

DESEMPEÑO SISMORRESISTENTE DE EDIFICIOS TÍPICOS VENEZOLANOS ¿SON REALMENTE LAS PAREDES COMPONENTES NO ESTRUCTURALES?

Alfredo José Urich B. y José Luis Beauperthuy U.
brsingenieros@gmail.com y brsing@cantv.net

RESUMEN

La mayoría de las edificaciones en Venezuela poseen paredes de mampostería, tanto en sus fachadas como en sus divisiones internas. Estas paredes son comúnmente consideradas como componentes no estructurales, incorporándose en el análisis y diseño sismorresistente sólo como peso (para las acciones permanentes) y masa (para las acciones sísmicas), menospreciando su aporte a la resistencia y rigidez del sistema estructural.

La patología estructural de diversas edificaciones afectadas por sismos importantes ocurridos en el país, ha puesto en evidencia que, al haberse subestimado el comportamiento de las paredes, las estructuras han presentado un desempeño muy distinto al previsto en su análisis y diseño. Afortunadamente, en muchos casos la presencia de las paredes ha sido favorable, dado que le aportan cierta rigidez y resistencia adicional al edificio; no obstante, cuando éstas se agrietan degradan bruscamente sus propiedades mecánico-resistentes y se convierten muchas veces en las principales responsables del pobre desempeño de los edificios más dañados.

En este trabajo se presenta un análisis del tema a partir la interpretación de los síntomas observados, haciendo énfasis en las estructuras tipo pórticos. Asimismo, se proponen algunas medidas orientadas a reducir los efectos nocivos de las paredes en la capacidad sismorresistente.

Palabras clave: *Desempeño sismorresistente, columna corta, piso blando, pórticos rellenos de mampostería.*

Recibido: Julio 2013 - Aceptado: Octubre 2013

SEISMIC PERFORMANCE OF TYPICAL VENEZUELAN BUILDINGS. ARE REALLY THE WALLS NON STRUCTURAL COMPONENTS?

Alfredo José Urich B. y José Luis Beauperthuy U.

ABSTRACT

The most popular structural system used in Venezuela to resist seismic loads has been the reinforced concrete moment-resisting frames. In most cases, it has prevailed the tradition of building the internal partitions and facade walls using masonry, which has no structural function. Structural engineers usually underestimate those masonry walls' stiffness, strength and fragility, considering them only as a permanent weight and seismic mass.

The assessments of many buildings affected by recent earthquakes have left in evidence that masonry walls have been the protagonists in their seismic performance; fortunately, the presence of these walls has been favorable, because of their contribution to the strength and stiffness. But in several cases, the presence of masonry walls have been the main reason of the poor performance of the most damaged buildings.

This paper presents some case studies of buildings affected by seismic loads, whose conclusions are based on the semiotic analysis of each case. This is intended to promote the study and discussion of this subject in order to reduce the vulnerability of Typical Venezuela buildings.

Key words: *Infill walls, RC Frames, fragile failure, soft story, short column.*

INTRODUCCIÓN

En la cultura constructiva de Venezuela está muy arraigado, por una tradición ancestral, el uso de la mampostería (bloques huecos de arcilla o mortero, frisados) como sistema para levantar las paredes divisorias y de fachadas en casas y edificios. En el caso de edificios destinados a vivienda, es por exclusividad, no así en edificios para uso de oficinas, donde este tipo de paredes se comparten con otras de materiales flexibles.

Por uso y costumbre, en nuestros modelos de análisis y diseño, estas paredes son consideradas sólo por su aporte como carga permanente (gravitacional) y masa sísmica. Muy rara vez, se incorporan en el sistema resistente a sismos como miembros que alteran la rigidez y resistencia al edificio. Esta filosofía de análisis y diseño está muy influenciada por la de otros países donde se acostumbra construir las paredes con materiales mucho más flexibles y livianos.

Los últimos sismos importantes ocurridos en Venezuela, desde Caracas 1967 hasta Tucacas 2009, han evidenciado el protagonismo de las paredes en el desempeño de las edificaciones, bien sea, salvándolas de sufrir daños en aquellos sitios cuya intensidad no logró agrietarlas o promoviendo grandes lesiones estructurales en aquellas que, como fusibles, vencieron bruscamente su resistencia y rigidez.

