

Método para detectar estructuras riesgosas

HORACIO RAMÍREZ DE ALBA, SEBASTIÁN H. GÓMEZ RIVERA, JAVIER NERI GONZÁLEZ*

Introducción

El Estado de México se encuentra en una zona de moderado riesgo sísmico (Romero, 1981; Caballero, 1982), sin embargo, en algunas ciudades se han presentado daños importantes, lo cual hace pensar que existe un número importante de edificios que pueden tener un comportamiento no satisfactorio en la hipotética ocurrencia de un sismo intenso.

Por ejemplo, durante el sismo de septiembre de 1985 en la ciudad de Toluca se presentaron daños importantes en algunos edificios, incluyendo el colapso de un pasillo cubierto de 250 m² de superficie; por lo menos siete edificios (escuelas, edificios públicos y privados) presentaron daños estructurales de consideración, además de que se presentaron daños en estructuras de adobe y el colapso de bardas.

Por lo tanto, se pensó en desarrollar un método relativamente fácil de aplicar, que permitiera identificar las estructuras con propensión al daño y, por lo tanto, proceder como medida preventiva a su reforzamiento o reparación.

Este empeño está enmarcado en el propósito nacional de reducir los daños en caso de desastres naturales, y también tiene fundamento al considerar que esta década ha sido declarada por la Organización de las Naciones Unidas como de «la protección civil». El procedimiento propuesto está concebido como un instrumento para prevenir daños en zonas urbanas antes de la ocurrencia de sismos intensos, en la actualidad se encuentra adaptado a las condiciones de la ciudad de Toluca (Ramírez, 92).

El método permite asignar una calificación a cada inmueble que correlaciona el peligro de daños en la ocurrencia de un sismo intenso. También permite reconocer aspectos de propensión al daño en caso de veintos intensos y sobrecargas.

I. Procedimiento propuesto

El procedimiento propuesto consiste básicamente en los pasos siguientes:

1. Identificación del tipo estructural. Para ello se describen 16 tipos estructurales agrupados en siete categorías. Con objeto de identificar adecuadamente el tipo estructural de un inmueble, se desarrolló un cuadro de fácil interpretación y manejo. En el *cuadro 1* se presenta una versión resumida de los tipos estructurales considerados.

2. Asignación de valores (calificaciones) a los factores que influyen en la propensión al daño, los cuales toman en cuenta cuatro aspectos básicos.

- a) Comportamiento estructural
- b) Regularidad
- c) Deterioro
- d) Uso

Para poder realizar esta asignación de valores se preparó un formato y un instructivo que permite realizar esta operación en forma sistemática. Los valores se asientan en un formato especial que después es procesado mediante ordenador.

3. Evaluar la peligrosidad probable. Se estima el grado de vulnerabilidad de la estructura conforme al siguiente criterio:

a) Si la calificación asignada resulta entre 80 y 100, se asume que el riesgo de daños en la ocurrencia de un sismo intenso es bajo y sólo se pedirá al dueño del inmueble un plan de mantenimiento para prevenir deterioro.

b) Si la calificación se encuentra entre 60 y 80, se acepta que el riesgo es tolerable para construcción.

* Investigadores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México.

nes convencionales, pero para construcciones del grupo A (posibles aglomeraciones de personas, inmuebles destinados a servicios públicos como escuelas, hospitales, museos, estadios, etc.) se deberá realizar una evaluación rigurosa de la capacidad sismorresistente y, en su caso y como consecuencia, reparar o reforzar la estructura.

c) Una calificación menor de 60 indicará peligro de daños al ocurrir un sismo intenso y por lo tanto, para que los inmuebles en este caso puedan seguir en uso, los dueños deberán presentar dictámenes de seguridad estructural avalados por un perito en la materia; si es necesario, también se les pedirá presentar el proyecto de reforzamiento o reestructuración. En caso de construcciones del grupo A, podría clausurarse el inmueble en tanto no se dictamine lo conducente.

II. Aplicación del procedimiento

Para calibrar el método propuesto, se procedió a su aplicación en una zona representativa de la ciudad de Toluca, comprendida entre las calles de Pino Suárez y Juárez en la dirección oriente-poniente, y entre las calles de Hidalgo y Morelos en la dirección norte-sur. El criterio seguido para elegir esta zona de estudio fue comprender el mayor número de tipos estructurales y contar con rangos amplios en los factores que intervienen.

De esta manera se estudiaron 110 inmuebles, de los cuales se obtuvieron sus características principales mediante observaciones directas, lo que permitió evaluarlas siguiendo el método propuesto.

En el *cuadro 2* se presenta un resumen de los resultados encontrados para los 110 inmuebles evaluados. Se observa que el tipo estructural más frecuente es el MR1 correspondiente a estructuras a base de muros de mampostería reforzada. A este tipo estructural corresponde el 22.7% de los casos estudiados que suman un total de 25, de ellos, 20 casos tienen una calificación alta (80-110) y cinco una calificación moderada (60-80); no se encontraron casos con calificación baja. Por lo tanto, se deduce que en este tipo estructural no es de esperarse daños importantes durante un sismo intenso.

El segundo tipo estructural más frecuente (18.2%) es el MA1 correspondiente a estructuras a base de muros de adobe sin refuerzo. Para este grupo, 13 casos tienen calificación moderada y 7 casos calificación baja (40-60), por lo tanto, se tiene un riesgo de daños importante en este tipo de estructuras.

