificio provea una alta rigidez torsional en cada una de sus plantas?
- 8.11 En la figura siguiente se indican cuatro plantas de estructuras de un piso que cuentan con losa de hormigón armado al nivel del cielo. Indique cuáles le parecen adecuadas y cuáles inadecuadas para un buen comportamiento sísmico, señalando las correspondientes razones.



- 8.12 ¿Qué solución práctica existe para los edificios con varios cuerpos que producen una planta en forma de T, L o + (cruz) que ofrecen una baja rigidez torsional?
- 8.13 Mencione las dos razones principales por las cuales es necesario preocuparse del diseño de los elementos no estructurales.

- 8.14 ¿En qué edificios se podrían esperar daños en elementos no estructurales?, en uno con muros no acoplados o en otro en que los muros están acoplados por dinteles, si ambos tienen igual densidad de muros y distribución en planta de los mismos.
- 8.15 ¿Qué espacio se debe dejar entre la estructura resistente y un tabique de pandereta de ladrillo ubicado en el décimo piso de un edificio construido en el sitio del Campus Lo Contador? Suponga que la altura de entrepiso del décimo piso es 2,40 m y que se desea aislar al tabique de la estructura resistente del edificio.
- 8.16 ¿Por qué razón las normas de diseño sísmico exigen una separación entre edificios contiguos que conforman estructuras diferentes?
- 8.17 La norma especifica que la distancia del piso j de un edificio al plano medianero debe ser como mínimo $R^*/3$ veces D_j , en que D_j es el desplazamiento del piso j calculado con las fuerzas de la norma. ¿Por qué razón el valor de D_j debe multiplicarse por $R^*/3$?
- 8.18 Entregar una estimación de la distancia libre que debe dejarse a nivel del 10° piso entre dos edificios contiguos de 30 pisos cada uno.
- 8.19 ¿Cuál es el daño sísmico más frecuente en los edificios de un piso que no tienen losa ni diafragma rígido al nivel del cielo, ni tampoco cadenas sobre sus muros. Explique por qué se produce este daño.
- 8.20 ¿Cuál es la función sísmica de las cadenas en las viviendas de un piso que no tienen losa de hormigón armado al nivel del cielo?
- 8.21 ¿Por qué es más importante la dimensión horizontal que la vertical en la sección recta de una cadena de una vivienda que no tiene losa?
- 8.22 ¿Qué precaución hay que tener con las armaduras de refuerzo de las cadenas que coronan los muros de las construcciones de un piso que no tienen losa?
- 8.23 ¿Cuál es el problema de usar perfiles metálicos como cadenas de muros de albañilería?
- 8.24 Explicar por qué es más difícil justificar los daños producidos por un sismo en una estructura que ejecutar el diseño estructural de una obra nueva.
- 8.25 Enumere los antecedentes o estudios que se necesitan para diseñar un proceso de recuperación estructural en una obra dañada por un sismo. ¿Cuál es la dificultad mayor que implica un proyecto de recuperación estructural?

- 8.26 Se ha afirmado que en el diseño de un proyecto de recuperación estructural motivado por los daños sísmicos experimentados por una construcción, debe considerarse el grado de severidad del evento sísmico. Explicar por qué es necesario hacer esta última consideración.
- 8.27 ¿Qué diferencia existe entre un proyecto de reparación y uno de refuerzo estructural para una estructura dañada por un sismo?