



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**ALTERNATIVAS PARA EL MEJORAMIENTO
DEL COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS
NO ESTRUCTURALES DE HOSPITALES ANTE
UN SISMO-UNA REVISIÓN DE LITERATURA.**

Cesar Mauricio Daza Rodriguez

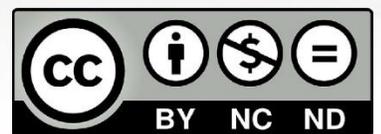
Juan Gabriel Vargas Muñoz

Universidad de Antioquia

Facultad de ingeniería

Medellín, Colombia

2019



Alternativas para el mejoramiento del comportamiento de los elementos no estructurales de hospitales ante un sismo-una revisión de literatura.

Cesar Mauricio Daza Rodriguez

Juan Gabriel Vargas Muñoz

Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de: **Especialización en Análisis y Diseño de Estructuras.**

Asesor(a):

Juan Carlos Obando Fuertes, Ph. D.

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Medellín, Colombia

2019

CONTENIDO

1.	INTRODUCCION	3
2.	COMPONENTES NO ESTRUCTURALES EN HOSPITALES	8
3.	NORMATIVIDAD INTERNACIONAL DE CNEs	13
4.	NORMATIVIDAD NACIONAL DE CNEs	14
5.	ESTADO DEL ARTE DE INVESTIGACIONES ENFOCADAS EN MITIGAR EFECTOS SISMICOS Y PARA EL DISEÑO DE CNEs EN HOSPITALES	16
6.	EJEMPLOS DE DISEÑO DE CNEs.....	23
7.	CONCLUSIONES	36
8.	REFERENCIAS.....	39
9.	ANEXOS	1

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1. Costos de reparación en estructuras después de eventos sísmicos por tipo de edificación.	4
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

RESUMEN

Generalmente los elementos no estructurales no reciben la adecuada importancia que merecen y como resultado se ha visto que, en cada temblor de importante magnitud, éstos presentan fallas que suelen ser costosas, porque la reparación de estos elementos se limita simplemente a volver a construirlos. Actualmente, se proporcionan recetas limitadas en los códigos para el diseño sísmico de elementos no estructurales, lo cual puede explicar parcialmente por qué es tan común que estos elementos se desempeñen mal durante los terremotos.

Sumado a esto, las consecuencias que se producen en los componentes no estructurales de hospitales ante eventos sísmicos suelen ser más nocivas para una población debido a que se espera que los servicios médicos se garanticen de manera oportuna una vez que los terremotos de intensidades considerables amenacen a las ciudades por lo que el concepto de resistencia sísmica debe prestar especial atención a la funcionalidad de edificios que por su uso sean indispensables después de un terremoto.

Con la siguiente revisión de literatura se pretende conocer el estado del arte para determinar alternativas para mejorar el comportamiento de los elementos no estructurales de hospitales ante eventos sísmicos; para ello, se realizó una búsqueda en bases de datos internacionales, utilizando los descriptores “Non-structural elements”, “Hospital rooms”, “earthquake”, “hospital” y “shake table” enfocando principalmente en artículos provenientes de estudios realizados en diferentes países sobre las consecuencias que han dejado los terremotos sobre infraestructura hospitalaria y ensayos experimentales tipo mesa vibratoria a que simule el comportamiento de edificaciones hospitalarias. Las conclusiones se obtuvieron con base a la información extraída de la literatura y proponiendo futuras recomendaciones constructivas de acuerdo con lo observado.

Palabras clave: Componentes no estructurales, hospital, terremoto, mesa vibratoria.

ABSTRACT

Generally, the non-structural elements do not receive the appropriate importance they deserve and as a result it has been seen that in each tremor of a certain magnitude, they present failures that are usually expensive, because the repair of these elements is simply limited to rebuilding them. Currently, limited considerations are provided in the codes for seismic design of non-structural elements, which may partially explain why it is so common for these elements to perform poorly during earthquakes.

Particularly, the consequences that occur in the non-structural components of hospitals tend to be more harmful for a population because medical services are expected to be guaranteed once earthquakes of considerable intensities occur, so the concept of seismic performance must pay special attention to the functionality of buildings that are indispensable for their use after an earthquake.

The following literature provide the state of the art of alternatives to improve the behavior of the non-structural elements of hospitals during seismic events. For this purpose, a search was conducted in international databases, using the descriptors “Non-structural elements”, “Hospital rooms”, “earthquake”, “hospital” and “shake table” focusing mainly on articles from studies carried out in different countries, on the consequences that have left the earthquakes on hospital infrastructure and experimental tests like a vibrating table to simulate the behavior of hospital buildings. The conclusions were obtained based on the information extracted from the literature and proposing future constructive recommendations as observed.

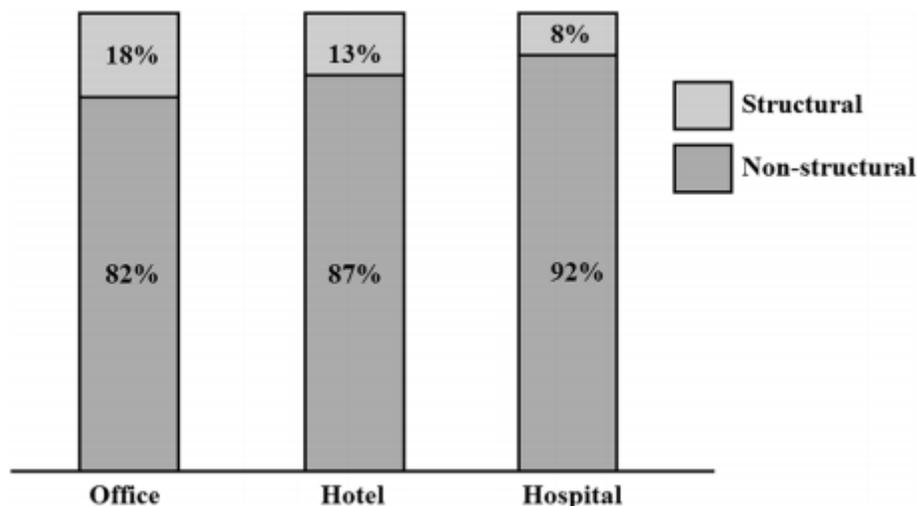
Keywords: Non-structural elements, Hospital rooms, earthquake, hospital, shake table.

1. INTRODUCCION

Hasta finales del siglo XX cuando se implementaron los procedimientos modernos para el diseño sísmico, era común que las edificaciones sufrieran daños graves o colapsaran. Afectaciones como caída de escombros o mampostería sin refuerzo hacia personas eran los efectos más perjudiciales como resultado de los terremotos de los países en desarrollo incluso en edificios de alta ingeniería en los países desarrollados que también se vieron afectados por grandes daños en terremotos recientes. Con las nuevas pautas para diseño sísmico de todo el mundo, el daño a los componentes estructurales después de un terremoto moderado a severo se ha catalogado como técnicamente reparable, en comparación con los componentes no estructurales que no se encuentran diseñados e instalados para resistir fuerzas sísmicas y por tanto se dañarían en una mayor medida. El daño a componentes no estructurales observado en el terremoto de Canterbury es un testimonio de este fenómeno. En el que varias personas perdieron la vida como un niño debido a un televisor que cayó sobre él, toldos, parapetos, chimeneas y tejas que se derrumbaron y cayeron desde una altura considerable en varios edificios y representan un gran riesgo para seguridad humana (Dhakal, MacRae y Hogg, 2011).

En un análisis realizado por Taghavi S. en 2003, se determinó que el costo de reparación de un edificio se encuentra dominado por el daño a componentes no estructurales en un 70-80% del costo total de la construcción en edificios comerciales. Sumado a esto, el tiempo de inactividad que toma una estructura para efectuar labores de reparación, después de un terremoto incrementa las pérdidas económicas. En la figura 1 tomada de la misma investigación se precisa el costo de reparación de una estructura en eventos sísmicos (Taghavi y Miranda, 2003).

Ilustración 1. Costos de reparación en estructuras después de eventos sísmicos por tipo de edificación.



Las pérdidas en terremotos pueden ser directas o indirectas. Las pérdidas directas del terremoto están relacionadas con la pérdida de propiedades, mientras que las pérdidas indirectas pueden ser más difíciles de cuantificar. Los investigadores han documentado ejemplos de pérdidas indirectas debido a terremotos anteriores. Un ejemplo es el daño sufrido en la industria vitivinícola chilena luego del terremoto del Maule en 2010 (Zareian, Sampere, Sandoval, McCormick, Moehle y Leon, 2012), ya que la producción de vino representa uno de los principales motores económicos en Chile. El terremoto causó daños a los tanques de fermentación y a los barriles de almacenamiento apilados. Este daño provocó el cierre de la producción de vino durante varias semanas, con enormes consecuencias para la economía chilena. Durante el mismo terremoto, el Aeropuerto Internacional de Santiago estuvo cerrado durante varios días debido a daños significativos en los sistemas de tuberías y techos (Miranda, Mosqueda, Retamales, y Pekcan, 2012). Recientemente, la vulnerabilidad de las componentes no estructurales también se observó durante el terremoto de Kaikoura de 2016 que azotó el área noreste de la Isla Sur de Nueva Zelanda. El principal daño no estructural observado durante este terremoto estuvo relacionado con la falla de techos, revestimientos, particiones, servicios de construcción y equipos de planta (Baird y Ferner, 2017).

En un estudio realizado por Perrone, D., Calvi, P. M., Nascimbene, R., Fischer, E. C., & Magliulo, G. en 2018, sobre el terremoto de agosto de 2016 en el centro de Italia en el que desafortunadamente perdieron la vida 297 personas y se produjeron pérdidas económicas alrededor de los 11 mil millones de euros, se atribuyó principalmente al colapso de los viejos edificios de mampostería sin refuerzo, mientras que las pérdidas económicas estimadas incluyen los costos totales de reconstrucción y reparación de daños estructurales y no estructurales.

Después del evento sísmico se realizaron inspecciones a edificios críticos como (escuelas, hospitales y sitios de gran aglomeración de personas) y se concluyó que los edificios residenciales sufrieron daños en muros, chimeneas, tejas y contenidos. Los problemas relacionados con las chimeneas y las tejas eran muy comunes y se atribuían principalmente al mal anclaje de estos elementos. Los ejemplos típicos de daños no estructurales observados en edificios industriales y comerciales se relacionaron con repisas de almacenamiento, muros de mampostería (elaborados de ladrillos de arcilla sólida o bloques de arcilla huecos organizados en configuraciones de una o dos capas) y revestimientos. El daño no estructural en los edificios industriales fue un factor determinante que causó la interrupción de la producción y el cierre de las actividades durante varios días, obviamente impactando la economía de las áreas afectadas. Se observó que muchos hospitales que no tenían ningún daño estructural tenían daños no estructurales en los muros de mampostería no estructurales, lo que provocaba su inoperancia.

Durante el terremoto también se observaron daños significativos en los sistemas de techo de peso ligero y pesado. Y esto fue probablemente una consecuencia del hecho de que, en la gran mayoría de los edificios inspeccionados, los sistemas de techo no se habían diseñado teniendo en cuenta ninguna acción sísmica.

Se observaron diferentes tipologías de sistemas de tuberías durante las inspecciones posteriores al terremoto, estos sistemas de tuberías a menudo estaban conectados rígidamente a la estructura y se extendían de piso a piso. Por lo tanto, su rendimiento estaba controlado por la deformación de la estructura de soporte. En casi todos los casos, no se observaron detalles sísmicos y los sistemas de tuberías se conectaron a las estructuras solo con sistemas

de soporte de carga por gravedad. El daño a los sistemas de tuberías se relacionó principalmente con la falla de las juntas de las tuberías debido a la ausencia de refuerzo.

El daño observado a los estantes de almacenamiento se asoció principalmente con el vuelco de estos o el pandeo de los montantes verticales. Este tipo de daño se pudo prevenir anclando las unidades de estanterías a las paredes adyacentes y proporcionando algunas conexiones entre unidades paralelas. Las chimeneas y parapetos son CNE muy sensibles a la aceleración. El daño a las chimeneas de mampostería no reforzadas sufrieron los daños más graves, mientras que las chimeneas y parapetos hechos de otros materiales, como el acero, se vieron afectados en menor medida (Perrone et al., 2018).

En otro estudio realizado por Baird, A., & Ferner, H. en 2017, que se centró en el daño a elementos no estructurales a edificios comerciales de varios pisos en Wellington observados después del terremoto de Nueva Zelanda el 14 de noviembre de 2016, cuya construcción data de la década de 1980 o más reciente y estaban constituidas de pórticos de concreto, con pisos prefabricados de concreto y losas revestidas in situ. De los edificios inspeccionados, el daño a los elementos no estructurales (como techos, servicios, fachadas, muros de particiones) fue mayor que el observado en los componentes estructurales. Esto va de acuerdo con los resultados que han dejado los eventos sísmicos previos que han concluido que los daños no estructurales contribuyen en medida importante a las pérdidas totales en un terremoto (Bradley, Dhakal, Cubrinovski, MacRae y Lee, 2009).

En el estudio mencionado, se observó daño generalizado a los techos suspendidos en varios edificios y fallas debido a la sobrecarga de los componentes del techo, y daños que se asemejan al resultado de incompatibilidades de desplazamiento entre el techo y componentes adyacentes de la interacción entre el techo suspendido y otros componentes, como particiones y la estructura principal. Se observó la falla de varios rieles en forma de T, lo que representa que las fuerzas de inercia impuestas excedieron la capacidad del riel en T.

Se observaron daños en las redes de servicios debido a componentes no estructurales que van suspendidos, como sistemas de calefacción, refrigeración o ventilación, electricidad, entre otras tuberías en varios edificios. Si las redes se encontraban adosadas encima del techo suspendido, el daño se transmitía casi siempre al techo suspendido también, ya que el techo

no era lo suficientemente rígido como para soportar la caída del componente de la red del servicio desde arriba.

De igual forma daño a varios paneles de hormigón prefabricados que fue notablemente visible desde el exterior de los edificios al nivel de la calle, sin embargo, el daño no fue representativo, y consistió en grietas finas en los paneles, paneles que no están aplomados o sellador roto o expulsado.

