

**METODO DE EVALUACION PARA  
ELEMENTOS NO-ESTRUCTURALES**

**DESARROLLADO**

**POR:**

**COMISION DE SEGURIDAD CONTRA TERREMOTOS**

**OFICINA DEL DIRECTOR EJECUTIVO**

**ADAPTADO Y PREPARADO**

**POR:**

**EDUARDO MARTINEZ SUAREZ  
INGENIERO**

#### **NOTA ACLARATORIA**

Las recomendaciones incluidas en este documento intentan mejorar la mitigación de riesgos asociados a terremotos. Su contenido no refleja necesariamente la opinión ni política pública del Colegio de Ingenieros y Agrimensores, ni del Colegio de Arquitectos de Puerto Rico, ni de esta Comisión.

Este documento se encuentra en la fase de borrador, posteriormente será evaluado por el Comité Técnico de la Comisión de Seguridad Contra Terremotos.

## Introducción

Las guías que se presentan en este documento pueden ser utilizadas como reglas mínimas para evaluar la resistencia sísmica de los elementos no estructurales existentes en los edificios. Se recomienda un procedimiento de dos fases, el cual permite que los objetivos sobre resistencia a terremotos puedan variar según su caso y ser dependiente a factores únicos que puedan relacionarse a un proyecto en particular. Esencialmente, la Fase I (la Fase Investigativa) es una de recopilar información de los materiales y métodos de construcción de estos elementos. Durante la Fase II (la Fase de Evaluación) se procede a evaluar toda la información recopilada en la Fase I con respecto a los parámetros que identifican cada elemento no estructural.

## Fase I (Fase de Investigación)

El objetivo primario de esta fase debe ser recopilar todos los datos disponibles de los elementos no estructurales localizados en el edificio a inspeccionar en conjunto a información general del mismo. El propósito de recopilar estos datos es identificar los métodos de instalar y/o construir estos elementos y su variedad. Además, identificar áreas de problemas específicos o de posibles daños los cuales ayudarán en el proceso de mitigación de los riesgos por estos elementos.

La variedad de datos a ser obtenidos debe incluir:

1. Todos los planos disponibles que muestren los tipos, arreglos, métodos de instalación y detalles de los elementos incluyendo las condiciones de cómo se construyó ("as built") donde sea posible, además programas y planos de distribución de sistemas eléctricos y mecánicos.
2. Criterios técnicos y especificaciones de todos los sistemas en el edificio incluyendo todas las lámparas y divisiones (paredes) desmontables.
3. Informes de mantenimiento y de reparación realizados por el Director de Servicios Generales del edificio con específica atención a cualquier reparación que se haya realizado luego de un movimiento sísmico.
4. Todos los datos de planes o programas futuros de mejoramiento y reemplazo de elementos no estructurales con el objetivo de mitigar riesgos en un terremoto.

5. Datos básicos sobre el comportamiento sísmico del edificio, incluyendo todas las predicciones de exposición del lugar, la respuesta estructural esperada y los objetivos de las operaciones luego del terremoto.

## A. Inspección del lugar

La inspección del lugar es recomendada para verificar todos los datos sobre los elementos no estructurales en el edificio, además se desea obtener información de lo siguiente:

1. método de soporte, anclaje y refuerzo de todos los elementos no estructurales incluyendo el tamaño de los materiales
2. las características principales de los elementos que puedan estar relacionados al comportamiento sísmico, tales como los portalámparas en las lámparas fluorescentes, protección de metales en divisiones de cristal (vitrinas) y su refuerzo lateral
3. la variedad de los métodos de instalación para elementos similares
4. la localización del equipo principal en el edificio tales como calderas, unidades de enfriamiento, tanques de aceite o agua y elementos de techo como lo son las lámparas fluorescentes, los conductos de aire acondicionado y el techo acústico
5. la calidad y la capacidad de los elementos no estructurales según sus propósitos requeridos sin considerar objetivos sísmicos, por ejemplo, si el equipo es viejo y no necesita reparación, etc.