El tercer tipo más frecuente es el MC2 (17.3%) correspondiente a estructuras a base de marcos de concreto reforzado con entrepisos de losa reticular.

De 15 casos identificados, 4 presentan calificación baja. Por lo que también este tipo de estructuras muestra riesgo de daños, pero inferior al del tipo MA1.

El total de casos con calificación de entre 40 y 60 puntos fue de 26 (23.6%), pero no se encontró caso alguno con calificación menor a 40 puntos. La mayoría de estos casos corresponden a sistemas estructurales con muros sin refuerzo (MA1, MA2, MT1, MT2) con 15 casos, o estructuraciones que han mostrado problemas durante sismos pasados (MC2, MC3) con 7 casos. Sólo cuatro casos corresponden a tipos estructurales considerados adecuados para zonas sísmicas.

Al considerar estos resultados, se puede concluir que el riesgo de daños en la zona es moderado, y

| CUADRO 1 | | |
|---------------------|---|--|
| TIPOS ESTRUCTURALES | | |
| MA | MUROS DE ADOBE | MA1 TERRADO BÓVEDA CATALANA MA2 TECHO DE TEJAS SOBRE MADERA |
| MT | MUROS DE MAMPOSTERÍA SIN REFUERZO | MT1 TERRADO BÓVEDA CATALANA MT2 LOSAS DE CONCRETO REFORZADO MT3 TECHO LIGERO |
| MR | MUROS DE MAMPOSTERÍA | MR1 DALAS Y CASTILLOS, LOSAS DE CONCRETO REFORZADO MR2 PIEZAS HUECAS, REFUERZO INTERIOR, LOSAS DE CONCRETO |
| MC | MARCOS DE CONCRETO | MC1 LOSA MACIZA SOBRE TRABES MC2 LOSA RETICULAR MC3 LOSA NERVADA O VIGUETA Y BOVEDILLA |
| AC | METÁLICAS O MIXTAS | AC1 TRABES Y COLUMNAS DE ACERO, LOSAS DE CONCRETO REFORZADO AC2 COLUMNAS DE CERO, TRABES Y LOSAS DE CONCRETO AC3 ARMADURAS |
| MD | ESTRUCTURAS DE MADERA | |
| PR | ESTRUCTURAS CON ELEMENTOS PRECONCRETO DE CONCRETO | PR1 COLUMNAS PREFABRICADAS PR2 COLUMNAS COLADAS EN EL LUGAR |

que sería factible y relativamente económico disminuir apreciablemente la vulnerabilidad de la zona mediante la reparación y reforzamiento de los 26 casos detectados con calificación baja, con énfasis en los casos correspondientes a edificaciones donde exista la posibilidad de aglomeración de personas o de importancia relevante de acuerdo con su función.

Afortunadamente no se detectaron construcciones de alto riesgo, pero sí casos de riesgo moderado que en rigor deben repararse o reforzarse. Una vez que se depure el procedimiento a la luz de las experiencias de este primer estudio de campo, se procurará realizar un estudio más amplio para po-

der obtener conclusiones acerca de la ciudad de Toluca y en su caso hacer recomendaciones específicas que permitan disminuir la peligrosidad de las construcciones dentro de la misma ciudad.

Se detectaron factores que tienden a disminuir la seguridad estructural de un inmueble, los principales son los siguientes:

Deterioro y falta de mantenimiento. En algunos de los inmuebles de más de 15 años de edad, se apreciaron daños por filtraciones y humedades, así como oxidación del acero de refuerzo o ensalitramiento de muros. Al no corregirse estos daños, el deterioro puede ser progresivo y afectar la capacidad resistente.

Ampliaciones o adecuaciones. Se detectaron casos en que se han realizado ampliaciones o adecua-

| CUADRO 2 | | | | | |
|---|------------|-------|--------------|-------|-------|
| ZONA DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE TOLUCA. 110 CASOS | | | | | |
| TIPO | NÚM. CASOS | % | CALIFICACIÓN | | |
| | | | 80-1 | 60-80 | 40-60 |
| MA1 | 20 | 18.2 | - | 13 | 7 |
| MA2 | 5 | 4.6 | | | 5 |
| MT1 | 2 | 1.8 | | 1 | 1 |
| MT2 | 3 | 2.7 | | 1 | 2 |
| MT3 | 2 | 1.8 | | 2 | |
| MR1 | 25 | 22.7 | 20 | 5 | - |
| MR2 | | | | | |
| MC1 | 15 | 13.6 | 11 | 4 | |
| MC2 | 19 | 17.3 | 1 | 14 | 4 |
| MC3 | 4 | 3.6 | | 1 | 3 |
| AC1 | 7 | 6.4 | 1 | 5 | 1 |
| AC2 | 5 | 4.6 | 1 | 3 | 1 |
| PR1 | | | | | |
| PR2 1 | 0.9 | | | 1 | |
| SUMA | 110 | 100.0 | 35 | 49 | 26 |

ciones que cambian apreciablemente las características de la estructura, causando sobrecargas y mayor propensión al daño.

Cambios de uso. En algunos casos se observó un cambio de uso que implica cargas mayores a las originalmente consideradas.

Estructuración inconveniente. Algunos casos están resueltos con estructuras que han mostrado mal comportamiento durante sismos pasados que acontecieron en centros urbanos de características similares, o bien, que fueron construidas cuando los conocimientos sobre ingeniería sísmica no tenían el adelanto actual.

Por lo anterior, se deduce que si bien la zona estudiada no es especialmente vulnerable, en caso de sismos intensos sí existen algunas construcciones que ameritan ser reforzadas a fin de disminuir su peligrosidad.