2. COMPONENTES NO ESTRUCTURALES EN HOSPITALES

Cuando ocurre un terremoto, se espera que los hospitales permanezcan funcionales, ya que juegan un papel crucial en las operaciones de atención de emergencia. La capacidad para garantizar la continuidad de las operaciones de la infraestructura al tiempo que se garantiza la seguridad de los ocupantes durante y después de un terremoto define el concepto de funcionalidad posterior al terremoto. La funcionalidad del hospital se basa en el buen desempeño de una gran cantidad de subsistemas, componentes y equipos críticos. Aunque el desempeño sísmico global de las estructuras y sus componentes no estructurales se ha observado ampliamente en varios estudios basados en encuestas de reconocimiento posteriores al desastre, hay poca información sobre el efecto de los daños a los edificios y componentes no estructurales en la funcionalidad posterior al terremoto (Youance, Nollet y McClure, 2016).

En un estudio realizado por Jacques, C. C., McIntosh, J., Giovinazzi, S., Kirsch, T. D., Wilson, T., & Mitrani-Reiser, J. en 2014, se realizó un análisis a la infraestructura hospitalaria de Canterbury (22 hospitales públicos, privados y de atención a personas mayores, así como siete hospitales regionales rurales) en Nueva Zelanda después del terremoto del 22 de febrero de 2011 de 6.2 MW de acuerdo a la escala sismológica de magnitud de momento y del cual resultaron 6.500 propiedades inhabitables, 185 muertes y aproximadamente 8.600 heridos. La pérdida y la reducción de la prestación del servicio en los hospitales de Christchurch después del terremoto se debió principalmente a daños a los servicios públicos y a las líneas de servicios de vida, en lugar de daños estructurales graves. De los hospitales estudiados en la región, solo los hospitales de Christchurch y St. George sufrieron daños estructurales significativos. Si bien no se produjo un colapso general global o incluso local de estructuras dentro del hospital de Christchurch, el daño estructural forzó el cierre de algunas áreas de apoyo. Todos los edificios clínicos sufrieron daños estructurales menores, incluyendo grietas en muros, daños en el techo y daños en las juntas de separación. El daño en el Hospital Christchurch no fue lo suficientemente grave como para causar la pérdida completa de la funcionalidad de la instalación después del evento, pero sí proporcionó obstáculos para la funcionalidad diaria durante semanas y meses después del

terremoto, ya que los servicios se cerraron temporalmente o se reubicaron durante los trabajos de reparación. El daño estructural en el Hospital de St. George estuvo menos extendido, aunque fue más grave. Todo el hospital estuvo cerrado durante cuatro días después del terremoto.

El daño no estructural incluyó las fallas de muchos componentes: ventanas, cielos, muros divisorios, acabados de pisos, equipos médicos y contenido del edificio. Las fallas de los techos suspendidos, particularmente los paneles de yeso construidos con juntas de machihembrado demostraron ser una de las fallas no estructurales más críticas en el Hospital Christchurch debido a que son techos gruesos y pesados y aunque actúan como barreras contra incendios de manera efectiva, cuando se dañan, estas losetas antiguas son peligrosas en caída. Cuando se instalaron por primera vez los techos de panel de yeso, se sujetaron con diagonales a las paredes. Sin embargo, en algún momento después de la construcción, estas abrazaderas diagonales se reemplazaron con ataduras verticales menos efectivas que hacen que los techos sean más susceptibles a daños. El desprendimiento y la flacidez de los paneles del techo en todo el hospital requirieron el reemplazo de estos componentes no estructurales con losetas o paneles de techo livianas aseguradas a la rejilla del techo con tornillos y arriostramiento diagonal.

Las reparaciones del techo implicaron que algunas partes del hospital se cerraran por días e incluso estas reparaciones continuaron durante meses después del terremoto. La mayoría de las salas de hospitalización fueron interrumpidas durante dos semanas, mientras que los paneles que cubrían los techos suspendidos fueron reemplazados. Muchos accesorios de iluminación se desprendieron y tuvieron que reemplazarse junto con las tejas del techo. Las fallas de los techos suspendidos en particular llevaron a evacuaciones preventivas inmediatamente después del evento. Las particiones de muros no estructurales también sufrieron graves daños en todos los hospitales. Este daño principalmente visual no causó la pérdida de la funcionalidad inmediata después del terremoto, pero las áreas dañadas tuvieron que cerrarse para reparaciones meses después. El daño severo del techo, los vidrios y el yeso y las paredes de concreto en el Centro de Diabetes del Hospital Christchurch causaron que se cerrara por un mes entero para reparaciones. Otros efectos no estructurales notables fueron

los daños a los equipos de la cubierta debido a que la mayoría de las bombas y unidades del sistema de refrigeración y ventilación saltaron debido a los fuertes movimientos.

El daño a los hospitales también tuvo un fuerte impacto en la mayoría de las escaleras en los edificios clínicos, debido a que fueron dañadas y tuvieron que ser apuntaladas para permanecer operativas durante la emergencia del desastre. Finalmente, las escaleras quedaron fuera de servicio una por una mientras se reparó. La razón del daño se atribuye a que se construyeron con conexiones rígidas a los pisos adyacentes, lo que condujo a grietas de gran tamaño en las paredes. Las rutas de evacuación también se vieron afectada aún más por el daño a los ascensores. La mayoría de los ascensores estuvieron fuera de servicio durante un par de horas debido al sistema de interruptores sísmicos que los obligan a bloquearse en caso de un terremoto.

El daño no estructural más significativo desde el punto de vista funcional fue el de los revestimientos internos y externos del techo y los tanques de agua en la parte superior del techo, lo que provocó la entrada de agua en los dos pisos superiores (quinto y sexto) del Edificio Riverside del Hospital Christchurch y forzó la evacuación inmediata de cinco salas médicas, que albergaban a 30 pacientes aproximadamente cada uno.

Como la iluminación de emergencia en las escaleras no funcionaba, la evacuación de pacientes tardó unos 35 minutos en realizarse con linternas. El daño a estas rutas críticas de evacuación complicó la función regular del hospital inmediatamente después del terremoto; sin embargo, el personal del hospital continuó brindando servicios de salud y moviendo a los pacientes a través de los medios necesarios (Jacques, et al., 2014).

En otro estudio realizado por Masi, et al. en 2014 en el que también se analizaron los resultados de un sismo al hospital de Mirandola en la región de Emilia en Italia que constó de dos eventos principales que ocurrieron el 20 y el 29 de mayo de 2012 con una magnitud local (MI) respectivamente igual a 5.9 y 5.8, cada evento seguido de varias réplicas y que causó la muerte de 27 personas. Los eventos sísmicos causaron daños leves al sistema estructural, pero daños mayores y más extensos a los componentes no estructurales. Después del 29 de mayo, fueron necesarios unos 45 días para reabrir parcialmente el hospital al público. El cierre del hospital tuvo un impacto significativo en el manejo de emergencias

después del evento que requirió la construcción de un hospital de campaña en el área de estacionamiento cerca del hospital. Obviamente, esta estructura provisional no pudo atender adecuadamente a los heridos causados por el terremoto y, en algunos casos, también a las personas que necesitaban atención médica ordinaria, lo que significaba que la mayoría de los pacientes tenían que ser desviados a otros centros hospitalarios.

Entre el recuento de daños más significativos están los daños a los muros de fachada y de particiones. En los edificios de Italia, así como en muchos otros países europeos, las estructuras se encuentran elaboradas con ladrillos huecos (o concreto) dispuestos en capas verticales paralelos. En el estudio de caso, por cuestiones de aislamiento térmico las estructuras suelen contar otro muro externo de recubrimiento que cubre los miembros estructurales y adicionalmente brinda aislamiento acústico. El efecto negativo de estos muros es que son muy vulnerables a movimiento fuera de su plano, y esta fue una de las principales causas de colapso a los muros del hospital, que ocasionó alto riesgo para las personas que se encontraban cerca de las afueras del edificio.

En términos de otros componentes no estructurales, algunos archivadores del hospital se volcaron por completo, bloqueando así salidas de emergencia del edificio o, en otros casos, la salida de las oficinas. El rendimiento de las juntas de separación internas también fue crítico en algunos casos debido a que la apertura de puertas adyacentes fue bastante difícil. Todos los daños anteriores, particularmente los que dificultaron o imposibilitaron el uso de las salidas de emergencia, causaron serias consecuencias en el sismo del 20 de mayo cuando muchas personas (visitantes y personal del hospital) se encontraban dentro del edificio.

Las zonas de hospitalización se vieron seriamente afectados debido a que los televisores se volcaron y se rompieron por completo, finalmente algunas habitaciones se inundaron debido al agua proveniente de tuberías rotas del sistema de aire acondicionado.

En cuanto al equipamiento médico se observó el desplazamiento de máquinas de laboratorio clínico, que posiblemente necesitarán de recalibraciones para recuperar su buen funcionamiento y lectura de manera confiable. Los servicios más delicados del hospital como las salas de cirugía y zonas de radiología se ubicaron en los primeros pisos por lo que la elección de ubicar la mayoría de los equipos médicos sensibles a la aceleración (por ejemplo,

la máquina de tomografía) y los quirófanos en la planta baja para protegerlos de daños resultó ser una buena idea debido a que no representaron daños significativos, aunque, desafortunadamente, el daño a otros componentes no estructurales significó que el hospital no pudiera permanecer operativo. (Masi, et al., en 2014).

3. NORMATIVIDAD INTERNACIONAL DE CNEs

En el anexo 1, se relacionan diferentes normativas internacionales que exponen metodologías para el diseño de componentes no estructurales.

4. NORMATIVIDAD NACIONAL DE CNEs

La NSR-10, en el capítulo A.9, especifica los CNEs como acabados y elementos arquitectónicos y decorativos, las instalaciones hidráulicas y sanitarias, instalaciones eléctricas y de gas, equipos mecánicos, estanterías y las instalaciones especiales deben ser diseñados sísmicamente y establece las expresiones de diseño para determinar las fuerzas sísmicas horizontales que actúan sobre cualquier CNE y que dependen de: (a) la aceleración en el punto de soporte del elemento, obtenida mediante un análisis dinámico de la estructura o por medio expresiones aproximadas que son compatibles con el método de la fuerza horizontal equivalente, (b) la amplificación dinámica del CNE., determinada por medio de análisis dinámicos detallados o ensayos dinámicos experimentales, o con valores aproximados que aparecen definidos en las tablas de la norma para los componentes arquitectónicos y decorativos y para los elementos hidráulicos, mecánicos o eléctricos, y (c) la capacidad de disipación de energía en el rango inelástico del CNEs (R), el cual se establece según el tipo de anclaje.

También clasifica el grado desempeño de los CNEs en superior, bueno y bajo, los cuales dependen del grupo de uso de la edificación y sirve para la definición del tipo de anclaje o amarre requerido y la definición del coeficiente R que se usa para el cálculo de la fuerza sísmica. Especifica los elementos que requieren especial cuidado en su diseño, ya sea porque su falla represente un peligro especialmente grave para la vida (por ej: muros de fachada, muros interiores, cielo rasos, enchapes de fachada, áticos y antepechos, vidrios, paneles prefabricados de fachada, etc.) o en otros casos, porque puedan llevar a la falla de elementos estructurales críticos, como es el caso de los muros no estructurales que no llegan hasta la losa de entrepiso en su parte superior, generando el efecto de columna corta o cautiva. En cuanto a esta situación, la norma propone dos estrategias de diseño: (1) separar o aislar el muro lateralmente de la estructura, para que ésta al deformarse como consecuencia del sismo no los afecte adversamente y (2) disponer elementos suficientemente flexibles que admitan las deformaciones de la estructura.

En los empates con las redes de servicios públicos, recomienda utilizar conexiones flexibles, en los casos en los cuales la estructura se pueda desplazar respecto al terreno como

consecuencia de los movimientos sísmicos y usar interruptores automáticos en los empates con las redes de servicios públicos de electricidad y gas, en edificaciones pertenecientes al grupo de uso IV localizadas en zonas de amenaza sísmica intermedia y alta.

Finalmente, establece de manera genérica recomendaciones en cuanto algunos CNEs y sus conexiones a la estructura, sin suministrar detalles al respecto o remisión al lector a alguna especificación más completa y detallada, aseverando únicamente: dejar las holguras suficientes que permitan la deformación de la estructura, el panel debe estar adecuadamente adherido al sistema estructural de resistencia sísmica para evitar su desprendimiento, las conexiones que permitan movimiento deben disponerse de tal manera que haya movimiento relativo entre la estructura y el CNE por medio de agujeros alargados, agujeros de un tamaño mayor que los tornillos o por medio de elementos de acero que se flexionan, etc. lo cual deja al proyectista en la misma condición que cuando no tenía información. No se trata cada CNE por separado, simplemente se menciona y no se suministra información detallada al respecto.

5. ESTADO DEL ARTE DE INVESTIGACIONES ENFOCADAS EN MITIGAR EFECTOS SISMICOS Y PARA EL DISEÑO DE CNEs EN HOSPITALES

En un estudio realizado por Furukawa, S., Sato, E., Shi, Y., Becker, T., & Nakashima, M. en 2013, en las instalaciones de la mesa vibratoria E-Defense en Japón se llevaron a cabo pruebas simulando un centro médico de cuatro pisos con aislamiento de base sísmico de goma a gran escala. Las pruebas se enfocaron en la respuesta del contenido del edificio debido a que se producen aceleraciones verticales en edificios con aislamiento sísmico basal. La superestructura se equipó con una amplia variedad de aparatos médicos, muebles, equipos de servicio y componentes no estructurales. Se instalaron más de 800 sensores en la muestra y se registraron las aceleraciones verticales de la mayoría de los aparatos y muebles médicos, se introdujeron tres movimientos de tierra con componentes verticales.

La prueba de mesa vibratoria mostró que el sistema de aisladores sísmicos redujo con éxito las aceleraciones horizontales del piso de las aceleraciones del suelo en menos de la mitad. Sin embargo, la efectividad disminuyó en la dirección vertical, debido a que la aceleración máxima se amplificó en un factor de 1,5 desde el suelo hasta el piso inferior ubicado por encima de los aisladores sísmicos.

Algunos muebles y aparatos médicos mostraron respuestas considerables cuando las aceleraciones máximas del piso oscilaron entre 1 y 2 g. Los monitores, botellas y otros artículos pequeños almacenados en estantes, colocados en mesas se deslizaron, o se cayeron. El maniquí en la mesa de operaciones (que simula a una persona) y el maniquí bebé en la incubadora saltaron, equipos con grandes excentricidades verticales (la máquina de transfusión y el tomógrafo axial computarizado TAC) se balancearon y saltaron de su posición. Las respuestas se hicieron especialmente notables para los artículos colocados en muebles y electrodomésticos. La separación entre la frecuencia predominante de los muebles y la frecuencia del sismo no garantizaba una reducción en la respuesta de los muebles. Esto se dio debido a que las configuraciones de los muebles y electrodomésticos pueden ser complejas y sus respuestas no están necesariamente dominadas por un solo modo.