Durante la visita al lugar se utilizará una guía de inspección que se presenta en el Anejo A.

## **B. Fotografías**

Se recomienda que se tomen fotografías a los elementos críticos o no usuales con el propósito de complementar la guía de inspección. Estas fotos serán claves en el informe para futuras referencias.

## **Fase II (Evaluación - Inspección)**

En esta fase se incluye un método racional para revisar, evaluar y predecir el comportamiento de los elementos no estructurales existentes en el edificio. El procedimiento consiste de un Sistema de Evaluación de una Matrix de Sensibilidad con un formato de dos partes que se muestran en el Anejo A y en el Anejo B.

### **Guía del Porcentaje de Riesgo**

La Guía del Porcentaje de Riesgo en la Inspección se usará para determinar la posibilidad de que cualquier elemento no estructural pueda ser afectado por un evento grande de sismicidad y está expresado en términos de porcentajes comparativos de riesgo. (ver Anejo A)

### **Escala de Sensibilidad**

La Escala de Sensibilidad se utilizará para indicar el peligro potencial que estarán expuestos los usuarios y visitantes del edificio debido a la presencia de elementos no estructurales a su alrededor y está expresado en una Escala de Valores del uno (1) al cuatro (4).

### **Matrix de Sensibilidad**

La Matrix de Sensibilidad provee una oportunidad de evaluar todos los elementos no estructurales y lograr propuestas para la mitigación y corrección de estos riesgos con la urgencia que amerite. Este sistema de evaluación está planificado para reducir las decisiones de juicio a un mínimo y para proveer un procedimiento que puede ser usado por un personal directriz si las facilidades físicas se dividen en varios edificios.

La primera suposición para que el Sistema de Matrix funcione con la cabalidad que se desea alcanzar en este tipo de evaluación es que la instalación de cualquier elemento no estructural debe incluir ciertas características las cuales deben tender a resistir fuerzas sísmicas. Las características son las siguientes:

1. mecanismo de soporte
2. detalles de refuerzo y amortiguamiento de oscilación
3. refuerzo lateral y vertical
4. particularidades de seguridad tales como refuerzo diagonal en los estantes
5. instalación especial de los elementos

La probabilidad de daño se determina por la naturaleza del elemento mismo, junto con las características particulares del sistema de instalación utilizado. La probabilidad se expresa en términos de porcentaje de riesgo. El peligro de los usuarios del edificio (sensibilidad) es considerado del punto de vista de la densidad relativa de éstos en ese edificio en la vecindad inmediata del elemento no estructural que pueda resultar afectado.

El factor de seguridad de vidas basado en la densidad de ocupación está explícito, así como el propósito de esta guía relacionada a los posibles peligros en edificios de oficinas de alta densidad ocupacional y de forma opuesta a edificios de almacén y de baja densidad ocupacional. En las áreas de edificios de oficinas es impráctico considerar que cada elemento no estructural tenga igual probabilidad de herir a los ocupantes. Más aún, este peligro por usuario provee un sistema efectivo de peso hacia determinar los niveles de peligro en todos los lugares.

## Sistema de Anotación en la Matrix

En la Figura 1 se presenta un flujograma del Sistema de Matrix propuesto. El producto final de este sistema es recomendar acciones para la mitigación de riesgos asociados a terremotos. Estas acciones están definidas en términos de medir (clasificar) la sensibilidad alterna. Además considera para edificios particulares objetivos sísmicos y no sísmicos. La escala de sensibilidad nos lleva a un porcentaje de riesgo que tiene el elemento no estructural (ver Guía del Porcentaje de Riesgo) para un nivel mínimo de daño inevitable.

