

Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México

VOLUMEN 1: METODOLOGÍA



Directorio

Secretaría de Educación Pública

Esteban Moctezuma Barragán
Secretario de Educación Pública

Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa, en Liquidación

Jorge Javier Jiménez Alcaraz
Director General

Gabriela Quiroga García
Coordinadora Técnica

Ildefonso González Morales
Director de Infraestructura

Alberto Israel Sánchez López
Gerente de Asuntos Jurídicos

Tonatiuh Balanzario Salazar
Asesor de la Dirección General

Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México

Volumen 1: Metodología



GOBIERNO DE
MÉXICO

EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



BANBRAS
BANCO NACIONAL DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS S.N.C.



INSTITUTO DE INGENIERÍA
UNAM



Se agradece la participación del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos S.N.C., en su carácter de Institución Fiduciaria en el Fideicomiso Número 1936, denominado Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN), por haber otorgado los recursos necesarios para realizar esta obra.

Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México

Volumen 1: Metodología

Preparada por el Instituto de Ingeniería
de la Universidad Nacional Autónoma de México
en colaboración con el Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa, en Liquidación

Autores **Instituto de Ingeniería, UNAM**

Sergio M. Alcocer Martínez de Castro
Gianella A. Valencia Ronquillo
Rubén Bautista Monroy

Los autores agradecen a las siguientes personas la elaboración de figuras:

Andrés Ayala Ventura
Renato Berrón Alvarado
Sebastián Martínez Negrete



Enero 2021

Responsable de la edición: Sergio M. Alcocer Martínez de Castro
Coordinación de la edición: Mercedes Gallardo Gutiérrez
Corrección de estilo: Adriana Guerrero Tinoco
Diseño editorial: Tania Zaldívar Martínez
Primera edición: 25 de enero de 2021

D.R. 2021

INIFED, en Liquidación

Av. Vito Alessio Robles No. 380,
Col. Florida, Álvaro Obregón,
Ciudad de México, C.P. 01030
www.gob.mx/inifed

ISBN: En trámite

Esta edición y sus características son propiedad del Instituto Nacional de Infraestructura Física Educativa, en Liquidación y del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos.

Cualquier copia o reproducción del material de esta publicación deberá de contar de manera previa con las autorizaciones que para cada caso se requiera.

Impreso y hecho en México

Asesores y revisores

Ramón Abud Ramírez
Facultad de Arquitectura, UNAM

Javier Alonso García
Alonso y Asociados

José Carlos Arce Riobóo
Project Management and Design

Hans I. Archundia Aranda
Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco

Tonatiuh Balanzario Salazar
*Instituto Nacional de la Infraestructura Física
Educativa, en Liquidación*

Iván Mauricio Barreiro Díaz
*Arquitectos Directores Responsables de Obra,
Corresponsables y Peritos en Desarrollo Urbano*

Renato Berrón Ruiz
*Instituto para la Seguridad de las Construcciones
de la Ciudad de México*

Jorge M. Camarena Camacho
*Arquitectos Directores Responsables de Obra,
Corresponsables y Peritos en Desarrollo Urbano*

Alberto Cuevas Rivas
Ingenieros Cuevas Asociados

Óscar de la Torre Rangel
Proyecto Estructural

Juan Duay Huerta
*Arquitectos Directores Responsables de Obra,
Corresponsables y Peritos en Desarrollo Urbano*

Yolanda Galicia Cruz
*Arquitectos Directores Responsables de Obra,
Corresponsables y Peritos en Desarrollo Urbano*

Óscar M. González Cuevas
Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco

Miguel Ángel Guzmán Escudero
Consultor independiente

Alberto Jaime Paredes
Instituto de Ingeniería, UNAM

Raúl Jean Perrilliat
Jean Ingenieros

G. Esther Lara
*Arquitectos Directores Responsables de Obra,
Corresponsables y Peritos en Desarrollo Urbano*

Óscar A. López Bátiz
Centro Nacional de Prevención de Desastres

Fabián Martínez del Valle
*Instituto para la Seguridad de las Construcciones
de la Ciudad de México*

Leonardo R. Martínez Vázquez
*Instituto Nacional de la Infraestructura Física
Educativa, en Liquidación*

Edgar Mendoza Balanzario
*Arquitectos Directores Responsables de Obra,
Corresponsables y Peritos en Desarrollo Urbano*

David Murià Vila
Instituto de Ingeniería, UNAM

Santiago Rodríguez Sánchez
Instituto de Ingeniería, UNAM

Rodolfo Sánchez Zaragoza
*Arquitectos Directores Responsables de Obra,
Corresponsables y Peritos en Desarrollo Urbano*

Ismael Vázquez Martínez
Vázquez Martínez Ingenieros

Índice

Prefacio	13
CAPÍTULO 1	
Introducción	15
1.1 Propósito, alcance y limitaciones	15
1.2 Contexto para la aplicación de esta Metodología	18
1.3 ¿A quién va dirigida esta Metodología?	18
1.4 Antecedentes	18
1.5 Organización del documento	22
1.6 Uso de esta Metodología	22
CAPÍTULO 2	
Notación	27
CAPÍTULO 3	
Descripción de los daños por sismo más usuales en la infraestructura física educativa en México	31
3.1 Introducción	31
3.2 Breve descripción del comportamiento sísmico de la infraestructura física educativa de México	32
CAPÍTULO 4	
Procedimientos generales para la evaluación postsísmica de edificios escolares	51
4.1 Emergencia, desastre y sus fases	51
4.2 Visión general de la evaluación postsísmica de escuelas	53
4.3 Reconocimiento Preliminar	56
4.4 Sistema de clasificación de Avisos de la Seguridad Estructural y Uso del Edificio	57
4.5 Colocación de Avisos y acordonamiento	63
4.6 Cambio de Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio	65
4.7 Retiro de pertenencias en edificios con riesgo	66
4.8 Consideraciones para la demolición de una estructura dañada	66
4.9 Gestión de la información recolectada	67
4.10 Tecnologías emergentes	69

CAPÍTULO 5	
Método de Evaluación Rápida (MER)	71
5.1 Objetivo	71
5.2 Calificaciones de los inspectores de daño y de ayudantes de inspectores de daño	72
5.3 Procedimiento y criterios de la Evaluación Rápida	72
CAPÍTULO 6	
Método de Evaluación Intermedia (MEI)	87
6.1 Objetivo	87
6.2 Calificaciones de los inspectores de daños	88
6.3 Procedimiento y criterios de la Evaluación Intermedia	89
6.4 Estimación de la seguridad estructural del edificio durante una Evaluación Intermedia	95
CAPÍTULO 7	
Inspección de estructuras de mampostería	105
7.1 Estructuras de mampostería simple	105
7.2 Estructuras de mampostería confinada	108
7.3 Estructuras de mampostería reforzada interiormente	110
CAPÍTULO 8	
Inspección de estructuras de concreto	113
8.1 Estructuras de concreto coladas en sitio	113
8.2 Estructuras de concreto prefabricado	115
CAPÍTULO 9	
Inspección de estructuras de acero	119
9.1 Marcos de acero resistentes a momento	119
9.2 Marcos de acero contraventeados	122
9.3 Edificios de marcos de acero con elementos hechos con perfiles de lámina doblados en frío	124
9.4 Marcos de acero con muros diafragma de mampostería	126
9.5 Marcos de acero con muros de concreto colados en sitio o muros de mampostería reforzada interiormente	127
CAPÍTULO 10	
Inspección de fallas y peligros geotécnicos	131
10.1 Introducción	131
10.2 Inspección de fallas y peligros de índole geotécnico	132
CAPÍTULO 11	
Inspección de peligros no estructurales	135
11.1 Introducción	135
11.2 Principales aspectos por revisar y evaluar	136

CAPÍTULO 12	
Inspección cuando existen materiales peligrosos	147
12.1 Qué es un material peligroso	147
12.2 Identificación de derrames o fugas de materiales peligrosos	149
12.3 Hojas de seguridad y etiquetado de materiales peligrosos	150
CAPÍTULO 13	
Comportamiento humano tras los sismos	153
13.1 Comportamiento humano en caso de un fenómeno perturbador	153
13.2 Cómo tratar a la población afectada	154
13.3 Manejo del estrés en el campo	155
13.4 Apoyo de la coordinación de la evaluación a los inspectores de daños en el campo	157
CAPÍTULO 14	
Seguridad en campo	159
14.1 Equipo de campo	159
14.2 Seguridad personal en el campo	162
14.3 Qué hacer en caso de una fuga o derrame de materiales peligrosos	163
CAPÍTULO 15	
Guía informativa para la comunidad escolar	165
15.1 General	166
15.2 Título	166
15.3 Sobre el sismo	166
15.4 Sobre el efecto del sismo	166
15.5 Sobre la evaluación postsísmica	167
15.6 Teléfonos de contacto	169
Glosario	171
Referencias	187
Apéndices	191
Apéndice A	
Avisos de la Seguridad Estructural y Uso de Edificios	192
Apéndice B	
Formato de Evaluación Rápida	197
Apéndice C	
Formato de Evaluación Intermedia	200
Apéndice D	
Procedimiento de medición y registros de grietas	206
Apéndice E	
Criterios de evaluación de resistencia lateral	208

Prefacio

Los sismos de septiembre de 2017 demandaron un esfuerzo extraordinario por parte de las autoridades federales y de las distintas entidades federativas responsables de la infraestructura física educativa de México. Como parte de la fase de Auxilio, se desplegaron brigadas para evaluar la seguridad estructural de las edificaciones. Apoyadas en cédulas de papel, las brigadas recabaron información y documentaron el daño que causaron los sismos en los planteles escolares. Estos datos fueron muy útiles para el posterior diseño e implantación del programa de recuperación y reconstrucción de la infraestructura física educativa.

Como resultado de la reflexión sobre las lecciones aprendidas tras los sismos, la Secretaría de Educación Pública, mediante el Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa, en Liquidación (INIFED), decidió elaborar una Metodología de evaluación postsísmica de la seguridad estructural de escuelas, la cual se planteó con los objetivos de:

- Informar a los usuarios (estudiantes, profesores y personal administrativo), a los directivos de la escuela y de la zona (propietarios, directores, supervisores) y a los padres de familia sobre el nivel de seguridad y posibilidades de ocupación y uso del plantel, en general, y de los edificios, en particular, inmediatamente después de un sismo.
- Comunicar a la comunidad escolar (usuarios, directivos y padres de familia) las acciones a ejecutar como resultado de la evaluación.
- Dar certeza a la comunidad escolar sobre el destino y uso inmediato y mediano del plantel, ya sea como albergue, o bien, en el caso de que deba quedar cerrado, total o parcialmente, mientras se rehabilita o demuele.
- Informar a autoridades locales y federales en materia de infraestructura educativa sobre la severidad y extensión de los daños, con el fin de presupuestar y planear la consecución de recursos para la rehabilitación, o bien, la demolición y reconstrucción del edificio escolar.

La elaboración de la Metodología es congruente con una de las funciones del INIFED, la cual consiste en coordinar las actividades derivadas de la prevención y atención de daños causados en la infraestructura física educativa ocasionados por desastres naturales y proporcionar capacitación, consultoría y asistencia técnica.

Para el diseño de la Metodología y la elaboración del material de apoyo correspondiente, el INIFED solicitó la intervención del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (II-UNAM). Entre los documentos elaborados están:

- *Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México. Volumen 1: Metodología* – este documento.
- *Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México. Volumen 2: Introducción al comportamiento sísmico de estructuras para fines de evaluación.*
- *Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa. Manual de campo.*

Los documentos citados facilitarán la aplicación de la Metodología de evaluación postsísmica de una manera uniforme e integral en las escuelas del Sistema Educativo Nacional, propiedad del Estado y de particulares, sujetas a peligro sísmico. Además, servirán de base técnica para la implantación de una estrategia nacional de incremento de la seguridad sísmica de las escuelas con visión preventiva y de largo aliento.



CAPÍTULO 1

Introducción

1.1 PROPÓSITO, ALCANCE Y LIMITACIONES

México es un país sísmico, afectado por la ocurrencia de sismos de subducción (interplaca) a lo largo de la costa del Océano Pacífico, sismos intraplaca profundos causados por la ruptura de la placa del Pacífico, y sismos corticales producidos por fallas locales. Para fines de diseño por sismo, el país se encuentra dividido en cuatro zonas sísmicas, siendo la zona D la de mayor peligro (figura 1.1) (CFE, 2015). La zonificación sísmica se ha desarrollado a partir del estudio con bases probabilistas del peligro sísmico del país.

Los sismos de intensidades medias y altas suelen ocasionar daños en la infraestructura física educativa del país con distintos niveles de severidad y de extensión en un edificio, los cuales dependen, en términos generales, de las características del sismo (magnitud,

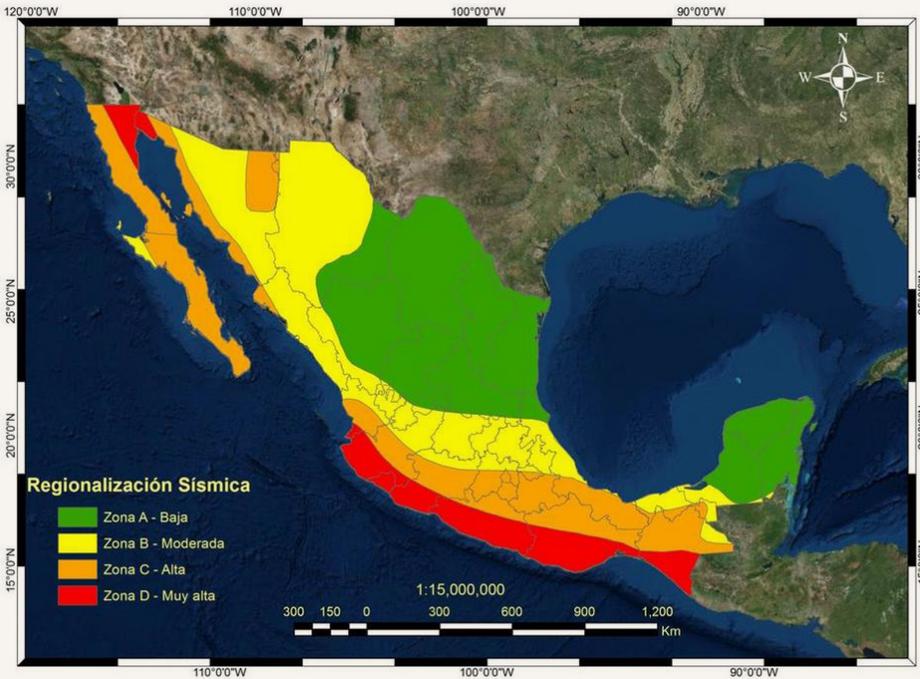


Figura 1.1 Regionalización sísmica de México.
 Fuente: Comisión Federal de Electricidad (2015).

contenido de frecuencias, ubicación relativa del epicentro con respecto a las escuelas) y de las de la estructura (por ejemplo, edad y época de construcción, número de niveles, tipo de suelo, sistema estructural, calidad de la construcción y del mantenimiento y conservación).

Tras la ocurrencia de un sismo, es necesario inspeccionar los edificios para definir el estado de su seguridad estructural. En las horas y días siguientes al fenómeno, la comunidad escolar necesita conocer si los edificios son funcionales, es decir, si se pueden usar. Se requiere determinar si las escuelas se pueden utilizar como albergue para que, en su caso, las autoridades de protección civil tomen las medidas pertinentes. También se requiere inspeccionar los edificios para detectar aquellos con daño suficiente, en extensión y severidad, que los obligue a ser estudiados con más

detalle y, eventualmente, ser rehabilitados para recuperar y aumentar su seguridad sísmica. De igual forma, es imprescindible la inspección para contar con información que permita establecer la posibilidad de demoler una estructura por ser considerada como un peligro inminente de colapso.

El propósito de este documento es describir la Metodología de Evaluación Postsísmica de la Infraestructura Física Educativa de México que permita definir el estado de su seguridad estructural. De acuerdo con la Norma Mexicana para la Seguridad de la Infraestructura Física Educativa NMX-R-079-SCFI-2015 (Secretaría de Economía, 2015), se entiende como infraestructura física educativa a los muebles e inmuebles destinados a la educación impartida por el Estado y los particulares con autorización o con

reconocimiento de validez oficial de estudios, así como a los servicios e instalaciones necesarios para su correcta operación.

Los procedimientos aquí incluidos pretenden lograr una uniformidad en la clasificación del daño de los edificios. De este modo, se aspira a que, si dos inspectores de daños revisan un mismo edificio, ambos coincidan en la clasificación del nivel de daño y en la decisión sobre su posible ocupación y uso (es decir, sobre el tipo de Aviso por colocar en la estructura, véase sección 4.4).

Adicionalmente, esta Metodología requiere que, para edificios en los que se pueda ingresar con seguridad, se haga un levantamiento somero de la estructura (geometría, calidad de la construcción y del mantenimiento, tipo y severidad de los daños, entre otros elementos). El propósito de este levantamiento es evaluar, en campo y gabinete, la seguridad estructural del edificio ante fuerzas laterales inducidas por un sismo. A partir de este resultado, las autoridades y los propietarios de las escuelas estarán en condiciones de decidir sobre su reparación, reforzamiento/rigidización, o incluso su demolición y reconstrucción.

Para la correcta aplicación de la Metodología, el presente documento se complementa con un informe introductorio al comportamiento sísmico de las estructuras, de los elementos no estructurales y de los peligros y fallas de origen geotécnico y un manual de campo.

El Método de Evaluación Rápida que se presenta en este documento es aplicable a edificios de cualquier edad. En lugar del Método de Evaluación Intermedia, los inmuebles educativos antiguos, que son patrimonio arquitectónico, deben ser evaluados según lo establezcan las autoridades competentes, como el Instituto Nacional de Antropología e Historia y el Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura. Una revisión

de procedimientos aplicables se puede consultar en Meli (1998).

Este documento es aplicable, también, para la evaluación de daños provocados por erupciones volcánicas, nieve, tormentas de hielo e incendios. Para una evaluación detallada por daño por incendio se recomienda revisar el ASCE (2018). Para el caso de inundaciones, lahares (flujos de sedimentos y agua que se movilizan por las laderas de un volcán), explosiones y daño por granizo, se recomienda consultar el ATC-45 (2004).

El Método de Evaluación Intermedia es asimismo aplicable a la evaluación de la seguridad sísmica de inmuebles con fines preventivos (también llamada presísmica). El propósito es estimar la seguridad estructural para definir si el edificio requiere ser rehabilitado y con qué nivel de prioridad debe atenderse.

Cuando se haya determinado la necesidad de incrementar la capacidad sísmica de un edificio, ya sea que tenga daños o no, se deberá usar la Metodología de evaluación para fines de rehabilitación establecida en *Rehabilitación sísmica de la infraestructura física educativa de México. Guía técnica* (INIFED, 2020a). En este documento se establecen los requisitos mínimos que deben cumplirse en la evaluación profunda, el análisis estructural, el diseño, la construcción y la supervisión de edificios escolares en rehabilitación usando las técnicas más comunes. A dicha evaluación se le denomina de Nivel 3 en el presente volumen.

Los resultados que se obtienen al aplicar la Metodología contenida en este documento se complementan con la valoración del costo de rehabilitación de un edificio escolar, ya sea que requiera una reparación menor o una intervención mayor (reforzamiento, rigidización, recimentación, por ejemplo). Los criterios de valoración del costo no forman parte del alcance de este documento.

1.2 CONTEXTO PARA LA APLICACIÓN DE ESTA METODOLOGÍA

Para atender una emergencia sísmica y, en general, para poder responder favorablemente ante un fenómeno perturbador cualquiera, se requiere contar con los siguientes elementos:

- a. Sistema.
- b. Plan.
- c. Capacidad de respuesta.
- d. Comunicación.

Se necesita contar con un sistema diseñado e implantado de manera que permita la articulación y coordinación de las entidades o grupos que inciden, por su responsabilidad normativa o por convicción, en la atención de la emergencia. En el caso de los sismos, este ámbito corresponde al Sistema Nacional de Protección Civil.

Para atender la necesidad de la comunidad de conocer, en el menor tiempo posible, el estado de daños de los edificios (viviendas, escuelas, hospitales, entre otros) y de la infraestructura (puentes, centrales de energía, por mencionar algunos ejemplos), así como su consecuente nivel de funcionalidad y posible acceso y uso, es fundamental contar con un plan de inspecciones. Éste debe responder a una metodología de inspección y evaluación cuyo resultado sea el Aviso colocado en el edificio o infraestructura, así como la comunicación del daño y grado de funcionalidad a la comunidad correspondiente.

Con el propósito de que la inspección sea útil, es claro que la intervención debe ser oportuna y confiable. Esto dependerá de que el sistema cuente con la capacidad de respuesta idónea para que la inspección se haga con prontitud y rigor técnico, de modo que la información obtenida sea objetiva. Para el logro de dicha meta, las instancias del Sistema deben estar preparadas con recursos humanos entrenados y suficientes,

así como con los apoyos materiales, logísticos y administrativos previstos.

Finalmente, los avances y los resultados de la inspección y evaluación se deben comunicar, en primera instancia, a la comunidad escolar y posteriormente al resto de la sociedad. Esta comunicación efectiva se logra si, aprovechando los medios y redes sociales, se transmite un mensaje claro, conciso, consistente y creíble.

Dentro del contexto descrito, la Metodología presentada en este documento contribuye a contar con un plan de inspecciones, así como a dar elementos para que el sistema tenga la capacidad de respuesta adecuada y se pueda comunicar el resultado de la inspección de la mejor manera.