En este trabajo se presentan varios casos de estudio de edificaciones con estructura de concreto armado tipo pórticos, donde se hace énfasis en el desarrollo de mecanismos de Entrepiso Blando y del Efecto de Columna Corta, inducidos una vez que se inicia el agrietamiento de las paredes. El objetivo es compartir las experiencias adquiridas mediante la patología estructural de distintas edificaciones venezolanas afectadas por sismos, cuyas conclusiones se fundamentan en el análisis semiótico de cada caso.

Este tema se ha venido presentando en varios congresos nacionales e internacionales recientes y se considera oportuno reiterar en este artículo de-

dicado a la patología de la edificación y rehabilitación de las estructuras de concreto armado, con el objetivo de insistir en la promoción de su estudio y discusión desde los gremios profesionales, la academia y los distintos organismos encargados de investigar, regular y divulgar el estado del arte en materia sismorresistente.

LAS PAREDES “NO ESTRUCTURALES” EN EL ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

Hasta hace menos de un siglo, los muros de mampostería fueron los principales sistemas estructurales utilizados en la construcción de edificios. Más recientemente, gracias al auge del acero y del concreto armado, fue que se comenzó a popularizar la construcción de edificios en los cuales hay un esqueleto estructural como único responsable de soportar las cargas, mientras que las paredes paulatinamente dejaron de considerarse elementos portantes. Esta configuración moderna es la que ha permitido la construcción de edificios cada vez más altos y con gran versatilidad en la distribución de los espacios.

Desde que se comenzaron a construir los primeros edificios con estructura de pórticos de concreto armado, los criterios de análisis y diseño han evolucionado significativamente, en particular en relación con el desempeño sismorresistente. Hoy en día, se promueve la construcción de estructuras con gran capacidad de deformación en el rango inelástico (estructuras dúctiles), con el fin de permitir la disipación de energía en caso de acciones sísmicas. En general, se admite que las estructuras pueden llegar a derivas de entrepiso hasta el orden de 20%. En este sentido, debe entenderse que para permitir esas grandes deformaciones, siempre estará implícita la aceptación de daños importantes en la estructura y en los componentes no estructurales del edificio. Una filosofía adecuada de análisis y diseño debe controlar estos daños con el fin de lograr dos objetivos fundamentales: en primer lugar salvar vidas y segundo, minimizar las pérdidas económicas.



Figura 1. Edificios típicos en Venezuela

La figura 2 muestra esquemáticamente algunos conceptos utilizados en el análisis y diseño de estructuras en países con amenaza sísmica: a la izquierda se muestra el espectro de diseño, que se asocia con la demanda sísmica para ser considerada, se puede observar que, debido a la disipación de la energía, se necesitan aceleraciones espectrales más bajas (espectros inelásticos) para el análisis; al centro se muestra cómo se considera el comportamiento inelástico, la línea de puntos refleja las acciones de diseño que serían necesarias en caso del comportamiento elástico, sin disipación

de energía, mientras que la línea continua muestra el comportamiento dúctil inelástico, lo que permite acciones de diseño más bajas; por último, a la derecha se representan la filosofía de análisis y diseño utilizando un modelo, que muestra cómo las personas pueden sentirse seguros en un terremoto de alta intensidad, porque a pesar de que se espera que la estructura se dañe, se cumple el objetivo de evitar el colapso y preservar las vidas. Las líneas continuas y los puntos rojos representan el desempeño inelástico dúctil y por lo tanto, la ocurrencia de daños en la estructura.