## Guía de Evaluación de Riesgos

La Guía de Evaluación de Riesgos (ver Anejo A) es la primera de dos formas que comprenden el Sistema de Evaluación por Matrix. Esta guía para la inspección y evaluación del riesgo por elementos no estructurales determina las características sísmicas de estos y asignar porcentajes de riesgo por daños potenciales por un terremoto. Los elementos no estructurales están separados por grupos y con ellos se desglosan sus características sísmicas. Los ocho (8) grupos se dividen de la siguiente forma:

1. divisiones
2. sistemas de techo acústico
3. lámparas
4. sistema eléctrico
5. elevadores
6. muebles
7. equipo de oficina
8. tuberías

De estas ocho (8) categorías se desglosa una lista que llega a un total de 125 elementos no estructurales. El número de características para un grupo puede alcanzar ser 15 como lo es para el grupo de la divisiones o un mínimo de 8 como lo es para el equipo de oficina. Para cualquier elemento no estructural hay entre 2 y 11 características. Las características que no aplican a un elemento no estructural en particular su espacio dentro del grupo está sombreado.

En esta guía se intenta proveer un formato directo y manejable el cual pueda ser adaptado para cualquier edificio, llenado por cualquier inspector que tenga conocimientos en el área que se está trabajando. Por esta razón cada hoja de la forma contiene un espacio para: el nombre y número del edificio y el día de la inspección.

Estas formas de evaluación se usan para calcular el por ciento de riesgo (daño potencial) en la siguiente manera:

1. con la forma del Anejo A se inspecciona las características aplicables para los elementos no estructurales en el edificio
2. se utiliza una marca de cotejo para identificar si la característica aplica a la instalación del elemento no estructural
3. el número de características cotejadas se suma a la derecha y el total se escribe bajo la columna Número de Elementos Cotejados
4. el número de elementos cotejados es multiplicado por el Por Ciento de Riesgo establecido para cada característica el cual está en la próxima columna
5. el producto anterior indica el Por Ciento Total de Riesgo para cada elemento

Para proveer un resumen del "estado" del edificio el por Ciento total de riesgo se debe promediar de forma separada para cada grupo de otros grupos de elementos no estructurales.

Esta guía provee para cada tipo de elemento no estructural que se pueda encontrar en un edificio típico de oficinas. En esto, se asume que solo un método genérico se utiliza para instalar el elemento basado en un análisis de muchos edificios. En edificios que se utilizaron más de un método para instalar un mismo elemento no estructural se deben proveer duplicados de hojas que apliquen. Para mantener en orden estas páginas adicionales se provee un espacio que identifica el número de la hoja de las páginas totales.

## Escala de Sensibilidad

En el Anejo B referente a la Escala de Sensibilidad es la segunda forma en el sistema de evaluación por una matrix. Esta forma establece una escala del peligro al cual el usuario del edificio está sujeto y consiste de una lista de 125 elementos no estructurales los cuales están incluidos en la forma anterior (Anejo A) con un alcance en porcentajes para cada elemento no estructural en incrementos de 10 por ciento. Este aumento en porcentaje representa el alcance posible del Porcentaje Total de Riesgo calculado para cada elemento en la Evaluación de Riesgos por Porcentaje.

Bajo cada incremento de porcentaje existen números entre el uno (1) y el cuatro (4) que representan la prioridad de Sensibilidad-Acción como lo siguiente:

Código	Acción
1	Peligroso: se debe tomar acción
2	Algo peligroso: se debería tomar acción
3	Deseable que se actúe pero no urgente
4	No se requiere acción

Para cualquier por ciento de riesgo posible se debe corresponder con la acción recomendada, además éste indica el peligro potencial a cual los usuarios del edificio están expuestos.

Se puede ver que el peligro potencial (sensibilidad) y el número del código pueden variar para distintos elementos no estructurales con igual por ciento de riesgo. Estas variaciones pueden existir por las siguientes razones:

1. algunos elementos no estructurales son naturalmente más peligrosos que otros (una lámpara colgante es

más peligrosa que la separación de una división de yeso)