1.3 ¿A QUIÉN VA DIRIGIDA ESTA METODOLOGÍA?

La Metodología de Evaluación Postsísmica de la Infraestructura Física Educativa de México fue desarrollada teniendo en mente que pueda ser comprendida y aplicada por inspectores de daños de escuelas con un nivel de preparación como el requerido y establecido en este documento (véase tabla 1.2). En el diseño y contenido se tomó en cuenta la opinión de ingenieros y arquitectos de distintas entidades federativas que han participado en inspecciones de escuelas en el pasado. Asimismo, se revisaron las experiencias en otros países, entre las que destacan las de Estados Unidos de América, Grecia, India, Japón, Nueva Zelanda y Turquía (Alcocer et al., 2020a).

1.4 ANTECEDENTES

La ejecución del plan de reconstrucción de escuelas después de los sismos de 2017, en especial la revisión de los datos recabados en

cédulas, propició la reflexión sobre la necesidad de contar con una Metodología de evaluación postsísmica. Las opiniones y comentarios de diversos actores de distintas entidades federativas, involucrados en el levantamiento de datos, llevaron a la conclusión de que era necesario contar con una metodología que uniformara los procedimientos. Asimismo, estos actores, entre los cuales destaca el personal técnico del INIFED y de sus equivalentes locales, propusieron la posibilidad de obtener más datos sobre las condiciones del edificio aprovechando la evaluación postsísmica. Si bien la evaluación postsísmica se realiza en la fase de Auxilio, y por ello se requiere que se aplique rápidamente, dependiendo de la magnitud del fenómeno perturbador, es posible destinar recursos para lograr un levantamiento más detallado.

Con ello en mente, se realizó una revisión amplia de las metodologías de evaluación postsísmica más usadas y conocidas (Alcocer et al., 2020a). Los métodos revisados se pueden dividir en las cinco categorías siguientes:

1. Métodos basados en una calificación base, dependiente del tipo de estructura, modificada por factores multiplicativos para tomar en cuenta irregularidades y deficiencias estructurales.
2. Métodos basados en una calificación base, dependiente del tipo de estructura, modificada por factores aditivos para tomar en cuenta irregularidades y deficiencias estructurales.
3. Métodos basados en el cálculo de la resistencia a fuerzas laterales de componentes y de la estructura completa, modificada por irregularidades y deficiencias, que se compara con una demanda de resistencia.
4. Métodos similares a los descritos en el punto 3, que incluyen, además, una revisión

de la demanda de rigidez en comparación con la capacidad existente.

5. Métodos que involucran funciones paramétricas que, a través de lógica difusa, determinan una capacidad de resistencia.

Los métodos fueron comparados y evaluados según su tipo de presentación y aplicación (formato en papel o software de aplicación), el tipo de estructuras aplicables, los atributos solicitados, los niveles de seguridad, de daño o de vulnerabilidad, el nivel de pericia y de conocimiento requerido de los evaluadores, el tiempo de ejecución y los costos relativos. Los detalles se pueden consultar en Alcocer et al. (2020a).

Como resultado de las entrevistas referidas con anterioridad con los actores involucrados y a partir de la revisión de la literatura, se concluyó que la Metodología de evaluación postsísmica para escuelas fuera de tipo multinivel, constituida por tres niveles de evaluación (Nivel 1, Nivel 2 y Nivel 3) que se aplicarían secuencialmente en fases y momentos distintos después de un sismo.

Los procedimientos generales de la evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa se pueden consultar en el capítulo 4.

El alcance de esta Metodología comprende los Niveles 1 y 2. Los detalles para realizar una evaluación de Nivel 3 se encuentran en la *Rehabilitación sísmica de la infraestructura física educativa de México. Guía técnica* (INIFED, 2020a).

En la tabla 1.1 se resumen los niveles, nombre, abreviatura y referencia del método de evaluación postsísmica. También se incluye la pregunta básica que se pretende responder con la aplicación de cada método.

Tabla 1.1 Resumen de los niveles, nombres y referencia de los métodos de evaluación postsísmica de este documento

Nivel	Nombre del Método	Abreviatura	Pregunta básica por responder	Referencia
1	Evaluación Rápida	MER	¿Se puede usar el edificio?	Capítulo 5 de este documento
2	Evaluación Intermedia	MEI	¿Se debe rehabilitar el edificio o se debe considerar su demolición?	Capítulo 6 de este documento
3	Evaluación Profunda	MEP	¿Cómo se debe rehabilitar el edificio?	INIFED (2020a)

1.4.1 Reconocimiento Preliminar

Para una mejor ejecución y resultados de la evaluación postsísmica, se recomienda realizar un Reconocimiento Preliminar, el cual se ejecutaría inmediatamente después del sismo con el objetivo de dimensionar la gravedad, extensión y ubicación de las zonas con mayor daño. Los datos levantados durante esta etapa servirán de base para definir si se requiere inspeccionar la infraestructura física educativa y, por tanto, para la planeación de la Evaluación Rápida. Los detalles del Reconocimiento Preliminar se pueden consultar en la sección 4.3.

1.4.2 Método de Evaluación Rápida (MER)

El Método de Evaluación Rápida, MER, corresponde al Nivel 1, y pretende resolver la pregunta sobre si se puede usar el edificio (véase tabla 1.1). Los detalles del MER se pueden consultar en el capítulo 5. Es un método de aplicación simple, desde la banqueta o el exterior del edificio, y cuya realización toma pocos minutos. Sólo en casos excepcionales se ingresaría al edificio escolar, siempre y cuando exista la seguridad para ello. Este proceso de inspección se debe ejecutar en las horas y días siguientes al sismo. La duración de la Evaluación Rápida será de entre 20 minutos

y 2 horas por edificio, aproximadamente, dependiendo del tamaño y complejidad del mismo.

La Evaluación Rápida se calibró a partir del tipo de daño observado en sismos previos, en edificaciones en general, y en escuelas, en particular (Alcocer et al., 2020b —a publicarse en 2021). Las características generales del método son similares a las de las metodologías estadounidense (ATC-20, 1989; ATC-20-3, 1996; ATC Techbrief 2, 1999; ATC-20-1, 2005; FEMA P-154, 2015; FEMA P-2055, 2019) y neozelandesa (MBIE, 2014, 2017 y 2018).

1.4.3 Método de Evaluación Intermedia (MEI)

El Método de Evaluación Intermedia (MEI), que corresponde al Nivel 2, pretende resolver las siguientes interrogantes:

- ¿El edificio debe ser rehabilitado?
- ¿Con qué prioridad?
- Si exhibe daño severo generalizado, ¿se recomienda un estudio detallado para decidir la demolición?

Además de revisar la estructura por el exterior, el MEI requiere el ingreso al edificio. Este nivel de evaluación se aplica después del MER, en días y semanas posteriores al sismo. Se emplea

cuando existen dudas de la seguridad estructural de la edificación. El procedimiento entraña un levantamiento somero de la geometría del edificio, en especial del sistema resistente a fuerzas verticales y laterales, y de las condiciones del inmueble. Su realización tomará entre 1 y 4 horas, aproximadamente, dependiendo de la complejidad, tamaño, severidad y tipo de daños. Los detalles del MEI se encuentran en el capítulo 6.

El MEI fue calibrado a partir de daños en escuelas causados por sismos recientes (Alcocer et al., 2020b —a publicarse en 2021). El procedimiento de evaluación está basado en cálculos relativamente sencillos, pero técnicamente rigurosos, que ofrezcan una idea aproximada de la capacidad estructural (resistencia y rigidez) ante fuerzas laterales del edificio. Dichos cálculos se harán en campo o en gabinete, según se requiera. El procedimiento se puede sistematizar fácilmente para estimar la seguridad sísmica de edificios prototipo del CAPFCE/INIFED. Para su desarrollo, se consultaron las metodologías planteadas por Hassan y Sozen (1997), Sucuoğlu et al. (2015), Pardalopoulos y Pantazopoulou (2019) y Pardalopoulos y Lekidis (2019).

Como se ha señalado, el MEI se puede aplicar en la evaluación presísmica de edificios con el objetivo de identificar si el inmueble requiere ser rehabilitado y definir el nivel de prioridad para su atención. Este tipo de evaluaciones involucran, usualmente, a edificios sin daño para los cuales la estimación de su seguridad ante fuerzas laterales usando procedimientos tipo MEI es indispensable.

1.4.4 Evaluación Especial de Escuelas (EEE)

La decisión de aplicar la Evaluación Especial de Escuelas (EEE) dependerá de la disponibilidad de ingenieros con conocimientos de ingeniería estructural en las Brigadas, del tiempo para revisar el plantel con más detalle (durante 1 a 4 horas), así como de la extensión y gravedad del daño en otras escuelas por evaluar. Los detalles de la EEE se pueden consultar en el capítulo 4.

Si el sismo dañó un amplio número de escuelas en la zona, es probable que se tengan que aplicar el MER y el MEI en fechas distintas. Si, por lo contrario, el daño está concentrado en algunas escuelas y se tiene el personal calificado, se puede realizar la EEE de modo que se apliquen, simultáneamente, la Evaluación Rápida y la Intermedia. También conviene reflexionar la realización de EEE si la escuela se encuentra en una comunidad remota que implique muchas horas de traslado. En ese caso, es conveniente aplicar el MER y el MEI simultáneamente para no tener que regresar en fechas posteriores.

El propósito de la Evaluación Especial de Escuelas es identificar:

- Si el edificio se puede utilizar o si se puede acceder a él con alguna restricción (como en el MER).
- El nivel de daño para fines estadísticos y para planear la fase de Reconstrucción.
- La necesidad de demoler un edificio escolar.
- Si se puede usar como albergue o no.

1.4.5 Método de Evaluación Profunda (MEP)

Se propone que este método, de Nivel 3, corresponda a un estudio profundo de la edificación en el que se deberá revisar el comportamiento sísmico de la estructura con base en análisis estructurales simplificados o detallados de edificios tipo (o arquetipo) de mampostería, concreto y acero, y análisis detallados para los restantes, conforme lo indican los reglamentos locales o, en su defecto, el de la Ciudad de México. El resultado de este análisis permitirá identificar las deficiencias del edificio, así como los esquemas y técnicas de rehabilitación factibles. La evaluación para fines de rehabilitación deberá satisfacer los requisitos establecidos en *Rehabilitación sísmica de la infraestructura física educativa de México. Guía técnica* (INIFED, 2020a). En este documento se incluyen, además, requisitos mínimos para el análisis, diseño, construcción, inspección y aseguramiento de la calidad para cada técnica de

rehabilitación. Es posible que, como resultado del análisis para fines de rehabilitación y del diseño de la rehabilitación, los costos de ésta sean tan altos (en proporción de su costo de reposición, por ejemplo) que se opte por demoler el edificio.

1.5 ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO

Esta Metodología está organizada a modo de presentar, al inicio, los elementos básicos del desempeño sísmico de una estructura y de una evaluación postsísmica; los procedimientos se detallan en la parte final del documento. La notación usada se presenta en el capítulo 2. En el capítulo 3 se incluye una descripción de los daños por sismo más usuales observados en la infraestructura física educativa. Los procedimientos generales para la Evaluación Postsísmica de Escuelas se discuten en el capítulo 4. El Método de Evaluación Rápida se presenta en el capítulo 5. En el capítulo 6 se describe el Método de Evaluación Intermedia. En los capítulos 7 a 12 se exponen, respectivamente, los procedimientos y detalles de la inspección de estructuras de mampostería, de concreto y de acero; de fallas y peligros geotécnicos; de los peligros asociados a los elementos no estructurales y los debidos a los materiales peligrosos usados y almacenados en las escuelas. En el capítulo 13 se proponen los criterios y técnicas recomendadas para lograr una comunicación efectiva con la comunidad escolar, incluidos propietarios y ocupantes, así como para manejar el estrés de los inspectores de daños. En el capítulo 14 se explican los criterios y equipo de seguridad física a utilizar. En el capítulo 15 se presenta una guía informativa para los integrantes de la comunidad escolar, dirigida en especial al profesorado, estudiantes, padres de familia y propietarios. Se ha incluido un glosario con los términos usados en esta Metodología, así como con los empleados en la construcción que son relevantes para la inspección de edificios. En el apéndice A se incluyen los Avisos resultado

de la inspección, en el apéndice B el Formato de Evaluación Rápida, en el apéndice C el Formato de Evaluación Intermedia, en el apéndice D se describe el procedimiento de medición y registros de grietas, y en el apéndice E se presenta el criterio de evaluación aproximada de la seguridad estructural ante fuerzas laterales del Método de Evaluación Intermedia.

1.6 USO DE ESTA METODOLOGÍA

1.6.1 Formación, entrenamiento y certificación de inspectores de daños

El alcance y longitud de esta Metodología hace que sea un documento de consulta y estudio *anterior* a la ocurrencia de un sismo. Por tanto, sirve como pauta para:

- Formar inspectores de daños o ayudantes de inspector de daños, y cuando se trata de personas sin experiencia previa en evaluaciones postsísmicas.
- Entrenar inspectores de daños o ayudantes de inspector de daños, y como recordatorio a personas que ya han participado en evaluaciones postsísmicas.
- Certificar inspectores de daños, de conformidad con las reglas que establezca el INIFED o las autoridades locales educativas.

Se consideran como ayudantes de inspector de daños a los estudiantes de las carreras de ingeniería o arquitectura de los últimos dos años del programa académico, quienes participan de manera voluntaria en evaluaciones después de un sismo.

Dependiendo del nivel de conocimientos y tipo de inspección a realizar, se recomienda que los inspectores de daños y ayudantes de inspector de daños revisen y estudien los capítulos marcados en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Capítulos por revisar y estudiar según la actividad y tipo de inspector de daños

Actividad	Tipo de inspector de daños	Método de Evaluación	Cap. 3	Cap. 4	Cap. 5	Cap. 6	Caps. 7 a 12	Cap. 13	Cap. 14	Cap. 15	Vol. 2 **
Formar	Ayudante	MER	X	X	X		X		X		
	Inspector	MER	X	X	X		X	X	X	X	
	Ayudante	MEI		X		X	X		X		X
	Inspector	MEI		X		X	X	X	X	X	X
Entrenar	Ayudante	MER	X*	X	X		X		X		
	Inspector	MER	X*	X	X		X	X	X	X	
	Ayudante	MEI	X*	X		X	X		X		X
	Inspector	MEI	X*	X		X	X	X	X	X	X
Certificar o recertificar	Inspector	MER	X	X	X		X	X	X	X	
	Inspector	MEI	X	X		X	X	X	X	X	X

Notas:

* Es opcional revisar el capítulo 3 de esta Metodología para el proceso de entrenamiento para ayudantes e inspectores de daños.

** El término Volumen 2 se refiere al documento: *Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México. Volumen 2: Introducción al comportamiento sísmico de estructuras para fines de evaluación* (INIFED, 2020b). En él se describen los principales modos de comportamiento de elementos estructurales. También se presentan los conceptos básicos del comportamiento de elementos no estructurales, así como los relativos a fallas y peligros geotécnicos y geológicos. El Volumen 2 está escrito para ser comprendido por un estudiante de ingeniería o arquitectura del último año del programa académico. El estudio y revisión de este documento es optativo en la formación, entrenamiento, certificación y recertificación de inspectores de daños y de ayudantes de inspector de daños en el MER. Para aplicar el MEI, se recomienda que el Volumen 2 sea estudiado y revisado por inspectores de daños y ayudantes de inspector de daños.

1.6.2 El uso de este documento para preparar y ejecutar simulacros

Es recomendable que esta Metodología forme parte de los esfuerzos de previsión ante sismos. Por ello se sugiere tomar conciencia, así como prepararse previamente para atender una emergencia o desastre en materia de evaluación de la seguridad de la infraestructura física educativa tras un sismo. Por tanto, esta Metodología puede emplearse para la planeación y organización de simulacros, con objeto de observar, probar y corregir la respuesta de Brigadas de Inspección previamente establecidas y entrenadas. Un simulacro de evaluación postsísmica implica montar un escenario de infraestructura educativa dañada para que, en ese contexto físico-temporal, las Brigadas respondan en las distintas etapas y de conformidad con los requisitos establecidos para los diferentes niveles de evaluación.

1.6.3 La aplicación de los métodos de evaluación de esta Metodología en el contexto del proceso de “Atención a Daños por Impacto de Fenómenos Naturales”

Una vez que ocurre un sismo y el Sistema Nacional de Protección Civil hace la declaratoria de Emergencia o Desastre, se inicia el proceso de “Atención a Daños por Impacto de Fenómenos Naturales” bajo la coordinación del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) o del instrumento que, eventualmente, lo sustituya. En las figuras 1.2 y 1.3 se presentan, respectivamente, el proceso en general y las actividades y plazos aplicables al sistema educativo (INIFED, 2020c). Los métodos de evaluación descritos en esta Metodología (Evaluación Rápida y Evaluación Intermedia) se deben desarrollar durante los 17 días marcados en la figura 1.3 como “Desastre y Cuantificación de Daños”.

Como ha sido señalado, la definición de la seguridad estructural, objeto de este documento, se complementa con la valoración del costo de rehabilitación de un edificio escolar según sus daños. Esto implica que se calculen los costos

en el caso de que el edificio evaluado requiera una reparación menor o una intervención mayor (reforzamiento, rigidización, recimentación, por ejemplo). Los criterios de valoración del costo no forman parte del alcance de este documento.

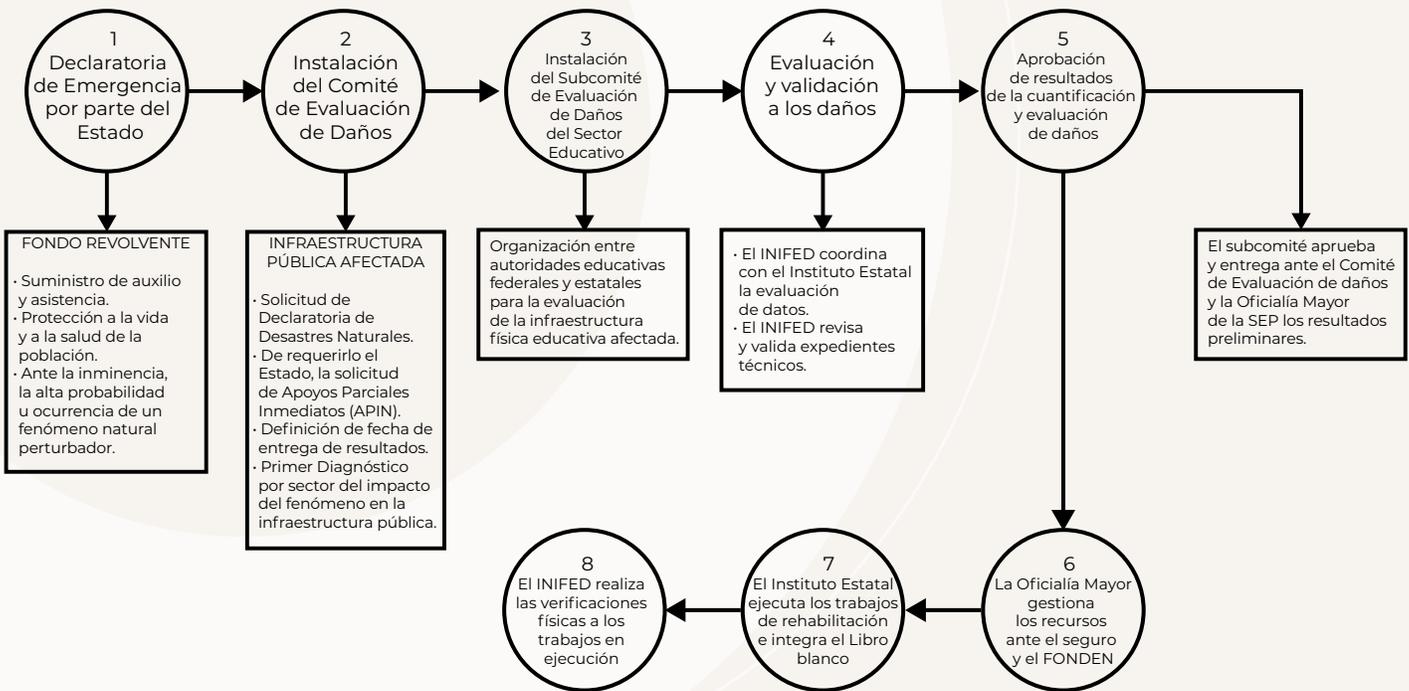


Figura 1.2 Proceso de "Atención a Daños por Impacto de Fenómenos Naturales".
Fuente: cortesía del INIFED (2020c).