Adicionalmente manifiestan las siguientes observaciones a considerar para diseño sísmico:

Cuando la aceleración vertical excede 1 g, se debe tener en cuenta que los monitores, botellas y otros artículos pequeños almacenados en estantes, colocados en mesas o adheridos al sistema colgante del techo se deslizarán o caerán, incluso si las aceleraciones horizontales del piso son muy reducidas por el sistema de aislamiento sísmico en la base.

La separación entre la frecuencia predominante de los muebles y la frecuencia del sismo no garantiza una reducción en la respuesta de los muebles. Algunos aparatos médicos, como la incubadora, tienen configuraciones muy complicadas, y esto puede resultar en un comportamiento complejo, que no se caracteriza fácilmente por un solo modo. La respuesta esperada debe predecirse mediante un estudio detallado de las propiedades dinámicas de forma individual.

Las grandes excentricidades verticales aumentan los efectos de balanceo y generan saltos. Dicha excentricidad debe evitarse si la funcionalidad de un aparato puede verse afectada o si una respuesta severa en un equipo representa un peligro para el entorno. Cuando la excentricidad vertical es inevitable, los muebles deben estar anclados al piso.

En otro estudio realizado por Cosenza, E., Di Sarno, L., Maddaloni, G., Magliulo, G., Petrone, C., & Prota, A. en 2015, donde se realizaron 63 ensayos en la mesa vibratoria de la Universidad de Nápoles en Italia a una sala de laboratorio a gran escala equipada con acabados arquitectónicos típicos, muebles independientes, computador de escritorio y equipo médico. Y un consultorio de pacientes como disposición representativa para la evaluación experimental del rendimiento sísmico de edificios hospitalarios cuyo contenido incluyó dos gabinetes (uno de 0.75x0.38x1.65m con 20 Kg y otro de 0.53x0.36x1.39m con 15Kg totales), un computador y un escritorio (de 31.6 Kg); en algunas pruebas los gabinetes tenían puertas con vidrio y se realizaron diferentes distribuciones en masa para repartir dichos contenidos en los gabinetes de una o dos ventanas. En el estudio se encuentra que la distribución de la masa a lo largo de la altura asume un papel clave para evaluar la frecuencia natural de los gabinetes en caso de que se agiten a lo largo de su dirección transversal.

Se analizó la aceleración máxima de la mesa vibratoria o aceleración máxima de piso (AMP) que causa el inicio del mecanismo de balanceo y el vuelco, respectivamente, en ambos gabinetes. En particular, el mecanismo de balanceo en los dos especímenes probados se inicia para la AMP que oscila entre 0,37 g y 0,61 g; en cambio, el vuelco de los gabinetes ocurre para la AMP un poco más grande que 1.00 g.

Las aceleraciones registradas en la parte superior de los diferentes componentes se relacionaron estrictamente con el fenómeno de balanceo que induce picos en las historias de tiempo registradas. Se observa que a medida que la AMP excede el valor de 0.5 g, el escritorio se desliza sobre el piso reduciendo la aceleración registrada en el componente.

En el estudio realizado por Nikfar, F., & Konstantinidis, D. en 2017, donde presenta una investigación experimental sobre la respuesta sísmica de equipos médicos soportados en ruedas y/o rodantes ajustables se probaron dos equipos: una máquina de ultrasonido de gran tamaño y un carro que transportaba equipos médicos más pequeños mediante desplazamientos controlados en mesa vibratoria. Los parámetros de entrada para la mesa vibratoria son movimientos de piso de un hospital de cuatro pisos cuya armadura está conformada de acero, diseñado para satisfacer los requisitos sísmicos de un área de Los Ángeles. En la investigación se realizaron 96 pruebas en las que se evaluó el rendimiento sísmico en condiciones de ruedas bloqueadas y desbloqueadas y ubicándolos en varios niveles de la estructura. En la primera fase se determinó la resistencia a la fricción de las ruedas mediante pruebas cíclicas en la mesa de vibración. En la segunda fase, se evaluó la respuesta sísmica de los equipos ubicándolos en varios niveles.

El rendimiento del equipo se evaluó a tres niveles de intensidad tanto para ruedas en condición desbloqueada como bloqueada. Aunque no se evaluó la funcionalidad electrónica del equipo antes / después de las pruebas de la mesa vibratoria, no hubo daños físicos en el equipo (desprendimiento de componentes o falla de ningún tipo) como resultado de la agitación. Además, no hubo un balanceo notable, y el modo principal de respuesta fue el rodamiento de las ruedas. Se observó que el bloqueo de las ruedas puede en algunos casos dar como resultado una respuesta amplificadas, dependiendo de la intensidad de excitación de entrada y la orientación del equipo con respecto a la dirección de entrada de la excitación. Una observación interesante fue que cuando el equipo se colocaba con las ruedas

perpendiculares o en ángulo oblicuo a la dirección de excitación, se observaba un movimiento significativo en la dirección hacia la que apuntaban las ruedas.

En la última parte de la investigación se trataron de encontrar los parámetros de demanda de ingeniería estructural (PDI) más sensibles asociados con los PDI de componentes no estructurales: el desplazamiento relativo y las demandas de velocidad relativa del equipo sobre ruedas y/o rodantes ajustables. Se observó que estos PDI de CNE presentan la menor dispersión cuando se expresan en función de un PDI con la misma dimensión física; es decir, el desplazamiento relativo máximo del equipo se correlacionó mejor con el desplazamiento absoluto del piso, mientras que la velocidad relativa máxima del equipo con la velocidad absoluta del piso. Cabe mencionar que los resultados del estudio son aplicables a equipos con ruedas desbloqueadas o bloqueadas con resistencia cinética relativamente baja (Nikfar y Konstantinidis, 2017).

Para introducir en la práctica el diseño sísmico de los CNE, el uso de la tecnología de modelado de información de construcción (BIM) podría ser muy útil (Welch, Sullivan y Filiatrault, 2014) gracias a los detalles de todos los elementos disponibles en los modelos de información de construcción. (Perrone y Filiatrault, 2017) propusieron un marco conceptual para el diseño sísmico de las CNE utilizando los modelos de información de construcción. La efectividad del procedimiento ha creado una herramienta simple para el diseño sísmico automático de los sistemas de tuberías de rociadores.

En el siguiente estudio analizado por Di Sarno, L., Magliulo, G., D'Angela, D., & Cosenza, E. en 2019, se realizó una investigación experimental analizando las propiedades dinámicas y el rendimiento sísmico de gabinetes hospitalarios típicos elaborados en laminas conformadas en frío con 2 diferentes geometrías, el primero con un peso de 20 Kg con doble ventana de apertura y cuyas dimensiones son 38cm de ancho, 75cm de largo y 164cm de alto; y el segundo con un peso de 15 kg con única ventana de apertura y de dimensiones 36 cm de ancho, 53 cm de largo y 139 cm de alto. Evaluados mediante pruebas de mesa vibratoria unidireccionales y bidireccionales, considerando la presencia de particiones internas y contenido en el gabinete (se usaron botellas y recipientes de vidrio médicos típicos llenos de arena; los contenidos también fueron restringidos de manera diferente durante las pruebas). El énfasis del estudio estuvo en la correlación entre la respuesta dinámica de los gabinetes y

la aceleración máxima del piso (AMP) y las velocidades correspondientes al inicio de los estados límite del sistema (Velocidad máxima de piso). También se aplicaron vibraciones aleatorias de baja amplitud para la identificación dinámica y la evaluación de daños ya que los acelerogramas de baja frecuencia son previsible para ciertos tipos específicos de estructuras, como edificios altos, y pueden ser relevantes para componentes no anclados. Las pruebas de rendimiento sísmico emplearon historias de tiempo de aceleración incremental, con amplitudes que varían desde valores muy bajos hasta AMP igual a 1.20 g.

Del estudio se pudo concluir que el umbral de intensidad de balanceo está influenciado de manera significativa por el tamaño de los gabinetes, y es menos sensible al contenido de los gabinetes; el deslizamiento del contenido reduce la duración del movimiento de balanceo del gabinete. El balanceo no depende de manera considerable de la naturaleza del movimiento, es decir, ya sea carga bidireccional horizontal o unidireccional horizontal; la vibración bidireccional afecta levemente el rendimiento completo del gabinete de una sola ventana. Los criterios para el inicio de balanceo y el daño severo dependen de los desplazamientos superiores del gabinete, así como los ángulos de rotación.

Los gabinetes de doble ventana experimentan una oscilación para una AMP igual a 0.34 g; los gabinetes de una sola ventana presentan balanceo a 0.46 g. Para valores más bajos de la AMP, los gabinetes experimentan movimientos relativamente bajos.

En 6 de cada 10 casos, los gabinetes mostraron un vuelco. A altas intensidades, es decir, para AMP mayores de 0,6 a 0,8 g, los gabinetes se estrellaron contra la pared, lo que, a su vez, evitó que se volcaran. Probablemente que la presencia de una pared cerca de los gabinetes es efectiva para inhibir el vuelco de los gabinetes de ensayados. Cuando los gabinetes experimentaron un vuelco, los valores de la AMP estaban en el orden de 1.0 g. Los contenidos juegan un papel fundamental en la respuesta dinámica; Los contenidos que se deslizan aumentan significativamente el rendimiento de volcado. Y el tamaño de los gabinetes afecta el vuelco; Los gabinetes de doble ventana resultan más vulnerables que una sola ventana. La dirección de la agitación de la mesa vibratoria influye en el rendimiento del gabinete vacío; La agitación bidireccional disminuye los valores de la AMP volcado (más significativamente para gabinetes de doble ventana).

Di Sarno, L., Petrone, C., Magliulo, G., & Manfredi, G., realizaron otro estudio en 2015 relacionado con mesa vibratoria en que se investigó la respuesta dinámica de los componentes típicos de un consultorio de un hospital, en el laboratorio del Departamento de Estructuras para Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Nápoles Federico II, Italia. El sistema consta de dos mesas de prueba cuadradas de 3 m por 3 m. Cada mesa se caracteriza por tener dos grados de libertad a lo largo de las dos direcciones horizontales. El primer nivel del modelo de prueba se encuentra dentro de un marco de acero que está diseñado con el propósito de simular los efectos sísmicos en el equipamiento típico de una consultorio hospitalario y está diseñado para simular los efectos del movimiento de tierra del terremoto en diferentes pisos; su gran rigidez fue necesaria para impedir la aparición de la resonancia, adicionalmente no se consideraron los efectos de la deriva entre niveles, porque no fueron relevantes para el problema en cuestión.

El consultorio de prueba estaba constituido de muros y techos en sistema liviano con paneles de yeso, piso en láminas de linóleo, una luz cenital y un equipo visor de rayos X. El contenido utilizado para la sala de examen incluye: (a) un gabinete constituido de lámina conformada en frío de dimensiones 75 x 38 x 165 cm, que tiene puerta de vidrio doble y cuatro estantes móviles; (b) gabinete constituido de lámina conformada en frío de dimensiones 53 x 36 x 139 cm, que tiene única puerta de vidrio y cuatro estantes móviles; (c) una computadora de escritorio (monitor, teclado y mouse); y (d) un escritorio hecho de marcos de tubos de acero y paneles de madera. La masa de los dos gabinetes es respectivamente de 15 kg para el gabinete de una sola ventana y de 20 kg para el gabinete de doble ventana; La masa del escritorio es de 31,6 kg. El contenido del gabinete incluyó diferentes elementos típicos como matraces, tubos de ensayo, vasos de precipitados de vidrio y botellas de vidrio, que fueron colocados en los gabinetes para simular las condiciones reales de un consultorio típico. También se consideraron diferentes distribuciones de masa en altura para el contenido en los dos gabinetes.

El escritorio se caracterizó por tener una frecuencia natural significativamente diferente en las dos direcciones horizontales. La relación de amortiguamiento de los escritorios varió entre 3.6% y 6.8%, mientras que la de los dos gabinetes probados que fue significativamente alta varió entre 12.1% y 21.6%.

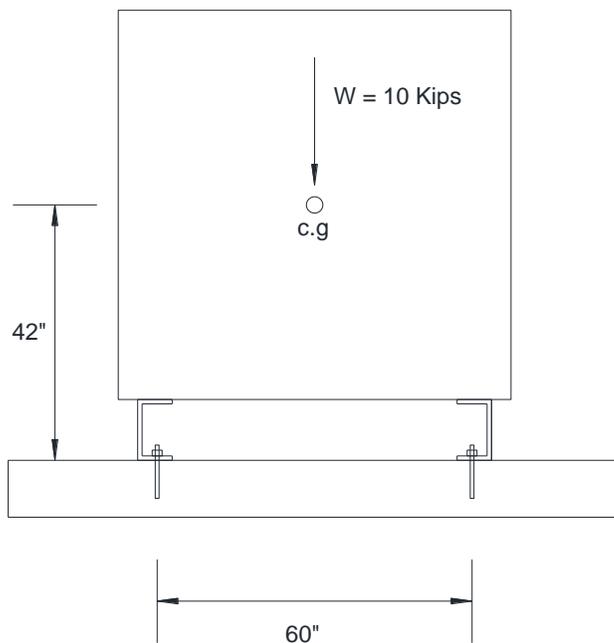
Adicionalmente, se implementaron modelos de elementos finitos simplificados de los componentes probados para evaluar si los modelos simplificados pueden describir adecuadamente el comportamiento dinámico de los componentes médicos. Las frecuencias naturales del modelo numérico del escritorio coincidieron con los resultados experimentales. El modelo numérico implementado es capaz de simular las variaciones de frecuencia natural proporcionadas por las pruebas experimentales, en caso de que el componente se agite a lo largo de las dos direcciones horizontales. El modelo numérico simula adecuadamente los modos naturales de los dos gabinetes probados. Los resultados de los análisis numéricos proporcionaron una aproximación cercana a los experimentales. Por lo tanto, el principal hallazgo de dicho estudio numérico es que los modelos simples pueden simular adecuadamente las propiedades dinámicas de los gabinetes probados. Y los desarrollos proporcionados en este estudio podrían ser utilizados fácilmente por personas que enfrentan el problema de evaluar el riesgo sísmico de componentes no estructurales en edificios hospitalarios; sin embargo, los autores aún están investigando por pautas confiables, pero con solidez adicional.