III. Generalización del método

A partir de la aplicación de este método de evaluación a un inmueble o a un conjunto de inmuebles en una ciudad o en una porción de una ciudad, se propone una extensión o generalización de la metodología para estimar el riesgo básico del caso considerado, al tomar en cuenta la provincia sísmica en que esté ubicada, el tipo de suelo y la importancia de la edificación. Para ello se establece el concepto de vulnerabilidad que en este trabajo de forma simplificada se establece como:

$$V = \frac{I - C}{100} \quad (1)$$

donde C es la calificación obtenida de acuerdo con el procedimiento propuesto, o bien, el promedio de calificaciones obtenidas para todos los inmuebles de una ciudad o porción.

Se propone calcular el riesgo básico con la siguiente expresión:

$$RB = 5.8 V F C T I \quad (2)$$

El factor F trata de tomar en cuenta la intensidad sísmica esperada en la zona y se relaciona con el riesgo sísmico conforme a las zonas sísmicas que corresponden a lo establecido en el *Manual de obras civiles* de la Comisión Federal de Electricidad:

| ZONA | SÍSMICA | RIESGO | F |
|------|----------|--------------|---|
| A | BAJO | 0.8 | |
| B | MODERADO | 1.0 (TOLUCA) | |
| C | ALTO | 1.1 | |
| D | MUY ALTO | 1.2 | |

El factor CT toma en cuenta el tipo de suelo que soporta al edificio en estudio, conforme a los tipos de terreno que corresponden a lo establecido en el reglamento de construcciones para el Distrito Federal:

| TIPO DE SUELO | CT |
|------------------|-----|
| I. FIRME | 1.0 |
| II. INTERMEDIO | 1.1 |
| III. COMPRESIBLE | 1.2 |

El factor de importancia (I) se relaciona con el destino o uso del edificio conforme a lo que se establece en el reglamento de construcciones para el Distrito federal, como sigue:

| | |
|---------------|------|
| CLASIFICACIÓN | 1 |
| GRUPO A | 1 .2 |
| SUB GRUPO B1 | 1 .1 |
| SUB GRUPO B2 | 1 .0 |

El criterio que se propone para interpretar el riesgo básico obtenido se basa en una calibración de los resultados obtenidos del trabajo de campo:

a) Si el riesgo básico RB resulta no mayor de 2.5, se relaciona a una probabilidad muy baja de que se presenten daños de consideración durante un sismo intenso y, por lo tanto, no se requiere reparación o reforzamiento, aunque se debe considerar la aplicación de medidas de mantenimiento preventivo.

b) Si el riesgo básico se encuentra entre 2.5 y 4.5, se relaciona con una probabilidad no despreciable de que se presenten daños de consideración durante un sismo. Se recomienda una evaluación detallada.

c) Si el riesgo básico se encuentra entre 4.5 y 6, se considera que el caso es propenso al daño durante la ocurrencia de un sismo y, por lo tanto, es muy posible que se requiera la reparación o refuerzo de la estructura. El tipo y cantidad de refuerzo que se requiera deberá estar basado en un proyecto que considere la evaluación sismorresistente de la estructura.

d) Si el riesgo básico es mayor de 6, se tendría una alta probabilidad de daños o colapso durante un sismo, por lo tanto se requeriría atención inmediata y se recomienda clausura del inmueble en tanto no se hagan estudios más profundos.

Si el riesgo básico se calcula para una ciudad, el criterio anterior debe interpretarse convenientemente.

Para la zona de la ciudad de Toluca considerada en este estudio, se obtiene lo siguiente al aplicar el criterio anterior.

1. Caso más desfavorable $C = 40$; $V = 0.6$

$$RB = 5.8(0.6)(1.0)(1.0) = 3.48$$

Corresponde al inciso b anterior y, por lo tanto, se recomienda evaluación detallada.

2. Caso más favorable $C = 95$; $V = 0.05$

$$RB = 5.8(0.5)(1.0)(1.0) = 0.29$$

Corresponde al inciso a anterior, sin riesgo de daños.

3. Caso más desfavorable en edificios del Grupo A:

$$C = 60$$
 ; $V = 0.4$

$$RB = 5.8(0.4)(1.0)(1.0)(1.2) = 2.78$$

Corresponde al inciso b; se recomienda evaluación detallada.

4. Al considerar la zona estudiada de la ciudad como un todo, se obtiene una calificación promedio de 72, lo que corresponde a una vulnerabilidad de

0.28. El suelo en la zona se considera firme, o sea $CT = 1$. En la zona solamente se encuentran 3 edificios del grupo A y 10 del subgrupo 131, por lo que se puede aceptar $I = 1.015$. Por lo tanto:

$$RB = 5.8(0.28)(1.0)(1.0)(1.015) = 1.65$$

Al considerar toda la zona de estudio se tendría una baja probabilidad de tener daños importantes durante un sismo,

Este resultado está dado conforme a lo que ya se había comentado con anterioridad; sin embargo, se recalca que es necesario intervenir algunas estructuras a fin de minimizar el riesgo de daños al considerar casos individuales.

Conclusiones

Las principales conclusiones de este estudio son:

1. Se logró establecer un procedimiento de evaluación para edificios en zonas sísmicas, a fin de estimar la propensión al daño.