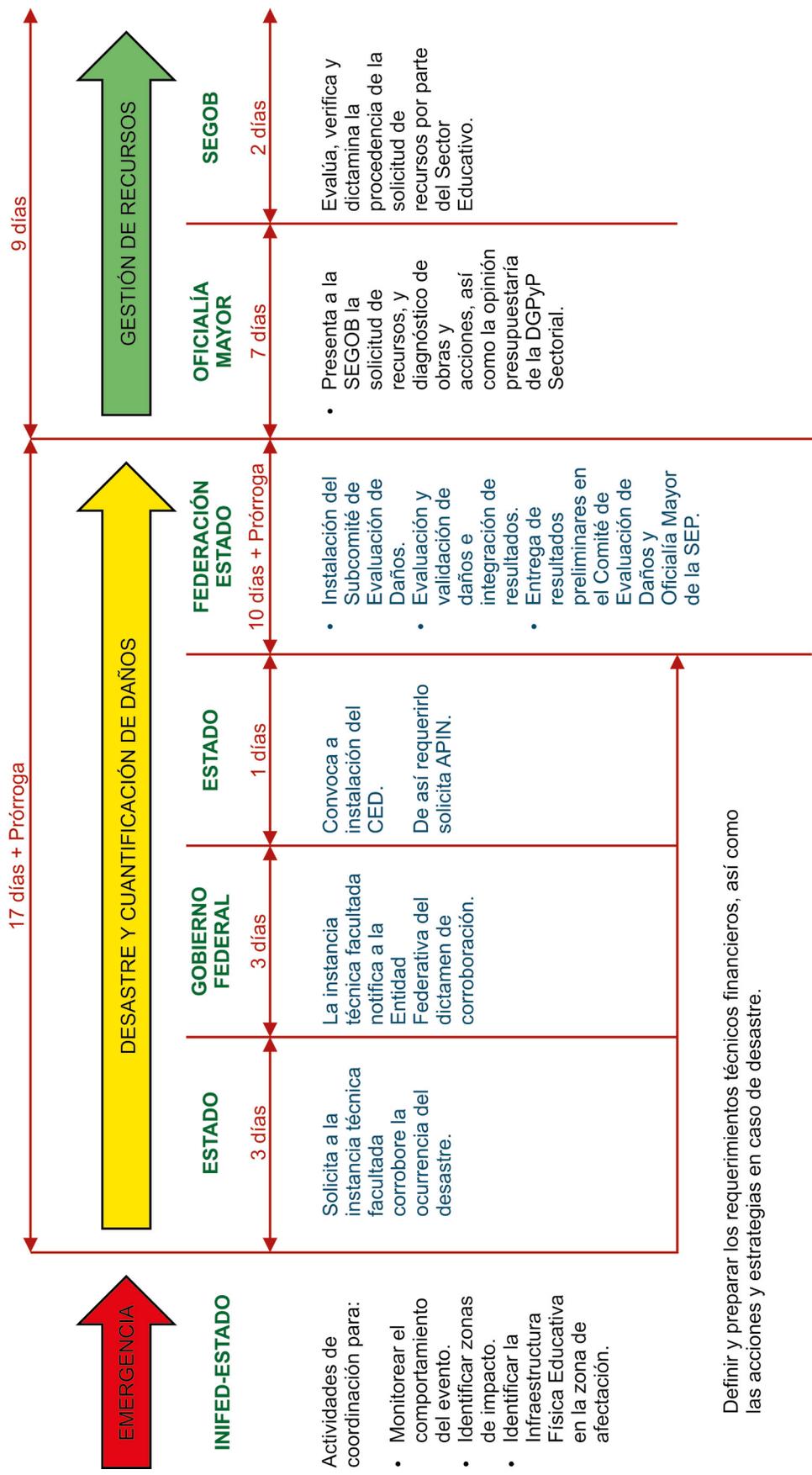


Figura 1.3 Actividades y plazos del proceso de "Atención a Daños por Impacto de Fenómenos Naturales". Fuente: cortesía del INIFED (2020c).

1.6.4 Utilización de las tablas 6.5 a 6.10 de esta Metodología

Con el propósito de apoyar la aplicación del MEI, se han incluido las tablas 6.5 a 6.10, que corresponden a los sistemas estructurales y materiales constructivos más usuales en inmuebles educativos. En la tabla 1.3 se puede consultar el contenido tipo de estas tablas. En la columna 1 se identifica el modo de comportamiento observado con mayor frecuencia en edificios educativos (por flexión, tensión diagonal pura, entre otros); en la columna 2 se incluyen fotos de daños severos característicos; en la columna 3 se clasifica el daño en cuatro categorías (nulo, ligero, moderado y severo); en la columna 4 se describe, para cada categoría, el daño característico en términos de ancho de grietas, posibles desconchamientos y/o pandeo del acero de refuerzo, y desplazamiento horizontal residual

de la estructura o del entrepiso más deformado, entre otros. En la columna 5 se presentan valores del factor reductor λ que dependen del nivel de daño en el elemento estructural en estudio. El factor λ_K se usa para reducir la rigidez lateral; λ_R para disminuir la resistencia lateral y λ_D para afectar la capacidad de desplazamiento.

El objetivo de los factores λ es modificar la estimación de las propiedades nominales referidas (rigidez, resistencia y capacidad de deformación laterales) tomando en cuenta el nivel de daño en el elemento estructural. De esta forma, por ejemplo, la resistencia lateral de un elemento con daño moderado se calcularía multiplicando su resistencia nominal (sin daño y sin la aplicación del factor de resistencia) por el factor λ_R obtenido de alguna de las tablas 6.5 a 6.10 aplicable y correspondiente al nivel de daño moderado.

Tabla 1.3 Tipo de apoyo a la aplicación del MEI y del MEP (INIFED, 2020b)

1 Modo de comportamiento	2 Daño característico	3 Nivel de daño	4 Descripción del daño (uno o más elementos)	5 Factor reductor λ		
				λ_K	λ_R	λ_D
		Nulo				
		Ligero				
		Moderado				
		Severo				

En la aplicación del MEI tras la ocurrencia de un sismo (o bien, para fines preventivos en una evaluación presísmica), las tablas 6.5 a 6.10:

- Facilitan la identificación y clasificación del daño del elemento estructural.

- Permiten seleccionar el factor reductor λ por usar en la estimación de la seguridad estructural ante fuerzas laterales.

Las tablas 6.5 a 6.10 también se pueden utilizar en la MEP (INIFED, 2020a) para los fines anteriores.



CAPÍTULO 2

Notación

A_a	Área del alma, $A_a = h t_a$, en cm^2 .
A_b	Área de la barra anclada, en cm^2 .
A_g	Área gruesa de la sección transversal de la columna, en cm^2 .
A_{inf}	Área de la sección transversal del muro diafragma de mampostería orientado paralelamente a la dirección de análisis, en cm^2 .
A_{st}	Área total del acero de refuerzo longitudinal de la columna, en cm^2 .
A_t	Área bruta de la sección transversal del muro o segmento de muro de mampostería, que incluye a los castillos, en cm^2 .
A_{tr}	Área del estribo que cruza el plano de traslape, en cm^2 .
A_v	Área total del acero de refuerzo transversal de la columna, en cm^2 .
a	Distancia libre entre atiesadores transversales, en cm.
b	Ancho del patín, en cm.
b_c	Ancho de la columna perpendicular a la dirección de análisis, en cm.
b_v	Ancho de la viga adyacente a la columna de análisis, en cm.
C_a	Constante de torsión por alabeo, en cm^6 .

C_b	Factor que depende de la ley de variación del momento flexionante a lo largo del eje de una barra en flexión o en flexocompresión. Conservadoramente, se puede considerar igual a 1.00.
C_v	Se toma igual a 0.75.
$c_{máx}$	Recubrimiento máximo, $c_{máx}=3$ cm, en cm.
$c_{mín}$	Recubrimiento mínimo, $c_{mín}=3$ cm, en cm.
d_b	Diámetro de la barra de acero longitudinal de la época (No. 6 o No. 8), en cm.
d_c	Peralte efectivo de la columna, $d_c=0.8h_c$, en cm.
d'_c	Recubrimiento de la columna de concreto, $d'_c \approx 3$ cm, en cm.
d_l	Peralte efectivo de la losa, $d_l=0.8 h_l$, en cm.
d_v	Peralte efectivo de la viga, $d_v=89 h_v$, en cm.
DR	Desplazamiento residual de la estructura o del entrepiso más deformado, en mm.
E_c	Módulo de elasticidad del concreto (véase INIFED, 2020), en kg/cm ² .
E_m	Módulo de elasticidad, para cargas de corta duración, de la mampostería (véase INIFED, 2020), en kg/cm ² .
E_s	Módulo de elasticidad del acero, en kg/cm ² .
$E_c I_b$	Rigidez secante a la fluencia de la viga, en kg-cm ² .
$E_c I_c$	Rigidez secante a la fluencia de la columna, en kg-cm ² .
F_y	Valor mínimo garantizado del esfuerzo correspondiente al límite inferior de fluencia del acero en tensión, en kg/cm ² .
f	Factor en el que se interpolará linealmente si H_{inf}/L_{inf} es intermedio.
f'_c	Resistencia especificada del concreto a compresión, en kg/cm ² .
f'_m	Resistencia a compresión para diseño de la mampostería, referida al área bruta, en kg/cm ² .
f_y	Esfuerzo especificado de fluencia del acero de refuerzo longitudinal, en kg/cm ² .
f_{yt}	Esfuerzo especificado de fluencia del acero transversal, en kg/cm ² .
G	Ancho de una grieta perpendicular al eje, usualmente por flexión, en mm.
GI	Ancho de una grieta inclinada, usualmente por tensión diagonal, en mm.
G_s	Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante del acero, en kg/cm ² .
H_c	Altura libre y deformable de la columna, en cm.
H_{inf}	Altura del puntal de compresión del muro de mampostería orientado paralelamente a la dirección de análisis (figura E.1), en cm.
H_{inf}	Altura del muro de mampostería o de concreto, en cm.
h	Peralte del alma, igual a la distancia libre entre patines en secciones hechas con placas soldadas, y a la distancia entre los puntos donde comienzan las curvas de unión del alma y patines en secciones laminadas, en cm.
h_c	Peralte de la columna en la dirección de análisis, en cm.
h_l	Peralte de la losa, en cm.
h_v	Peralte de la viga adyacente a la columna de análisis, en cm.
I_c, I_v	Momentos de inercia de la sección transversal bruta de la columna y de la viga, respectivamente, en cm ⁴ .
I_y	Momento de inercia de la sección transversal del perfil alrededor del eje centroidal Y, en cm ⁴ .
J	Constante de torsión de Saint Venant, en cm ⁴ .

K_i	Rigidez lateral del entrepiso i de un edificio, en kg/cm.
k_v	Coefficiente de pandeo en cortante de la placa del alma, el cual se puede considerar igual a 5.
L	Claro en la dirección de análisis, en cm.
L_v	Longitud típica de las vigas, en cm.
L_{inf}	Longitud del puntal de compresión del muro de mampostería orientado paralelamente a la dirección de análisis (figura E.1), en cm.
L_m	Longitud del muro de mampostería que incluye los castillos o de concreto, en cm.
l_c, l_v	Longitudes de contacto del muro con la columna y con la viga, respectivamente, cuando la estructura se deforma lateralmente, en cm.
l_d	Longitud de desarrollo de la barra anclada o longitud de traslape, $l_d=40d_b$, en cm o longitud diagonal del puntal de compresión en muros de mampostería, en cm.
M_y	Resistencia a flexión de una columna, en kg-cm.
N	Número de estribos que confinan las barras traslapadas.
N_c	Número total de las columnas del entrepiso.
n	Número de barras traslapadas.
n_b, n_c	Número de vigas y columnas que convergen en una conexión del marco.
P	Carga axial total que obra sobre el muro, sin multiplicar por el factor de carga, en kg.
P_g	Carga axial en la columna debido a la combinación de cargas muerta, viva instantánea y sismo, en kg.
$S_a(T_1)$	Es la aceleración espectral correspondiente al periodo fundamental de traslación en la dirección de análisis considerada, en cm/s^2 .
S_e	Módulo de sección elástico efectivo determinado con el ancho efectivo, b_e del patín en compresión, en cm^3 .
S_x	Módulo de sección elástico respecto al eje X, en cm^3 .
s	Separación de los estribos de la columna, en cm.
t	Espesor del muro de mampostería o de concreto, en cm.
t_a	Grueso del alma de la sección, en cm.
t_d	Factor que representa el efecto del diámetro de la barra en la resistencia del anclaje o traslape, $t_d=1.83d_b+0.71$, en cm.
t_p	Grueso del patín de la sección, en cm.
t_r	Factor que representa el efecto del área relativa de la barra en la resistencia del anclaje o traslape, $t_r=0.952$.
V_{cy}	Resistencia a cortante debida a la formación de articulaciones plásticas por flexión en columnas, en kg.
V_{cv}	Resistencia a cortante controlada por la tensión diagonal en columnas, en kg.
V_{ca}	Resistencia a cortante limitada por la falla de anclaje de refuerzo longitudinal, en kg.
V_{ct}	Resistencia a cortante controlada por la falla por adherencia en traslapes, en kg.
V_j	Resistencia a cortante asociada a la falla por corte en nudos, en kg.
V_{pn}	Resistencia a cortante por la falla por corte/punzonamiento en losas planas, en kg.

V_{vy}	Resistencia a cortante debido a la formación de articulaciones plásticas por flexión en vigas, en kg.
v_m'	Resistencia a compresión diagonal para diseño de la mampostería, referida al área bruta, MPa o kg/cm ² .
Z_x	Módulo de sección plástico para flexión alrededor del eje X, en cm ³ .
α_c	Factor que depende de la relación de carga axial, ν , que soporta la columna. Es 0.50 si ν es mayor o igual 0.10. En caso contrario, es igual a 0.33, donde $\nu = P_g / (b_c d_c f_c')$.
α_s	Se toma igual a 40 para conexiones interiores y 30 para conexiones exteriores.
β	Se toma igual a 1.00.
$\Delta\Phi_{cr}$	Máximo valor de distorsión de entrepiso.
λ	Factor reductivo de la capacidad estructural que depende del nivel de daño del elemento estructural.
λ_D	Factor reductivo de la capacidad de desplazamiento en función del nivel de daño en el elemento estructural.
λ_K	Factor reductivo de la rigidez lateral que depende del nivel de daño en el elemento estructural.
λ_R	Factor reductivo de la resistencia lateral en función del nivel de daño del elemento estructural.
Φ_i	Deformada del entrepiso i de un edificio.
$\mu_{y,inf}$	Nivel de ductilidad que puede desarrollar el muro de diafragma de mampostería, $\mu_{y,inf,k} = 2$.
ρ	Cuantía del acero de refuerzo longitudinal a tensión del muro de concreto.
ρ_c	Cuantía de refuerzo longitudinal de las columnas.
ρ_v	Cuantía del acero de refuerzo longitudinal en vigas.
θ_e	Rotación a la fluencia del refuerzo longitudinal de la columna.
θ_d	Ángulo que forma el puntal de compresión del muro de mampostería con la horizontal.
$\theta_{y,inf}$	Rotación que puede desarrollar el muro de mampostería en el punto de fluencia de los marcos de concreto confinantes, $\theta_{y,inf} \cong 0.2\%$.
Y_c	Valor promedio de φ_c de todas las columnas del entrepiso crítico.
φ_c	Factor que toma en cuenta la distribución de momentos en las columnas, $\varphi_c = \varphi / (1 + \varphi)$.
φ	Factor que considera la rigidez relativa de las columnas de un entrepiso con respecto a las vigas, $\varphi = (n_b E_c I_b H_c) / (n_c E_c I_c L_b)$.



CAPÍTULO 3

Descripción de los daños por sismo más usuales en la infraestructura física educativa en México

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describen los daños por sismos que con mayor frecuencia se presentan en la infraestructura física educativa del país. Se exponen según el material de construcción y su modalidad constructiva. La sección 3.2 es similar a la sección 1.6 de INIFED (2020a).

Se recomienda estudiar este capítulo simultáneamente con *Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México. Volumen 2: Introducción al comportamiento sísmico de estructuras para fines de evaluación* (INIFED, 2020b).

En ese documento se discuten los atributos de una estructura que son determinantes en su respuesta ante un sismo. Se ilustran las diferencias entre resistencia, rigidez, capacidad de deformación inelástica y amortiguamiento. Se analizan los efectos adversos de malas prácticas de proyecto arquitectónico, diseño y construcción. Asimismo, se describen los principales impactos del deterioro de los materiales. Se explican los modos de comportamiento y de falla más frecuentes en estructuras de mampostería, concreto y acero. Además, se describe el daño observable por nivel de severidad (ligero, moderado y severo) para cada componente estructural según el material de construcción. Finalmente, se incluyen factores reductivos de rigidez, resistencia y capacidad de deformación para cada componente según el material de construcción y su nivel de daño.

3.2 BREVE DESCRIPCIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA DE MÉXICO

En esta sección se describen los principales modos de comportamiento y tipos de daño de edificios escolares en México. La información proviene de la evaluación postsísmica de escuelas tras los sismos de 2017 (Alcocer et al., 2018). Esta descripción se refiere a los modos más comunes y no debe interpretarse como exhaustiva.

En el inciso 3.2.1 se explican los sistemas estructurales característicos en las escuelas de México. En el punto 3.2.2 se describen los daños por golpeteo entre edificios adyacentes y por irregularidades. En los incisos 3.2.3 a 3.2.8 se describen los modos de comportamiento y tipo de daño más comunes en los elementos estructurales: vigas, columnas, uniones viga-columna, muros, losas y cimentaciones, respectivamente. Se explica el modo de comportamiento deseable ante el sismo del estado límite de falla. Cuando ha sido posible, se ilustran los modos de falla con

ejemplos de escuelas dañadas. En la sección 3.2.9 se han incluido ejemplos de los efectos del deterioro de los materiales en la respuesta sísmica. En el inciso 3.2.10 se resumen los modos de comportamiento que se han observado con mayor frecuencia en los prototipos de escuelas del Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas (CAPFCE) y del INIFED.

3.2.1 Sistemas estructurales característicos en los edificios escolares en México

Los edificios escolares en México constan de sistemas estructurales resistentes a cargas gravitacionales hechos a base de muros (de mampostería o concreto) y/o de marcos resistentes a momentos (de concreto o de acero). Los sistemas estructurales resistentes a fuerzas laterales inducidas por sismo están compuestos, a su vez, por muros (de mampostería o concreto), marcos o contraventeos de acero. Una descripción detallada de los sistemas estructurales se puede consultar en INIFED (2020b).

En el caso de las cimentaciones, éstas pueden ser superficiales o profundas. Las primeras son más frecuentes en edificios de pocos pisos y son usuales zapatas aisladas (ligadas o no), zapatas corridas y losas de cimentación. En el caso de edificios de mediana altura o en zonas de suelos blandos, se encuentran cimentaciones a base de losas y cajones de cimentación apoyados en pilotes o pilas.

Según el material de construcción, los edificios escolares en México tienen las siguientes características.

3.2.1.1 De mampostería

Son estructuras a base de muros de carga. La mampostería puede ser simple (sin refuerzo y sin confinamiento), confinada (con castillos y dalas), o reforzada interiormente (a base de piezas huecas con refuerzo en el interior, vertical y horizontal).

Edificios escolares de mampostería son muy comunes en zonas urbanas, semiurbanas y rurales del país. Normalmente tienen uno o dos

pisos. En la figura 3.1 se muestran ejemplos de escuelas de mampostería.



Figura 3.1 Ejemplos de escuelas de mampostería en México.
 Fuente: cortesía del INIFED (2019).

3.2.1.2 De concreto

Son principalmente estructuras a base de marcos resistentes a momento. Por lo regular, han sido de concreto colocado en sitio. En versiones más recientes, se han incorporado muros de concreto,

convirtiendo a la estructura en un sistema dual muro-marco. Las estructuras de concreto también son hechas a base de columnas unidas por losas planas, ya sea macizas o aligeradas. En general, los edificios de concreto predominan en zonas urbanas y semiurbanas. Algunos casos de escuelas de concreto se muestran en la figura 3.2.



Figura 3.2 Ejemplos de escuelas de concreto en México.
Fuente: cortesía del INIFED (2019).

3.2.1.3 De acero

Son edificios de marcos de acero resistentes a momento, con o sin contraventeos. En zonas rurales o semiurbanas, se han construido con perfiles de acero de pared delgada, los cuales forman secciones compuestas. Sus contraventeos son usualmente barras de acero redondo. En zonas urbanas y semiurbanas, las escuelas están hechas con perfiles laminados en caliente unidos mediante tornillos o pernos, o bien, soldadura. En la figura 3.3 se ejemplifican escuelas de acero en México.



Figura 3.3 Ejemplos de escuelas de acero en México.
Fuente: cortesía del INIFED (2019).



Figura 3.4 Edificios en contacto vulnerables a golpeteo.
 Fuente: cortesía del INIFED (2019).

3.2.2 Interacción de cuerpos adyacentes y problemas asociados a irregularidades

Durante sismos pasados, se ha observado el daño producido por el golpeteo entre cuerpos adyacentes. Esta interacción ocurre cuando la separación entre ellos es demasiado pequeña para permitir que los cuerpos se desplacen lateralmente sin tocarse, o bien, cuando existe algún elemento que los une (figura 3.4). Este último es el caso de escaleras, pasillo o barandales continuos entre ambos cuerpos.

También se han registrado daños debido a irregularidades en planta y en elevación. Destacan la ubicación de depósitos de agua (tinacos) en la azotea del edificio. Esta masa concentrada provoca torsiones en el edificio que, a su vez, causan concentración de desplazamientos y/o fuerzas, con sus consecuentes daños. En la figura 3.5 se muestran dos depósitos de agua sobre el techo de un edificio y la solución idónea de colocar los depósitos en una estructura independiente del edificio escolar.



3.2.3 Comportamiento sísmico observado en vigas

3.2.3.1 Modo de comportamiento sísmico deseable

El modo de comportamiento deseable de una viga ante el sismo de diseño es de flexión. En el caso de marcos de concreto, se caracteriza por el agrietamiento del concreto (vertical e inclinado) y la fluencia del refuerzo longitudinal concentrados en la zona de la articulación plástica. Esta zona ocurre, normalmente, adyacente a la cara de la columna. En marcos de acero, la articulación plástica conlleva la fluencia de los patines y el posible pandeo local de ellos y del alma. Se recomienda consultar INIFED (2020b) para examinar los modos de comportamiento de estructuras a base de marcos de concreto y de acero.