Por otro lado, los modelos desarrollados se pueden usar fácilmente para evaluar la demanda sísmica de dichos componentes correspondientes a un movimiento sísmico dado; por ejemplo, pueden indicar la necesidad de restringir el gabinete en su base. Finalmente, se enfatiza que los resultados relacionados con los modelos desarrollados se limitan a componentes independientes que no exhiben ningún mecanismo de balanceo, es decir, que se encuentran conectados rígidamente en su base al piso (comúnmente llamado empotrado en la base).

6. EJEMPLOS DE DISEÑO DE CNEs

En la presente sección se exponen diferentes ejemplos de diseño de equipamiento hospitalario típico tomados del documento USACE TI 809-04 – Technical instructions, Seismic Design for Buildings, y el ultimo ejemplo realizado con base en el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10.

Ejemplo 1: Para el equipo de radiología mostrado, se pide determinar las reacciones en los pernos de anclaje debido a las cargas sísmicas, localizado en una edificación residencial en zona de amenaza sísmica 3.



$F_p = ZI \left(\frac{2}{3} C_p \right) W_p \rightarrow$ Fuerza sísmica de diseño para equipo rígido montado sobre el piso.

$Z = \frac{3}{4}$ (Tabla 3-1 - coeficiente $Z \rightarrow$ para zona de amenaza sísmica 3)

$I = 1$ (Tabla 3-2 - coeficiente $I \rightarrow$ estructuras clasificadas como "otras estructuras")

$C_p = 0.30$ (Tabla 3-4 – factor de fuerza horizontal para elementos de estructuras)

$$F_p = \frac{3}{4} \times 1.0 \times \left(\frac{2}{3} \times 0.30 \right) \times 10 = 1.50 \text{ Kips}$$

Cortante por perno = $1.50 \text{ Kips}/4 = 0.375 \text{ Kips/perno}$

$\phi_{\text{PERNO}} = 3/4'' \rightarrow \text{Cortante permisible por perno} = 1.50 \text{ Kips/perno} > 0.375 \text{ Kips/perno}$

Cumple!

Chequeo volcamiento

$\Sigma M_o = 0 \rightarrow 1.50 \text{ Kips} \times 42\text{plg} (63 \text{ Kips} - \text{plg}) \ll 10 \text{ Kips} \times (60/2)\text{plg} (300 \text{ Kips} - \text{plg})$

Cumple!

Conclusión: Como algunos de los pernos se encuentran sometidos a la acción simultánea de esfuerzos de tracción y cortante, se continuaría el ejercicio realizando el chequeo para esta combinación de esfuerzos, es decir, verificando que la suma de las relaciones entre las fuerzas actuantes y los esfuerzos admisibles (por corte y tracción) en el perno sea ≥ 1.33 . El ejemplo ilustrativo mostrado se ha basado únicamente en la determinación de la fuerza sísmica equivalente propuesta por la metodología de análisis de la norma seleccionada. Igualmente se debe determinar la profundidad mínima del anclaje (porción embebida / diámetro del perno > 8), para garantizar la falla por fluencia, antes que por desgarramiento del concreto.

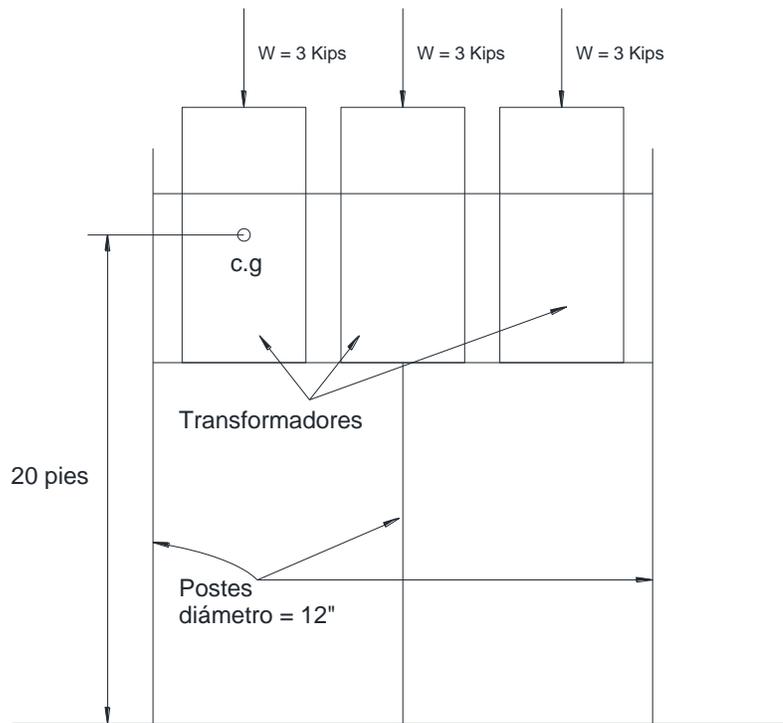
Ejemplo 2: Para la estantería mostrada a continuación, se pide calcular el coeficiente de fuerza sísmica para el eje débil del poste $\phi = 12''$. El proyecto se encuentra localizado en zona de amenaza sísmica 3 y dentro de una edificación indispensable para la atención a la comunidad tipo centro médico.

Se asume que cada poste actúa como un voladizo (cantiléver) de 20 pies.

Peso por transformador = 3 Kips

Peso postes = 35 Lb/pie

Módulo de elasticidad del poste = $1.6 \times 10^6 \text{ Lb/plg}^2$



$$W = 3000 + \frac{(35 \times 20)}{2} = 3350 \frac{lb}{poste}$$

$$I_0 = \frac{\pi \times r^4}{4} = \frac{\pi \times 6^4}{4} = 1018 \text{ plg}^4$$

$$\Delta = \frac{P L^3}{3 E I_0} \rightarrow K = \frac{3 E I_0}{L^3} = \frac{3 \times 1.6 \times 10^6 \times 1018}{(20 \times 12)^3} = 353 \frac{lb}{\text{plg}}$$

$$T = 0.32 \sqrt{\frac{W}{K}} = 0.32 \times \sqrt{\frac{3350}{353}} = 0.98 \text{ s} \quad (\text{Ec. 10-1})$$

$F_p = ZIKCSW \rightarrow$ Ec. para equipos montados sobre el piso clasificados como otras estructuras que edificios.

$Z = 3/4$ (Tabla 3-1 - coeficiente $Z \rightarrow$ zona de amenaza sísmica 3)

$I = 1.25 \rightarrow$ edificación de alto riesgo

$K = 2.5 \rightarrow$ para tanques elevados y péndulos invertidos (Tabla 3-3)

$S = 1.5 \rightarrow$ cuando se desconoce el período del edificio

$$C = \frac{1}{\sqrt{15T}} = \frac{1}{\sqrt{15 \times 0.98}} = 0.067 \rightarrow \text{Ec. 3-2}$$

$$F_p = \frac{3}{4} \times 1.25 \times 2.5 \times 0.067 \times 1.5 W = 0.236 W$$

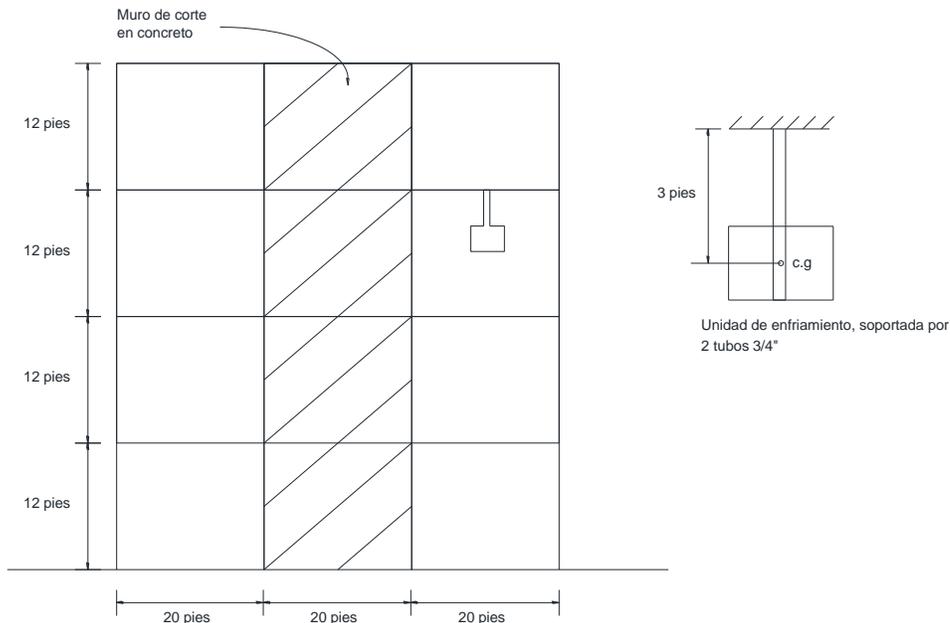
Conclusión: Posteriormente se debe evaluar que para la carga axial actuante no se exceda la carga crítica de pandeo del elemento y se debe verificar la resistencia de las soldaduras por compresión y cortante en las uniones con otros elementos y en la pletina de apoyo, según el electrodo seleccionado.

Ejemplo 3: Encontrar la fuerza sísmica de diseño aplicada al c.g de la unidad de enfriamiento. El proyecto se encuentra localizado en zona de amenaza sísmica 3 y localizado en una edificación de tipo centro médico.

Peso de la unidad de enfriamiento (W_p) = 350 Lb

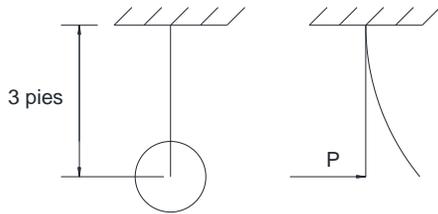
$$E_{\text{TUBO}} = 30 \times 10^3 \text{ Kips/plg}^2$$

Período del pórtico $T = 0.6 \text{ s}$ (supuesto).



$$I_o = 2 \times \left(\frac{\pi \times r^4}{4} \right) = 2 \times \left(\frac{\pi \times 0.375^4}{4} \right) = 0.031 \text{ plg}^4$$

$F_p = Z I A_p C_p W_p \rightarrow$ Fuerza estática equivalente asumiendo que el equipo está anclado de manera flexible al edificio.



$$K = 2 \times \left(\frac{3 \times E \times I}{L^3} \right) = 2 \times \left(\frac{3 \times 30 \times 10^3 \times 0.031}{(3 \times 12)^3} \right) = 0.119 \frac{Kips}{plg}$$

$$T = 0.32 \sqrt{\frac{W_p}{K}} = 0.32 \times \sqrt{\frac{0.35}{0.119}} = 0.55 \text{ s} \quad (\text{Ec. 10-1})$$

$T = 0.6 \text{ s}$ (período del pórtico – supuesto)

$$\frac{T_a}{T} = \frac{0.55}{0.60} = 0.92 \rightarrow A_p = 4.90 \text{ (Figura 10-3b – Tabla 10-1)}$$

$Z = 3/4$ (Tabla 3-1 - coeficiente Z \rightarrow zona de amenaza sísmica 3)

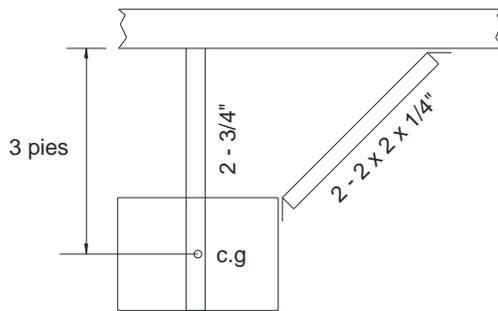
$I = 1$ (Tabla 3-2 - coeficiente I \rightarrow otras estructuras)

$C_p = 0.30$ (Tabla 3-4 – factor de fuerza horizontal para elementos de estructuras)

$$F_p = \frac{3}{4} \times 1 \times 4.90 \times 0.30 \times W_p$$

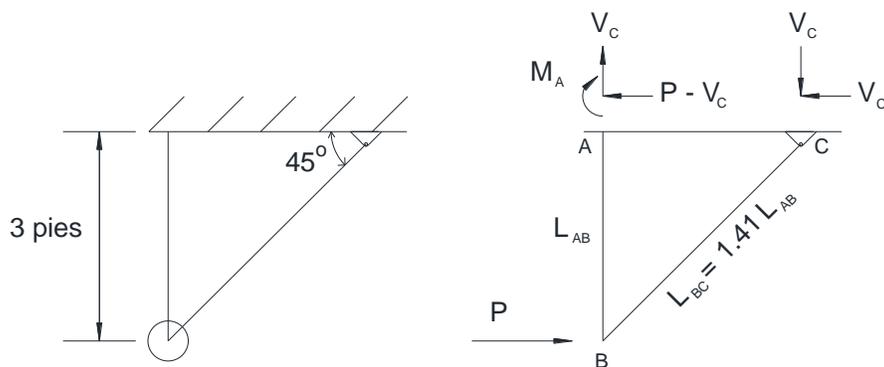
$$F_p = 1.10 \times 350 = 386 \text{ Lbs}$$

Es posible que la fuerza lateral de 386 lbs genere un sobreesfuerzo en la tubería de $3/4''$; entonces realizaremos el cálculo adicionando unos soportes diagonales, como se muestra a continuación.



$F_p = ZIC_P W_p$ → Fuerza estática equivalente para equipos anclados rígidamente al edificio.

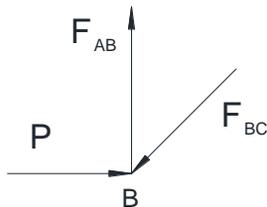
Se asume que toda la fuerza lateral es resistida por los ángulos.