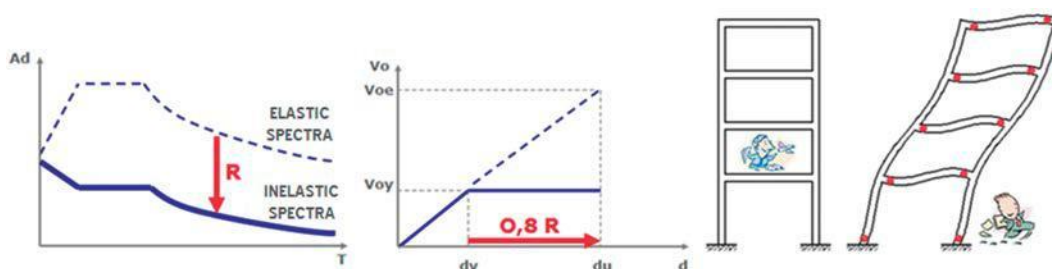


Figura 2. Conceptos generales y filosofía del análisis estructural sismorresistente

Para lograr un desempeño dúctil de la estructura se debe cumplir una serie de requisitos muy estrictos de diseño y detallado que no se pretende desarrollar aquí. Uno de estos requisitos, que será el centro de atención en esta ocasión es la necesidad de evitar la interacción de la estructura con otros componentes que puedan restringir su libre deformación. Los códigos y normas actuales son probablemente demasiado tímidos en sus recomendaciones en

esta materia, pero no dejan de advertir su importancia.

No obstante, en la mayoría de los proyectos que actualmente se desarrollan en Venezuela, los ingenieros estructurales siguen arrastrando el hábito de ignorar la influencia que tienen la rigidez y la resistencia de las paredes en el análisis y diseño estructural. Las paredes se toman en cuenta sólo por su contribución como peso y masa en el cálculo

de las acciones gravitacionales y sísmicas; muy rara vez se consideran como componentes que modifican la resistencia y la rigidez del edificio. La Figura 3 muestra los esquemas típicos de cómo las paredes son generalmente consideradas en los modelos.

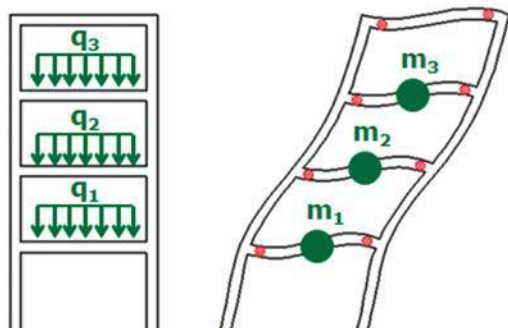


Figura 3. Esquemas de cómo se incorporan usualmente las paredes en los modelos

COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES

Las paredes de mampostería y los pórticos de concreto armado tienen un comportamiento muy diferente ante las acciones laterales (sísmicas). En general, las paredes de mampostería son inicialmente mucho más rígidas que los pórticos. Sin embargo, su comportamiento es muy errático y frágil, ya que disminuyen drásticamente su rigidez y resistencia al agrietarse a deformaciones (derivadas) relativamente bajas. Por el contrario, los pórticos dúctiles de concreto armado son mucho más flexibles que las paredes y pueden alcanzar grandes deformaciones inelásticas. Este comportamiento se muestra esquemáticamente en la Figura 4.

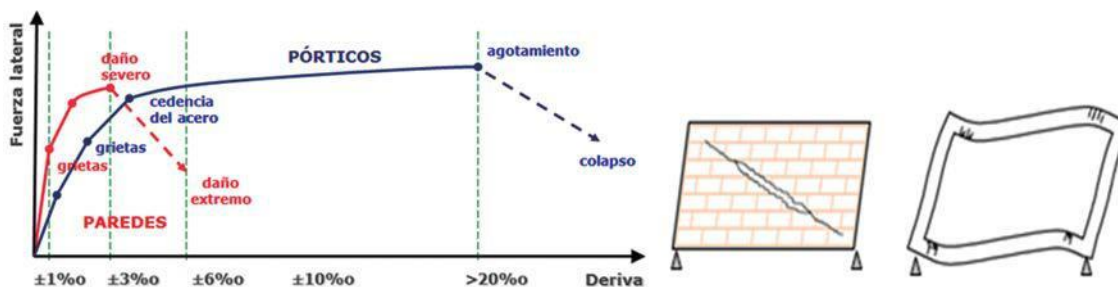


Figura 4. Diagramas tensión-deformación típicos para paredes de mampostería y pórticos de concreto armado

Generalmente, las paredes de mampostería comienzan a agrietarse a distorsiones en el orden de 1% y degradan casi toda su resistencia y rigidez antes de alcanzar distorsiones en el orden de 6%. En cambio, los pórticos dúctiles de concreto armado pueden alcanzar distorsiones del orden de 2% sin agrietarse, mientras que las grietas significativas se producen después de la cedencia del acero, típicamente cuando la deriva supera el 4%, para finalmente alcanzar distorsiones mayores que 20% sin degradar significativamente su capacidad. Otra diferencia importante es que las paredes de mampostería tienden a desarrollar una deformada típica de corte, mientras que los pórticos dominan un comportamiento a flexión y sus miembros estructurales tienden a adoptar una forma de “s”.