Figura 3.5 Concentración de masa en techos de edificios escolares y depósito de agua en una estructura independiente.
 Fuente: cortesía del INIFED (2019).

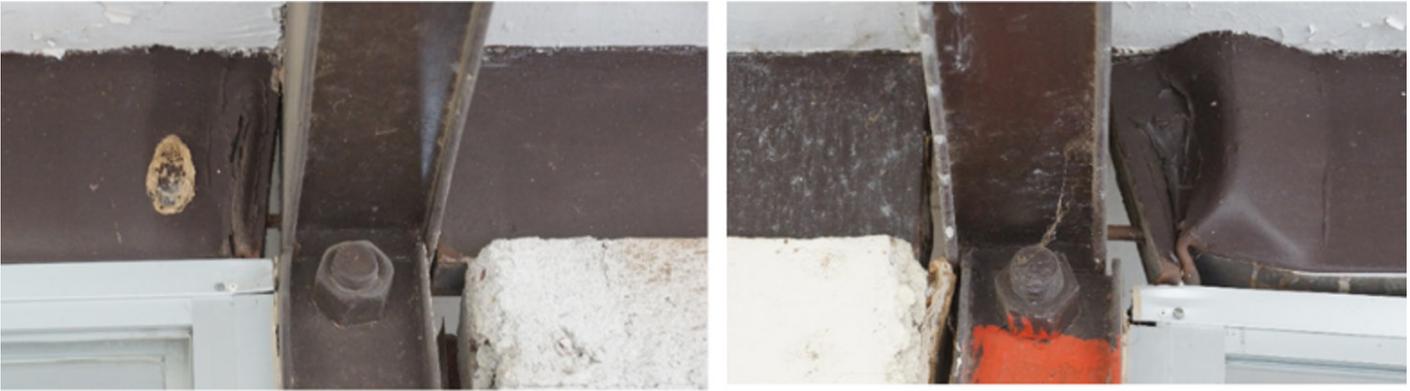


Figura 3.9 Falla de la soldadura de conexión de la viga con la columna y pandeo local del perfil de acero.
Fuente: cortesía de David Murià (2018).

agrietamiento del concreto (horizontal o con alguna inclinación) y la fluencia incipiente del refuerzo longitudinal en algunas columnas (normalmente en el tercio inferior del edificio y en la base de éste). En marcos de acero se espera la fluencia incipiente en los patines de las columnas del tercio inferior del edificio y en su base. Se recomienda consultar INIFED (2020b) para examinar los modos de comportamiento de estructuras a base de marcos de concreto y de acero.

3.2.4.2. Modos de comportamiento observados

El comportamiento observado en columnas de concreto ha estado controlado por cargas gravitacionales altas o por la combinación de cargas gravitacionales y fuerzas inducidas por el sismo. Se han presentado los siguientes tipos de comportamiento:

- a. Flexión-tensión diagonal: inicia con agrietamiento por flexión y es controlado por la aparición de grietas por tensión diagonal (con inclinaciones cercanas a 45 grados). La falta de estribos en los extremos de la columna facilita la formación de grandes grietas inclinadas (figura 3.10).
- b. Tensión diagonal pura: ocurre sin agrietamiento por flexión o con unas cuantas grietas de flexión. Se caracteriza por grietas

inclinadas hacia la mitad de la altura de la columna, frecuentemente exhibiendo un patrón en forma de letra X (figura 3.11).

- c. Tensión diagonal en “columnas cortas”: la contribución de los muros no estructurales a la rigidez lateral del edificio ha sido perjudicial en los casos donde el muro se extendió parcialmente en la altura del entrepiso, ya que redujo la longitud libre de la columna, incrementó su rigidez lateral y, por tanto, atrajo más fuerza cortante para lo cual la columna no había sido diseñada. Es un caso particular del comportamiento por tensión diagonal pura, en el cual el daño frecuentemente se exagera por la gran separación de estribos, así como por un detallado inadecuado del remate de los estribos que exhiben dobleces de 90 grados (figura 3.12).
- d. Flexión y falla de compresión en el extremo: tras la formación de la articulación plástica en el extremo de la columna, se produce un deterioro severo en el concreto, su aplastamiento y desconchamiento. Este deterioro, sumado al pandeo del refuerzo longitudinal, es evidencia de pérdida de capacidad de carga vertical (figura 3.13).
- e. Flexión y fallas por adherencia en traslapes: ocurre cuando no tienen la longitud suficiente. La falla se hace evidente por medio de grietas verticales y el desconchamiento del concreto a la altura de los traslapes.

En columnas metálicas, se han observado fallas por aplastamiento debidas al efecto de columna corta. En ellas es claro el pandeo de patines y

alma, así como la fractura de la soldadura de filete hecha para fabricar la sección compuesta (figura 3.14).



Figura 3.10 Falla por flexión-tensión diagonal y posterior aplastamiento del concreto de la columna.
Fuente: archivo personal de Sergio Alcocer (1999).



Figura 3.11 Agrietamiento por tensión diagonal en columna de concreto.
Fuente: cortesía del INIFED (2019).



Figura 3.12 Falla por tensión diagonal en columnas cortas de marcos de concreto.
Fuente: cortesía del INIFED (2019).



Figura 3.13 Falla por flexión-tensión diagonal y compresión en el extremo superior de columnas de marcos de concreto.
Fuente: archivo personal de Sergio Alcocer (1999).



Figura 3.14 Falla por aplastamiento, con pandeo local de placas y fractura de soldaduras en columnas de acero por el efecto de "columna corta".
 Fuente: cortesía del INIFED (2019) y de David Murià (2018).



3.2.5 Comportamiento sísmico observado en uniones viga-columna

3.2.5.1 Modo de comportamiento sísmico deseable

El modo de comportamiento deseable de una unión viga-columna de un marco resistente a momento de concreto ante el sismo de diseño es mediante la formación de grietas inclinadas apenas visibles. En el caso de marcos de acero, se espera la fluencia incipiente en la zona de panel. En ambos casos, el incipiente comportamiento inelástico se espera en el tercio inferior del edificio.

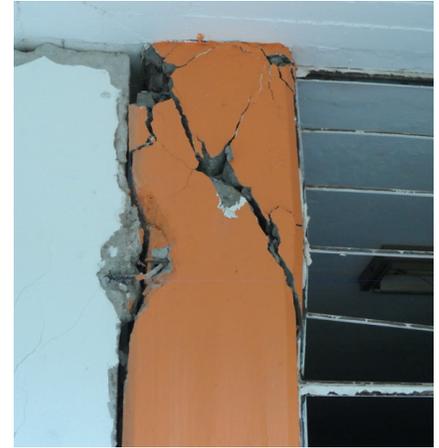
3.2.5.2. Modos de comportamiento observados

El comportamiento observado en uniones de vigas y columnas de concreto ha estado controlado por la combinación de cargas gravitacionales y fuerzas inducidas por el sismo. Se ha presentado el siguiente tipo de comportamiento:

- Cortante: caracterizado por el agrietamiento inclinado y desconchamiento del concreto en uniones donde no existía refuerzo transversal o su cuantía era escasa (figura 3.15). Un inadecuado confinamiento en las uniones, agravado por la práctica de utilizar paquetes



Figura 3.15 Agrietamiento por cortante en uniones viga-columna en marcos de concreto con muros diafragma.
Fuente: cortesía del INIFED (2019).



formados de tres o más barras longitudinales en las esquinas de la columna, incrementa el desconchamiento del concreto del nudo.

En estructuras de acero, el desempeño de las uniones viga-columna ha estado controlado por la combinación de cargas gravitacionales y fuerzas inducidas por el sismo. Se ha presentado el siguiente tipo de comportamiento:

- Falla por pandeo o rotura de la zona de panel (figura 3.16).
- Falla de soldadura en conexiones viga-columna (véase la figura 3.9).

Si bien no se ha informado de daños en conexiones excéntricas viga-columna, es frecuente observar uniones en las que el eje de la viga está desplazado lateralmente, incluso una distancia igual a una vez el ancho de la viga, como se puede observar en la figura 3.17. En caso de daño, se presentarían deformaciones por torsión en la viga de apoyo.



Figura 3.16 Falla por pandeo o rotura en zona de panel.
Fuente: Ballio et al. (1987).



Figura 3.17 Conexiones excéntricas viga-columna en estructuras metálicas.
Fuente: cortesía de Ramón Abud (2020).

3.2.6 Comportamiento sísmico observado en muros

3.2.6.1 Modo de comportamiento sísmico deseable

El modo de comportamiento deseable de un muro de mampostería, aunque casi nunca observado en el campo, es de flexión, cabeceo o deslizamiento del muro. En el caso de muros de concreto, el modo deseable es de flexión. Este modo de falla se observa en edificios con muros esbeltos y detallados para retrasar el deterioro de las fuerzas cortantes cíclicas.

Se recomienda consultar INIFED (2020b) para examinar los modos de comportamiento de estructuras a base de muros de mampostería y de concreto.

3.2.6.2 Modos de comportamiento observados

El comportamiento observado en muros ha estado controlado por la combinación de cargas gravitacionales y fuerzas inducidas por el sismo.

En caso de muros de mampostería, se han observado los siguientes tipos de comportamiento:

- a. Tensión diagonal: puede ser pura o posterior al agrietamiento por flexión. Se caracteriza por grietas inclinadas (en forma de letra X) a través de mortero y piezas cuando el mortero es resistente, las piezas son de baja resistencia y los esfuerzos axiales son altos, en términos relativos. Otra forma de agrietamiento por tensión diagonal es siguiendo las juntas de mortero en forma de escalera. Éste ocurre en mamposterías con morteros de baja resistencia, piezas resistentes y esfuerzos axiales bajos, en términos relativos. Este modo de falla es frágil y puede conducir a pérdida de la capacidad de carga vertical. Las grietas usualmente penetran la punta del muro (castillos, si existen), lo que provoca que los triángulos superior e inferior, delimitados por la grieta inclinada, se separen. Es, probablemente, el modo de falla más usual en muros de mampostería (figuras 3.18 y 3.19). Es muy recurrente en muros de mampostería simple o mal confinada.



Figura 3.18 Falla por tensión diagonal en muros de mampostería. Fuente: cortesía del INIFED (2019).



Figura 3.19 Falla por tensión diagonal en muros diafragma de mampostería.
Fuente: cortesía del INIFED (2019).

- b. Agrietamiento vertical en las esquinas: ocurre en la intersección de muros con el techo. Es muy común en estructuras de mampostería simple, como el adobe (figura 3.20).
- c. Flexión fuera del plano: puede ocurrir porque el diafragma del techo o piso se desprende del muro, facilitando que su coceo empuje al muro fuera de plano. Normalmente, la falla se caracteriza por agrietamiento horizontal en la base del muro y la caída de éste (figura 3.21). En ocasiones, se han observado grietas horizontales en los extremos superior e inferior del muro y a la mitad de su altura. Las fallas de plano son comunes en muros de mampostería simple. Las fallas fuera de plano han sido muy usuales en bardas perimetrales de planteles escolares. Su vulnerabilidad sísmica aumenta cuando los castillos están demasiado separados. Su inclinación o colapso total han sido exacerbados por la corrosión del acero de refuerzo vertical en castillos o como refuerzo interior de la barda (figura 3.22). También se observó la falta de adherencia entre la última hilada y la dala superior, lo que impidió que la dala restringiera el desplazamiento fuera del plano del muro.



Figura 3.20 Agrietamiento vertical en la intersección de muros de mampostería simple (adobe).
Fuente: cortesía del INIFED (2019) y archivo personal de Sergio Alcocer (1995).



Figura 3.21 Falla por flexión fuera de plano de muros de mampostería.
 Fuente: cortesía del INIFED (2019) y archivo personal de Sergio Alcocer (1995).

3.2.7 Comportamiento sísmico observado en losas

3.2.7.1 Modo de comportamiento sísmico deseable

Las losas son elementos que transmiten las cargas gravitacionales al sistema estructural resistente a cargas gravitacionales. Para una adecuada respuesta ante sismo, las losas deben tener la suficiente rigidez y resistencia para trabajar como diafragma horizontal, a fin de distribuir las fuerzas inducidas por el sismo entre los elementos verticales del sistema estructural resistente a fuerzas laterales inducidas por sismo. Por tanto, su comportamiento deseable es de flexión.

3.2.7.2 Modos de comportamiento observados

El comportamiento sísmico de las losas de concreto perimetralmente apoyadas en edificios a base de muros de mampostería y marcos, de concreto y de acero, ha sido adecuado. Sin embargo, se han observado flechas excesivas producto de espesores insuficientes, errores



Figura 3.22 Falla por flexión fuera de plano de bardas de mampostería.
 Fuente: cortesía del INIFED (2019).

constructivos (como descimbrados prematuros, posición inadecuada del acero de refuerzo, baja resistencia a la compresión del concreto) y/o cargas elevadas.

En estructuras de columnas de concreto unidas por losas planas, se han observado los siguientes tipos de comportamiento:

- a. Cortante: se caracteriza por agrietamiento en la cara superior de la losa, paralelo a las



Figura 3.23 Falla por cortante en conexiones de losas planas con columnas de concreto.
 Fuente: archivo personal de Sergio Alcocer (1985 y 1999).

caras de la columna y separado de la columna (o de la zona maciza de la losa, si existe) entre una y 1.5 veces el peralte de la losa, incluido el ábaco, o de la zona maciza, si existe (figura 3.23). En la foto de la izquierda se observa el agrietamiento desde la cara inferior de la losa. En la de la derecha se muestra el colapso casi total de un edificio.

b. Punzonamiento: es un tipo de falla por cortante en la cual se forma un agrietamiento alrededor de la columna en forma de

pirámide invertida. Si la losa carece de refuerzo en el lecho inferior y que sea continuo (sin traslapes) sobre la columna, se puede producir la penetración de la columna en la losa, lo que conlleva generalmente el colapso del entrepiso o de todo el edificio (figura 3.24). En la foto de la izquierda se muestra un punzonamiento incipiente; en la derecha es claro el punzonamiento de la losa por las columnas verticales.



Figura 3.24 Falla por punzonamiento en losas planas unidas con columnas de concreto.
 Fuente: archivo personal de Sergio Alcocer (1985).

3.2.8 Comportamiento sísmico observado en cimentaciones

3.2.8.1 Modo de comportamiento sísmico deseable

Las cimentaciones deben ser capaces de transmitir al suelo las cargas gravitacionales y las fuerzas laterales inducidas por sismo sin provocar asentamientos totales y diferenciales mayores que los límites establecidos en los reglamentos de construcción locales. Su comportamiento deseable debe ser consistente con los estados límite de falla y de servicio para los cuales son diseñados sus elementos y revisado todo el edificio (como en el caso de volteo).

Las cimentaciones de la infraestructura física educativa pueden ser superficiales o profundas. Las primeras son más frecuentes en edificios de pocos pisos y son usuales zapatas aisladas (ligadas o no), zapatas corridas y losas de cimentación. En el caso de edificios de mediana altura o en zonas de suelos blandos, se encuentran cimentaciones a base de cajones de cimentación apoyados en pilotes o pilas.

3.2.8.2 Modos de comportamiento observados

En sismos recientes se ha observado el asentamiento del edificio desplantado en suelos mal compactados, el cual provocó el agrietamiento en la cara superior de la losa de piso (figura 3.25). También se han registrado daños en elementos estructurales de la cimentación de escuelas, como son zapatas de piedra, así como contratraves y dados de concreto (figura 3.26).

3.2.9 Efecto del deterioro de los elementos estructurales en la respuesta ante sismos

El deterioro en los materiales de una estructura puede afectar de manera negativa el desempeño del edificio durante sismos intensos (FEMA 172,

1992). Por lo regular, el deterioro se debe a la combinación de una mala calidad de la construcción (pobre calidad de los materiales y/o procesos constructivos ejecutados deficientemente) y de un mantenimiento inadecuado. En la referencia INIFED (2020b) se pueden revisar los problemas más comunes asociados al deterioro.

En el caso de la infraestructura física educativa de México, el deterioro de los elementos estructurales ha afectado negativamente la respuesta sísmica debido a:

- Corrosión del refuerzo debido a una combinación de mantenimiento deficiente, concreto de baja resistencia, alta porosidad y poco recubrimiento (figuras 3.27 y 3.28).
- Juntas entre columnas y muros que, además, no respetan la separación marcada en los planos.
- Fractura de barras de refuerzo de columnas de concreto soldadas a cubiertas metálicas.
- Exposición del acero de refuerzo por errores constructivos durante la colocación del concreto (como lo es la falta de silletas con dimensiones adecuadas, por ejemplo).
- Juntas constructivas con basura o residuos.

3.2.10 Daños en prototipos CAPFCE/INIFED durante los sismos de 2017

En las tablas 3.1 a 3.3 se presenta un resumen de los modos de comportamiento, por prototipo, tras los sismos de 2017 (Alcocer et al., 2018) en escuelas de mampostería, concreto y acero, respectivamente. En las tablas se incluyen fotos ilustrativas de los prototipos (sin daño) para facilitar la referencia.

Como se aprecia en las tablas, el desempeño de los prototipos de CAPFCE/INIFED es consistente, en sus modos de falla y tipos de daño, con la descripción general del comportamiento y de los tipos de falla y de daños presentados en los incisos 3.3 a 3.9 e ilustrados en las figuras correspondientes.



Figura 3.25 Agrietamiento de la losa de piso debido al asentamiento del edificio.
Fuente: cortesía del INIFED (2019).



Figura 3.26 Agrietamiento de dados de concreto de la cimentación de un edificio escolar.
Fuente: cortesía de David Murià (2018).



Figura 3.27 Desprendimiento de concreto en losas debido a corrosión del acero de refuerzo.
 Fuente: cortesía del INIFED (2019).



Figura 3.28 Corrosión del acero de refuerzo vertical en bardas perimetrales.
 Fuente: cortesía del INIFED (2019).

Tabla 3.1 Modos de comportamiento en prototipos de mampostería tras los sismos de septiembre de 2017

Fotografía de prototipos CAPFCE/INIFED (Alcocer et al., 2018)	Modo de comportamiento
	<ul style="list-style-type: none"> • Tensión diagonal en muros. • Tensión diagonal en muros con penetración de agrietamiento en elementos de confinamiento (castillos), con su consecuente desconchamiento. • Falla por flexocompresión en muros.
	<p style="text-align: center;">Prototipos de mampostería</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regionales: Con y sin contrafuerte.

Tabla 3.2 Modos de comportamiento en prototipos de concreto tras los sismos de septiembre de 2017

Fotografía de prototipos CAPFCE/INIFED (Alcocer et al., 2018)	Modo de comportamiento
	<ul style="list-style-type: none"> • Tensión diagonal en vigas. • Tensión diagonal en columnas, en especial por efecto de "columna corta". • Tensión diagonal en muros diafragma de mampostería. • Flexión fuera del plano de muros y pretilas.
Prototipos de concreto	
<ul style="list-style-type: none"> • Urbanas de concreto: U1C, U2C y U3C.: 	

Tabla 3.3 Modos de comportamiento en prototipos de acero tras los sismos de septiembre de 2017

Fotografía de prototipos CAPFCE/INIFED (Alcocer et al., 2018)	Modo de comportamiento
	<ul style="list-style-type: none"> • Falla por aplastamiento en columnas, con pandeo local de placas y falla de soldaduras, por efecto de "columna corta". • Tensión diagonal en muros diafragma de mampostería (muros divisorios). • Falla de soldadura en conexiones viga-columna.
Prototipos de acero	
<ul style="list-style-type: none"> • Acero: A70, A85. 	



CAPÍTULO 4

Procedimientos generales para la evaluación postsísmica de edificios escolares

4.1 EMERGENCIA, DESASTRE Y SUS FASES

Según la Organización de las Naciones Unidas (2020):

En el contexto de la respuesta y la recuperación en caso de desastre existe una gran diferencia entre los términos emergencia y desastre. Una emergencia es un evento al cual se puede responder mediante el uso de recursos ya disponibles localmente, lo cual implica que no hay necesidad de solicitar asistencia externa. Un desastre, por otra parte, se caracteriza por impactos que superan las capacidades de quienes deben responder y desencadena una demanda de recursos que no se encuentran disponibles localmente. Por consiguiente, un evento es declarado

como un “desastre” cuando se requiere de asistencia externa para hacer frente a sus impactos. Un gobierno nacional declara un estado nacional de desastre o de calamidad pública como una forma de solicitar asistencia humanitaria internacional y el apoyo de la comunidad internacional para afrontar los impactos del desastre.

De acuerdo con la Ley General de Protección Civil de México (LGPC, 2018), la atención de los desastres se realiza bajo un enfoque de “Gestión integral de riesgos”, definida como:

Conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres niveles de gobierno, así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad. Involucra las etapas de: identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción.

De acuerdo con esta definición, las tres fases de una emergencia o desastre son: Auxilio, Recuperación y Reconstrucción.

Cuando una ciudad o una región se ve afectada por una emergencia o un desastre, los primeros esfuerzos se concentran en hacerse cargo de los heridos, restaurar las líneas vitales y los servicios básicos (ONU, 2020). Posteriormente, se trabaja en la restauración de los medios de sustento y la reconstrucción de las comunidades. Tales esfuerzos se pueden estructurar en tres fases:

- Auxilio, la cual consiste en la respuesta de ayuda a las personas en riesgo o las víctimas

de un siniestro, emergencia o desastre por parte de grupos especializados públicos o privados, o por las unidades internas de protección civil, así como las acciones para salvaguardar los demás agentes afectables (LGPC, 2018). En esta etapa se llevan a cabo actividades tales como la búsqueda y rescate de heridos y afectados, **la evaluación rápida de daños** y necesidades, el suministro de primeros auxilios y, posteriormente, **la apertura y la gestión de alberges temporales** para aquellos que hayan quedado sin hogar y el suministro de asistencia humanitaria a quienes han sido afectados (ONU, 2020).