2. el número de características sísmicas que son aplicables para cada elemento no estructural puede variar bastante; para un elemento no estructural con tres (3) características sísmicas cada una de ellas representa un 33.3 por ciento de riesgo de forma tal que los números de sensibilidad pueden ser registrados en niveles de un 30 a un 40 por ciento o de un 60 a un 70 por ciento. Para un elemento no estructural con 10 características sísmicas la sensibilidad le aplica en incrementos de 10 por ciento.
3. Para terremotos de poca intensidad algunos elementos no estructurales tienen una historia extensa de daño continuo, por ejemplo, los sistemas de techo acústico y las lámparas colgantes. La prioridad de acción para estos dos debe tener mayor peso a la hora de corregir estos riesgos.
4. Los daños en algunos elementos no estructurales no son peligrosos, pero las consecuencias que puedan traer estos daños pueden ser peligrosas

## Daños mínimos aceptables

Algunos elementos no estructurales están naturalmente propensos a daños que no pueden ser controlados. Además, la decisión de no mejorar el comportamiento de los elementos no estructurales que no estén claramente clasificados como peligrosos pueden resultar en un nivel mínimo de daño aceptable.

Los daños incontrolables son generalmente mínimos y pueden consistir de áreas con grietas en el recubrimiento en paredes, vuelco de archivos o de divisiones livianas y/o daños menores como la rotura de materiales de vidrio en un laboratorio. Los tipos específicos de daño junto a indicaciones que mitiguen el riesgo asociados a terremotos se presentan en lo siguiente:

### **Grietas o desprendimiento en el recubrimiento de divisiones**

La mezcla que se utiliza para el recubrimiento de paredes es un material muy quebradizo y puede agrietarse o desprenderse si se someten a momentos pequeños o fuerzas cortantes. Esto sucede así particularmente en el recubrimiento de elementos estructurales como paredes de carga, columnas y vigas. Los elementos estructurales sometidos a torsión o momento que excedan sus límites de diseño puede causar grietas en el recubrimiento de todo el sistema rígido del edificio. Estas grietas no son necesariamente costosas de reparar pasado el terremoto y además no son un problema mayor de peligro a la seguridad de vidas excepto en superficies acústicas donde el desprendimiento puede causar heridas. La aislación de las superficies acústicas de los elementos estructurales puede ayudar en la resistividad y resultaría en unos costos de reparación relativamente mínimos. La decisión de que los

trabajos de recubrimiento permanezcan sin reparar hasta después del evento puede ser muy práctica, pero en sistemas de techo acústico se recomienda la rápida atención ya que el peligro es mayor.

#### **Fallas en la junta de mampostería o en la losa**

En la mayoría de los casos referentes a esta parte se deben a condiciones de no refuerzo en las divisiones. El agrietamiento de paredes puede ser más que un peligro un daño si otras características sísmicas como las juntas de control, compresión y expansión ya han sido utilizadas en la construcción. La reparación del recubrimiento de paredes o el rellenar las juntas puede ser necesario luego de un terremoto.

#### **Vuelco de Equipo de oficina**

La resistividad sísmica se logra fundamentalmente a través de fijar (anclar) los elementos no estructurales a la estructura. Este método no es deseable para elementos como sillas, mesas, escritorios y otro equipo mobiliario similar. El resultado puidiera ser algún vuelco o deslizamiento durante el sismo. En la selección de este tipo de equipo se debe considerar la estabilidad, pero esto es una consideración menor. El equipo de almacenar información como son las credenzas, estantes, archivos, armarios, etc. deben ser siempre fijados (anclados) y/o reforzados para prevenir vuelco o movimiento. La más importante a considerar referente a este tipo de elemento no estructural es que cualquier vuelco o deslizamiento no obstruya los medios de salida como pasillos, escaleras y puerta de emergencia. Además se debe considerar el

espacio interior disponible como un factor cuando se relocalizan estos elementos. Las mejoras en el espacio existente debe consistir de fijar cualquier equipo que se espere que no sea relocalizado y de proveer cerrojos (seguros) para la mayoría de las cosas que pudieran ser lanzadas al suelo durante un terremoto.