El hecho es que cuando ambos subsistemas (paredes de mampostería y pórticos) se exponen juntos a la excitación sísmica, los diafragmas les obligan a experimentar la misma deriva en todo momento, por lo tanto, las paredes y los pórticos interactúan y compiten por dominar el desempeño estructural. En este proceso, la capacidad ante acciones laterales nunca será la suma algebraica de la capacidad de cada subsistema, porque paredes y los pórticos alcanzan sus máximas capacidades a derivadas o distorsiones distintas.

Los primeros pulsos sísmicos son casi en su totalidad resistidos por las paredes, con un aporte mínimo de la estructura principal, la cual comienza su trabajo sólo si las paredes se agrietan y degradan su resistencia y rigidez. Si la resistencia de las paredes es relativamente alta con respecto a los miembros estructurales de los marcos que las contienen,

entonces en la práctica, el sistema se comporta como una pared de mampostería; por el contrario, si la capacidad de los pórticos es dominante, la estructura principal podría comportarse como se esperaba, pero el daño en las paredes de relleno será de grandes proporciones.

En la mayoría de los casos no hay dominio absoluto de las paredes ni de los pórticos a través de todo el edificio, sino que en algunas áreas o entrepisos prevalecen las paredes y en otras, los pórticos, promoviendo irregularidades y discontinuidades en la rigidez de ciertos sectores del edificio. Cuando esto ocurre, la demanda de deformación (deriva) se concentra sólo en algunos entrepisos o algunas regiones donde no hay paredes o en aquellos sectores donde éstas se rompen primero, mientras que el resto del edificio se comporta casi como un cuerpo rígido, lo que genera mecanismos conocidos como “entrepiso blando” y “corta columna”, entre otros.

EFFECTO DE COLUMNA CORTA Y MECANISMO DE ENTREPISO BLANDO

Unas de las configuraciones irregulares que se identifican como más perjudiciales en toda la literatura especializada en diseño sismorresistente de edificios, son el efecto de columna corta y el mecanismo de entrepiso blando, generados por la discontinuidad de las paredes “no estructurales”.

El efecto de columna corta consiste en una restricción parcial del cuerpo de una columna, lo que obliga a concentrar toda la demanda de deformación y tensiones en su parte libre. El caso más común se produce cuando hay paredes que no cubren toda la altura, sino que dejan un espacio vacío para la ventana. También se conoce como efecto de columna cautiva (Figura 5, a la izquierda).

El mecanismo entrepiso blando es cuando la rigidez lateral de uno de los entrepisos es considerablemente menor a la de los adyacentes. Esta configuración induce a concentrar toda la demanda de deformaciones y de tensiones en los miembros estructurales de los entrepisos más flexibles. El caso

más común se produce cuando hay una discontinuidad en las paredes, por lo general en el primer piso de muchos edificios para permitir áreas de estacionamiento (Figura 5, derecha).

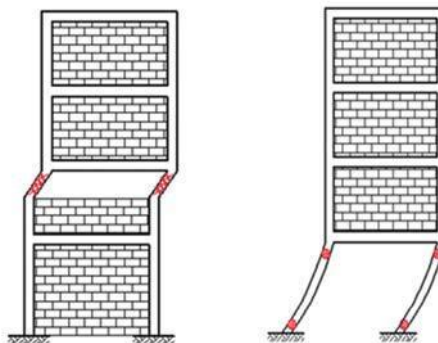


Figura 5. Efecto de Columna Corta y Entrepiso Blando

Si nos fijamos en ambos casos, se puede identificar que son prácticamente lo mismo, un miembro estructural o un sistema estructural que está diseñado para deformarse libremente en la totalidad de su longitud, pero debido a las restricciones impuestas por otros componentes no estructurales, se ve obligado a concentrar la demanda de deformación y de tensiones sólo en una porción de su longitud total.