- Recuperación, que es el proceso que inicia durante la emergencia, consistente en acciones encaminadas al retorno a la normalidad de la comunidad afectada (LGPC, 2018). En ella, se restablecen los servicios básicos y las líneas vitales, incluso de forma temporal, incluyendo la red vial y otras instalaciones esenciales como puentes, aeropuertos, puertos y pistas de aterrizaje para helicópteros (ONU, 2020).
- Reconstrucción, la cual es una acción transitoria orientada a alcanzar el entorno de normalidad social y económica que prevalecía entre la población antes de sufrir los efectos producidos por un agente perturbador en un determinado espacio o jurisdicción. Este proceso debe buscar, en la medida de lo posible, la reducción de los riesgos existentes, asegurando que no se generen nuevos riesgos y mejorando, para ello, las condiciones preexistentes (LGPC, 2018). En el caso de la infraestructura física educativa, en esta fase se aplica una **evaluación más detallada** de los daños y del grado de destrucción de la infraestructura (ONU, 2020).

En esta Metodología se adopta la designación de las fases de gestión de una emergencia o desastre establecida en la Ley General de Protección Civil (LGPC, 2018).

4.2 VISIÓN GENERAL DE LA EVALUACIÓN POSTSÍSMICA DE ESCUELAS

Cuando ocurre un sismo, la población demanda de las autoridades locales y federales información objetiva y confiable sobre la seguridad estructural de los edificios que utilizan, entre los que destacan escuelas y hospitales. Ante la frecuente saturación de las capacidades de las autoridades para inspeccionar y evaluar edificios, es indispensable contar con procedimientos de evaluación de la seguridad estructural que puedan ser aplicados por el personal disponible durante la fase de Auxilio. En consecuencia, en el desarrollo de la Metodología descrita en este documento, se ha considerado la necesidad de aprovechar juiciosamente la experiencia y conocimientos de los ingenieros estructurales disponibles.

Como se señaló en la sección 1.4, el sistema de evaluación postsísmica de escuelas comprende tres métodos. Una descripción resumida de cada uno de ellos se presenta a continuación:

- Método de Evaluación Rápida (MER), de Nivel 1, que está diseñado para identificar, de manera expedita y simple, las estructuras visiblemente seguras y las claramente inseguras. Como resultado, se clasifica a las estructuras como seguras (“Uso Permitido”), potencialmente peligrosas (lo que implica “Acceso y Uso Restringidos”), o inseguras (o de “Acceso Prohibido”). La Evaluación Rápida se aplica en la fase de Auxilio del ciclo de emergencias/desastres (sección 4.1). Los detalles de la Evaluación Rápida se pueden consultar en el capítulo 5.
- Método de Evaluación Intermedia (MEI), de Nivel 2, que se realiza cuando haya dudas sobre la seguridad estructural derivadas de la Evaluación Rápida. Esta evaluación es aplicada por un ingeniero estructural. Como

resultado, se clasifica a las estructuras como seguras (“Uso Permitido”), potencialmente peligrosas (lo que implica “Acceso y Uso Restringidos”), o inseguras (o de “Acceso Prohibido”). Este nivel de evaluación se aplica en la fase de Recuperación del ciclo de emergencias/desastres (sección 4.1). Los detalles de la Evaluación Intermedia se pueden consultar en el capítulo 6.

- Método de Evaluación Profunda (MEP), de Nivel 3, que se realiza por un ingeniero estructural, contratado por el propietario de la escuela, con objeto de estudiar la estructura con detalle. La intervención del ingeniero estructural implica un levantamiento minucioso del daño estructural y no estructural, la evaluación cuantitativa de la capacidad de la estructura dañada, el análisis de distintas estrategias y técnicas de rehabilitación, así como el diseño a detalle de las técnicas seleccionadas. Frecuentemente, el trabajo implica el diseño del apuntalamiento y/o arriostramiento mientras se diseña la rehabilitación (CIE-EUA, 2013). Si el daño lo requiere, será obligatoria la intervención de un ingeniero geotécnico, también contratado por el propietario de la escuela. Éste es el caso de edificios inclinados, con daños en la cimentación, o bien, sujetos a otras fallas y peligros geotécnicos, como es una ladera inestable. La Evaluación Profunda se ejecuta en la fase de Reconstrucción (sección 4.1). En la obra *Rehabilitación sísmica de la infraestructura física educativa de México. Guía técnica* (INIFED, 2020a) se encuentran los requisitos que deben cumplirse en la Evaluación Profunda.

A menudo, resulta conveniente que las escuelas se inspeccionen simultáneamente usando los procedimientos de MER y MEI. A esta evaluación se le llama Evaluación Especial de Escuelas (EEE). La decisión de aplicarla dependerá de (véase inciso 1.4.4):

- La disponibilidad e integración de ingenieros estructurales en las Brigadas.
- El tiempo disponible para revisar la escuela con más detalle (durante 1 a 4 horas).
- La extensión y gravedad del daño en otras escuelas por evaluar.
- La ubicación de la escuela, así como la facilidad y tiempo para el acceso a ésta.

En la figura 4.1 se muestra un diagrama de flujo del procedimiento de evaluación postsísmica de una escuela. En ella se muestra la jerarquía en la evaluación estructural y el Aviso de su resultado. Se incluye, como inicio optativo del procedimiento, pero altamente recomendable, la ejecución de un Reconocimiento Preliminar que permita planear la Evaluación Rápida y lograr así mejores resultados. Los detalles de Reconocimiento Preliminar se encuentran en la sección 4.3.

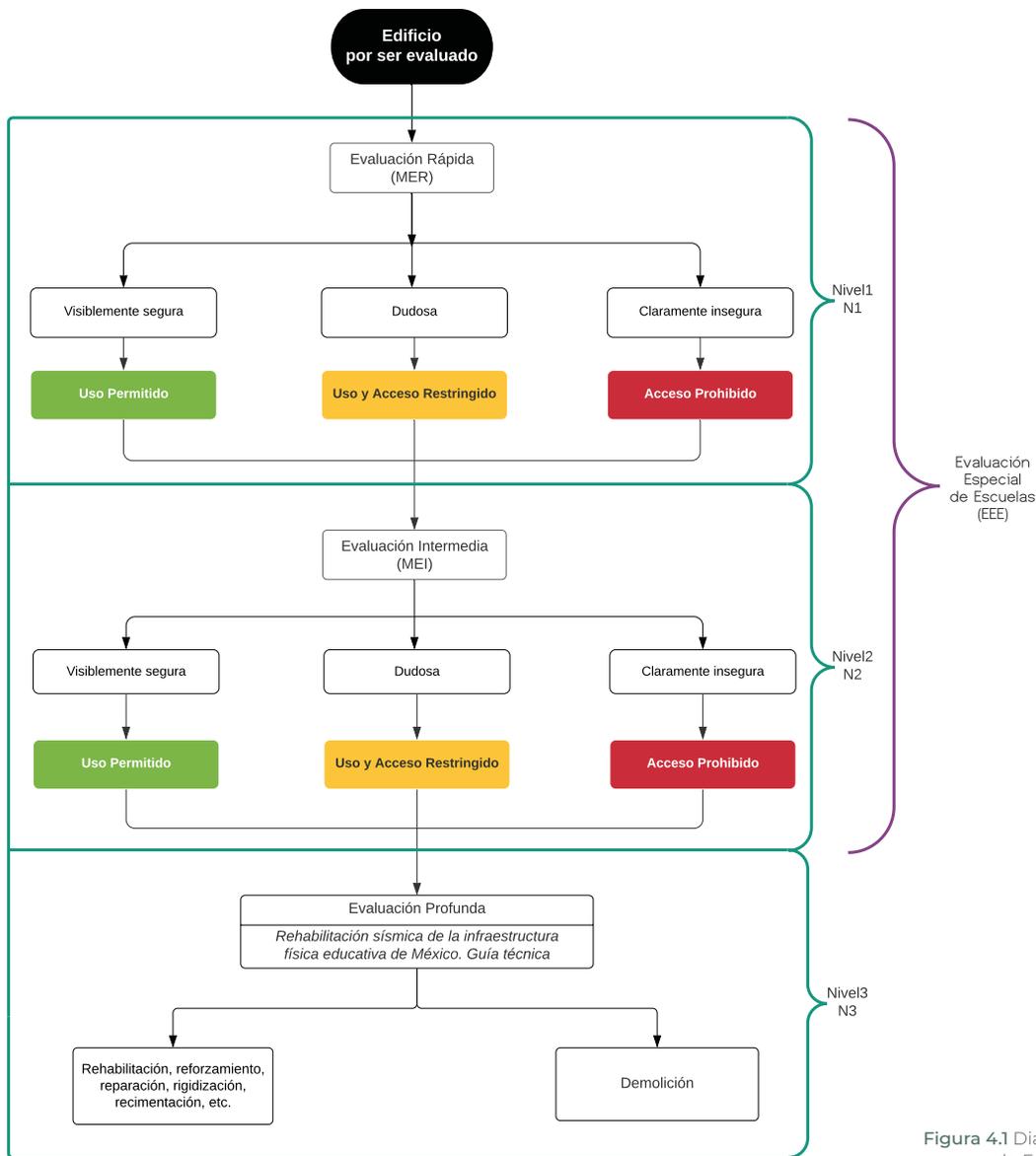


Figura 4.1 Diagrama de flujo del procedimiento de Evaluación Postsísmica de Escuelas. Fuente: elaboración propia.

En la tabla 4.1 se resumen las características del Reconocimiento Preliminar y del MER, MEI y MEP. En la tabla se incluyen los requisitos del personal de la autoridad local educativa, INIFED, y voluntarios que debe intervenir en ellos. La capacitación será coordinada por el INIFED.

En zonas donde se observen deslizamientos de laderas, asentamientos diferenciales significativos, grietas en el suelo u otro tipo de movimientos del terreno, se deberá consultar a un ingeniero geotecnista o en geología. Para estos casos es conveniente aplicar el MEI o el MEP.

Tabla 4.1 Métodos, niveles de evaluación, fase de aplicación, brigadas y personal necesario, metas, duración estimada y responsable del costo y logística

Método, nivel de evaluación y fase de aplicación	Brigadas y personal necesario	Objetivos	Alcance y duración estimada	Responsable del costo y logística
Reconocimiento Preliminar, fase de Auxilio. Horas después del sismo. Véase sección 4.3 para detalles	Brigada de Reconocimiento integrada por 2 inspectores de daños. Idealmente, un técnico de la autoridad local educativa y un ingeniero estructural.	Identificar la extensión del daño dentro de una comunidad y de las áreas con daños más severos. Estimar el número de edificios que son evidentemente inseguros y la extensión de otras condiciones que son claramente inseguras.	Recorrido terrestre (en auto o caminando) o aéreo (usando drones). Si es posible, se levanta video y se marcan los edificios dañados. Usualmente toma 4 horas. En ocasiones toma hasta 8 horas.	Autoridades locales y/o federales.
Método de Evaluación Rápida, Nivel 1, fase de Auxilio. Horas y días después del sismo. Véase capítulo 5 para detalles.	Brigada de Inspección integrada por: <ul style="list-style-type: none"> Al menos, 2 inspectores de daños calificados, y/o ingenieros civiles/estructurales y/o arquitectos. 1 integrante no técnico (trabajador social, psicólogo, sociólogo, antropólogo, maestro de escuela, etc.). Ayudantes de inspector de daños, si es el caso, siempre que hayan sido capacitados en la Metodología de este documento. Si se sabe de daños causados por fallas y peligros de origen geotécnico, se debe incorporar un ingeniero geotecnista, de preferencia, o geólogo en la Brigada. 	Evaluación rápida de la seguridad. Útil para identificar los edificios claramente inseguros y los visiblemente seguros. Énfasis en la seguridad de la población y en informar a la comunidad escolar sobre el uso de los edificios.	Entre 20 minutos y 2 horas por edificio.	Autoridades locales y/o federales.
Método de Evaluación Intermedia, Nivel 2, fase de Recuperación. Días después del sismo. Véase capítulo 6 para detalles.	Brigada de Inspección integrada por: <ul style="list-style-type: none"> Al menos, 2 ingenieros estructurales y/o arquitectos calificados. Ingenieros geotecnistas o geólogos, si se requiere. Ayudantes de inspector de daños, si es el caso, siempre que hayan sido capacitados en la Metodología de este documento. 	Evaluación minuciosa del sistema estructural y del daño. Útil para clasificar el daño y uso de la estructura, así como para estimar la seguridad de la estructura ante fuerzas laterales inducidas por sismo.	1 a 4 horas por edificio. Se requiere tiempo adicional para realizar los cálculos para la estimación de la seguridad estructural ante fuerzas laterales inducidas por sismo.	Autoridades locales y/o federales.



Tabla 4.1 Métodos, niveles de evaluación, fase de aplicación, brigadas y personal necesario, metas, duración estimada y responsable del costo y logística

Método, nivel de evaluación y fase de aplicación	Brigadas y personal necesario	Objetivos	Alcance y duración estimada	Responsable del costo y logística
<p>Evaluación Especial de Escuelas, fase de Auxilio y Recuperación.</p> <p>Horas y días después del sismo.</p> <p>Véase inciso 1.4.4, capítulos 5 y 6.</p>	<p>Brigada de Inspección integrada por:</p> <ul style="list-style-type: none"> Al menos, 2 ingenieros estructurales y/o arquitectos calificados. Ingenieros geotecnistas o geólogos, si se requiere. 1 integrante no técnico (trabajador social, psicólogo, sociólogo, antropólogo, maestro de escuela, etc.). Ayudantes de inspector de daños, si es el caso, siempre que hayan sido capacitados en la Metodología de este documento. 	Mismos de Evaluación Rápida y Evaluación Intermedia.	<p>1 a 4 horas por edificio.</p> <p>Se requiere tiempo adicional para realizar los cálculos para la estimación de la seguridad estructural ante fuerzas laterales inducidas por sismo.</p>	Autoridades locales y/o federales.
<p>Método de Evaluación Profunda, Nivel 3, fase de Reconstrucción.</p> <p>Semanas y meses después del sismo.</p> <p>Consúltase INIFED (2020a) para más detalles.</p>	<p>Ingenieros estructurales. Ingenieros geotecnistas o geólogos, si se requiere.</p>	<p>Investigación profunda del edificio dañado. Implica la evaluación numérica detallada, diseño de la rehabilitación temporal y permanente, nuevos planos de construcción.</p>	Una semana o más por edificio.	Propietario del inmueble.

Es recomendable que la autoridad local educativa designe a un grupo de supervisores para que apoyen en el campo a las Brigadas de Inspección y se cercioren de que los Avisos se han colocado adecuadamente. En particular, deben verificar que no se hayan colocado dos Avisos de colores distintos en un mismo edificio.

4.3 RECONOCIMIENTO PRELIMINAR

Inmediatamente después del sismo, es recomendable que la autoridad local educativa realice un Reconocimiento Preliminar que involucra un recorrido por las zonas afectadas para identificar e informar:

- La extensión del daño dentro de una comunidad.

- La extensión de áreas con daños más severos.
- Un estimado del número de edificios que serían calificados, sin duda, como de “Acceso Prohibido”.
- La extensión de otras condiciones que son claramente inseguras.

Esta información ayudará a las autoridades locales a determinar el riesgo a la seguridad y el daño, decidir si se requiere ayuda y planear la Evaluación Rápida.

4.3.1 Planeación del Reconocimiento Preliminar

Se deberá recopilar la información necesaria para realizar el recorrido, como son mapas de calles y carreteras, mapas de riesgos, experiencias de daños previos e informes de daños. Se recomienda identificar las Brigadas

de Reconocimiento y repasar el alcance del Reconocimiento Preliminar.

4.3.2 Ejecución de un Reconocimiento Preliminar

Los reconocimientos preliminares de edificios y zonas dañadas más efectivos son aquellos que se realizan pocas horas después del sismo. Sin embargo, es importante considerar que, durante las primeras horas, habrá confusión entre las autoridades, así como accesos bloqueados a las zonas de interés. Un Reconocimiento Preliminar tiene una duración característica de 4 horas, pero puede tomar hasta 8 horas.

La Brigada de Reconocimiento ideal incluye un técnico de la autoridad local educativa y un ingeniero estructural con experiencia práctica en la construcción de estructuras de mampostería, concreto y acero. Sin embargo, durante la fase de Auxilio, estas personas no siempre estarán disponibles. Cada Brigada de Reconocimiento será asignada a un área específica o se le asignará un grupo de escuelas. Los integrantes de la Brigada deben poseer identificaciones y pases para facilitar su ingreso en zonas de daño considerable. Antes de salir al campo, se recomienda conseguir información relevante de otros sectores, como es la relacionada con fugas y derrames tóxicos, bloqueos de caminos o calles, caída de puentes, por mencionar algunos.

Se considera que equipos de dos personas son suficientes para ejecutar un Reconocimiento Preliminar eficiente y eficaz. De esta forma, mientras uno maneja el vehículo, el otro observa el daño y lo registra. Se recomienda que el vehículo cuente con sistemas de comunicación, ya sea mediante teléfonos celulares o radio. Es recomendable usar cámaras de video o el video de un teléfono celular para registrar las condiciones de la zona inspeccionada.

En el caso de daños en zonas urbanas, se recomienda iniciar los recorridos de inspección

en las áreas con daños más intensos, si se conocen. Estos recorridos pueden hacerse en auto, o bien, a pie. Se deben observar los edificios, si es posible, alrededor de su perímetro.

La mejor manera de señalar el daño observado es mediante la marcación de mapas detallados, usando un sistema de símbolos y colores acordado para indicar el tipo de edificio y el nivel observado de riesgo y daño. Idealmente, esta evaluación y marcado debe hacerse edificio por edificio, pero su alcance dependerá de la disponibilidad de personal. El Reconocimiento Preliminar se practica desde la calle y no se espera que se ingrese a algún edificio.

4.3.3 Informe del Reconocimiento Preliminar

Al término del Reconocimiento Preliminar, las Brigadas se reunirán en las oficinas de la autoridad local educativa para informar sus hallazgos. Cada Brigada debe entregar sus mapas marcados, las notas tomadas y los videos sobre el daño levantados en la jornada. Se recomienda que los grupos de apoyo y voluntarios, como son los miembros de colegios de profesionistas y sociedades técnicas, así como alumnos de ingeniería y arquitectura, asistan a esta reunión. Las autoridades locales educativas usarán esta información para planear la ejecución de la Evaluación Rápida.

4.4 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE AVISOS DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL Y USO DEL EDIFICIO

El resultado de la aplicación de la Evaluación Rápida y de la Evaluación Intermedia es la selección del nivel de daño y, consecuentemente, del Aviso de la Seguridad Estructural y Uso del Edificio Escolar, referido como Aviso en el resto del documento.

En esta Metodología se ha mantenido el sistema de semáforo compuesto por tres colores (verde, amarillo y rojo). Este sistema se adoptó a partir de la experiencia adquirida en evaluaciones del daño de escuelas, hospitales, edificios de uso habitacional y comercial, principalmente, tras sismos recientes.

Como resultado de la Evaluación Rápida o de la Evaluación Intermedia, cuando así sea necesario, se debe colocar el Aviso en un lugar visible a la comunidad escolar. Se recomienda que se coloque en la puerta de entrada a la escuela un Resumen de Avisos, de modo que no sea necesario que la comunidad escolar tenga que ingresar al

plantel para conocer el estado de las estructuras. Cada edificio del plantel deberá contar con su Aviso correspondiente; con esto se pretende que los propietarios, ocupantes y el público en general sepan si el inmueble inspeccionado es seguro para ser ocupado y ser usado sin restricciones.

En la tabla 4.2 se muestran las características de los Avisos (véase el apéndice A).

4.4.1 Aviso verde “Uso Permitido”

En la figura 4.2 se muestra el Aviso de color verde con la leyenda “Uso Permitido”. Éste se colocará cuando el edificio sea visiblemente seguro. En el Aviso, el inspector deberá:

INIFED
INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA
EN LIQUIDACIÓN

USO PERMITIDO ACCESO SIN RESTRICCIÓN

Logo/escudo 2

Este edificio fue inspeccionado en situación de emergencia:

- No se encontraron problemas ni daños estructurales a la vista.
- No se inspeccionaron:
 - Instalaciones (eléctrica, agua, drenaje, gas, etc.)
 - Elementos secundarios (techos falsos, ventanas, etc.)
- Se debe informar a la autoridad si se encuentra una condición que pueda ser peligrosa.
- Sólo se permite el uso aprobado del edificio.
- El edificio puede ser reinspeccionado.

Nombre del edificio y dirección: _____
 CCT _____ Calle _____
 Colonia _____ Municipio _____
 Entidad Federativa _____ CP _____
 Latitud _____ Longitud _____
 (con 5 decimales)

Este edificio se sometió a una Evaluación Rápida:

Externa únicamente
 Externa e interna

Comentarios del inspector: _____

Inspector (Nombre, Clave, Institución): _____

Fecha _____ Hora _____

Para mayor información: www.inifed.gob.mx

Prohibido retirar, alterar o cubrir este Aviso sin la autorización de la Autoridad

Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio – Evaluación Rápida

Figura 4.2 Aviso verde con la leyenda “Uso Permitido”.
Fuente: elaboración propia.