$P - V_C = 0$ → porque se asume que toda la fuerza horizontal P es resistida por la diagonal.

$$M_A = L_{AB} (P - V_C)$$

Equilibrio en el nudo B



$$\Sigma F_x = 0 \quad P - F_{BC} \cos 45^\circ = 0 \rightarrow F_{BC} = 1.41 P$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad F_{AB} - F_{BC} \sin 45^\circ = 0 \rightarrow F_{AB} = P$$

Por el método de la energía, tenemos: $\Sigma W_{\text{externo}} = \Sigma W_{\text{interno}}$.

$$\frac{P\Delta}{2} = \frac{P^2 \times L_{AB}}{2 \times A_{AB} \times E} + \frac{(1.41 P)^2 \times L_{BC}}{2 \times A_{BC} \times E}$$

Δ = Desplazamiento horizontal en el nudo B, igual a 1.

$$1 = P \times \left(\frac{L_{AB}}{A_{AB} \times E} + \frac{1.41^3 L_{AB}}{A_{AB} \times E} \right)$$

$$A_{AB} = 2 \times \left(\frac{\pi \times 0.75^2}{4} \right) = 0.88 \text{ plg}^2$$

$$A_{BC} = 2 \times 0.94 = 1.88 \text{ plg}^2 \text{ (2 - 2 x 2 1/4")}$$

$$P = \frac{30 \times 10^6}{\left[\frac{36}{0.88} + \frac{1.41^3 \times 36}{1.88} \right]} = 3.17 \times 10^5 \frac{\text{lbs}}{\text{plg}} = K$$

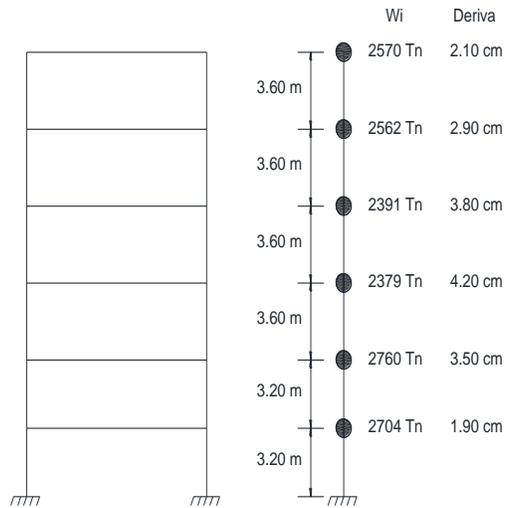
$$\therefore P = K\Delta \text{ (}\Delta = 1.0\text{)}$$

$$T_a = 0.32 \sqrt{\frac{W_P}{K}} = 0.32 \times \sqrt{\frac{350}{3.17 \times 10^5}} = 0.011 \text{ s}$$

$T_a < 0.05 \text{ s} \rightarrow$ el soporte es rígido

$$F_P = ZIC_P W_P = \frac{3}{4} \times 1.0 \times 0.30 \times W_P = 0.225 \times 350 = 79 \text{ lb}$$

Ejemplo 4: En el siguiente ejemplo se presenta detalladamente el diseño de un tipo de muro: biapoyado. Los muros considerados pertenecen a una estructura en pórticos de concreto de seis pisos, y cuyas masas se distribuyen de acuerdo a la figura que se muestra a continuación.



Para el muro biapoyado se considera ubicado en el nivel 4 de la estructura. Para el diseño se siguen los pasos indicados por la NSR -10. Es importante tener en cuenta que debido a que la fuerza sísmica que actúa en los elementos no estructurales depende de la ubicación del elemento en la estructura, para una misma edificación, los muros en diferentes pisos están sometidos a diferentes magnitudes de fuerzas.

Se asume que el proyecto se encuentra localizado en la ciudad de Medellín, cimentado sobre un suelo Tipo C, que genera una amplificación en las aceleraciones del espectro elástico de diseño para la zona de períodos cortos e intermedios, por efectos de sitio. Estructura de ocupación especial, grupo de uso II.

$$A_a = 0.15; A_v = 0.20; I = 1.10; F_a = 1.20; F_v = 1.60$$

$$T_a = C_t h^\alpha = 0.047 \times 20.8^{0.9} = 0.72 \text{ s}$$

$$0.5 < T < 2.5 \rightarrow K = 0.75 + 0.5T = 0.75 + 0.5 \times 0.72 = 1.11$$

$$T_C = \frac{0.48 A_v F_v}{A_a F_a} = \frac{0.48 \times 0.20 \times 1.6}{0.15 \times 1.20} = 0.85 \text{ s}$$

$$T_a < T_C \rightarrow S_a = 2.5 A_a F_a I = 2.5 \times 0.15 \times 1.20 \times 1.10 = 0.495$$

$$V_S = S_a (gM) = 0.495 \times 15366 = 7606.17 \text{ Tn}$$

Análisis sísmico de la estructura por el método de la F.H.E

Nivel	hx (m)	Wx (Tn)	Wxhx ^k	Cvx	ax (m/s ²)
6	20,80	2570	74642,03	0,311	0,919
5	17,20	2562	60258,14	0,251	0,744
4	13,60	2391	43331,90	0,180	0,573
3	10,00	2379	30647,46	0,127	0,408
2	6,40	2760	21665,51	0,090	0,248
1	3,20	2704	9833,84	0,041	0,115
		15366	240378,87	1,000	

Parámetros de diseño:

Grupo de uso II → I = 1.10 (Tabla A.9.2-1)

Amplificación dinámica (Tabla A.9.5-1)

$a_p = 1.0$ → Mampostería reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas arriba y abajo (Muros biapoyados)

Siguiendo con el ejemplo, se estableció que el grado de desempeño mínimo debe ser BUENO y que el anclaje puede ser NO DÚCTIL (Tabla A.9.5-1). Para este tipo de anclaje el valor de $R_p = 1.50$. Sin embargo, también están los anclajes DÚCTILES y para este tipo de anclaje el valor de $R_p = 3.0$. De lo anterior se concluye que al especificar el anclaje como DÚCTIL se disminuyen las fuerzas en un 50%, ya el factor R_p hace parte del denominador de la ecuación para el cálculo de la fuerza sísmica equivalente y a su vez se proporciona un anclaje superior al establecido por la NSR-10. Se toma $R_p = 3.0$.

Determinación de las fuerzas y solicitaciones

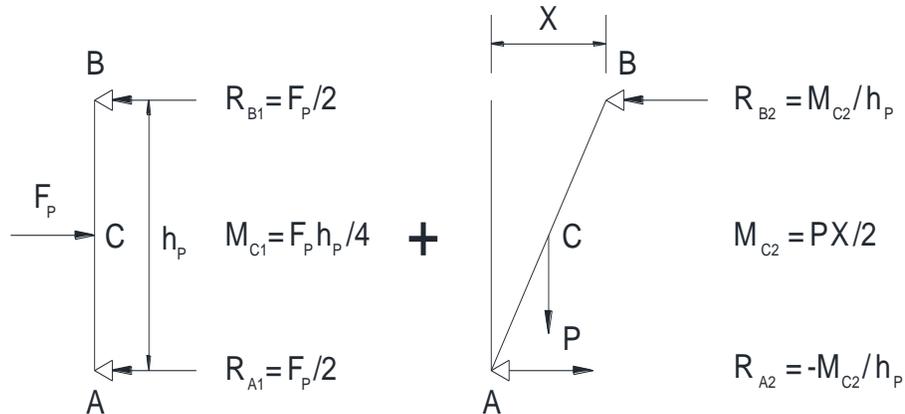
Se tienen las siguientes expresiones de cálculo:

$$F_p = \frac{a_x a_p}{R_p} W_p \geq \frac{A_a I}{2} W_p$$

W_p representa el peso del elemento. En el caso de un muro de 0.15 m de ancho, el peso por m², se calcula así:

La densidad de la mampostería hueca es $\gamma = 1300 \text{ Kg/m}^3$, entonces: $W_P = 1300 \text{ Kg/m}^3 * 0.15\text{m} \cong 200 \text{ kgf/m}^2 * 1.25 \cong 250 \text{ Kg/m}^2$. El incremento del 25% es debido al peso aproximado del revoque.

Las sollicitaciones de diseño resultan de la superposición de los 2 siguientes estados:



Esfuerzos resultantes de diseño:

$$R_{Bf} = R_{B1} + R_{B2}$$

$$R_{Af} = R_{A1} + R_{A2}$$

$$M_f = M_{C1} + M_{C2}$$

Fuerzas de diseño para muros biapoyados:

Nivel	h_p (m)	a_x (m/s ²)	F_p (Kgf/m)	M_{C1} (Kgf-m/m)	R_{A1} (Kgf/m)	R_{B1} (Kgf/m)	Deriva (cm)	P (Kgf/m)	M_{C2} (Kgf-m/m)	R_{A2} (Kgf/m)	R_{B2} (Kgf/m)	M_f (Kgf-m/m)	R_{Af} (Kgf/m)	R_{Bf} (Kgf/m)
6	3,40	0,919	260	221	130	130	2,10	850	9	-3	3	230	128	133
5	3,40	0,744	211	179	105	105	2,90	850	12	-4	4	192	102	109
4	3,40	0,573	162	138	81	81	3,80	850	16	-5	5	154	76	86
3	3,40	0,408	115	98	58	58	4,20	850	18	-5	5	116	52	63
2	3,00	0,248	62	47	31	31	3,50	750	13	-4	4	60	27	35
1	3,00	0,115	62	46	31	31	1,90	750	7	-2	2	54	29	33

Nota: Se utiliza $h = 3.4 \text{ m}$ y $h = 3.0 \text{ m}$ en vez de 3.6 m y 3.20 , para considerar un espesor equivalente de losa.

Parámetros de diseño:

$$f^*m = 100 \text{ Kg/cm}^2$$

$E_m = 900 \text{ f'm} = 90.000 \text{ Kgf/cm}^2 \rightarrow$ para mampostería en concreto (D.5.2-2)

Esfuerzos admisibles por compresión axial

$$F_a = 0.20 \text{ f'm} R_e$$

$$h'/t = 3.40/0.15 = 22.67 < 30$$

$$R_e = 1 - \left[\frac{h'}{(42t)} \right]^2 = 1 - \left[\frac{3.40}{42 \times 0.15} \right]^2 = 0.71$$

$$F_a = 0.20 \times 100 \times 0.71 = 14.20 \text{ Kgf/cm}^2$$

Esfuerzos admisibles para compresión por flexión

$$F_b = 0.33 \text{ f'm} = 0.33 \times 100 = 33 \text{ Kgf/cm}^2$$

Diseño de muro (Nivel 4) - Solicitaciones: Ver tabla anterior

$$M_F = 154 \text{ Kgf-m/m} \quad R_{BF} = 86 \text{ Kgf/m}$$

Se realiza un tanteo con 1 No. 4 @ 1.0 m

$$A_s = 1.29 \text{ cm}^2/\text{m} \quad b d = 100 \times 7 = 400 \text{ cm}^2 \quad b d^2 = 100 \times 7 \times 0.07 = 49 \text{ m-cm}^2$$

$$\rho = A_s/bd = 1.29/400 = 0.00184$$

$$n = E_s/E_m = 2000000/90000 = 22.22 \quad n\rho = 22.22 \times 0.00184 = 0.0409$$

$$k = \sqrt{2n\rho + (n\rho)^2} - n\rho = \sqrt{2 \times 0.0409 + (0.0409)^2} - 0.0409 = 0.268$$

$$j = 1 - k/3 = 1 - 0.268/3 = 0.91$$

Chequeo de los esfuerzos

Esfuerzo en el acero

Esfuerzo admisible:

$$F_s = 0.50 f_y = 0.50 \times 4200 = 2100 \text{ Kgf/cm}^2$$

Esfuerzo actuante:

$$f_s = \frac{M_F}{A_s j d} = \frac{154}{1.29 \times 0.91 \times 0.07} = 1874.09 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$$

$f_s < F_s \rightarrow$ Cumple!

Esfuerzo para compresión por flexión en la mampostería

$$f_b = \frac{M_F}{bd^2} \times \frac{2}{kj} = \frac{154}{49} \times \frac{2}{0.268 \times 0.91} = 25.77 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$$

$f_b < F_b$ (33 Kgf/cm²) Cumple!

Esfuerzo por compresión axial en la mampostería $t_{eq} = 7.6 \text{ cm}$

$$f_a = \frac{P}{L \times t_{eq}} = \frac{850}{(100 \times 7.6)} = 1.12 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$$

$f_a < F_a$ (14.20 Kgf/cm²) Cumple!

Esfuerzos combinados

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1.33$$

$$\frac{1.12}{14.20} + \frac{25.77}{33} = 0.92 < 1.33 \text{ Cumple!}$$

Esfuerzo por cortante

Esfuerzo admisible

$$F_v = 0.26 \times \sqrt{f' m} = 0.26 \times \sqrt{100} = 2.6 \frac{Kgf}{cm^2}$$

Esfuerzo actuante

$$f_v = \frac{V}{b j d} = \frac{86}{100 \times 0.91 \times 70} = 0.14 \frac{Kgf}{cm^2}$$

$f_v < F_v$ Cumple!

7. CONCLUSIONES

En general se resalta la necesidad de introducir regulaciones a los códigos sísmicos dedicados a mejorar el rendimiento de los componentes no estructurales y reducir las pérdidas económicas asociadas a la pérdida de funcionalidad y las posibles amenazas a la seguridad a la vida.

De acuerdo con las investigaciones realizadas a gran escala en mesas vibratorias que simulan los movimientos sísmicos, se concluye que los aisladores sísmicos de base pueden reducir las aceleraciones horizontales de piso de manera considerable, sin embargo, produce un efecto nocivo en dirección vertical debido a que tiende a amplificar los movimientos de los pisos ubicados sobre aisladores sísmicos.

En hospitales es muy común encontrar componentes no estructurales con sistema de ruedas de piso que facilitan el desplazamiento de equipos e incluso de los pacientes mismos; sísmicamente se encontró que el bloqueo de las ruedas puede en algunos casos dar como resultado una respuesta amplificada, dependiendo de la intensidad de excitación de entrada y la orientación del equipo con respecto a la dirección de entrada de la excitación ya que cuando los equipos con ruedas se colocan con las ruedas perpendiculares o en ángulo oblicuo a la dirección de excitación, presentan un movimiento significativo en la dirección hacia la que apuntaban las ruedas.

Respecto a gabinetes médicos, elaborados en lámina de acero (muy típicos en Colombia) se concluye que el balanceo no depende de manera considerable de la naturaleza del movimiento, es decir, ya sea carga bidireccional horizontal o unidireccional horizontal y probablemente la presencia de una pared cerca de los gabinetes es efectiva para inhibir el vuelco de los gabinetes ya que lo anterior evito el vuelvo en los ensayos realizados y finalmente los gabinetes de doble ventana resultan más vulnerables que una sola ventana.

Desde la planificación de proyectos hospitalarios el modelado de la información de construcción (BIM) podría generar resultados útiles ya que se pueden caracterizar los CNEs de acuerdo con su comportamiento sísmico, posibles daños y sus respectivos niveles de riesgo, e integrarlo con la arquitectura de las edificaciones para poder generar también

diferentes estrategias de retro adaptación y mitigación de la inoperatividad de hospitales después de un sismo.