La Figura 6 muestra un ejemplo del Efecto de Columna Corta, correspondiente a una edificación ubicada en Cumaná, a unos 70 Km del epicentro del Terremoto en Cariaco, de magnitud $M_w = 6,9$, ocurrido el año 1997. Se observa la severidad del daño y los grandes niveles de deformación que experimentaron las columnas en su porción libre.



Figura 6. : Efecto de Columna Corta generado por muros de concreto armado

La figura 7 muestra un ejemplo reciente del meca-

nismo de entrepiso blando debido a la ausencia de paredes de relleno en el primer piso de un edificio dañado en Tucacas, a raíz del terremoto de magnitud $M_w = 6,2$ ocurrido el 12 de septiembre de 2009, con epicentro a unos 50 km de distancia. En este caso, todas las columnas experimentaron severos daños por flexo-compresión. Es importante tener en cuenta que no se produjo ningún daño en las vigas, ya que la presencia de las paredes no permitió a las vigas desarrollar su forma típica de flexión, a pesar de que éstas eran más débiles que las columnas si se consideraban sin las restricciones de las paredes de relleno.



Figura 7: Entrepiso Blando típico debido a planta baja libre

Durante ese mismo sismo, se pudo observar un caso extremo, en el cual se sumaron la Planta Baja Libre y el Efecto de Columna Corta. En este caso, mostrado en la Figura 8, el edificio fue inhabilitado inmediatamente después de ocurrido el sismo debido a su precaria condición.



Figura 8: Planta baja libre y Efecto de Columna Corta

EL EFECTO DE COLUMNA CORTA Y EL ENTREPISO BLANDO INDUCIDOS AL ROMPERSE LAS PAREDES

En el punto anterior se comentaron los Efectos de Columna Corta y Entrepiso Blando como tradicionalmente son tratados y ampliamente referidos en

la bibliografía especializada. Ahora bien, estas condiciones no siempre son evidentes en la configuración original del edificio; aun cuando las paredes sean continuas en todos los entresijos o en toda la altura libre de una columna, se pueden inducir estos mecanismos si éstas se rompen parcialmente.

La Figura 9 muestra un caso ocurrido durante el sismo de Tucacas de 2009, en el cual no era evidente predecir el Efecto de Columna Corta antes de ocurrir el sismo; sin embargo, como se aprecia, el Efecto de Columna Corta se generó luego de fallar localmente el cerramiento con bloques calados en la mitad superior de la pared.



Figura 9: Efecto de Columna Corta inducido al fallar parcialmente la tabiquería

Al igual que en el caso anterior, la Figura 10 muestra cómo también se puede generar un mecanismo de Entrepiso Blando que no era predecible antes de ocurrir el sismo. En este caso, al dañarse severamente las paredes del primer entresijo y degradar bruscamente su rigidez y resistencia, se indujo el mismo comportamiento que ocurre cuando, de origen, se tiene una planta baja libre. Se observa la severidad del daño en paredes en el primer entresijo, lo cual se corresponde con niveles significativos de deriva, mientras que los entresijos superiores, sin daños, reflejan una mínima distorsión.

En la Figura 11 se muestra otro caso de un edificio ubicado en Cariaco, a escasos kilómetros del epicentro del Terremoto de 1997. Este edificio no sufrió daños, ni en la superestructura ni en las paredes. De hecho, la superestructura se comportó en la práctica como un cuerpo rígido y toda la deformación inducida por el sismo se concentró debajo del supuesto nivel de empotramiento. Esta situación



Figura 10: Mecanismo de Entrepiso Blando inducido al fallar la tabiquería

se presentó a causa de la presencia de suelos muy blandos, en donde la porción superior de los pilotes actuaron como columnas, desplazando el nivel de empotramiento del edificio a una cota inferior a la prevista. Entonces, se presentó un “Entrepiso Blando” en la porción superior de los pilotes, los cuales se comportaron como una “columna corta”.