1. Marcar si la inspección se realizó desde el exterior únicamente, o si se combinó con una inspección al interior del inmueble.
2. Escribir comentarios sobre el estado de la estructura, tanto sobre los elementos estructurales como no estructurales, si fuera el caso.
3. Tomar una foto del Aviso ya colocado en el edificio.
4. Hacer notar a los directivos y propietarios que sólo se permite usar el edificio para las condiciones de ocupación y uso previamente autorizadas. Es decir, si el edificio es de aulas o salones de clase, solamente se puede usar como tal y no como biblioteca, por ejemplo.

4.4.2 Aviso amarillo “Acceso y Uso Restringidos”

En la figura 4.3 se muestra el Aviso amarillo con la leyenda “Acceso y Uso Restringidos”. Éste se colocará cuando existan dudas sobre la seguridad de la estructura y, por tanto, se deba limitar el acceso, ocupación y uso del edificio para evitar riesgos a los ocupantes. En el Aviso, el inspector deberá:

1. Describir, de manera breve, los daños encontrados en la inspección exterior e interior.
2. Marcar si el acceso, ocupación y uso quedan limitados por las razones siguientes:



ACCESO Y USO RESTRINGIDOS

Logo/escudo 2

Acceso restringido a parte(s) del edificio (Amarillo 1).

Sólo se permiten entradas breves (Amarillo 2).

Entradas supervisadas por autoridades locales educativas.

PRECAUCIÓN: Este edificio fue inspeccionado en situación de emergencia.

- Este edificio tiene daños y su seguridad estructural es dudosa.
- Se permite entrar bajo su propio riesgo.
- Las réplicas del sismo, posteriores a esta inspección, pueden causar más daño y alterar el resultado de esta evaluación.

Descripción del daño o peligro observado: _____

Zonas restringidas y acordonadas: _____

Restricciones en el uso:

- Retiro de documentos importantes y objetos de valor
- Retiro de objetos personales
- Otro: _____

Diagrama señalando las zonas restringidas

Para mayor información: www.inifed.gob.mx

Prohibido retirar, alterar o cubrir este Aviso sin la autorización de la Autoridad

Nombre del edificio y dirección: _____

CCT _____ Calle _____

Colonia _____ Municipio _____

Entidad Federativa _____ CP _____

Latitud _____ Longitud _____

(con 5 decimales)

Este edificio se sometió a una Evaluación Rápida:

- Externa únicamente
- Externa e interna

Comentarios del inspector: _____

Inspector (Nombre, Clave, Institución): _____

Fecha _____ Hora _____

Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio – Evaluación Rápida

Figura 4.3 Aviso amarillo con la leyenda “Acceso y Uso Restringidos”.
Fuente: elaboración propia.

- a. Zonas del edificio con daños suficientemente graves para evitar su ingreso. Estas áreas deberán quedar acordonadas como se señala en la sección 4.5.
- b. Si bien la estructura no es segura para ser usada de manera continua, es posible entrar al edificio, por unos cuantos minutos, solamente para tomar objetos personales o de valor.
- c. Si existen peligros de caída de pretilas, plafones; o bien, escaleras seguras para uso de una persona; agrietamientos excesivos en acabados, fugas de agua o drenaje.

- 3. Tomar una foto del Aviso ya colocado en el edificio.
- 4. Insistir a directivos y propietarios que no se puede acceder y usar el edificio libremente.

**4.4.3 Aviso rojo
“Acceso Prohibido”**

En la figura 4.4 se muestra el Aviso rojo con la leyenda “Acceso Prohibido”. Éste se colocará cuando la estructura sea evidentemente insegura para ingresar a ella, o ser ocupada o usada. Este Aviso no es una orden de demolición y como tal se hace explícito en el propio Aviso. En él, el inspector deberá:



ACCESO PROHIBIDO

NO ENTRAR, NO USAR

(Este Aviso no es una Orden de Demolición)

Logo/escudo 2

PRECAUCIÓN: Este edificio fue inspeccionado y como resultado es inseguro para ingresar, ser ocupado y usado:

Este edificio está en riesgo por un peligro externo (Rojo 1).

Este edificio tiene daños severos (Rojo 2).

Descripción del peligro externo y/o del daño observado: _____

Acordonamiento necesario _____

Diagrama señalando las zonas restringidas

NO entrar, excepto que se tenga la autorización específica por escrito.

La entrada a la estructura puede causar la muerte o heridas.

Para mayor información: www.inifed.gob.mx

Nombre del edificio y dirección: _____

CCT _____ Calle _____

Colonia _____ Municipio _____

Entidad Federativa _____ CP _____

Latitud _____ Longitud _____

(con 5 decimales)

Este edificio se sometió a una Evaluación Rápida:

Externa únicamente

Externa e interna

Comentarios del inspector: _____

Inspector (Nombre, Clave, Institución): _____

Fecha _____ Hora _____

Prohibido retirar, alterar o cubrir este Aviso sin la autorización de la Autoridad

Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio – Evaluación Rápida

Figura 4.4 Aviso rojo con la leyenda “Acceso Prohibido”. Fuente: elaboración propia.

1. Describir, de manera breve, los daños severos encontrados en la inspección que justifican la prohibición de entrar y usar el edificio.
2. Tomar una foto del Aviso ya colocado en el edificio.

Se señala que no se puede entrar al edificio a menos de que se obtenga una autorización, por escrito, para ingresar, la cual deberá ser expedida por el INIFED o la autoridad local educativa.

Por otro lado, como se ha señalado, la clasificación de este Aviso NO es sinónimo de demolición. Si el peligro estructural se mitiga o retira, es posible que el edificio, tras ser re-inspeccionado, pueda ser clasificado como de “Acceso y Uso Restringidos” o “Uso Permitido”. Ejemplos de ello son el retiro de peligros de desprendimientos (los pretilos son un caso común), el apuntalamiento de elementos inestables, el arriostramiento de toda o parte de la estructura o la colocación de andamios protectores.

Para el diseño del apuntalamiento de corto plazo (y arriostramiento, si fuera necesario), se puede consultar la Guía de Operaciones de Apuntalamiento (GOA) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos de América, CIE-EUA (2013). En la GOA se describen los pasos a seguir en el armado de los apuntalamientos, con tiempos promedio de instalación. En el diseño del apuntalamiento y arriostramiento de toda o parte de la estructura se debe considerar que las réplicas del sismo tienen el potencial de dañar aún más la estructura. Por tanto, es preferible instalar medidas de estabilización en aquellos elementos dañados que puedan ser inestables tras una réplica del sismo. Como regla general, el apuntalamiento y la estructura existente, trabajando juntos, deben ser capaces de resistir, al menos, las cargas gravitacionales que actúan en el edificio en ese momento. Por su parte, el arriostramiento deberá resistir, al menos, 2% del peso correspondiente al área tributaria que se desea estabilizar.

Tabla 4.2 Clasificación del Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio Escolar

Clasificación del Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio Escolar	Color del Aviso	Descripción
“Uso Permitido”	Verde	La capacidad para resistir cargas gravitacionales y fuerzas laterales inducidas por sismo no ha sido afectada sensiblemente. La estructura pudo haber sufrido algo de daño, pero no significa riesgo suficiente que impida entrar y ser usada sin restricciones.
“Acceso y Uso Restringidos”	Amarillo	La estructura está dañada, de modo que el riesgo de colapso parcial, peligro de desprendimientos u otros peligros obligan a restringir el acceso y/o su uso. Sólo se puede ingresar con autorización del propietario (INIFED, autoridad local educativa o dueño particular) y bajo propio riesgo. No se puede usar de forma continua.
“Acceso Prohibido”	Rojo	Peligro extremo; puede colapsar. Colapso inminente en caso de una réplica del sismo. Insegura para ingresar y ser usada. Sólo pueden ingresar las autoridades.

4.4.4 Resumen de Avisos

En la figura 4.5 se muestra el Resumen de Avisos. Este cartel se colocará en cada una de las puertas de entrada al plantel escolar. Deberá incluir en la tabla del lado izquierdo, un resumen de la calificación de cada edificio. En el Resumen de Avisos de la entrada principal al plantel, el inspector deberá:

1. Adherir el código de barras y escanearlo, de modo de relacionarlo con el edificio y escuela evaluados.

2. Escribir, en la sección de comentarios, instrucciones dirigidas a la comunidad escolar.

3. Tomar una foto del Resumen de Avisos ya colocado en la(s) entrada(s) del plantel.

Adyacente al Resumen de Avisos, se instalará un Croquis de Áreas Restringidas (figura 4.6), en el cual se hayan dibujado las zonas inseguras a las cuales no se permite el acceso y que deberán estar acordonadas, de acuerdo con la sección 4.5.



INIFED
INFRAESTRUCTURA
EDUCATIVA
EN LIQUIDACIÓN

EVALUACIÓN DE ESCUELAS

RESUMEN DEL RESULTADO

Logo/escudo 2

Edificio o cuerpo	Aviso		
	Verde	Amarillo	Rojo
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



5|901234|123457|

Nombre de la escuela y dirección: _____

CCT _____ Calle _____

Colonia _____ Municipio _____

Entidad Federativa _____ CP _____

Latitud _____ Longitud _____
(con 5 decimales)

Comentarios del inspector: _____

Inspector (Nombre, Clave, Institución): _____

Fecha _____ Hora _____

Para mayor información: www.inifed.gob.mx

Prohibido retirar, alterar o cubrir este Aviso sin la autorización de la Autoridad

Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio – Evaluación Rápida

Figura 4.5 Resumen de Avisos.
Fuente: elaboración propia.

INIFED
INFRAESTRUCTURA
EDUCATIVA
EN LIQUIDACIÓN

CROQUIS DE ÁREAS RESTRINGIDAS

Logo/escudo 2

Nombre de la escuela y dirección: _____

Fecha _____ Hora _____

Prohibido retirar, alterar o cubrir este Aviso sin la autorización de la Autoridad

Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio – Evaluación Rápida

Figura 4.6 Croquis de Área Restringidas.
Fuente: elaboración propia.

4.5 COLOCACIÓN DE AVISOS Y ACORDONAMIENTO

Una vez finalizada la Evaluación Rápida o la Evaluación Intermedia, es necesario colocar el Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio en cada edificación y el Resumen de Avisos en las entradas principales al plantel. El objeto del Aviso es informar a la comunidad escolar, y al público en general, si el edificio es seguro para ser ocupado y usado. En la tabla 4.2 se

muestra la clasificación de los Avisos. Ésta se relaciona con la seguridad de la estructura en su conjunto, en especial su potencial de colapso (tabla 4.3). Para el caso de zonas específicas de la estructura o alrededor de ella que presenten un peligro importante, se plantea designarlas como “Área Insegura”, la cual deberá ser acordonada de modo de evitar el paso de personas no autorizadas.

En ningún caso se podrán colocar dos Avisos de color distinto en un mismo edificio.

El Aviso relacionado con el edificio en su conjunto se debe colocar en un lugar visible cerca de la entrada principal del edificio y un Resumen en la entrada principal de la escuela. Si existen varias

entradas al plantel, se recomienda colocar tantos Resúmenes de Avisos como entradas se tengan. Adyacente al Resumen, se instalará un Croquis de Áreas Restringidas.

Tabla 4.3 Ejemplos de Avisos y acordonamiento

Condición existente		Acción
Edificios	<ul style="list-style-type: none"> • En peligro de colapso. • En peligro de ser dañado por una estructura adyacente severamente dañada o inestable. • Que pueden ser afectado por fallas y peligros geotécnicos. • Seguro estructuralmente, pero impedido de ser usado debido a otros peligros (fugas o derrames químicos, por ejemplo). 	Aviso: "Acceso Prohibido"
	<ul style="list-style-type: none"> • Con seguridad estructural en duda; que requiere una evaluación más amplia. 	Aviso: "Acceso y Uso Restringidos"
	<ul style="list-style-type: none"> • No exhibe daños aparentes que puedan comprometer la seguridad ni existen otros peligros. 	Aviso: "Uso Permitido"
Equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Maquinaria de elevadores dañada. 	"Área Insegura"
Desprendimientos u otros peligros	<ul style="list-style-type: none"> • Edificio con peligros de desprendimientos (pretilas dañadas, ventanas agrietadas, etc.). • Rotura de tuberías de gas, derrames de materiales peligrosos tóxicos fuera del edificio. • Líneas eléctricas caídas. 	"Área Insegura"; Aviso "Acceso Prohibido" colocado en el perímetro de la zona acordonada
	<ul style="list-style-type: none"> • Edificio dentro de una zona de inundación de un tanque, dique o presa dañados. 	"Área Insegura", si es práctico, colocar el Aviso "Acceso Prohibido"

El "Área Insegura" se debe delimitar mediante cintas plásticas. Si es necesario, además de éstas, se podrán usar avisos del tipo "Acceso Prohibido". El área delimitada debe comprender la distancia que pueden alcanzar posibles desprendimientos o fugas (en el caso de fugas de materiales peligrosos). En la figura 4.7 se muestran ejemplos de delimitación y acordonamiento de zonas inseguras. La distancia mínima entre un observador y la estructura dañada en condiciones inestables (total o localmente) es de 1.5 veces la altura de la estructura. Esta distancia se puede

disminuir si se colocan barreras rígidas, diseñadas para resistir el impacto de las cargas, así como para evitar su deslizamiento y volteo. Nótese que en las fotografías a a c no se cumple con la distancia mínima entre la estructura y el acordonamiento; en la escuela de dos pisos de color verde turquesa (foto 4.7.d), la distancia parece ser del orden de una vez la altura del edificio

El acordonamiento referido en esta Metodología es el necesario para evitar la entrada a áreas o edificios evaluados y no debe confundirse con el

acordonamiento que implanten las autoridades en una zona urbana para fines de evaluación y control de la seguridad. Más detalles sobre acordonamiento de zonas urbanas se pueden consultar en CALBO (2013).

Los edificios con Aviso del tipo “Acceso y Uso Restringidos” o “Acceso Prohibido” deben ser reparados y reforzados, demolidos, o bien, reclasificados mediante un nuevo Aviso. En todo caso, los Avisos no pueden ser retirados sin la autorización de representantes de la autoridad local educativa o del INIFED.

Los Avisos se encuentran en el apéndice A.

4.6 CAMBIO DE AVISO DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL Y USO DEL EDIFICIO

En el procedimiento incluido en este documento se anticipa que el Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio pueda cambiarse como resultado de la aplicación de niveles más avanzados de

evaluación de la seguridad estructural. Este cambio debe ser aprobado e implantado por las autoridades locales correspondientes. En la figura 4.1 se muestra la jerarquía de las evaluaciones técnicas y la evolución normal del procedimiento de evaluación del daño y seguridad estructural. Cuando a una estructura se le aplique la Evaluación Rápida, y se obtenga un resultado de “Acceso y Uso Restringidos” o “Acceso Prohibido”, se deberá someter, en horas o días posteriores, a una Evaluación Intermedia aplicada por inspectores de daños avalados por las autoridades locales o federales (véase tabla 4.1). En el caso de una Evaluación Profunda, participarán ingenieros estructurales contratados por el propietario del inmueble.

Los cambios de Aviso pueden ocurrir como resultado de varias situaciones:

- Como resultado de la Evaluación Intermedia que se aplicó en una estructura clasificada durante la Evaluación Rápida como de “Acceso y Uso Restringidos” o “Acceso Prohibido”.
- De una Evaluación Profunda.
- De una re-inspección para corregir algún error.



a)



b)



c)



d)

Figura 4.7 Ejemplos de acordonamiento de zonas inseguras.
Fuente: cortesía del INIFED (2019).

- De una re-inspección después de una réplica del sismo.
- De una re-inspección después de haberse reparado temporalmente la estructura.

Las siguientes son algunas razones para cambiar el Aviso a un nivel más restrictivo:

- Se encontró daño no registrado previamente, o bien, la autoridad considera que el inmueble debe revisarse de nuevo.
- Réplicas del sismo, posteriores a la inspección, empeoraron la condición del edificio.
- Los peligros del entorno se agravaron, como una degradación de la estabilidad del terreno o de una ladera.

Algunas razones para cambiar el Aviso a un nivel menos restrictivo son:

- La reevaluación del edificio después de reparaciones temporales. Para ello, se debe obtener la autorización por escrito de la autoridad local educativa.
- Como resultado de una nueva inspección, en el cual un ingeniero recomiende cambiar el Aviso a uno menos restrictivo.

Después de la ocurrencia de una réplica de intensidad significativa, los edificios ya revisados y que fueron clasificados como “Uso Permitido” o “Acceso y Uso Restringidos” requerirán una nueva inspección. Como resultado de esta re-inspección, se deberá colocar un nuevo Aviso en el que se indique la fecha y hora de la inspección, incluso si el nivel de clasificación del Aviso no cambia. En ningún caso se debe retirar el Aviso anterior, el cual se podrá cruzar diagonalmente con el marcador indeleble que se use para el llenado de avisos.

4.7 RETIRO DE PERTENENCIAS EN EDIFICIOS CON RIESGO

Una de las necesidades inmediatas después de un temblor es la planteada por los propietarios, ocupantes e inquilinos de entrar al edificio para

sacar sus pertenencias. Las autoridades deben ser sensibles a dicha situación, por lo cual deberán evaluar su posibilidad, al tiempo de proveer la seguridad para ello. Es importante tener en mente que las “pertenencias importantes” de un propietario u ocupante pueden ser posesiones muy grandes, pesadas y difíciles de moverse y sacar.

Se puede acceder sin restricción a los edificios marcados con el Aviso “Uso Permitido” para sacar los bienes. A aquellos marcados con “Acceso y Uso Restringidos” se podrá ingresar de acuerdo con las limitaciones señaladas en el Aviso.

A los edificios marcados como “Acceso Prohibido” y a las zonas señaladas como “Áreas Inseguras” se podrá ingresar solamente con autorización por escrito de la autoridad local educativa o del INIFED. La autorización por escrito deberá acompañarse de un plan que incluya el apuntalamiento de parte de la estructura, retiro de posibles desprendimientos y otras acciones que permitan el ingreso seguro. Para el diseño y construcción del apuntalamiento se puede consultar la referencia CIE-EUA (2013). Este plan deberá ser avalado por la autoridad local educativa y/o un director responsable de obra o equivalente. La urgencia para la autorización dependerá de si el edificio amenaza una propiedad adyacente o la vía pública.

En ocasiones, la autoridad local puede tomar el liderazgo de mitigar los peligros para permitir que los inquilinos u ocupantes puedan sacar sus pertenencias.

4.8 CONSIDERACIONES PARA LA DEMOLICIÓN DE UNA ESTRUCTURA DAÑADA

El papel de un inspector de daños en el proceso de Evaluación Rápida de la seguridad estructural se limita a determinar si los riesgos son suficientes

para marcar a la estructura como “Acceso y Uso Restringidos”, o bien, como “Acceso Prohibido”. En ambos casos, el inspector de daños debe determinar el perímetro de la zona acordonada. Por tanto, no es objeto de la Evaluación Rápida determinar si la estructura debe ser demolida o no. En el formato de Evaluación Rápida solamente se incluye la posible recomendación de evaluar la demolición en virtud de la severidad y extensión del daño. A menos que sea urgente la demolición, la recomendación de ésta se hará a partir de los resultados de la Evaluación Intermedia (véase el capítulo 6).

En ocasiones, es conveniente demoler de inmediato una estructura severamente dañada y que sea marcada como “Acceso Prohibido”. Cuando un edificio constituya un peligro de colapso o de caída de algún componente hacia un edificio vecino o a la vía pública, las autoridades locales deberán determinar si este peligro se puede eliminar mediante el apuntalamiento, retiro del posible desprendimiento, barreras u otro medio. Para el diseño y construcción del apuntalamiento temporal se puede consultar la referencia CIE-EUA (2013).

La autoridad local debe considerar la opinión del propietario, los inspectores de daños y de otros expertos para decidir la demolición. Se recomienda que el propietario tenga la oportunidad de proponer opciones mediante la colaboración de expertos en construcción, demolición y seguridad estructural. Los inspectores de daños que realizaron la evaluación podrán auxiliar a la autoridad local sobre qué parte de la estructura es peligrosa y conviene demolerse o apuntalarse y/o arriostrarse.

Si la autoridad local determina que la única opción es la demolición total o parcial, se deberá proceder así. Si el peligro que implica la estructura puede mitigarse mediante un apuntalamiento u otras medidas de rápida implantación, se pospondría la decisión de la demolición. Entonces, el propietario deberá considerar, en función del daño, los costos

de rehabilitación y el costo de reposición de una estructura nueva. Asimismo, deberá valorar las consecuencias económicas, sociales y legales asociadas.

4.9 GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN RECOLECTADA

En lo que sigue, se dan algunos lineamientos para la adecuada gestión de los datos e información en sus etapas de recolección y levantamiento, así como sobre control de tiempos, materiales y otros recursos usados en la evaluación postsísmica de escuelas.

4.9.1 Uso de computadoras para captura y gestión de información

Se recomienda que las autoridades locales tengan un programa para manejo de bases de datos disponible inmediatamente después del sismo. Será necesario incluir en la base de datos la información recabada mediante los Formatos de Evaluación. Durante la fase de Reconstrucción, se generarán solicitudes de re-inspección, entrada a edificios, permisos de todo tipo, inspecciones de la rehabilitación, entre otros, que deben ser parte del sistema de información.

Es recomendable contar con computadoras portátiles y tabletas electrónicas para facilitar el levantamiento de la información.