2. Se aplicó el procedimiento a 110 edificios comprendidos en una zona céntrica de la ciudad de Toluca, con lo cual se demuestra que el procedimiento tiene aplicabilidad para detectar estructuras peligrosas sin que su aplicación represente un alto costo.

3. La zona estudiada se considera de moderado riesgo y en rigor se deberían realizar reparaciones en los inmuebles detectados con calificaciones inferiores a 60 puntos.

4. A partir de los resultados encontrados se establece un método general para edificios o zonas en diferentes partes de la República Mexicana. •

BIBLIOGRAFÍA

- Romero Ávila, Daniel. *Análisis de riesgo sísmico para el Estado de México*, Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería, UAEM. 1991
- Caballero Sámano, Octavio. *Sismicidad en el Estado de México*. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Memoria del segundo encuentro de sismología e ingeniería estructural, 1992.
- Ramírez de Alba, Horacio. "Método para detectar Estructuras Riesgosas", en *IDEAS*, No. 3, Centro de Investigación en Arquitectura, Ingeniería y Tecnología, UAEM. Toluca. 1992,

Método para detectar

Instructivo de uso

Toda la información de cada caso se debe documentar en un formato especial (cuadro G) en donde se anotan los datos generales del inmueble, como son la identificación y nombre en su caso, la ubicación, la superficie, su uso y el número aproximado de personas que ocupan el inmueble.

También existe un espacio para hacer un croquis en planta y elevación, así como anotar el tipo de daños que en su caso presente el inmueble. Sería útil también, de ser posible una o varias fotografías del

inmueble. Los demás datos, que forman en sí la evaluación, se van completando conforme a los pasos que se describen a continuación.

Paso 1. Identificación del tipo estructural. Mediante observación directa de la estructura, se deberá identificar el tipo estructural más representativo del caso en estudio. Para ello, en el cuadro A se dan descripciones para 16 tipos estructurales agrupados en siete categorías. Si alguna estructura no se apega estrictamente a un solo tipo, se deberá hacer la evaluación para cada uno de los dos o máximo tres tipos que más se apeguen a las condiciones reales y tomar como calificación la más baja.

Paso 2. Asignar valores a los factores que influyen en la propensión al daño de una estructura en la ocurrencia de un sismo intenso o al efecto de vientos de velocidad extraordinaria. Esto se toma en cuenta en cuatro aspectos básicos.

a) Factores relacionados con el comportamiento estructural: el cuadro C es una guía para asignar valores a estos factores por tipo estructural. La calificación más alta para cada factor corresponderá al caso más favorable en que se considere que dicho factor no tiene influencia apreciable en la propensión del daño. Un valor cero o negativo se deberá asignar cuando el factor no sea favorable, o sea, en extremo inconveniente. Valores negativos deberán usarse solamente cuando haya evidencia fehaciente de incumplimiento de las características propuestas. El evaluador podrá interpolar a su juicio, pero siempre dentro de los intervalos y valores propuestos en las tablas mencionadas. Los valores se anotan en el formato (cuadro G) en la parte correspondiente a *comportamiento*: factores C1 a C7.

Todos los valores se pueden asignar mediante observación directa o con mediciones sencillas que se pueden obtener con un flexómetro.

b) Factores relacionados con la regularidad: se ha observado que la simetría y regularidad geométrica, de rigidez y de masas, definen en gran medida la respuesta sísmica. Los valores propuestos en el cuadro D se basan en las definiciones de regularidad que marcan algunos reglamentos de construcción. El criterio para asignar los valores a los diferentes factores es el mismo que en el caso anterior. Estos valores se anotan en el formato (cuadro C) en la