Riesgo de lesiones por caída de paredes

La Figura 12 muestra como las paredes, además de modificar la respuesta estructural, muchas veces pueden causar, por si solas, serias lesiones a los ocupantes del edificio durante su destrucción y caída, por lo cual representan un peligro mortal durante los sismos.

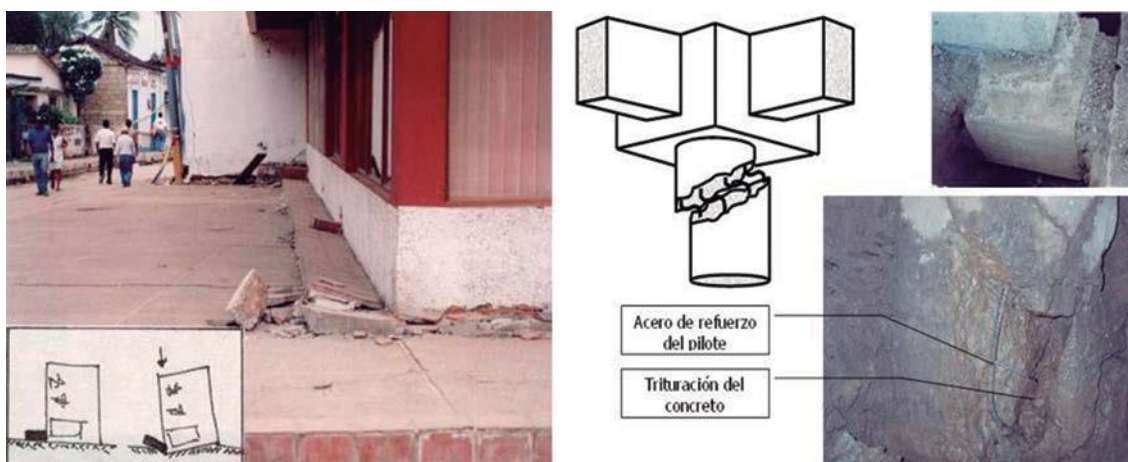


Figura 11: Falla del sistema de fundaciones y concentración de la deriva por debajo del supuesto nivel de empotramiento

ESQUEMAS DEL DESEMPEÑO OBSERVADO

El desempeño de los edificios que se ha descrito en los puntos anteriores se puede representar mediante los esquemas que se muestran en la Figura 13. Allí se identifican los siguientes comportamientos: a) desempeño típico esperado, con libre de-

formación de los miembros estructurales; b) Entrepiso Blando (planta baja libre) en la configuración original del edificio; c) Efecto de Columna Corta en la configuración original del edificio; d) Entrepiso Blando inducido al fallar las paredes; e) Efecto de Columna Corta inducido al fallar las paredes; f) Entrepiso Blando inducido debajo del nivel de supues-



Figura 12: Riesgo de lesiones por caída de paredes

to empotramiento inducido por la falla del sistema de fundaciones; g) daño generalizado y desplome de paredes sometidas a grandes deformaciones.

DISPOSICIONES NORMATIVAS VENEZOLANAS CON RELACIÓN A LAS PAREDES

Aún cuando las normas venezolanas son muy tími-

das en la regulación de la posible influencia de los componentes no estructurales en el desempeño de la edificación, no dejan de advertir su importancia. A continuación se citan algunas consideraciones: “los elementos no estructurales que puedan restringir las deformaciones de la estructura... deberán ser aprobados... por el ingeniero estructural responsable del proyecto” (Covenin 2002, 1988); “se presta-