4.9.2 Mantenimiento, conservación y acceso a registros

Los datos recolectados mediante el Método de Evaluación Rápida se deben mantener durante la fase de Reconstrucción. Esto permitirá dar seguimiento a las inspecciones, evaluaciones, visitas y procesos de rehabilitación de cada edificio dañado. La base de datos debe incluir los informes de las visitas, las minutas o notas de las reuniones, así como informes de llamadas

telefónicas y copia de correos electrónicos. Estos registros deberán conservarse para estar en condiciones de responder a los cuestionamientos y requisitos del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) o del instrumento que, eventualmente, lo sustituya, y de las empresas aseguradoras. Además, es importante mantenerlos y conservarlos archivados en caso de alguna controversia judicial.

Las autoridades locales educativas deben documentar cuidadosamente las órdenes de demolición, en especial las razones de ésta. En el caso de estructuras que formen parte del patrimonio histórico, los datos y documentos serán muy extensos y detallados, en particular si se requiere la demolición o su rehabilitación.

Se debe establecer una política sobre el acceso público a la información, previendo las solicitudes de distintas partes involucradas, como son los propietarios, sus ingenieros y constructores, el FONDEN o instrumento que lo sustituya, las empresas aseguradoras, los padres de familia y los medios de comunicación.

Los medios de información solicitarán datos sobre la magnitud y extensión del daño, las políticas de reparación y reconstrucción, así como la evolución de la reconstrucción. Se recomienda designar un vocero único que mantenga contacto con los medios y los informe; ello evitará la información duplicada o contradictoria o, al menos, ésta se reducirá al mínimo. Es recomendable que se dé seguimiento a la información publicada en los diferentes medios, de modo de detectar si se cita información incorrecta. Si el error es significativo, se debe contactar al medio para publicar o difundir la información correcta.

4.9.3 Gestión de información de tipo administrativo

Se deberá gestionar la información administrativa relacionada con los tiempos y gastos requeridos

durante las fases de Auxilio, Recuperación y Reconstrucción. En los días posteriores al sismo, las actividades irán evolucionando a la normalidad previa al fenómeno, de modo que conviene separar y documentar con minuciosidad las actividades normales de las relacionadas con el sismo. Ello facilitará la entrega de informes a las autoridades estatales o federales, así como las solicitudes de reembolso.

La presentación de informes, estados de avance, propuestas de políticas y de implantación de decisiones serán parte de las actividades en la fase de Reconstrucción. Se recomienda establecer horarios específicos para informar a las autoridades, con el fin de disminuir las interrupciones de otras actividades.

También conviene establecer un método para informar al público, como pueden ser comunicados escritos que sean difundidos por las redes sociales. Es recomendable que periódicamente se comunique a la población sobre los avances de las inspecciones, evaluaciones y actividades de reconstrucción mediante los medios de información y las redes sociales.

Los principios básicos para lograr una comunicación efectiva con la comunidad escolar son:

- Usar información relacionada con la situación del momento.
- Generar empatía con la población objetivo.
- Tener un cuidadoso control de la información, de modo que sea veraz y oportuna.
- Evitar oportunismos y fomentar las actitudes auténticas.
- Propiciar la máxima transparencia sobre la situación e información.

Los errores más significativos en materia de comunicación se refieren a:

- Falta de transparencia, entendida como la presentación de información incompleta, parcialmente cierta o no comprobada, o bien, obsoleta.

- Visión inconsistente con el momento, cuando se informa pensando en el futuro, sin considerar las vivencias presentes, o bien, cuando sólo se informa sobre el presente, sin tener en mente escenarios futuros.
- Informar solamente a uno de los sectores involucrados, como sería el caso de sólo dirigirse a los padres de familia, sin tener presente a los otros integrantes de la comunidad escolar. Más aún, estos sectores demandan distintos tipos y alcances de la información.

En la sección 13.2 se presentan buenas prácticas para lograr una comunicación efectiva.

4.10 TECNOLOGÍAS EMERGENTES

Las tecnologías digitales tienen un amplio potencial de aplicación en la inspección y evaluación de edificios. Varias de ellas han sido utilizadas en forma limitada. Se prevé que su incorporación impacte la manera en que actualmente se desarrolla la evaluación de un edificio. La más obvia es la sustitución de los Formatos de Evaluación de papel por aplicaciones electrónicas. En los incisos siguientes se describen algunas de las tecnologías emergentes (FEMA P-2055, 2019).

4.10.1 Redes sociales

Las redes sociales se han convertido en una herramienta útil para la recolección e intercambio de datos georreferenciados. Además, mediante *crowdsourcing*, es factible obtener y compartir información proveniente de sitios muy distantes. Estos datos se podrán combinar con información aérea, de drones o satélites, así como con la proveniente de mediciones del estado de ánimo de la comunidad escolar afectada.

Las redes sociales son, además, un medio de comunicación primario entre el público y las autoridades educativas locales y del ámbito federal.

4.10.2 Inteligencia artificial y aprendizaje automático

La aplicación de la inteligencia artificial y del aprendizaje automático permitirá extraer información de un gran número de fotografías y videos para facilitar la evaluación de las estructuras. De este modo, se podrá clasificar el tipo de edificio, así como la intensidad del daño y su tipo. Serán retos de la aplicación de estas tecnologías: la interpretación de la cantidad de información que se genere, la verificación de su precisión, así como su disponibilidad en el campo.

4.10.3 Registros sísmicos

El desarrollo de sensores pequeños, de bajo costo y autoalimentados avizora su amplio despliegue en estructuras nuevas y existentes. Estos datos permitirán evaluar, en edificios en particular, si su respuesta se encuentra dentro de límites permisibles previamente establecidos, o bien, si se requiere de su inspección. Todo ello requiere un procesamiento para validar registros, extraer los datos, almacenarlos en el historial de la respuesta de la estructura y evaluar la implicación de los datos de modo de transmitir la alerta de la estructura de manera oportuna.

4.10.4 Datos geoespaciales

La ubicación y visualización mediante modelos tridimensionales de la infraestructura física educativa permitirá cubrir con mayor eficiencia las zonas dañadas. Esto es particularmente útil para aquellas cuya dirección no es conocida o no está disponible.

4.10.5 Vehículos aéreos

Los vehículos aéreos no tripulados (drones) tienen un amplio espectro de aplicaciones. Con éstos se puede levantar información videográfica, termográfica, de precisión, a base de láser, entre otros. Tienen la ventaja de que pueden ingresar a zonas peligrosas o contaminadas. Las imágenes recolectadas por el dron pueden ser vistas por el operador e inspectores de daños en tiempo real. Dependiendo del tamaño del dron, se requerirá

que el piloto esté registrado ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

4.10.6 Otras tecnologías

Otras tecnologías que se podrán utilizar para la evaluación de edificios, así como en la capacitación, entrenamiento y certificación de inspectores de daños son: realidad virtual y aumentada, equipos controlados remotamente, y herramientas para estimar la resistencia residual en función del daño observado.



CAPÍTULO 5

Método de Evaluación Rápida (MER)

5.1 OBJETIVO

El objetivo de la Evaluación Rápida de escuelas es inspeccionar y evaluar los edificios escolares de la manera más rápida posible y con la menor cantidad de inspectores de daños, en horas y días siguientes al sismo.

Con la aplicación del MER se pretende resolver la pregunta sobre si se puede usar el edificio evaluado (véase tabla 1.1). La duración de la Evaluación Rápida será de entre 20 minutos y 2 horas por edificio, aproximadamente, dependiendo del tamaño y complejidad de éste.

En su resultado, se clasifica a las estructuras como seguras (“Uso Permitido”), potencialmente peligrosas (lo que implica “Acceso y Uso Restringidos”), o inseguras (o de “Acceso Prohibido”).

Una vez que todos los edificios en una zona han sido inspeccionados y se han colocado sus Avisos, aquellos marcados como “Acceso y Uso Restringidos” y “Acceso Prohibido” deberán ser re-inspeccionados en un momento posterior. Durante la re-inspección, un ingeniero estructural aplicará el Método de Evaluación Intermedia (MEI) (véase el capítulo 6 para detalles sobre el MEI y tabla 4.1 para consultar las características de las Brigadas que deben participar).

El enfoque seleccionado para el MER permite aprovechar las capacidades del número limitado de ingenieros estructurales para evaluar escuelas que requieren una revisión visual más amplia y un conocimiento profundo de la ingeniería estructural.

5.2 CALIFICACIONES DE LOS INSPECTORES DE DAÑO Y DE AYUDANTES DE INSPECTORES DE DAÑO

Para aplicar el MER, los inspectores de daños serán profesionales calificados, ingenieros civiles y/o arquitectos:

- Empleados por las autoridades locales o federales responsables de la infraestructura física educativa, y/o
- Miembros de colegios de profesionistas y sociedades técnicas, y/o
- Expertos en ingeniería estructural.

El MER está diseñado para ser aplicado por personas con al menos 5 años de experiencia en diseño, construcción o inspección de edificios. En ella se incluye a ingenieros civiles, ingenieros estructurales, arquitectos, constructores

y supervisores de la construcción. Se recomienda que los inspectores de daños estén familiarizados con daño estructural (tipo y magnitud), así como con las manifestaciones de las distintas fallas y peligros geotécnicos y químicos. En la tabla 1.2 se establecen los capítulos de esta Metodología que los inspectores de daños y ayudantes de inspector de daños deben estudiar o revisar, en las etapas de formación, entrenamiento y certificación.

En ningún caso podrán participar inspectores de daños o ayudantes de inspector de daños que no hayan sido capacitados en la Metodología de este documento (véase tabla 1.2). En ningún momento las Brigadas de Inspección deberán ser dirigidas por los alumnos.

5.3 PROCEDIMIENTO Y CRITERIOS DE LA EVALUACIÓN RÁPIDA

El procedimiento de Evaluación Rápida se resume en la tabla 5.1.

La evaluación inicia con un recorrido del área dañada o del área sospechosa. Se debe notar el nivel de daño general o la ausencia de daño como contexto de la evaluación de los edificios.

Para un edificio dado, se inicia con la revisión del exterior de la estructura. El inspector de daños debe intentar revisar el rededor de la estructura cuando sea posible. Conviene aprovechar el recorrido para revisar la barda que rodea el edificio, si es el caso.

Normalmente, sólo se inspecciona el exterior del edificio, esto para maximizar el número de inspecciones después de un sismo. De manera extraordinaria se podrá acceder al edificio, si es seguro, cuando:

- a. El edificio no se pueda revisar desde el exterior. Tal es el caso de edificios en zonas urbanas (figura 5.1).

b. Se conozca o sospeche de daños en elementos no estructurales.

Si se requiere realizar una evaluación interna, ésta puede ser tan sencilla como observar a través de las ventanas para identificar si existe daño en el interior.

En la tabla 5.1 se enlistan las actividades por desarrollar y su secuencia durante una Evaluación Rápida.



Figura 5.1 Edificio escolar en zona urbana con difícil acceso desde el exterior para ser evaluado. Fuente: CENAPRED (2019).

Tabla 5.1 Procedimiento de inspección del Método de Evaluación Rápida

Paso 1. Revisar el edificio desde el exterior

1. Identificar el nombre o designación del edificio por inspeccionar. Se sugiere que la designación siga una secuencia según el avance de las manecillas del reloj, vistos los edificios en planta. Si es posible, asignar un código de barras (lineal o de dos dimensiones, tipo QR) a cada edificio.
2. Iniciar la inspección caminando alrededor de la estructura.
3. Tratar de identificar daños previos.
4. Si es el caso, revisar bardas por posibles inclinaciones o peligro de desprendimientos.
5. Tratar de identificar el sistema estructural.
6. Examinar si existen discontinuidades verticales, tales como pisos flexibles/débiles (usualmente en planta baja), entrantes o salientes.
7. Revisar la configuración en planta de la estructura, como es el caso de configuraciones que contribuyan a deformaciones de torsión.
8. Buscar signos de daño en muros de fachada, cancelerías y otros que sean síntomas de desplazamientos laterales significativos.
9. Inspeccionar los elementos no estructurales externos, tales como pretilas, letreros, ornamentos, lámparas.
10. Revisar la cimentación y buscar grietas, si ésta es visible desde el exterior. Identificar asentamientos o emersiones.
11. Si es posible, medir las distorsiones o desplazamientos horizontales residuales de la estructura.
12. Revisar las colindancias e identificar golpeteo o su posibilidad.

Paso 2. Revisar el sitio ante fallas y peligros de origen geotécnico (véase capítulo 10)

1. Revisar el suelo circundante para identificar grietas, deformaciones del suelo, movimientos verticales.
2. En zonas montañosas, examinar el área por deslizamientos de taludes o por desprendimientos de escombros sobre el sitio.
3. En caso de fallas y peligros de origen geotécnico, la Evaluación Rápida deberá ser conducida por un ingeniero geotécnico o geológico. Si en la Brigada no hay un ingeniero geotécnico o geológico, se deberá recomendar la re-inspección en el Formato de Evaluación Rápida.



- Si los peligros y fallas de origen geotécnico pueden afectar una zona que incluya a varios edificios, se deberá clasificar al edificio con el Aviso “Acceso y Uso Restringidos” o “Acceso Prohibido”. Un ejemplo de esta situación es un poblado inmediatamente aguas abajo de una presa o dique dañados.

Paso 3. Si se ingresa al edificio, inspeccionar el sistema estructural (véase capítulos 7 a 9)

- Antes de entrar al edificio, examinar posibles desprendimientos e identificar una entrada y una salida libres de escombros u otros obstáculos. No entrar si el edificio presenta daño claramente severo.
- Entrar al edificio.
- Tratar de identificar daños previos.
- Normalmente, el sistema estructural está cubierto por muros, plafones, acabados y otros elementos arquitectónicos. El inspector de daños podrá retirar los plafones y otros elementos, de tal forma que no implique una exploración destructiva, como retirar un acabado de tablaroca alrededor de una columna. Si es necesario, se debe solicitar al director o al propietario de la escuela que coordine el retiro de aquellos elementos que impiden revisar el sistema estructural.
- Examinar zonas visibles del sistema estructural (sótanos, escaleras, cuartos de máquinas) si el sistema está cubierto en el resto del edificio.
- Revisar el sistema resistente a cargas gravitacionales. En especial, examinar daños en columnas y/o muros de carga, separación de la estructura del piso o techo de los soportes verticales, o en zonas de daño o de daño incipiente en vigas y losas.
- Inspeccionar el sistema resistente a fuerzas laterales inducidas por sismo. Buscar evidencia de desplazamientos laterales residuales.
- En los capítulos 7 a 9 de esta Metodología se presenta mayor detalle para estructuras de mampostería, concreto y acero, respectivamente.
- Examinar los elementos expuestos de la cimentación y del sótano o nivel más bajo del edificio por elementos fracturados o asentamientos diferenciales. Revisar la existencia de grietas y deformaciones de la losa de cimentación y muros de contención.
- Revisar cada piso, desde el sótano (si existe) hasta la azotea. Examinar, aleatoriamente, aulas o espacios, en el centro y extremos del edificio.
- Recordar que el daño severo en muros (como muros de carga o muros diafragma), así como vidrios rotos, son evidencia de desplazamientos laterales significativos.

Paso 4. Inspeccionar peligros por elementos no estructurales (véase capítulo 11)

- | | |
|---|--|
| 1. Buscar daño en: <ul style="list-style-type: none"> • Conexiones de fachada. • Muros divisorios. • Muros desmontables. | <ul style="list-style-type: none"> • Techos, plafones y lámparas. • Tinacos. • Otros apéndices. |
| 2. El daño severo en elementos no estructurales no justifica clasificar a toda la estructura como insegura. Se debe acordonar el área insegura mediante cintas plásticas para evitar el acceso. | |

Paso 5. Otros peligros

- No se deben usar los elevadores sin una inspección de especialistas (véase capítulo 11).
- Buscar fugas o derrames en áreas de resguardo de materiales peligrosos (véase capítulo 12).
- Si el equipo de detección y protección contra incendio está dañado, se recomienda colocar Aviso de “Acceso Prohibido”.
- Revisar la seguridad estructural de escaleras.
- Examinar las salidas, en especial por puertas atoradas o cualquier otro tipo de obstrucción.



Paso 6. Llenar el Formato de Evaluación y el Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio

1. Una vez inspeccionada y evaluada la estructura, llenar el Formato de Evaluación incluido en el apéndice B. En caso de dudas sobre la seguridad estructural, marcar el edificio como “Acceso y Uso Restringidos” y recomendar la Evaluación Intermedia. Indicar si es necesaria alguna intervención especial, como apuntalamiento o arriostramiento.
2. Clasificar la estructura de conformidad con los resultados de la evaluación. Usar uno de tres Avisos de Seguridad Estructural (verde o “Uso Permitido”, amarillo o “Acceso y Uso Restringidos”, o rojo o “Acceso Prohibido”) que se incluyen en el apéndice A. Señalar en el Aviso si la revisión se hizo desde el “exterior” solamente, o “exterior e interior”. Colocar el Aviso en la entrada de cada edificio y un Resumen de Avisos en la(s) entrada(s) del plantel escolar.
3. Explicar el significado de los avisos “Acceso y Uso Restringidos” y “Acceso Prohibido” a la comunidad escolar y sugerirles que se retiren inmediatamente. De igual forma, se debe recomendar la evacuación de zonas designadas como “Áreas Inseguras”. Preparar un Croquis de Áreas Inseguras para comunicar a la comunidad escolar sobre las zonas a las que no está permitido ingresar.

En la tabla 5.2 se presentan los criterios generales para una Evaluación Rápida.

Tabla 5.2 Criterios generales para una Evaluación Rápida

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso “Acceso Prohibido” si existe:
1. Daño general. El daño general es el mejor indicador de la severidad de daño. Revisar la estructura buscando agrietamiento; en su caso, examinar posibles golpeteos con estructuras vecinas.	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso total o parcial. • Inclineración evidente del edificio o de un entrepiso. • Cimentaciones falladas (o rotas).
2. Sistema resistente a cargas gravitacionales. No se debe permitir el uso del edificio si hay dudas de la capacidad del inmueble de cargar su propio peso y las cargas de servicio (personas y contenidos).	<ul style="list-style-type: none"> • Columnas o muros de carga desplomados. • Columnas pandeadas o falladas. • Columnas o muros de carga dañados sin capacidad de resistir cargas gravitacionales. • Separación de estructura de piso o techo de muros u otros soportes. • Fallas en ménsulas u otros soportes. • Otro tipo de falla o incipiente falla de elementos o conexiones críticas para resistir cargas gravitacionales.
3. Sistema resistente a fuerzas laterales. Identificar el sistema. Permitir el uso si el edificio tiene un sistema que está funcionando y no presenta elementos fracturados o severamente dañados.	<ul style="list-style-type: none"> • Marcos severamente dañados o inclinados, con desconchamiento y pandeo de acero de refuerzo en extremos de columnas. • Muros de concreto o mampostería severamente agrietados, en especial de manera inclinada. • Contraventeos verticales fracturados o pandeados. • Diafragmas o contraventeos horizontales fracturados o severamente dañados. • Otro tipo de falla o incipiente falla de elementos o conexiones críticas para resistir fuerzas laterales. • Evidencia de movimientos en fachadas.
4. Degradación del sistema estructural. Examinar el sistema estructural en su totalidad para identificar zonas dañadas (agrietadas, desconchadas, aplastadas, pandeadas, etc.) cuya extensión en la estructura sugiera una degradación del conjunto.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema estructural muy degradado (agrietado por corrosión del acero de refuerzo, con desprendimientos por intemperismo con agrietamientos previos, entre otros).



Tabla 5.2 Criterios generales para una Evaluación Rápida

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso "Acceso Prohibido" si existe:
<p>5. Efectos de segundo orden (P-Delta). Revisar la presencia de desplazamientos laterales residuales (desplomos) de magnitud considerable que puedan conducir a mayor daño, e incluso colapso, por su interacción con cargas gravitacionales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Edificios altos con desplazamientos laterales residuales.
<p>6. Peligro de desprendimientos. Revisar posibles desprendimientos de pretilas, fachadas, ornamentación, letreros, lámparas, sistemas simplemente apoyados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro de desprendimientos.
<p>7. Daño en el terreno circundante y/o en cimentaciones. Revisar el terreno circundante por evidencia de grietas, movimientos de masa o deformaciones. Revisar si estos desplazamientos verticales y/o horizontales han dañado a la cimentación. Se recomienda que en la inspección participe un ingeniero geotecnista si los elementos de la cimentación tienen grietas de 20 mm o más de ancho, asentamientos diferenciales de más de 50 mm en terrenos tipo I y 300 mm en terrenos tipo II y III, o si existen grietas en el terreno de más de 20 mm adyacentes al edificio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Edificios desprendidos de la cimentación. • Asentamientos diferenciales producidos por el sismo que provocaron agrietamiento de cimentaciones, muros, columnas, pisos o techos. • Grietas en el suelo. • Edificio en una zona de fallas del terreno. • Edificio en la trayectoria de una ladera inestable. • Edificio en peligro o impactado por escombros de un deslizamiento de terreno.
<p>Durante la inspección, tener en mente:</p>	
<p>8. Intensidad del sismo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Si un sismo de intensidad baja o moderada causa daño en la estructura, las consecuencias de un sismo de mayor intensidad podrían conducir a colapsos y afectar la vida de los ocupantes.
<p>9. Condiciones preexistentes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer si la estructura ya estaba dañada, con elementos tales como agrietamiento de elementos de concreto y/o mampostería, cimentaciones agrietadas y/o asentadas, por ejemplo.
<p>10. Capacidad de deformación inelástica del sistema estructural.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Factor relevante a considerar en relación con el probable desempeño de la estructura ante una réplica del sismo. Una estructura dañada y con poca capacidad de deformación (como una hecha de mampostería simple o de concreto con detallado no dúctil) tiene una menor capacidad para resistir las réplicas del sismo que otra estructura, dañada, pero bien detallada y proporcionada para deformarse lateralmente. Éste es el caso de estructuras de marcos de concreto con detallado dúctil, con o sin muros de concreto bien reforzados, o el de estructuras de mampostería confinadas adecuadamente, o de estructuras de acero con elementos de sección compacta.