Desde el punto de vista estructural se concibe un mejor comportamiento al ubicar los servicios más delicados de un hospital en los primeros pisos de una edificación debido a que los equipos que son más sensibles a la aceleración reducen sus movimientos y por tanto se reduce la vulnerabilidad de vuelco o colapso.

Los elementos no estructurales pueden influir en el comportamiento dinámico de las estructuras y este cambio en el comportamiento puede dar lugar a fallas de elementos estructurales y como consecuencia poner en peligro la estabilidad global de la estructura. La presencia de estos elementos provoca un aumento de peso en la estructura y en ocasiones, un incremento en la rigidez cuando no se tiene la precaución de desligarlos correctamente cambiando su comportamiento. A veces este cambio provoca un comportamiento desfavorable en la estructura, y en otros no. En algunos casos, los elementos no estructurales, provocan excentricidades importantes en planta y en otros, los muros ayudan a la estructura a soportar las fuerzas sísmicas aumentando la rigidez y el amortiguamiento, formando un sistema con características más favorables.

Por otra parte, se sabe que resulta más económico realizar obras de rehabilitación de un edificio antes de la ocurrencia de un sismo que hacer las reparaciones después del siniestro, especialmente en un país con grandes limitaciones de inversión como Colombia, y que no siempre dispone de recursos económicos para reconstruir las ciudades y las instalaciones afectadas por un terremoto. Por lo que la prevención es el recurso más económico y eficaz para mitigar los daños asociados con los sismos, en estructuras construidas antes de la vigencia de los nuevos reglamentos.

La aplicación de las normas de sismo resistencia en Colombia poco a poco y en sus diferentes versiones, ha permitido introducir cambios fundamentales en las técnicas constructivas que, para el caso de los componentes no estructurales, representa modificaciones sustanciales frente a malas costumbres y tradiciones erróneas de todas las regiones del país.

De acuerdo con la revisión de información, los daños de elementos estructurales que se presentan con mayor frecuencia incluyen: el colapso de sistemas de cielo raso suspendidos, averías en tuberías suspendidas, daños en muros de fachada e interiores, colapso de parapetos e interacción inadecuada entre los componentes no estructurales y el sistema estructural principal generando a manera de ejemplo columnas cautivas y torsiones indeseables entre otros. La gran mayoría de los daños resultan por dos razones principales. La primera de ellas es la incompatibilidad de movimiento o deformación entre la edificación y los elementos no estructurales, y la segunda, es el bajo desempeño o comportamiento de los elementos no estructurales ante cargas o aceleraciones horizontales (deficiencia en los apoyos, anclajes, falta de ductilidad, etc.).

Existen diferentes componentes no estructurales de hospitales que pueden ser afectados por las fuerzas de inercia producidas durante el evento sísmico y se pueden clasificar en estantes pesados, archivos, muros divisorios y de fachada y equipos de oficina entre otros. Cuando ocurre el sismo, este tipo de elementos pueden tender a volcarse o a deslizarse dependiendo de su configuración geométrica. Por otro lado, la distorsión o deformación que ocurre en la estructura durante un sismo también puede llegar a afectar los elementos que no hacen parte del sistema estructural principal. Durante la acción del sismo, debido a las fuerzas de inercia generadas en las estructuras, el edificio tiende a deformarse de lado a lado, alcanzando valores de desplazamiento en las cubiertas bastante elevados si no se controla el límite de la deriva de entrepiso adecuadamente. La estructura puede bien ser diseñada para soportar deformaciones considerables cercanas a las derivas de piso permitidas por los reglamentos de construcción modernos, los cuales son del 1% de la altura entre pisos consecutivos, en el caso colombiano.

Finalmente, a pesar de estos y otros esfuerzos notables de investigación, todavía existen brechas de conocimiento significativas y se requieren más investigaciones sobre el rendimiento sísmico de los CNEs en hospitales y en edificaciones en general para que los ingenieros estructurales puedan diseñar estos componentes y su refuerzo para las demandas sísmicas impuestas.

8. REFERENCIAS

Baird, A., & Ferner, H. (2017). Damage to non-structural elements in the 2016 Kaikōura earthquake. *Bull. New Zeal. Soc. Earthq. Eng.*, (2), 187-193.

Bradley B, Dhakal RP, Cubrinovski M, MacRae G and Lee D (2009). “Seismic loss estimation for efficient decision making”. *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, 42(2): 97-110.

Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes (2010). *Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente NSR-10*. Tomado de <https://www.idrd.gov.co/>

Cosenza, E., Di Sarno, L., Maddaloni, G., Magliulo, G., Petrone, C., & Prota, A. (2015). Shake table tests for the seismic fragility evaluation of hospital rooms. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 44(1), 23-40.

Dhakal, R. P., MacRae, G. A., & Hogg, K. (2011). Performance of ceilings in the February 2011 Christchurch earthquake.

Di Sarno, L., Magliulo, G., D'Angela, D., & Cosenza, E. (2019). Experimental assessment of the seismic performance of hospital cabinets using shake table testing. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 48(1), 103-123.

Di Sarno, L., Petrone, C., Magliulo, G., & Manfredi, G. (2015). Dynamic properties of typical consultation room medical components. *Engineering Structures*, 100, 442-454.

Furukawa, S., Sato, E., Shi, Y., Becker, T., & Nakashima, M. (2013). Full-scale shaking table test of a base-isolated medical facility subjected to vertical motions. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 42(13), 1931-1949.

Gonzalo M. L., *Análisis y diseño de elementos no estructurales con base en las solicitaciones según la norma colombiana NSR-98*, Santafé de Bogotá, D.C, 2003. Tomado de <https://www.lgm.com.co>.

Jacques, C. C., McIntosh, J., Giovinazzi, S., Kirsch, T. D., Wilson, T., & Mitrani-Reiser, J. (2014). Resilience of the Canterbury hospital system to the 2011 Christchurch earthquake. *Earthquake Spectra*, 30(1), 533-554.

Masi, A., Santarsiero, G., Gallipoli, M. R., Mucciarelli, M., Manfredi, V., Dusi, A., & Stabile, T. A. (2014). Performance of the health facilities during the 2012 Emilia (Italy) earthquake and analysis of the Mirandola hospital case study. *Bulletin of earthquake engineering*, 12(5), 2419-2443.

Miranda, E., Mosqueda, G., Retamales, R., & Pekcan, G. (2012). Performance of nonstructural components during the 27 February 2010 Chile earthquake. *Earthquake Spectra*, 28(S1), S453-S471.

Nikfar, F., & Konstantinidis, D. (2017). Shake table investigation on the seismic performance of hospital equipment supported on wheels/casters. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 46(2), 243-266.

Perrone, D., & Filiatrault, A. (2017). Automated seismic design of non-structural elements with building information modelling. *Automation in construction*, 84, 166-175.

Perrone, D., Calvi, P. M., Nascimbene, R., Fischer, E. C., & Magliulo, G. (2018). Seismic performance of non-structural elements during the 2016 Central Italy earthquake. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 1-23.

Taghavi, S., & Miranda, E. (2003). Response assessment of nonstructural building elements. Pacific Earthquake Engineering Research Center.

US Army Corps of Engineers, (1998) TI 809-04 Technical instructions, Seismic design for buildings, Tomado de <https://es.scribd.com/document/237094482/Army-Tech-Instructions-TI-809-04>.

Welch, D. P., Sullivan, T. J., & Filiatrault, A. (2014). Potential of building information modelling for seismic risk mitigation in buildings. *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, 47(4), 253-263.

Youance, S., Nollet, M. J., & McClure, G. (2016). Effect of critical sub-system failures on the post-earthquake functionality of buildings: A case study for Montréal hospitals. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 43(10), 929-942.

Zareian, F., Sampere, C., Sandoval, V., McCormick, D. L., Moehle, J., & Leon, R. (2012). Reconnaissance of the Chilean wine industry affected by the 2010 Chile offshore Maule earthquake. *Earthquake Spectra*, 28(S1), S503-S512.

9. ANEXOS

9.1. Códigos y documentos internacionales para el diseño de componentes no estructurales.

Documento	Título	Comentarios	CNEs. tratados en la especificación
ASCE/SEI 7-05	Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures	Capítulo que especifica los requisitos de diseño sísmico para componentes no estructurales; publicado por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, Reston, Virginia.	<p>* Componentes arquitectónicos: Muros no estructurales exteriores - elementos y conexiones, vidrio en muros, techos suspendidos - cielo raso, Pisos de acceso - rampas, particiones - particiones acristaladas, muros cortina acristalados. Otros componentes arquitectónicos Tabla 13.5.-1.</p> <p>* Componentes mecánicos: Conductos de climatización, sistemas de tuberías, calderas y recipientes, ascensores y escaleras mecánicas, sistemas de tuberías de rociadores contra incendios, calderas y recipientes a presión.</p> <p>* Componentes eléctricos: Conductos, bandejas de cables y otros sistemas de distribución eléctrica. Tabla 13.6-1 Otros componentes mecánicos y eléctricos, componentes y sistemas aislados de vibración, sistemas de distribución.</p> <p>Temas asociados a todos los CNEs.</p> <p>* Anclajes para CNEs. (en concreto y mampostería)</p> <p>* Fuerzas sísmicas de diseño.</p> <p>* Desplazamientos sísmicos relativos.</p> <p>* Pruebas alternativas para la determinación de capacidad sísmica.</p>

FEMA	Final Report, Nonstructural Earthquake Mitigation Guidance Manual.	Basado en el Manual de mitigación de riesgos de terremotos de la Región X de FEMA para instalaciones públicas, 2002. Incluye diagramas de flujo, procedimientos paso a paso y algunos detalles. Divide los componentes no estructurales en cuatro grupos: contenido, elementos de construcción exteriores, elementos de construcción interiores y servicios públicos de construcción. Preparado por URS Group, Inc. para FEMA.	Elementos exteriores: Parapetos, elementos arquitectónicos, chimeneas, revestimientos de piedra (enchapes), ventanas. Elementos interiores: Techos suspendidos y accesorios (cielos rasos), particiones internas. Equipos del edificio: Equipamiento pesado, sistemas de ascensores, líneas de suministro, conexiones. Contenido del edificio: Muebles pesados, computadoras y equipos, materiales peligrosos, muebles varios.
FEMA 310	Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings - A Prestandard	Documento predecesor a SEI / ASCE 31-03. Las secciones relevantes describen los procedimientos de evaluación para los componentes no estructurales existentes. Incluye listas de verificación exhaustivas de posibles riesgos no estructurales.	CNEs. básicos y suplementarios: Particiones, techos suspendidos (cielos rasos), artefactos de iluminación, revestimiento y acristalamiento, chapas de mampostería, parapetos, cornisas, ornamentación y apéndices, chimeneas de mampostería, escaleras, contenido del edificio y mobiliario, equipos mecánicos y eléctricos, tuberías, almacenamiento y distribución de materiales peligrosos, elevadores.

FEMA 356	Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings	Documento sucesor de FEMA 273/274 y predecesor de ASCE / SEI 31-03. El capítulo pertinente describe los procedimientos de diseño para la rehabilitación de componentes no estructurales existentes, y una tabla que identifica los tipos de componentes no estructurales y su aplicabilidad a diferentes objetivos de rendimiento.	Componentes arquitectónicos: Muros exteriores, particiones, techos suspendidos, parapetos y apéndices, toldos y carpas, chimeneas y pilas, escaleras. Componentes mecánicos, eléctricos y de plomería: Equipamiento mecánico, recipientes de almacenamiento y calentadores de agua, tubería de presión, tubería de extinción de incendios, tuberías de fluidos que no sean de extinción de incendios, ductos, equipamiento eléctrico y de comunicaciones, componentes de distribución eléctrica y de comunicaciones, artefactos de iluminación. Mobiliario y equipamiento interior: bastidores de almacenamiento, estanterías, almacenamiento de materiales peligrosos, bastidores de computadoras y comunicación, elvadores y transportadoras.
FEMA 395, 396, 397, 398, 399, 400	Incremental Seismic Rehabilitation of School, Hospital, Office, Apartment and Hotel Buildings (K-12): Providing Protection to People and Buildings	Incluye una tabla de "Mejoras del rendimiento sísmico no estructural", que enumera las posibles mejoras del rendimiento sísmico que podrían llevarse a cabo en componentes no estructurales comunes a las ocupaciones escolares, hospitales, oficinas, apartamentos y hoteles.	Rociadores y tuberías, luces, techos suspendidos, iluminación de emergencia, armarios y muebles, equipamiento mecánico y eléctrico, elevadores, grandes conductos, contenedores de materiales peligrosos, tabiques interiores en mampostería, acristalamientos, anclajes con pernos de acero, etc.
FEMA 412	Installing Seismic Restraints for Mechanical Equipment	Incluye numerosos detalles y recomendaciones para la restricción sísmica de equipos mecánicos.	Anclajes en mampostería y drywall, conexiones de pernos de acero, tamaños de anclaje para equipos de menos de 400 lb.

FEMA 413	Installing Seismic Restraints for Electrical Equipment	Incluye numerosos detalles elaborados y muchas recomendaciones para la restricción sísmica de equipos eléctricos. Esta guía, producida por la Asociación de Fabricantes de Aislamiento de Vibraciones y Control Sísmico (VISCMA) para FEMA, proporciona a los instaladores de equipos, información sobre cómo conectar equipos eléctricos a los edificios para minimizar el daño por terremoto.	Anclajes generales, anclajes fundidos en el lugar, pernos de retraso, anclajes para mampostería y drywall, anclajes accionados por potencia, conexiones de pernos de acero, soldadura, tamaños de anclaje para equipos que pesan menosde 400 libras.
FEMA 414	Installing Seismic Restraints for Duct and Pipe	Incluye numerosos detalles y recomendaciones para la restricción sísmica de los componentes de conductos y tuberías. Muestra cómo conectar conductos y tuberías a un edificio para minimizar el daño por terremoto. Se incluyen ejemplos de dispositivos de anclaje y retención sísmica.	Anclajes para tubería suspendida, colocada en el piso, montada en el techo, dispuesta en muros.
FEMA 424	Design Guide for Improving School Safety in Earthquakes, Floods, and High Winds	Incluye imágenes de daños no estructurales, una lista de tipos de componentes no estructurales, gráficos para techos, estantes y paredes.	Conductos rectangulares y redondos suspendidos, ductos y tuberías apoyados en pisos, paredes y techos, entre otros.