| CUADRO A | |
|------------------------------------|---|
| SISTEMAS ESTRUCTURALES MAS COMUNES | |
| MA. | MAMPOSTERÍA DE ADOBE SIN REFUERZO, CON APAREJO CUATRAPEADO, INCLUYENDO ESQUINAS DE ADOBE JUNTEADO CON LODO Y CON CAL SOBRE CIMENTACIÓN DE MAMPOSTERÍA DE PIEDRA JUNTEADA CON CAL O LODO. |
| MA1. | ENTREPISOS Y TECHO DE TERRADO O DE BÓVEDA CATALANA, SOBRE VIGAS DE MADERA O METÁLICAS. |
| MA2. | ENTREPISO COMO EL ANTERIOR, CON TECHO DE TEJA SOBRE CINTAS O LARGUEROS SOPORTADOS POR VIGAS O MURILLOS DE MADERA. |
| MT. | MUROS DE TABIQUE SIN REFUERZO, CON APAREJO CUATRAPEADO, INCLUYENDO ESQUINAS. |
| MT1. | ENTREPISOS Y TECHOS DE TERRADO O BÓVEDA CATALANA SOBRE VIGAS DE MADERA O METÁLICAS. |
| MT2. | ENTREPISOS Y TECHOS A BASE DE LOSAS DE CONCRETO REFORZADO. |
| MT3. | TECHO LIGERO DE TEJA O LÁMINA SOBRE VIGAS O ARMADURAS LIGERAS. |
| MR. | ESTRUCTURAS A BASE DE MUROS DE MAMPOSTERÍA DE PIEZAS ARTIFICIALES O NATURALES. |
| MR1. | MUROS DE TABIQUE O TABICÓN CON REFUERZOS DE DALAS Y CASTILLOS, Y ENTREPISOS Y TECHOS DE LOSAS MACIZAS DE CONCRETO REFORZADO. |
| MR2. | MUROS DE BLOQUE HUECO CON REFUERZO INTERIOR, Y ENTREPISOS Y TECHOS DE LOSAS MACIZAS DE CONCRETO REFORZADO. |
| MC. | MARCOS DE CONCRETO REFORZADO CON TRABES Y COLUMNAS EN DOS DIRECCIONES PERPENDICULARES. PUEDEN TENER MUROS EN LAS COLINDANCIAS CON O SIN REFUERZOS DE DALAS EN CRUZ (CONTRAVIENTOS). |
| MC1. | ENTREPISOS Y TECHOS DE LOSAS MACIZAS APOYADAS DIRECTAMENTE EN LAS TRABES. |
| MC2. | ENTREPISOS Y TECHOS A BASE DE LOSAS RETICULARES CON ABACOS Y NERVADURAS PRINCIPALES SOBRE LOS EJES DE COLUMNAS. ALIGERAMIENTO DE BLOQUE HUECO O DE NIEVE SECA (POLIESTIRENO EXPANDIDO) O ENCASIONADA. |
| MC3. | ENTREPISOS Y TECHO A BASE DE LOSAS NERVADAS EN UNA DIRECCIÓN O VIGUETA Y BOVEDILLA. |
| AC. | ESTRUCTURAS METÁLICAS O MIXTAS ACERO-CONCRETO. |
| AC1. | MARCO DE ACERO CON COLUMNAS Y TRABES DE ESTE MATERIAL CON LOSAS DE CONCRETO APOYADAS SOBRE LAS TRABES, O LOSAS DEL TIPO LOSA-ACERO O VIGUETA Y BOVEDILLA. |
| AC2. | COLUMNAS DE ACERO CON ENTREPISOS Y TECHOS DE CONCRETO: TRABES Y LOSAS DE CONCRETO REFORZADO. |
| AC3. | COLUMNAS DE ACERO O CONCRETO CON ARMADURAS DE CLARO DE 10 O MÁS METROS SOPORTANDO LOSAS O LÁMINA. |
| MD. | ESTRUCTURA DE MADERA, COLUMNAS Y ARMADURAS DE MADERA. |
| PR. | ESTRUCTURAS A BASE DE ELEMENTOS DE CONCRETO PREFABRICADOS (REFORZADOS O NO). |
| PR1. | COLUMNAS PREFABRICADAS. |
| PR2. | COLUMNAS COLADAS EN EL LUGAR. |

estructuras riesgosas

parte correspondiente a *regularidad*: factores R1 a R6. Todos los valores se pueden asignar mediante observación directa.

c) Factores relacionados con el deterioro: se trata de detectar posibles deterioros en los materiales o daños estructurales acumulados por diferentes causas, como pueden ser falta de mantenimiento, efectos de la intemperie (corrosión, humedades, ensalitramientos, etc.), así como efectos de sobrecargas y sismos pasados. Los factores que se proponen y una guía para asignar valores se presenta en el cuadro E. Es necesario en este caso hacer observaciones cuidadosas en los elementos estructurales, teniendo la precaución de no confundir con daños en acabados y elementos no estructurales, valores cero o negativos; solamente se deberán asignar si existen muestras inequívocas de daños estructurales. El criterio para asignar valores es el mismo que en los casos anteriores, los cuales se anotan en el formato correspondiente (cuadro G) en la parte que corresponde a *deterioro*: factores DI a DIO.

d) Factores relacionados con el uso: la edad de la construcción, las modificaciones, ampliaciones y cambios de uso son aspectos que pueden influir en la propensión al daño. Así mismo, se debe tomar en cuenta el grado de tecnología implícita en la construcción. Para ello se toma como guía el cuadro E, donde se sigue un criterio similar para elegir el valor más representativo de cada factor. Estos valores se anotan en el formato (cuadro G) en la parte correspondiente a *uso*: factores LJ1 a U5. Para esta parte es necesario hacer observaciones cuidadosas para reconocer la existencia de modificaciones, ampliaciones o cargas diferentes a la construcción original. La opinión de personas que estén familiarizadas con el inmueble puede ser útil, pero se deben tomar con cuidado ciertas opiniones y, en todo caso, tratar de verificarlas.

Paso 3. Calcular la calificación del caso estudiado. La suma de los valores asignados a los factores evaluados para cada uno de los cuatro aspectos considerados (comportamiento, regularidad, deterioro y uso) representa la calificación parcial que se anota en el espacio correspondiente en el formato del cuadro G. Estos números se repiten dentro del recuadro referente a calificación delante de las

iniciales de los aspectos evaluados, C para comportamiento, R para regularidad, D para deterioro y U para uso.

La suma representa la calificación global que se anota en el lugar correspondiente. La calificación por tipo puede tener importancia en algunos casos, para poderla calcular es necesario, en primer lugar, tener en cuenta algunos conceptos.