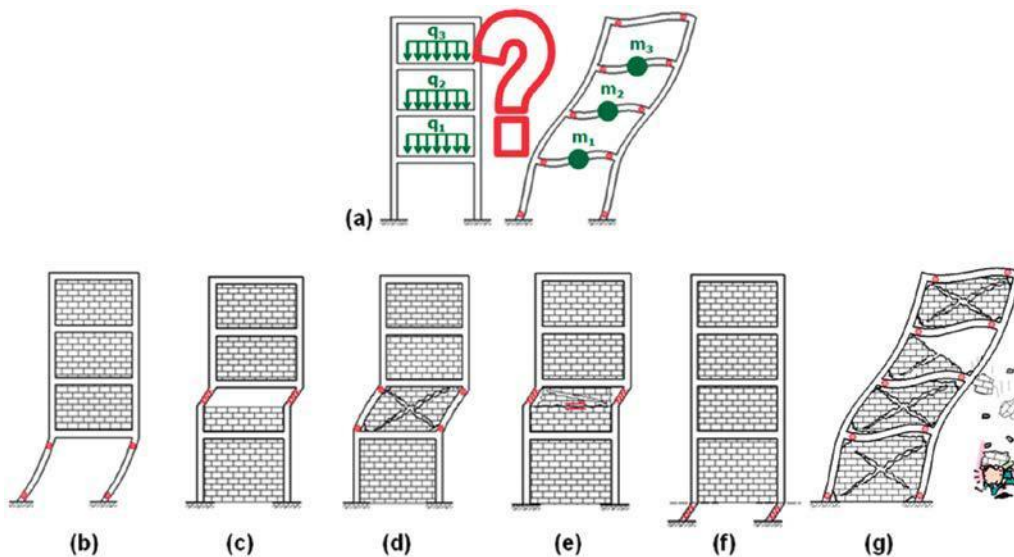


Figura 13: Esquemas del desempeño observado

rá particular atención a la eventual interacción de la estructura portante con la tabiquería.”(Covenin 1756, 2001); “se deberá considerar el efecto de elementos rígidos, estructurales o no, que puedan afectar la respuesta dinámica”(Covenin 1753, 1987); “La influencia de la tabiquería no estructural en el comportamiento ante fuerzas laterales de la estructura debe ser tomada en cuenta”(Fondonorma 1753, 2006); con relación al Entrepiso Blando “en el cálculo de las rigideces se incluirá la contribución de la tabiquería”(Covenin 1756, 2001); con relación al piso débil “en la evaluación de la resistencia de los entresijos se incluirá la contribución de la tabiquería”(Covenin 1756, 2001); “El contratista no podrá construir componentes o elementos no estructurales que no estén contemplados en el proyecto,...”(Covenin 1756, 2001); entre otras.

Como se puede observar, el problema no es que las normas subestimen la influencia de las paredes. Somos los usuarios de estas normas quienes probablemente no nos hemos adaptado aún a los criterios reflejados en ellas.

DISCUSIÓN

La patología estructural llevada a cabo en diversas edificaciones después de algunos terremotos recientes en Venezuela ha evidenciado daños inaceptables en muchos edificios formales de construcción reciente. Estos daños han sido inducidos por acciones sísmicas muy por debajo de las previstas por las normas empleadas en sus proyectos. En muchos casos ha habido defectos en la configuración, el diseño o la construcción de estos edificios. No obstante, el factor común ha sido la concentración de la demanda de deformaciones y de tensiones en muy pocos miembros estructurales debido a la influencia de las paredes “no estructurales” de mampostería. Las normas actuales advierten sobre la necesidad vital tener en cuenta la influencia de los componentes no estructurales en el desempeño estructural, en particular las paredes rígidas (paredes de mampostería), recomendando que deben ser aisladas o

que tienen que ser incorporadas en el análisis y el diseño como parte de la estructura. A pesar de estas advertencias, todavía se arrastra la herencia de considerar las paredes en los modelos sólo por su peso y masa, subestimando su rigidez, resistencia y fragilidad.

La realidad es que no hay compatibilidad de deformaciones entre los pórticos y las paredes de los edificios típicos venezolanos. Las paredes son mucho más rígidas que los pórticos que las enmarcan, pero frágiles y con un comportamiento muy errático. Por lo tanto, en los edificios con estructuras basadas en pórticos de concreto armado, de mediana estatura, muy flexibles, los primeros pulsos del sismo los reciben únicamente las paredes, con una contribución mínima de la estructura, la cual comienza su trabajo sólo cuando no hay paredes de relleno o en los sectores donde éstas se agrietan y degradan primero, induciendo la concentración de toda la demanda de deformaciones en estos sectores mientras que el resto del edificio se comporta, en la práctica, como un cuerpo rígido y no participa en la disipación de la energía necesaria, echando por tierra las hipótesis consideradas en el análisis y diseño de la estructura.