FEMA 445	Next-Generation Performance-Based Seismic Design Guidelines: Program Plan for New and Existing Buildings	Describe cómo se desarrollarán las pautas de diseño sísmico basadas en el desempeño bajo el Proyecto ATC-58. La sección 4.2 se refiere específicamente al desarrollo de productos de rendimiento no estructural.	Techos suspendidos, sistemas de rociadores contra incendios, tuberías, particiones.
FEMA 450	NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures, Part 1 and 2: Provisions and Commentary	Proporciona criterios para el diseño y construcción de estructuras, para resistir movimientos sísmicos ocasionados por terremotos. Los capítulos relevantes incluyen requisitos prescriptivos para el diseño de componentes arquitectónicos, mecánicos, eléctricos y de tuberías.	Componentes arquitectónicos: Techos suspendidos, pisos de acceso, particiones, muros cortina de vidrio, tabiques acristalados. Componentes mecánicos y eléctricos: líneas de servicios, conductos de climatización, sistemas de tuberías, calderas y recipientes a presión, ascensores.
FEMA 454	Designing for Earthquakes: A Manual for Architects	Discusión de problemas del código, incluyendo problemas de CNEs. Contiene una colección de fotos y detalles genéricos tomados de diversas fuentes, incluidos: FEMA 74; detalles desarrollados para el Laboratorio Nacional Lawrence Livermore; y las Directrices SMACNA. Proporciona una lista de verificación que muestra la asignación de responsabilidades de diseño para componentes no estructurales.	Componentes Mecánicos y Eléctricos: calderas y hornos, recipientes a presión, grandes chimeneas en voladizo, maquinaria de fabricación y proceso, transportadoras, sistema de tuberías, elementos de alta, limitada y baja deformabilidad, componentes del ascensor, componentes de escaleras mecánicas, torres armadas, electricidad general, conductos, bandejas de cables, aparatos de iluminación. Componentes arquitectónicos: Elementos en voladizo (parapetos y chimeneas), muros exteriores, chapa (elementos de baja y limitada deformabilidad), Techos (suspendidos, unido a un bastidor auxiliar rígido), Gabinetes (armarios y equipos de laboratorio).

FEMA 460	Seismic Considerations for Steel Storage Racks Located in Areas Accessible to the Public	<p>Incluye: una revisión del rendimiento de los bastidores de almacenamiento en terremotos pasados; historia del desarrollo de códigos y estándares utilizados para el diseño de bastidores de almacenamiento; prácticas actuales de diseño de bastidores de almacenamiento; orientación sobre objetivos de rendimiento recomendados y requisitos de diseño para bastidores de almacenamiento; pautas para la implementación/responsabilidades asociadas con la especificación, adquisición e instalación de bastidores de almacenamiento; orientación sugerida para asegurar los contenidos; recomendaciones para operaciones y uso; orientación sugerida para programas de garantía de calidad; una discusión sobre las investigaciones y pruebas actuales y pasadas del rack de almacenamiento; sugerencias para inspecciones posteriores al terremoto; y modificaciones propuestas a las disposiciones y estándares de diseño sísmico para bastidores.</p>	Bastidores de almacenamiento
----------	------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------

FEMA 461	Interim Protocols for Determining Seismic Performance Characteristics of Structural and Nonstructural Components	<p>Proporciona un protocolo provisional para probar los componentes del edificio para establecer su capacidad de rendimiento en forma de funciones de fragilidad. Las funciones de fragilidad se utilizan para evaluar el rendimiento sísmico de componentes individuales, sistemas que incorporan estos componentes y edificios que contienen estos sistemas y componentes que están sujetos a terremotos. Los protocolos no están destinados a la prueba de calificación de desempeño sísmico de componentes no estructurales requeridos por el código de construcción, aunque los protocolos de carga podrían usarse para ese propósito.</p>	<p>Todos los componentes no estructurales que se quieran ensayar para determinar su capacidad.</p>
----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------

FEMA 74	Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage: A Practical Guide. Third Edition	Guía práctica para la reducción de los riesgos de daño por terremotos en componentes no estructurales. Tercera edición. Documento sucesor de ediciones anteriores de FEMA 74, publicado por primera vez en 1985.	Componentes arquitectónicos: particiones, techos y plafones, pisos no estructurales, ventanas y acristalamientos, ornamentación y apéndices permanentes: exterior o Interior. CNEs. Útiles: equipo generador de energía de emergencia, equipo eléctrico y distribución, sistema de detección y extinción de incendios, tanques de combustible y distribución, sistema de plomería, sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), equipo de comunicaciones, ascensores y escaleras mecánicas. Muebles y Contenidos: Equipo de oficina y computo, almacenamiento de registros y suministros, equipo de cocina y lavandería, materiales peligrosos, muebles y decoración interior.
FEMA 172	NEHRP Handbook of Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings	Los capítulos relevantes incluyen detalles para gabinetes eléctricos, chimeneas, parapetos, tabiques de mampostería, pisos de acceso elevado y equipos mecánicos.	Componentes arquitectónicos: muros exteriores, apéndices, chapas de piedra y mampostería, particiones, techos suspendidos, aparatos de iluminación, puertas y ventanas de cristal. Equipos mecánicos y eléctricos: conductos y tuberías, ascensores, sistemas de energía de emergencia, sistemas de almacenamiento de materiales peligrosos, sistemas de comunicación, equipo de computadora

ASCE/SEI 41-06	Seismic Rehabilitation of Existing Buildings	Documento sucesor del manual FEMA 356 que contiene comentarios para la rehabilitación sísmica de edificios. El capítulo pertinente describe los procedimientos de diseño para la rehabilitación de componentes no estructurales existente, y una tabla que identifica los tipos de componentes no estructurales y su aplicabilidad a diferentes objetivos de rendimiento. Publicado por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, Reston, Virginia.	Componentes arquitectónicos: muros exteriores, particiones, techos soportados, parapetos y apéndices. Componentes eléctricos, mecánicos y de fontanería: recipientes de almacenamiento y calentadores de agua, tuberías de presión, tuberías de supresión de incendios, tuberías de fluidos que no sean de supresión de incendios, ductos, equipos y componentes eléctricos y de comunicaciones.
ASTM E580/E580M-06	Standard Practice for Application of Ceiling Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-In Panels in Areas Requiring Seismic Restraint	Propociona las prácticas estándar para la instalación de sistemas de suspensión de techo en áreas que requieren restricción sísmica. Publicado por ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania.	Sistemas de suspensión de techo para acústica y paneles de colocación

<p>CSA S832-06 (Canada)</p>	<p>Seismic Risk Reduction of Operational and Functional Components (OFCs) of Buildings</p>	<p>Componentes operativos y funcionales (OFC) es un término canadiense para componentes no estructurales. Es la segunda edición de un documento publicado por primera vez en 2001. Describe cómo identificar y evaluar los peligros causados por componentes no estructurales, y proporciona estrategias para mitigar el daño. Está diseñado para ser aplicable a la mayoría de los edificios, ya sean nuevos o existentes. Propone metodologías para proporcionar seguridad y durabilidad de componentes no estructurales cuando están sujetos a terremotos. Publicado por la Canadian Standard Association, Mississauga, Ontario.</p>	<p>Componentes operativos y funcionales: techos suspendidos, tubería de extinción de incendios, torre de enfriamiento.</p>
<p>EN 1998-1:2004(E)(Europe)</p>	<p>Eurocode 8: Design of Structures For Earthquake Resistance (English version, Final Draft)</p>	<p>Incluye normas generales y las acciones sísmicas para edificios. Las secciones relevantes cubren el diseño de elementos no estructurales y medidas adicionales para marcos rellenos de mampostería. Publicado por el Comité Europeo de Normalización (CEN).</p>	<p>Los elementos no estructurales mencionados incluyen parapetos, antenas, accesorios y equipos mecánicos, muros cortina, tabiques y barandas</p>

IBC 2006	2006 International Building Code	Código nacional de construcción, última edición; programado para el cumplimiento en la mayoría de las jurisdicciones en los Estados Unidos. Específicamente, hace referencia a ASCE 7-05 para el diseño de componentes no estructurales. Publicado por el International Code Council, Washington, D.C.	Techos suspendidos, sistemas de rociadores contra incendios, tuberías, particiones.
ICC-ES AC-156	Acceptance Criteria for Seismic Qualification by Shake-Table Testing of Nonstructural Components and Systems.	Publicado por el Servicio de Evaluación del Consejo del Código Internacional, Whittier, California. Establece criterios de aceptación para la calificación sísmica, mediante pruebas de mesa vibratoria en sistemas y elementos no estructurales.	Techos suspendidos, sistemas de rociadores contra incendios, tuberías, particiones.
NFPA 13	Standard for the Installation of Sprinkler Systems, 2007 Edition	Publicado por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios, Quincy, Massachusetts. Es una normativa para la instalación de sistemas de rociadores, edición 2007	sistemas de rociadores contra incendios
UBC 1997	Uniform Building Code, 1997 Edition	Contiene los requisitos sísmicos para componentes no estructurales. Son una combinación de las disposiciones recomendadas por el NEHRP de 1994 - 1997, para las regulaciones sísmicas en nuevos edificios y otras estructuras.	Muros y tabiques, techos suspendidos.

<p>USACE TI 809-04</p>	<p>Tri-Service Manual, Seismic Design for Buildings</p>	<p>Documento sucesor de TM 5-809-10 y TM 5-809-10-1. Publicado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU., Washington, D.C. Proporciona un procedimiento de análisis dinámico para el diseño de componentes no estructurales que deben permanecer funcionales después de un terremoto importante. Requiere la generación de espectros de respuesta del piso y la consideración de la deriva entre pisos en la ubicación del CNEs. El apéndice incluye cuatro ejemplos de diseño.</p>	<p>Componentes arquitectónicos: Techos suspendidos, pisos de acceso, particiones, muros cortina de vidrio, tabiques acristalados. Componentes mecánicos y eléctricos: líneas de servicios, conductos de climatización, sistemas de tuberías, calderas y recipientes a presión, ascensores.</p>
----------------------------	-----------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ASHRAE /SMACNA	Seismic Restraint Applications CD-ROM	Proporciona información técnica para el diseño e instalación de restricciones sísmicas para tuberías y conductos. Incluye detalles de arriostramiento representativos, ejemplos de diseño y tablas. Consiste en parte, en los siguientes documentos: Manual de restricción sísmica de SMACNA: Pautas para sistemas mecánicos; Manual de ASHRAE - Aplicaciones HVAC (2003); y una guía práctica de restricción sísmica de ASHRAE. Producido por la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado, Inc. y la Asociación Nacional de Contratistas de Chapa y Aire Acondicionado.	Techos suspendidos, sistemas de rociadores contra incendios, tuberías, particiones.
VISCMA 102-07	Static Qualification Standards for Obtaining a VISCMA Compliant Seismic Component Rating	Pruebas de protocolo para equipos mecánicos, eléctricos y de fontanería. Publicado por la Asociación de Fabricantes de Aislamiento de Vibraciones y Control Sísmico, Wayne, Pennsylvania.	Componentes operativos y funcionales: techos suspendidos, tubería de extinción de incendios, torre de enfriamiento.
CISCA 1991	Recommendations for Direct-Hung Acoustical and Lay-in Panel Ceilings, Seismic Zones 0-2	Estándares en la industria para techos suspendidos en zonas de baja y alta sísmicidad. Publicado por Ceilings and Interior Systems Construction Association, Deerfield, Illinois.	Techos suspendidos.

<p>DGS, DSA(California)</p>	<p>Guide and for Checklist for Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools</p>	<p>Identifica los peligros potenciales asociados con los componentes no estructurales y proporciona recomendaciones para mitigar los riesgos. Incluye detalles típicos y una lista de verificación de riesgos de terremotos en los CNEs. Publicado por el Departamento de Servicios Generales del Estado de California, la División del Arquitectos del Estado y la Oficina de Servicios de Emergencia del Gobernador, Sacramento, California.</p>	<p>Componentes arquitectónicos: Techos suspendidos, pisos de acceso, particiones, muros cortina de vidrio, tabiques acristalados. Componentes mecánicos y eléctricos: líneas de servicios, conductos de climatización, sistemas de tuberías, calderas y recipientes a presión, ascensores.</p>
<p>DOISSP</p>	<p>Nonstructural Hazards Rehabilitation Guidelines; Vol. I; Guidelines Usage, Architectural, Mechanical, Electrical, Plumbing. Vol. II; Furnishings, Interior Equipment, Miscellaneous Components, Mobile Homes, Manufactured Homes, FEMA 273, FEMA 310, FEMA 178, & ASCE 31-xx Excerpts</p>	<p>Contiene información recopilada de varias fuentes, tanto públicas como privadas. Publicado por el Departamento de la Oficina de Recuperación del Interior, Programa de Seguridad Sísmica (DOISSP), Washington, D.C.</p>	<p>Elementos exteriores: Parapetos, elementos arquitectónicos, chimeneas, revestimientos de piedra (enchapes), ventanas. Elementos interiores: Techos suspendidos y accesorios (cielos rasos), particiones internas. Equipos del edificio: Equipamiento pesado, sistemas de ascensores, líneas de suministro, conexiones. Contenido del edificio: Muebles pesados, computadoras y equipos, materiales peligrosos, muebles varios.</p>

Los Alamos National Laboratory	Section 22 0548 Vibration and Seismic Controls for Plumbing, Piping, and Equipment	Especificación para el anclaje de equipos en el Laboratorio Nacional de Los Alamos.	Anclajes en mampostería y drywall, conexiones de pernos de acero, tamaños de anclaje para equipos de menos de 400 lb.
John Wiley & Sons, Inc.	Earthquakes, an Architect's Guide to Nonstructural Seismic Hazards	El público objetivo son los arquitectos. Escrito por H.J. Lagorio. Publicado por John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, Nueva York. Guía para los riesgos sísmicos en componentes no estructurales	Componentes arquitectónicos: Techos suspendidos, pisos de acceso, particiones, muros cortina de vidrio, tabiques acristalados. Componentes mecánicos y eléctricos: líneas de servicios, conductos de climatización, sistemas de tuberías, calderas y recipientes a presión, ascensores.
OCIPEP (Canada)	Seismic Hazard Assessment and Mitigation for Buildings' Functional and Operational Components: A Canadian Perspective	Contiene figuras y fotos de varias fuentes, incluida FEMA 74. Incluye fotos de daños del terremoto Chi Chi - Taiwan de 1999, daños en el equipo de la azotea; colapso de muro no estructural independiente; y daños a los sistemas de rociadores. Preparado por el Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Ottawa, para la Oficina de Protección de Infraestructura Crítica y Preparación para Emergencias (OCIPEP), Ontario, Canadá.	Techos suspendidos, sistemas de rociadores contra incendios, tuberías, particiones.