#### **Fallas en las divisiones de Sistemas no fijos (anclados)**

En la remodelación de interiores se utilizan sistemas de división sin fijar a la estructura, amparándose en el peso de la división, una esquina del edificio o en su base para proveer estabilidad. Estas divisiones son más susceptibles a vuelco que los sistemas fijos cuando se someten a fuerzas sísmicas. Las decisiones de su uso deben tomar en cuenta la flexibilidad de tales sistemas y su facilidad de instalación a la hora de contrarrestar el posible daño causado por vuelco en un terremoto. Se debe prestar mucha importancia en el caso de que este equipo de oficina se soporte de las divisiones de oficinas. Estas divisiones son livianas y no causarían lastimaduras en caso de vuelco. El peso y la estabilidad de estos sistemas se deben considerar en zonas expuestas a alta sismicidad.

#### **Grietas por esfuerzos cortantes en terminaciones de pared cerca a puertas y ventanas**

Aunque este tipo de daño es más común en recubrimiento de paredes (mezcla de cemento, arena y agua), otros materiales como el yeso de las divisiones y la cerámica de las losetas también están sujetas a agrietamiento debido al movimiento de paredes. Las reparaciones luego del terremoto son de costo relativamente bajo y casi siempre

volcados por la fuerza lateral en el sistema acústico de las divisiones. Algunas separaciones fueron evidentes entre los pernos y el marco de la división tanto en la parte superior e inferior. Las divisiones que mejor se comportaron incluyen las divisiones de metal desarmable y las paredes de concreto. Las divisiones que cruzaban las juntas sísmicas del edificio fueron de forma particular susceptibles a daños debido al movimiento estructural diferencial sobre las juntas. Las tuberías confinadas a la pared , soterradas o los conductos rígidos sufrieron algún daño debido a la interacción de la tubería y la división.

## Orejitas para la inspección de los elementos no estructurales

Algunas orejitas para llevar a cabo la Fase II en la inspección de los elementos no estructurales se presentan en la Tabla Sugerencias para el Diseño de los Elementos No Estructurales en la forma fraseada QUE NO HACER / QUE HACER. Desviaciones que se hagan a las sugerencias para este tipo de construcción pueden disminuir la capacidad de resistencia de estos elementos a terremotos.

**TABLA 8-1**  
**SUGERENCIAS PARA EL DISEÑO DE LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES**

DIVISIONES

GENERAL

- \* Cruzar las juntas sísmicas del edificio con divisiones a menos que se provea una construcción especial para deformaciones
- \* Usar elementos suspendidos en paredes a menos que el factor de fuerza (Cp) sísmico sea sumado al peso de la división

BLOQUES

- \* Unir divisiones a múltiples elementos estructurales
- \* Fijar el sistema de techo acústico, a menos que sea diseñado contra terremotos

Divisiones desmontables de altura completa

- \* Usar un sistema el cual solamente utilice conexiones por gravedad o por fricción en la unión del panel con los canales (guías) superiores e inferiores
- \* Usar elementos suspendidos en paredes a menos que el que el Factor de fuerza (Cp) sísmico sumado al peso de división

Pantallas desmontables

SISTEMAS DE TECHO ACUSTICA

- \* Para fijar el techo acústico, utilizar abrazaderas
- \* Fijar las lámparas de luz fluorescente o divisiones reforzadas al sistema del techo acústico a menos que sean diseñados de forma separada
- \* En la salida de los pasillos colocar paneles de techo acústico
- \* Usar el sistema de techo acústico como un "supply plenum"

QUE HACER

- \* En edificios con armazón flexible fijar divisiones a un elemento estructural solamente separado de los demás
- \* Construir los conductos internos y las tuberías como un elemento estructural a la división, proveer aberturas reforzadas y lo suficientemente grandes para la vibración de las tuberías
- \* Proveer refuerzo lateral en la parte superior de la división ya sea de forma independiente o del sistema del techo acústico
- \* Reforzar paredes
- \* Construir las divisiones de la estructura con juntas
- \* Usar espacios relativamente cerrados de junta de control
- \* Proveer conexiones de expansión en las columnas y en otros elementos estructurales coordinados con los límites de diseño para movimiento
- \* Usar en el diseño valores de Cp
- \* Fijar al elemento estructural
- \* Para el diseño del techo acústico sumar el peso de las lámparas fluorescentes o fijarlo de forma independiente
- \* Techos acústicos con paneles de yeso deben ser instalados usando tornillos de cabeza grande
- \* Reforzar y separar los elementos suspendidos de las paredes en los espacios largos
- \* Coordinar las separaciones en el diseño del sistema acústico con lo estructural
- \* Unir de forma positiva todos los elementos