El máximo de puntos que puede tener un determinado tipo estructural no es necesariamente 100 puntos, ya que cada tipo estructural tiene diferente comportamiento estructural y diferentes grados de ductilidad. Las guías para establecer los valores de los parámetros (cuadros C, D, E, y E) están basados en lo que se establece en el cuadro B, en el que el puntaje total por tipo estructural se disgrega en las cuatro correspondientes a los aspectos estudiados. La calificación básica para cada tipo estructural se da en términos del comportamiento estructural que se ha observado en sismos pasados. La calificación de 100 puntos corresponde al tipo estructural que mejor responde a las fuerzas sísmicas sin presentar daño. Las estructuras que no tienen refuerzo metálico, que tienen baja capacidad de disipación de energía, o han mostrado comportamiento estructural deficiente en sismos pasados, se les asigna una calificación menor a 100 puntos conforme al cuadro B. Se procede entonces a anotar los valores del cuadro B, según el tipo estructural de que se trate o el que sea más

| CUADRO B | | | | | |
|------------------------|--------------------|-----------------|---------------|---------|-------|
| CALIFICACIONES BÁSICAS | | | | | |
| TIPO | COMPORTAMIENTO (C) | REGULARIDAD (R) | DETERIORO (D) | USO (U) | TOTAL |
| MA1 | 32 | 20 | 20 | 8 | 80 |
| MA2 | 21 | 21 | 21 | 7 | 70 |
| MT1 | 28 | 21 | 14 | 7 | 70 |
| MT2 | 24 | 18 | 12 | 6 | 60 |
| MT3 | 28 | 21 | 14 | 7 | 70 |
| MR1 | 40 | 20 | 20 | 20 | 100 |
| MR2 | 32 | 16 | 20 | 12 | 80 |
| MC1 | 43 | 19 | 14 | 19 | 95 |
| MC2 | 34 | 15 | 11 | 15 | 75 |
| MC3 | 32 | 14 | 10 | 14 | 70 |
| AC1 | 38 | 19 | 19 | 19 | 95 |
| AC2 | 24 | 18 | 14 | 14 | 70 |
| AC3 | 36 | 12 | 16 | 16 | 80 |
| MD | 35 | 15 | 30 | 20 | 100 |
| PR1 | 30 | 24 | 10 | 16 | 80 |
| PR2 | 28 | 18 | 8 | 12 | 60 |

1 CASOS EN QUE EL VIENTO PUEDE SER PREDOMINANTE.

CUADRO C

FACTORES DE COMPORTAMIENTO POR TIPO ESTRUCTURAL PREDOMINANTE

CUADRO (C) FACTORES DE COMPORTAMIENTO POR TIPO ESTRUCTURAL PREDOMINANTE

| FAC TOR | NR1 | NR2 | NR1 | NR2 | NR3 | NR1 | NR2 | NC1 | NC2 | NC3 | NC1 | NC2 | NC3 | ND | PR1 | PR2 | |
|------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------|
| C1 | GRUESO DEL MURO | | | | | CASTILLO a | | PIEZAS ESPECIALES EN ESQUINA | | TAMAÑO REL. TRABAJO DE COLUMNA | TAMAÑO REL. TRABAJO DE COLUMNA | DE COLUMNA REL. TRABAJO | ANCHO REL. TRABAJO | RELACION A TAMAÑO COLUMNA | NO CLARO DE COLUMNA | APOYOS COLUMNA C/R | TAMAÑO REL. AL CLARO |
| | =100 8 = 60 2 = 80 5 | =100 5 = 60 1 = 80 3 | >20 6 <12 1 =15 4 | =20 5 <12 1 =15 3 | =20 5 <12 1 =15 3 | =3 8 =4.5 2 =3.5 6 | SI 3 NO 0 | <1 10 =2 2 =1 7 | <2 1 >2 8 =2 5 | <2 1 >2 8 =2 5 | <1 2 >1 10 =1 6 | <1 0 >1 6 =1 4 | <25 2 >25 10 =25 6 | <25 2 >25 10 =25 6 | 5 MUROS 3 | <25 8 >25 1 =25 5 | |
| C2 | ALTURA DE LOS MUROS | | | | | GRUESO DE MUROS | | MUROS EN LINDERO | | ARCOS | REL. CLARO A PERALTE | CONTRAVIENTOS DE MUROS | CONTRAVIENTOS DE MUROS | CONTRAVIENTOS DE MUROS | TRM. APOYOS REL. AL CLARO | UNIONES RIGIDAS | |
| | >4m 3 =3m 9 =3.5m 8 | =4m 1 =3m 7 =3.5m 4 | >4m 2 <2.3m 9 =3m 6 | =4m 1 <2.3m 8 =3m 5 | =4 1 <2.3m 8 =3 5 | =10cm 1 =15cm 7 =12cm 4 | =15cm 2 =25cm 9 =20cm 6 | SI 7 NO 0 NO 7 | SI 5 >20 2 >20 4 | NO 0 NO 0 NO 0 | SI 6 NO 0 NO 0 | SI 4 NO 0 NO 0 | SI 4 NO 0 NO 0 | SI 4 NO 0 NO 0 | >50 2 <50 8 =50 5 | 5 2 0 | |
| C3 | CLARO MAYOR | | | | | ALTURA DE MUROS | | EXI. COL. CORTAS | | REL. CLARO A PERALTE | ELEM. RIGIDOS EN SENTIDO | PISO SURVE | UNIONES EMPOTRAMIENTO | RIGIDOS | | CLARO | |
| | =6m 3 =4m 9 =5m 6 | =6m 2 =4m 6 =5m 4 | =5m 2 =3m 9 =4m 6 | =6m 1 =4m 7 =5m 5 | =7m 2 =5m 8 =6m 5 | =3m 2 =2.2m 12 =2.5m 8 | =3m 2 =22m 9 =25m 6 | NO 8 SI 8 PB 0 OTRO 3 | NO 4 SI 1 PB -4 OTRO 0 | NO 4 SI 1 PB -4 OTRO 0 | NO 4 SI 1 PB -4 OTRO 0 | =10m 4 =6m 8 =8m 6 | =4m 5 =10m 0 =6m 3 | =12m 3 =8m 8 =10m 5 | =9m 3 =5m 8 =7m 5 | >20m 3 <15m 8 =20m 5 | 3 8 5 |
| C4 | NUMERO DE PISOS | | | | | CLARO MAYOR | | PISO SURVE | | | | CLARO | | | | APOYOS COL. PERIFERICA | |
| | >3p 2 =1p 15 =2p 10 | >3p 2 =1p 10 =2p 7 | =4p 2 =2p 10 =3p 8 | =4p 2 =2p 10 =3p 8 | =3p 2 =1p 14 =2p 9 | =6m 2 =4m 9 =5m 6 | =5m 2 =3m 8 =4m 5 | NO 8 SI 8 PB 0 OTRO 3 | NO 4 SI 1 PB -4 OTRO 0 | NO 4 SI 1 PB -4 OTRO 0 | NO 4 SI 1 PB -4 OTRO 0 | =10m 4 =6m 8 =8m 6 | =4m 5 =10m 0 =6m 3 | =12m 3 =8m 8 =10m 5 | =9m 3 =5m 8 =7m 5 | >20m 3 <15m 8 =20m 5 | 3 8 5 |
| C5 | VIGAS DE ARASTRE | | DALA PERIMETRAL | | | VIGAS DE ARASTRE | | MATERIAL TABIQUE | | DALA PERIMETRAL | | NUM. DE NIVELES | | NUM. DE LINDERO | | TECHO LIGERO | |
| | SI 4 NO -4 | SI 3 NO -3 | SI 4 NO -4 | SI 4 NO -4 | SI 4 NO -4 | SI 3 NO -3 | SI 3 NO -3 | SI 3 NO -3 | SI 3 NO -3 | SI 3 NO -3 | SI 3 NO -3 | SI 3 NO -3 | SI 3 NO -3 | SI 3 NO -3 | SI 3 NO -3 | SI 3 NO -3 | SI 3 NO -3 |
| C6 | | | UNIONES DE LAS ARMAZONAS o VIGAS | | | NUMERO DE PISOS | | SEGURIDAD DE ESTA REFORZAMIENTO INTERIOR (RIG) | | REDUCCIONES DE SECCIONES EN COLUMNAS | | NO DE NIVELES | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C7 | | | ARTICULADA | | | EMPOTRAMIENTO | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