Oregon Emergency Management	Earthquake Preparedness and Mitigation Guidance for Oregon State Agency Offices and Warehouses	Se centra en las ocupaciones de oficinas y almacenes, con especial atención a los bastidores de almacenamiento. Incluye fotos y orientación que incluyen envoltura retráctil y redes para mitigar los posibles riesgos de caída. Proporciona información específica sobre el rendimiento de los muebles por parte de proveedores específicos (Hayworth, Steelcase y Artmet).	Componentes arquitectónicos: muros exteriores, apéndices, chapas de piedra y mampostería, particiones, techos suspendidos, aparatos de iluminación, puertas y ventanas de cristal. Equipos mecánicos y eléctricos: conductos y tuberías, ascensores, sistemas de energía de emergencia, sistemas de almacenamiento de materiales peligrosos, sistemas de comunicación, equipo de computadora
Pan American Health Organization	Principles of Disaster Mitigation in Health Facilities	Incluye orientación para evaluar y mitigar las vulnerabilidades sísmicas de los componentes no estructurales. Publicado por la Organización Panamericana de la Salud, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud, Washington, D.C.	Rociadores y tuberías, luces, techos suspendidos, iluminación de emergencia, armarios y muebles, equipamiento mecánico y eléctrico, elevadores, grandes conductos, contenedores de materiales peligrosos, tabiques interiores en mampostería, acristalamientos, anclajes con pernos de acero, etc.

Salt Lake City School District	Seismic Design Criteria of Nonstructural Systems For New School Facilities And Existing School Facilities	Destinado para su uso en nuevos proyectos de diseño escolar y proyectos de modernización sísmica en el Distrito Escolar de Salt Lake City. Establece procedimientos mínimos de diseño, requisitos generales de detalle, procedimientos de aprobación de diseño y procedimientos de inspección de construcción para elementos no estructurales. El ingeniero de diseño o arquitecto es responsable del desarrollo de detalles no estructurales específicos del proyecto. Algunos requisitos exceden los estándares mínimos establecidos en el Código Uniforme de Construcción (UBC).	CNEs. básicos y suplementarios: Particiones, techos suspendidos (cielos rasos), artefactos de iluminación, revestimiento y acristalamiento, chapas de mampostería, parapetos, cornisas, ornamentación y apéndices, chimeneas de mampostería, escaleras, contenido del edificio y mobiliario, equipos mecánicos y eléctricos, tuberías, almacenamiento y distribución de materiales peligrosos, elevadores.
Seattle Public Schools	School Facilities Manual: Nonstructural Protection Guide. Safer Schools, Earthquake Hazards, Nonstructural. Second Edition	Guía para la protección de componentes no estructurales en Instalaciones Escolares. Incluye formulario de inventario detallado y detalles no incluidos en FEMA 74.	Techos suspendidos, sistemas de rociadores contra incendios, tuberías, particiones.

USACERL TR-98/34	Seismic Mitigation for Equipment at Army Medical Centers	Presenta métodos simples para reducir la vulnerabilidad sísmica de los equipos en los centros médicos del Ejército. Las ilustraciones, observaciones y recomendaciones se basan en ejemplos del Madigan Army Medical Center (MAMC). Se presentan observaciones sobre equipos médicos críticos bien anclados en particular. Publicado por los EE. UU. Laboratorios de Investigación de Ingeniería de Construcción del Ejército.	Componentes arquitectónicos: Muros exteriores, particiones, techos suspendidos, parapetos y apéndices, toldos y carpas, chimeneas y pilas, escaleras. Componentes mecánicos, eléctricos y de plomería: Equipamiento mecánico, recipientes de almacenamiento y calentadores de agua, tubería de presión, tubería de extinción de incendios, tuberías de fluidos que no sean de extinción de incendios, ductos, equipamiento eléctrico y de comunicaciones, componentes de distribución eléctrica y de comunicaciones, artefactos de iluminación. Mobiliario y equipamiento interior: bastidores de almacenamiento, estanterías, almacenamiento de materiales peligrosos, bastidores de computadoras y comunicación, elvadores y transportadoras.
USACE, Engineering and Support Center	Seismic Protection for Mechanical Equipment	Presentación sobre procedimientos para diseñar soportes sísmicos de equipos, tuberías y conductos; incluye coeficientes de fuerza y métodos para calcular fuerzas. También incluye una lista de referencias útiles como pautas para el diseño.	Componentes mecánicos: Conductos de climatización, sistemas de tuberías, calderas y recipientes, ascensores y escaleras mecánicas, sistemas de tuberías de rociadores contra incendios, calderas y recipientes a presión
VISCMA	Understanding the 2000 IBC Code (Architectural Components and Equipment Restraint)	Explica los problemas asociados con la utilización de aislamiento interno y externo en los equipos. Muestra que el rendimiento es mejor si solo se usa aislamiento externo.	Conductos de climatización, sistemas de tuberías, calderas y recipientes, ascensores y escaleras mecánicas, sistemas de tuberías de rociadores contra incendios, calderas y recipientes a presión.

ASHRAE /SMACNA	Seismic Restraint Applications CD-ROM	<p>Proporciona información técnica para el diseño e instalación de restricciones sísmicas para equipos HVAC, tuberías y conductos. Incluye detalles de arriostramiento representativos, ejemplos de diseño y tablas. Consiste en partes de los siguientes documentos: Manual de restricción sísmica de SMACNA: Pautas para sistemas mecánicos; Manual de ASHRAE - Aplicaciones HVAC (2003); y Una guía práctica de restricción sísmica de ASHRAE. Producido por la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado, Inc. y la Asociación Nacional de Contratistas de Chapa y Aire Acondicionado.</p>	<p>Anclajes generales, anclajes fundidos en el lugar, pernos de retraso, anclajes para mampostería y drywall, anclajes accionados por potencia, conexiones de pernos de acero, soldadura, tamaños de anclaje para equipos que pesan menos de 400 libras.</p>
ATC-38	ATC-38 Postearthquake Building Performance Assessment Form and Surveyor Instructions	<p>Formulario de 10 páginas con instrucciones que proporcionan porcentajes de daños estandarizados y códigos estandarizados para techos y particiones. Disponible con el informe del proyecto ATC-38</p>	<p>Techos suspendidos, sistemas de rociadores contra incendios, tuberías, particiones.</p>

<p>DGS, DSA (California)</p>	<p>Guide and for Checklist Nonstructural Earthquake Hazards in California Schools</p>	<p>Identifica los peligros potenciales asociados con los componentes no estructurales y proporciona recomendaciones para mitigar los riesgos. Incluye detalles típicos y una lista de verificación de riesgos de componentes no estructurales en terremotos. Publicado por el Departamento de Servicios Generales del Estado de California, la División del Arquitecto del Estado y la Oficina de Servicios de Emergencia del Gobernador, Sacramento, California.</p>	<p>* Componentes arquitectónicos: Muros no estructurales exteriores - elementos y conexiones, vidrio en muros, techos suspendidos - cielo raso, Pisos de acceso - rampas, particiones - particiones acristaladas, muros cortina acristalados. Otros componentes arquitectónicos Tabla 13.5.-1. * Componentes mecánicos: Conductos de climatización, sistemas de tuberías, calderas y recipientes, ascensores y escaleras mecánicas, sistemas de tuberías de rociadores contra incendios, calderas y recipientes a presión. * Componentes eléctricos: Conductos, bandejas de cables y otros sistemas de distribución eléctrica.</p>
<p>DOISSP</p>	<p>Nonstructural Hazards Rehabilitation Guidelines; Vol. I; Guidelines Usage, Architectural, Mechanical, Electrical, Plumbing</p>	<p>Pautas de rehabilitación componentes arquitectónicos, mecánicos, eléctricos, plomería. Contiene orientación recopilada de varias fuentes, tanto públicas como privadas. Publicado por el Departamento de la Oficina de Recuperación del Interior, Programa de Seguridad Sísmica (DOISSP), Washington, D.C.</p>	<p>Componentes arquitectónicos: Muros exteriores, particiones, techos suspendidos, parapetos y apéndices, toldos y carpas, chimeneas y pilas, escaleras. Componentes mecánicos, eléctricos y de plomería: Equipamiento mecánico, recipientes de almacenamiento y calentadores de agua, tubería de presión, tubería de extinción de incendios, tuberías de fluidos que no sean de extinción de incendios, ductos, equipamiento eléctrico y de comunicaciones, componentes de distribución eléctrica y de comunicaciones, artefactos de iluminación.</p>

FEMA	Final Report, Nonstructural Earthquake Mitigation Guidance Manual	Basado en el Manual de mitigación de riesgos de terremotos de la Región X de FEMA para instalaciones públicas, 2002. Incluye diagramas de flujo, procedimientos paso a paso y algunos detalles. Divide los componentes no estructurales en cuatro grupos: contenido, elementos de construcción exteriores, elementos de construcción interiores y servicios públicos de construcción. Preparado por URS Group, Inc. para FEMA.	CNEs. básicos y suplementarios: Particiones, techos suspendidos (cielos rasos), artefactos de iluminación, revestimiento y acristalamiento, chapas de mampostería, parapetos, cornisas, ornamentación y apéndices, chimeneas de mampostería, escaleras, contenido del edificio y mobiliario, equipos mecánicos y eléctricos, tuberías, almacenamiento y distribución de materiales peligrosos, elevadores.
PEER 2003/05	Response Assessment of Nonstructural Building Elements	Propone una clasificación de los componentes no estructurales por funcionalidad, modos de falla, parámetros de respuesta sensibles a la aceleración o deriva y repercusiones del daño. Proporciona datos de los daños, costos y pérdidas para 200 elementos. Incluye un Formulario de inventario de daños en CNEs. utilizado después del terremoto Nisqually.	CNEs. básicos y suplementarios: Particiones, techos suspendidos (cielos rasos), artefactos de iluminación, revestimiento y acristalamiento, chapas de mampostería, parapetos, cornisas, ornamentación y apéndices, chimeneas de mampostería, escaleras, contenido del edificio y mobiliario, equipos mecánicos y eléctricos, tuberías, almacenamiento y distribución de materiales peligrosos, elevadores.
ACI 355.2-07	Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete	Calificación de anclajes mecánicos en el concreto. Publicado por el American Concrete Institute, Detroit, Michigan.	Anclajes generales, anclajes fundidos en el lugar, pernos de retraso, anclajes para mampostería y drywall, anclajes accionados por potencia, conexiones de pernos de acero, soldadura, tamaños de anclaje para equipos que pesan menos de 400 libras.

<p>E.030 (Peru)</p>	<p>National Construction Code, Technical Standard for Buildings, E.030 Earthquake-Resistant Design</p>	<p>Requisitos de diseño para edificios en Perú. Las disposiciones de deriva cambiaron en 1997, y ahora se encuentran entre las más estrictas del mundo. La deriva debe calcularse sin un factor R, y la deriva permisible se limita a .007h para concreto reforzado y .01h para estructuras de acero. La construcción escolar estándar debe ser de hormigón confinado, y el relleno de mampostería debe estar aislado del marco de hormigón. Las escuelas construidas desde 1997 que cumplen con estos criterios prácticamente no han sufrido daños en los grandes terremotos recientes en Perú. Publicado por el Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción (SENCICO), Lima, Perú.</p>	<p>* Componentes arquitectónicos: Muros no estructurales exteriores - elementos y conexiones, vidrio en muros, techos suspendidos - cielo raso, Pisos de acceso - rampas, particiones - particiones acristaladas, muros cortina acristalados. Otros componentes arquitectónicos Tabla 13.5.-1. * Componentes mecánicos: Conductos de climatización, sistemas de tuberías, calderas y recipientes, ascensores y escaleras mecánicas, sistemas de tuberías de rociadores contra incendios, calderas y recipientes a presión, * Componentes eléctricos: Conductos, bandejas de cables y otros sistemas de distribución eléctrica. Tabla 13.6-1 Otros componentes mecánicos y eléctricos, componentes y sistemas aislados de vibración, sistemas de distribución. Temas asociados a todos los CNEs. * Anclajes para CNEs. (en concreto y mampostería) * Fuerzas sísmicas de diseño. * Desplazamientos sísmicos relativos. * Pruebas alternativas para la determinación de capacidad sísmica.</p>
-------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>NCh 433.Of96(Chile)</p>	<p>Chilean Norm NCh 433.Of96, Earthquake Resistant Design of Buildings</p>	<p>Código chileno para edificios. Incluye los siguientes criterios de deriva: (1) la deriva debe calcularse sin un factor R; y (2) debe ser inferior a 0.002h para edificios con paredes de corte prefabricadas con juntas secas; menos de 0.003h para la construcción de muros de corte con relleno de mampostería rígidamente unido; menos de .0075h para marcos no arriostrados con relleno aislado; y menos de .015h para otras estructuras. Incluye un factor de escala Q / Q_{min} que permite una reducción de la deriva calculada para estructuras de períodos más largos donde la cizalla de base de diseño Q es menor que una cizalla de base mínima Q_{min}. Los criterios de deriva estrictos (más estrictos que los códigos de EE. UU.) han dado como resultado un uso casi exclusivo de los sistemas de muros de corte en edificios. Como resultado, el daño no estructural relacionado con la deriva se reduce significativamente. Publicado por el Instituto Nacional de Normalización (INN-Chile), Santiago, Chile.</p>	<p>Conexiones para todos los CNEs. en general</p>
--------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------

ACI 318-08	Building Code Requirements for Reinforced Concrete and Commentary	El apéndice contiene los requisitos para el anclaje en el hormigón; publicado por el American Concrete Institute, Detroit, Michigan.	Anclajes para tubería suspendida, colocada en el piso, montada en el techo, dispuesta en muros.
SEI/ASCE 31-03	Seismic Evaluation of Existing Buildings	Documento sucesor del Manual FEMA 310 para la evaluación sísmica de edificios. Las secciones relevantes describen los procedimientos de evaluación para los componentes no estructurales existentes. Incluye listas de verificación exhaustivas de posibles riesgos no estructurales. Publicado por la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, Reston, Virginia.	Techos suspendidos, sistemas de rociadores contra incendios, tuberías, particiones.