#### LAMPARAS DE LUZ FLUORESCENTE

- \* Usar lámparas fluorescente de extensa longitud a menos que sean reforzados adecuadamente en todo su largo
- \* Usar tubos largos para soportar las lámparas a menos que se diseñe para la oscilación esperada
- \* Usar lámparas con dos tubos de soporte que estén muy juntos ya que la rotación puede tender a romperlos

#### EQUIPO MOBILIARIO Y SUMINISTRO

- \* Usar estantes, anaqueles y armarios abierto para guardar equipo vital
- \* Usar anaqueles con tablillas de cristal o vitrinas de cristal en áreas públicas a menos que el cristal sea templado y atornillado de forma segura
- \* Usar archivos que no tengan cerrojos en sus gavetas
- \* Fijar partes del sistema
- \* Cruzar las juntas sísmicas estructurales donde sea posible excepto en los pisos más bajos del edificio
- \* Fijar las tuberías unas con otras
- \* Fijar (asegurar) todos los estantes, anaqueles, archivos en la base (en todas sus direcciones) y en la parte superior
- \* Proveer barras de seguridad en metal en los estantes que sea práctico
- \* Para prevenir daños fijar o reforzar todo equipo vital
- \* Unir cada línea formando un sistema estructural sencillo En el lugar donde la tubería cruce un cambio estructural proveer juntas que permitan movimiento. El sistema debe ser diseñado como un elemento rígido, todos los elementos deben tener un grado de libertad
- \* Instalar los rociadores contra incendios siguiendo los estándares del NFPC
- \* Proveer aberturas grandes que permitan el movimiento de las tuberías

#### SISTEMAS DE TUBERIAS

- \* Fijar conductos de múltiples elementos estructurales entre espacios anchos
- \* Colgar conductos de tuberías u otros elementos no estructurales
- \* Colocar equipo ruidoso cerca de las áreas de los usuarios del edificio tal que la aislamiento sea evitada
- \* Si fuese posible colocar el equipo pesado en el piso más alto
- \* Utilizar bloques de inercia bajo equipo montado sobre aisladores de vibración

#### CONDUCTOS

- \* Instalar el conducto con conexiones flexibles en forma semidoblada para permitir deformaciones futuras. Reforzar lateralmente y proveer valores sísmicos en líneas de gas y otras tuberías peligrosas

#### EQUIPO MECANICO

- \* Reforzar lateralmente todo el equipo incluyendo el equipo suspendido. Restringir la aislación de los vibradores de forma que se limite el exceso de movimiento

EQUIPO ELECTRICO

- \* Cruzar las juntas sísmicas del edificio con conductos (para cables) excepto en el piso más bajo donde es inevitable

- \* Fijar todos los transformadores, paneles de control, y el cuadro de distribución de interruptores

ELEVADORES

- \* Utilizar conexiones flexibles en lugares donde pueda ocurrir movimiento. Proveer cables de "tierra" para conductos que crucen las juntas sísmicas
  - \* Atornillar los paneles al piso donde sea posible y reforzarlos en la parte superior
  - \* Proveer riel de contrapeso y asegurar su aislación de fuerzas sísmicas.
  - \* Proveer ventilación, sistemas de comunicación e iluminación diseñados para elevadores en casos de emergencia
  - \* Diseñar vías de elevación y áreas para proveer distorsión
- \* Proveer generadores de emergencia en todos los edificios

SISTEMAS DE EMERGENCIA

Y ALUMBRADO

- \* Asegurar o fijar todas las baterías de emergencia en estantes para baterías