representativo del caso en estudio. Finalmente, la calificación por tipo se calcula dividiendo la calificación global entre la calificación básica respectiva (cuadro B) expresada en porcentaje.

Paso 4. Complemento de la información. La información del formato del cuadro G se complementa en particular: a) lo referente al peligro de caída de acabados, elementos de fachada, etc., durante un sismo; b) si existe cambio de uso que implique un aumento en las cargas actuantes; c) Si la construcción ha tenido ampliaciones o remodelaciones de algún tipo, y d) Anotar los aspectos que requieran atención inmediata como podrán ser el retiro de elementos pesados (anuncios, depósitos de agua, etc.), que pudieran ser peligrosos, el retiro de cargas pesadas (archivos, almacén de materiales, etc.), en el caso de que el edificio originalmente no fuera destinado a ese uso.

Paso 5. Estimar el riesgo de que se puedan presentar daños durante un sismo intenso.

Este trabajo es conveniente hacerlo en gabinete, para esto se toma la calificación global y se hace uso de la guía que se presenta a continuación:

| CALIFICACIÓN GLOBAL | RIESGO DE DAÑOS (O POR TIPO) |
|---------------------|---------------------------------|
| 1 00-80 | BAJO |
| 80-60 | TOLERABLE |
| 60-40 | MODERADO |
| 40-20 | ALTO |
| 20-0 | MUY ALTO |

La calificación por tipo puede ser tomada como base para estimar el riesgo, sobre todo en tipos estructurales con calificación básica baja como: MA2, MT1, MT2, MC2, MC3, AC2 Y PR2, ya que se pueden tener condiciones especiales que permitan suponer que la estructura tendrá un comportamiento mejor que el promedio en su tipo.

En el formato del cuadro G se subraya el grado de riesgo estimado conforme al criterio anterior y se apuntan las conclusiones en el sentido de si es requerida una evaluación detallada, si deben considerarse efectos de viento y observaciones finales, como la importancia de la estructura y las acciones recomendables, así como la urgencia de las mismas. •

| CUADRO D | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| FACTORES DE REGULARIDAD POR TIPO ESTRUCTURAL PREDOMINANTE | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | MA1 | MA2 | MT1 | MT2 | MT3 | MR1 | MR2 | MC1 | MC2 | MC3 | AC1 | AC2 | AC3 | MD | PR1 | PR2 |
| R1 PLANTA SENSIBLEMENTE SIMÉTRICA EJES ORTOGONALES DESVIACIÓN NO MAYOR DE 20% | CUMPLE | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 5 | 4 |
| | NO CUMPLE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | ACUSADO | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -3 | -4 | -3 | -3 | -4 | -4 | -3 | -3 | -5 | -4 |
| R2 RELACIÓN ALTURA-BASE H/B<2.5 | CUMPLE | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 5 | 3 |
| | NO CUMPLE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | ACUSADO | -4 | -4 | -4 | -3 | -4 | -4 | -3 | -4 | -3 | -3 | -4 | -3 | -3 | -3 | -5 | -3 |
| R3 RELACIÓN LARGO-ANCHO B/B<2.5 | CUMPLE | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 5 | 3 |
| | NO CUMPLE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | ACUSADO | -4 | -4 | -4 | -3 | -4 | -4 | -3 | -3 | -3 | -3 | -3 | -3 | -2 | -3 | -5 | -3 |
| R4 ENTRANTES Y SALIENTES NO MAYORES DE 20% | CUMPLE | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| | NO CUMPLE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | ACUSADO | -2 | -3 | -3 | -3 | -3 | -3 | -2 | -3 | -2 | -2 | -3 | -3 | -2 | -2 | -3 | -3 |
| R5 ABERTURAS DE NO MAS DE 20% DEL AREA | CUMPLE | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 |
| | NO CUMPLE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | ACUSADO | -2 | -3 | -3 | -2 | -3 | -2 | -2 | -2 | -2 | -1 | -2 | -2 | -1 | -2 | -3 | -2 |
| R6 ELEVACIÓN SIN SALIENTES O CARGAS PESADAS EN PARTE SUPERIOR | CUMPLE | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| | NO CUMPLE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | ACUSADO | 3 | -3 | -3 | -3 | -3 | -3 | -3 | -3 | -2 | -2 | -3 | -3 | -1 | -2 | -3 | -3 |