A veces, en sismos de baja intensidad, las paredes ni siquiera alcanzan agrietarse y su presencia ha sido favorable. Es claro que en estos casos, debido a la alta rigidez de las paredes, los edificios han experimentado derivas muy por debajo de las que se puede deducir de un análisis de la estructura libre. Sin embargo, no debe subestimarse la vulnerabilidad de estos edificios para terremotos de intensidad superior a la ocurrida, ya que al superarse la capacidad de las paredes se pueden inducir los mismos mecanismos de daño ya mencionados.

Por otra parte, a los niveles de deriva que están siendo aceptados hoy en día, incluso si la estructura es la que domina el desempeño, el daño a las paredes sería de grandes proporciones, incluyendo el desprendimiento de fragmentos o toda una pared, lo que puede causar lesiones mortales a las personas que están en el edificio o en sus alrededores.

CONCLUSIONES

En las Normas Venezolanas COVENIN y FONDONORMA se advierte que los criterios de análisis y diseño incluidos en éstas sólo son válidos si se garantiza que las paredes estén aisladas de la estructura y permitan su libre deformación. En su defecto, si no se aíslan las paredes, las Normas prevén que las mismas deben ser incluidas en el análisis y diseño como parte de la estructura, sin embargo, no se presentan criterios claros de cómo pueden ser analizadas y diseñadas. La realidad es que no estamos cumpliendo con ninguna de estas premisas.

La experiencia en sismos recientes ha evidenciado que las paredes de mampostería sí tienen una marcada influencia en el desempeño estructural sismorresistente, situación que está siendo subestimada actualmente por los ingenieros Venezolanos. Se podría afirmar que no hay correspondencia entre los sistemas constructivos empleados en el país y los criterios normativos utilizados para los modelos en el análisis y diseño. Se considera necesario promover en el corto pla-

zo la actualización de nuestras Normas, a fin incluir criterios más claros y precisos sobre el diseño de las paredes, ya sea para su aislamiento o para su incorporación como parte del sistema estructural. Mientras no se cambie la forma de construir las paredes de mampostería, aislándolas de la estructura, y tampoco se cuente con un marco normativo que permita su incorporación al sistema resistente a sismos, se recomienda al menos procurar que las estructuras sean más rígidas para promover su dominio en el desempeño y minimizar los daños en las paredes. En este sentido, se sugiere preliminarmente que el cortante basal mínimo se calcule con un período $T=T_a$ y que se limite la distorsión del edificio (deriva entre altura de entrepiso) a un máximo de 8 %. Adicionalmente, se recomienda ser conservador en la selección del factor de reducción de respuesta a usar en los espectros de diseño. En el caso de edificios con estructura de concreto armado, los muros se consideran más adecuados que los pórticos para minimizar los efectos nocivos de las paredes en el desempeño estructural.

Referencias

COVENIN 1753. (1987). Estructuras de Concreto Armado Para Edificaciones. Análisis y Diseño. Caracas, Venezuela: Covenin-Mindur.

COVENIN 1756. (2001). Norma Venezolana: Edificaciones Sismorresistentes. Caracas, Venezuela: Fondonorma.

COVENIN 2002. (1988). Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones. Caracas, Venezuela: Covenin-Mindur.

FONDONORMA 1753. (2006). Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural. Caracas, Venezuela: Fondonorma.

GHOBARAH, A. (2004). On Drift Limits Associated with Different Damage Levels. International Workshop on Performance-Based Seismic Design, Bled,

Slovenia.

MURTY, C.; BRZEZ, S.; FAISON, H.; COMARTIN, C. D.; IRFANOGLU, A. (2006). At Risk: The Seismic Performance of Reinforced Concrete Frame Buildings with Masonry Infill Walls. World Housing Encyclopedia. Oakland, California: Earthquake Engineering Research Institute.

PAMPANIN, S. (2006). Controversial Aspects in Seismic Assessment and Retrofit of Structures in Modern Times: Understanding and Implementing Lessons from Ancient Heritage. Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering, 39:2, 120-123.

SAATCIOGLU, M.; GARDNER, N.; & GHOBARAH, A. (2001). 1999 Turkey Earthquake. Performance of RC Structures. Concrete International, 23:3, 47-56.