CUADRO F

FACTORES POR EL USO, POR TIPO ESTRUCTURAL

CUADRO (F) FACTORES POR EL USO, POR TIPO ESTRUCTURAL

| FACTOR | MA1 | MA2 | MT1 | MT2 | MT3 | MR1 | MR2 | MC1 | MC2 | MC3 | AC1 | AC2 | AC3 | MD | PRI | PR2 |
|---|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| U2 MODIFICACIONES A LA ESTRUCTURA ORIGINAL | CAMBIO MUROS POR COLUMNAS | | | | | | | CLAROS MAYORES; ELIMINACION DE ALGUNAS COLUMNAS | | | | | | | | |
| | -2 SIN 2 | -2 2 | -2 2 | -2 2 | -2 2 | -5 5 | -4 4 | -4 4 | -3 3 | -3 3 | -4 4 | -3 3 | -3 3 | -3 3 | -3 3 | -4 4 |
| U2 EDAD DE LA CONSTRUCCION | MENOS DE 15 AÑOS | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 DE 15-30 AÑOS | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 3 | 2 |
| | 1 MAS DE 30 AÑOS | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -5 | 0 | 0 |
| U3 CAMBIO EN EL USO | SIN CAMBIO EN CARGAS | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 CARGAS MAYORES | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 |
| U4 AMPLIACIONES A LA ESTRUCTURA ORIGINAL EN ALTURA | NO 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 5 | 2 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 |
| | SI PISO PARCIAL 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | PISO COMPLETO -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -5 | -2 | -3 | -4 | -4 | -5 | -4 | -4 | -4 | -4 | -2 |
| | M.S DE UN PISO -4 | -4 | -4 | -4 | -4 | -10 | -4 | -10 | -8 | -8 | -10 | -8 | -8 | -8 | -8 | -4 |
| U5 TECNOLOGIA | INTERVINO INGENIERO O ARQUITECTO | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SI 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 4 | 2 | 4 | 5 | 4 | 2 |
| | NO 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | -2 | -4 | -2 | -4 | -2 | -4 | -4 |

CUADRO G

FORMATO PARA LA EVALUACION ESTRUCTURAL

| | | | | |
|--|---|---|---|--|
| CUADRO G FORMATO PARA EVALUACION ESTRUCTURAL | | UBICACION _____ _____ | | |
| CROQUIS (FOTOS) | | No. PISOS _____ AÑO CONST _____ | | |
| | | INSPECTOR _____ | | |
| | | FECHA _____ | | |
| | | DAÑO: NO EXISTEN LIGERO MODERADO FUERTE SEVERO | | |
| | | DESCRIPCION DEL DAÑO _____ | | |
| OCUPACION: RESIDENCIAL COMERCIAL OFICINAS INDUSTRIAL ESCUELA PUBLICO HOSPITAL RECREATIVO CULTURAL | No. PERSONAS MAX. EN EDIFICIO: 10 11-100 101-500 MAS DE 500 | TIPO ESTRUCTURAL | BIEN DEFINIDO | EN CASO DE NO SER DEFINIDO |
| PELIGRO DE CAIDA DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES INTERIOR _____ EXTERIOR _____ | | COMPORTAMIENTO C1 _____ C2 _____ C3 _____ C4 _____ C5 _____ C6 _____ C7 _____ _____ _____ _____ | DETERIORO D1 _____ D2 _____ D3 _____ D4 _____ D5 _____ D6 _____ D7 _____ D8 _____ D9 _____ D10 _____ _____ _____ _____ | CALIF C ____ de ____ R ____ de ____ D ____ de ____ U ____ de ____ _____ Global _____ % Por tipo _____ % |
| CAMBIOS DE USO _____ _____ _____ | | REGULARIDAD R1 _____ R2 _____ R3 _____ R4 _____ R5 _____ R6 _____ _____ _____ _____ | USO U1 _____ U2 _____ U3 _____ U4 _____ U5 _____ _____ _____ _____ | |
| AMPLIACIONES O REMODELACIONES _____ _____ _____ | | ¿REQUIERE EVALUACION DETALLADA? _____ SI NO | | |
| ASPECTOS QUE REQUIEREN ATENCION INMEDIATA _____ _____ _____ | | ¿PROPENSION AL DAÑO POR VIENTO? _____ SI NO | | |
| OBSERVACIONES: _____ _____ _____ | | | | |