Tabla 5.2 Criterios generales para una Evaluación Rápida

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso “Acceso Prohibido” si existe:
<p>11. Si el sistema estructural no es visible.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Si no se pueden retirar los acabados o elementos que obstaculizan la revisión del sistema estructural, se deben examinar los elementos arquitectónicos (muros, fachadas) con el fin de establecer un juicio sobre la magnitud de desplazamiento lateral sufrido, así como sobre daños producidos por torsión o problemas en el diafragma. • Complementar estas observaciones con la revisión de las zonas visibles del sistema estructural (sótanos, escaleras, cuartos de máquinas). • Si se estima que el daño estructural es considerable, pero no se puede observar para determinar con mayor precisión, se debe colocar un Aviso del tipo “Acceso y Uso Restringidos” o “Acceso Prohibido”. Se informará a la comunidad escolar que debe abandonar la zona. • Se debe recomendar al director o al propietario: <ol style="list-style-type: none"> a. Retirar los muros, acabados, plafones para que se permita culminar la evaluación, o b. Solicitar una Evaluación Profunda.

Los criterios para clasificar los Avisos de Seguridad Estructural y Uso de los Edificios se muestran en la tabla 5.3. Estos criterios fueron seleccionados ya que permiten observar las condiciones o daños, de manera individual o colectiva, y poder así clasificar al edificio como “Acceso Prohibido” o establecer una “Área Insegura”. Por las características del método, los inspectores de daños deben buscar **signos evidentes de daño**, tales como colapsos parciales, inclinaciones, caída de pretilas, agrietamientos severos. En adición, se buscarán evidencias de fallas y peligros geotécnicos, como agrietamiento del suelo, asentamientos o indicios de movimiento de laderas.

Los aspectos descritos se complementan con los específicos según el tipo de material (capítulos 7 a 9), los peligros y fallas de origen geotécnico (capítulo 10), los peligros ocasionados por elementos no estructurales (capítulo 11) y la existencia de fugas o derrames de materiales

peligrosos (capítulo 12). La aplicación de estos criterios requiere el uso de juicio profesional.

Si el edificio se considera visiblemente seguro, se marcará con el Aviso “Uso Permitido”. En él se señalará si la evaluación se hizo desde el exterior, o bien, si de manera extraordinaria, se complementó con una revisión desde el interior.

Cuando el nivel de seguridad está en duda y la condición de la estructura no es visiblemente segura ni evidentemente insegura, se marcará al edificio como “Acceso y Uso Restringidos”. En este caso, el acceso está limitado por razones de emergencia. A las estructuras con este tipo de marcado se les deberá aplicar el Método de Evaluación Intermedia en una fecha posterior (a menos de que se haya decidido realizar la Evaluación Especial de Escuelas, véase inciso 1.4.4 y tabla 4.1).

Tabla 5.3 Criterios básicos para la clasificación de Avisos en la Evaluación Rápida

Condición ¹	Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio
<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacidad original de resistir cargas gravitacionales sin afectación importante y sin posibles inestabilidades (figura 5.2a). 2. Capacidad original de resistir fuerzas laterales inducidas por sismo sin afectación importante (figuras 5.2b y 5.2c). 3. No hay potenciales desprendimientos. Se acepta delimitar, acordonar y marcar como “Área Insegura”. 4. No hay evidencia de daño significativo en cimentaciones. No hay signos de movimientos del terreno. 5. Las entradas y salidas principales son operables y accesibles. 6. No hay otra condición insegura aparente. 	<p>“Uso Permitido”</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Duda sobre la seguridad estructural que requiere una Evaluación Intermedia (figuras 5.3a a 5.3h). 2. Incertidumbre sobre posibles daños debidos a fallas y peligros de origen geotécnico (figura 5.3i). 3. Incertidumbre sobre la existencia de otros peligros (como derrames o fugas de materiales peligrosos). 	<p>“Acceso y Uso Restringidos”</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. El edificio colapsó total o parcialmente, o se desprendió de su cimentación (figuras 5.4a, 5.4b, 5.5a a 5.5c). 2. El edificio o alguno de sus pisos está visiblemente inclinado (figuras 5.5d y 5.5e). 3. Daño severo evidente en elementos estructurales del sistema resistente a cargas gravitacionales (vigas, columnas, muros) u otros signos de daño severo (figuras 5.4c a 5.4e, 5.5f a 5.5h). 4. Daño severo en sistema resistente a fuerzas laterales inducidas por sismo (figuras 5.4f y 5.5i). <ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento lateral residual significativo. • Agrietamiento inclinado, penetración en castillos, aplastamiento de mampostería. • Desconchamiento y plastificación en extremos de columnas y base de muros. • Pandeo o rotura de contraventeos. 5. Daño en diafragmas de piso o techo. Agrietamiento significativo de losas. Evidencia de separación o fallas en soportes de techos y pisos. 6. En conexiones de concreto prefabricado, daño en apoyos y/o uniones. 7. Grietas importantes en el suelo, movimiento masivo del suelo o deslizamiento de talud (figuras 5.4g, 5.4h). 	<p>“Acceso Prohibido”</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Barda visiblemente inclinada y/o en peligro de caída (figura 5.4i). 2. Peligro de caída o desprendimiento de pretilas, letreros, tinacos, chimeneas u otros elementos (figura 5.4j). 	<p>“Área Insegura”</p>



<p>3. Otros peligros como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fugas o derrames. • Tuberías de hidrocarburos rotas. • Caída o exposición de líneas de energía eléctrica. • Daño en equipos de detección y protección contra incendio. • Daños en escaleras, puertas atoradas, salidas bloqueadas. • Elevadores o montacargas dañados. 	<p>“Acceso Prohibido” o “Área Insegura”</p>
--	---

¹Para fines de esta tabla, se entiende por daño severo:

- En estructuras de mampostería a base de muros de carga:
 - ▷ $GI > 5$ mm, penetración en extremos, desconchamiento/aplastamiento de mampostería/concreto.
 - ▷ $DR > 0.001$ veces la altura de la estructura o del entrepiso más deformado, si es de mampostería simple.
 - ▷ $DR > 0.003$ veces la altura de la estructura o del entrepiso más deformado, si es de mampostería confinada o reforzada interiormente.
- En estructuras de concreto:
 - ▷ Muros: $GI > 3$ mm, aplastamiento en extremo de grieta y posible fractura del acero de refuerzo.
 - ▷ Columnas $GI > 1.5$ mm en pocas grietas, aplastamiento en extremo de grieta, posible fractura o apertura de estribos, posible pandeo del refuerzo longitudinal.
 - ▷ Losas planas: $G > 3$ mm en pocas grietas, grietas concéntricas en la losa a una vez el peralte de la losa de la cara de la columna, desconchamiento/aplastamiento del concreto en caras superior e inferior de la losa, refuerzo del lecho superior de la losa doblado.
 - ▷ $DR > 0.015$ veces la altura de la estructura o del entrepiso más deformado si el marco es a base de marcos.
 - ▷ $DR > 0.01$ veces la altura de la estructura y del entrepiso más deformado si el marco está arriostrado con muros de concreto.
- En estructuras de acero:
 - ▷ Columnas: acortamiento con pandeo local de placas y fractura de soldadura.
 - ▷ Conexiones: fractura o deformación visibles por tensión y acción de palanca de los ángulos.
 - ▷ $DR > 0.015$ veces la altura de la estructura o del entrepiso más deformado, si el marco no tiene contraventeos.
 - ▷ $DR > 0.01$ veces la altura de la estructura o del entrepiso más deformado si el marco está contraventeado.
- En marcos de concreto y de acero con muros diafragma:
 - ▷ Muros: $GI > 3$ mm, aplastamiento y deslizamiento de piezas y mortero.
 - ▷ Elementos de concreto: véase especificaciones de columnas (descritas con anterioridad).
 - ▷ Elementos de acero: fractura de conexión y posible agrietamiento y aplastamiento en esquina del muro.
 - ▷ $DR > 0.01$ veces la altura de la estructura o del entrepiso más deformado.
- Cimentaciones:
 - ▷ $G > 20$ mm.
 - ▷ $GI > 5$ mm.
 - ▷ Grietas del suelo > 20 mm.
 - ▷ Asentamiento/emersión > 50 mm en terrenos tipo I y 300 mm en terrenos tipo II y III.
- Notas:
 - ▷ G ancho de una grieta perpendicular al eje, usualmente por flexión, mm.
 - ▷ GI ancho de una grieta inclinada, usualmente por tensión diagonal, mm.
 - ▷ DR desplazamiento residual de la estructura o del entrepiso más deformado, mm.

El Formato de Evaluación para levantamiento de datos del Método de Evaluación Rápida se encuentra en el apéndice B.

En las figuras 5.2 a 5.4 se presentan fotografías de edificios con daños consistentes con los criterios

generales del MER y básicos de clasificación de Avisos de las tablas 5.2 y 5.3, respectivamente. Estas fotografías corresponden a inmuebles educativos de uno y dos pisos que son, en número, la mayoría en el país.

Ejemplos de edificios marcados con “Uso Permitido” durante una Evaluación Rápida.



Figura 5.2a Estructuras de mampostería confinada sin daño.



Figura 5.2b Estructura de concreto reforzado sin daño en columnas y vigas: sólo se evidencia agrietamiento y desprendimiento del mortero de acabado a lo largo de la junta vertical entre columnas y muros exteriores.



Figura 5.2c Edificio escolar sin daños en elementos resistentes a cargas verticales y a fuerzas laterales; sólo se aprecia desprendimiento del mortero de acabado de algunos muros.

Fuente: archivo personal de Sergio Alcocer (2017); cortesía del INIFED (2019) y del CENAPRED (2019).

Ejemplos de edificios marcados con “Acceso y Uso Restringidos” durante una Evaluación Rápida.



Figura 5.3a Daño moderado en una construcción de adobe, con agrietamiento vertical en esquina y aplastamiento incipiente en el apoyo del techo.



Figura 5.3b Daño moderado por tensión diagonal en un pretil y en columna de concreto.



Figura 5.3c Agrietamiento ligero a moderado en muros diafragma.



Figura 5.3d Agrietamiento y desconchamiento incipiente en extremos de un par de columnas de concreto.



Figura 5.3e Aplastamiento local de una columna de acero producto del efecto de “columna corta”.



Figura 5.3f Daños en acabados, cancelería y otros elementos no estructurales.



Figura 5.3g Caída de plafones y lámparas de iluminación.



Figura 5.3h Volteo de contenidos y archivos que obstaculicen ver la estructura del edificio.



Figura 5.3i Edificio escolar sobre el hombro de una ladera que requiere de una evaluación más detallada.

Fuente: archivo personal de Sergio Alcocer (2017); cortesía del INIFED (2019) y CENAPRED (2019).

Ejemplos de edificios marcados con “Acceso Prohibido” o “Área Insegura” durante una Evaluación Rápida.



Figura 5.4a Colapso total de una edificación de adobe.



Figura 5.4b Colapso total de un edificio de mampostería.



Figura 5.4c Daño severo evidente en estructura de adobe.





Figura 5.4d Daño severo evidente en edificio de mampostería mal confinada.



Figura 5.4e Daño severo evidente en columnas (sistema resistente a cargas gravitacionales).



Figura 5.4f Daño severo evidente en muros (sistema resistente a cargas gravitacionales y a fuerzas laterales).



Figura 5.4g Desplazamiento lateral del suelo producido por licuación de arenas (véase las zonas de arena expulsada).



Figura 5.4h Edificación en el hombro de un talud inestable.

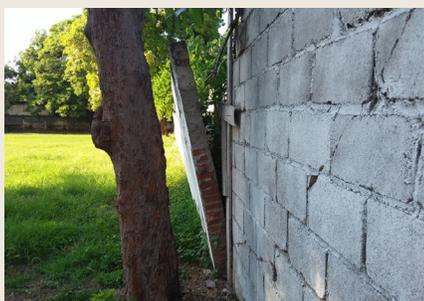


Figura 5.4i Barda visiblemente inclinada.



Figura 5.4j Peligro de caída de cancelería.



Fuente: cortesía del CENAPRED (2019) e INIFED (2019); Pie de página (<https://piedepagina.mx/una-persona-muerta-y-otra-herida-tras-el-sismo-con-epicentro-en-oaxaca/>); cortesía de José Luis Rangel (2020) y de Irasema Alcántara (2020).

En la figura 5.5 se muestran fotografías de edificios con daños consistentes con los criterios generales del MER y básicos de clasificación de Avisos de las tablas 5.2 y 5.3, respectivamente, de inmuebles escolares de tres o más niveles sobre banqueta. Por su intensidad y extensión, estos

daños derivarían en la colocación de un Aviso del tipo “Acceso Prohibido”. Los ejemplos de las figuras 5.2 y 5.3 son ilustrativos del tipo de daño asociado a Avisos “Uso Permitido” y “Acceso y Uso Restringidos” por colocarse en edificios de tres pisos o más, respectivamente.

Ejemplos de edificios marcados con “Acceso Prohibido” durante una Evaluación Rápida.



Figura 5.5a Colapso de edificio prefabricado con apoyos (ménsulas) con dimensiones insuficientes para acomodar las demandas de desplazamientos laterales.



Figura 5.5b Colapsos totales de marcos de concreto reforzado.



Figura 5.5c Desprendimiento de la cimentación y volteo de un edificio de concreto.



Figura 5.5d Hundimiento de un edificio.



Figura 5.5e Falla rotacional de la cimentación de un edificio sensiblemente esbelto en la dirección corta.



Figura 5.5f Edificio escolar de concreto con daño severo en columnas por efecto de “columna corta”.





Figura 5.5g Ejemplos de falla de columnas por tensión diagonal por el efecto de "columna corta".



Figura 5.5h Fallas por cortante-flexocompresión en columnas de concreto.



Figura 5.5i Agrietamiento por tensión diagonal en un edificio de mampostería mal confinada.



Fuente: archivo personal de Sergio Alcocer (1985, 1999, 2003) y cortesía del INIFED (2019).



CAPÍTULO 6

Método de Evaluación Intermedia (MEI)

6.1 OBJETIVO

El Método de Evaluación Intermedia (MEI) se aplica a edificios escolares que han sido clasificados con un Aviso amarillo de “Acceso y Uso Restringidos” o con un Aviso rojo de “Acceso Prohibido”, tras haberseles aplicado el Método de Evaluación Rápida (MER).

Los objetivos generales del MEI son:

- a. Confirmar y, en su caso, modificar el tipo de Aviso colocado tras la Evaluación Rápida. Véase la sección 6.3 para el desarrollo de este objetivo.

- b. Evaluar, de manera aproximada, la seguridad estructural ante fuerzas laterales inducidas por sismo del edificio y recomendar acciones futuras. Véase la sección 6.4 sobre el detalle de la evaluación estructural.

Dentro de las acciones futuras por recomendar se encuentran:

- Permitir el acceso y uso del edificio, mediante el cambio del Aviso a uno de color verde “Uso Permitido”.
- Aplicar una Evaluación Profunda, siguiendo el proceso requerido en INIFED (2020a), lo que implica que se mantenga o se cambie el Aviso a amarillo (“Acceso y Uso Restringidos”) o rojo (“Acceso Prohibido”).
- Demoler el edificio en virtud de su precaria seguridad estructural y, si es el caso, de la severidad del daño.

El MEI se puede aplicar simultáneamente al MER como parte del proceso de Evaluación Especial de Escuelas (EEE) (véase inciso 1.4.4 y tabla 4.1). La decisión de hacerlo dependerá de la disponibilidad de ingenieros con conocimientos de ingeniería estructural en las brigadas, del tiempo para revisar la escuela con más detalle (durante 1 a 4 horas), así como de la extensión y gravedad del daño en otras escuelas por evaluar. Si el sismo dañó un amplio número de escuelas en la zona, es probable que se tengan que aplicar el MER y el MEI en fechas distintas. Si, por lo contrario, el daño está concentrado en algunas escuelas y se tiene el personal calificado disponible, se puede realizar la EEE. También conviene reflexionar la aplicación de la EEE si la escuela se encuentra en una comunidad remota que implique muchas horas de traslado. En ese caso, es conveniente aplicar la Evaluación Especial de Escuelas (es decir, realizar el MER y el MEI simultáneamente) para no tener que regresar en fechas posteriores.

Además de los objetivos generales a y b enunciados con anterioridad, también son propósitos del MEI:

- Identificar el nivel de daño para fines estadísticos, de aseguramiento y para

planear la fase de Reconstrucción, de acuerdo con los requisitos del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) o del instrumento que, eventualmente, lo sustituya.

- Con base en la revisión de la seguridad estructural de la edificación, determinar si el inmueble se puede usar como albergue.

Si como resultado de aplicar el MEI se concluye que el edificio puede ser usado sin restricción, se deberá cambiar el Aviso al tipo “Uso Permitido” de color verde. El Aviso anterior no debe retirarse; se cruza o tacha diagonalmente. Consúltese la sección 4.6 para los detalles del procedimiento a seguir para cambiar los Avisos.

6.2 CALIFICACIONES DE LOS INSPECTORES DE DAÑOS

En condiciones ideales, la Evaluación Intermedia se debe realizar por Brigadas de Inspección integradas por al menos dos ingenieros estructurales con experiencia en diseño sísmico de edificios del material y modalidad constructiva como las del sujeto de evaluación. Si no hay disponibilidad de dos ingenieros estructurales, se aceptará que se aplique el método si la Brigada cuenta con un ingeniero estructural y un inspector de daños certificado. Se recomienda considerar a ingenieros con experiencia profesional mayor de 5 años en diseño estructural y en inspección de daños. Dependiendo del tipo de daño (estructural, no estructural, geotécnico) se sugiere que los integrantes de la Brigada sean especialistas en el tema. Por ejemplo, si el daño se debe a un deslizamiento de una ladera, la evaluación la debe conducir un especialista en este campo.

La Brigada de Inspección de la EEE será igual que la necesaria para la Evaluación Intermedia más un trabajador social, psicólogo, sociólogo, antropólogo o equivalente, o maestro de escuela que pueda tratar con la comunidad escolar.

En la tabla 1.2 se establecen los capítulos de esta Metodología que deben estudiar o revisar los inspectores de daños y ayudantes de inspector de daños.

6.3 PROCEDIMIENTO Y CRITERIOS DE LA EVALUACIÓN INTERMEDIA

En esta sección se describen los pasos a seguir para ejecutar el MEI. Sus resultados serán:

- a. La confirmación o, en su caso, cambio del tipo de Aviso por colocarse en el edificio.
- b. Una estimación de la seguridad estructural del inmueble ante fuerzas laterales inducidas por sismo.

La Brigada de Inspección debe revisar cuidadosamente todo el edificio, tanto en su interior como en su exterior. Deberá prestar atención especial a los sistemas estructurales. Si es necesario, podrán retirar muros divisorios o acabados para poder observar el sistema estructural.

Durante la visita, se deberá establecer si existe la posibilidad de colapso estructural o de desprendimientos. El colapso del edificio puede ocurrir por el daño estructural, o bien, por peligros externos, como la falla de una ladera o el colapso de una estructura adyacente. Como mínimo, la estructura evaluada debe ser capaz de resistir, sin colapsar, un evento similar al que le infligió el daño.

La revisión de la estructura se debe hacer considerando los dos sistemas que la componen:

- Sistema resistente a cargas gravitacionales.
- Sistema resistente a fuerzas laterales.

La Brigada deberá preguntar a las autoridades del plantel sobre la existencia del Archivo Documental Normativo (ADN). Éste es un conjunto de documentos técnicos, electrónicos e impresos con información de tipo arquitectónico, estructural y de instalaciones (hidráulicas, sanitarias y especiales), entre otros, de los inmuebles educativos.

En la tabla 6.1 se enlistan las actividades por desarrollar y su secuencia durante una Evaluación Intermedia.

Tabla 6.1 Procedimiento de inspección del Método de Evaluación Intermedia

Paso 1. Revisar la información disponible del edificio

1. Revisar la información disponible del edificio correspondiente a inspecciones previas (Aviso, Formato de Evaluación Rápida).
2. Revisar la información disponible en el Archivo Documental Normativo (ADN), si existe en el plantel.
3. Identificar el nombre o designación del edificio por inspeccionar. Se sugiere que la designación siga una secuencia según el avance de las manecillas del reloj, vistos los edificios en planta. Si es posible, asignar un código de barras (lineal o de dos dimensiones tipo, QR) a cada edificio.

Paso 2. Revisar el edificio desde el exterior

1. En adición a lo requerido en la Evaluación Rápida, verificar si las condiciones externas se han deteriorado (como en el caso de peligros y fallas de origen geotécnico, causados por materiales peligrosos, y/o en áreas inseguras) y/o si los daños observables desde el exterior han aumentado (daños en fachadas, desplazamientos laterales significativos, peligro de caída de pretilas, asentamientos, emersiones).
2. Si las condiciones externas o daños vistos desde el exterior han aumentado o empeorado y se justifica cambiar el Aviso a rojo o "Acceso Prohibido", interrumpir la inspección, llenar el nuevo Aviso, completar el Formato de Evaluación Intermedia del apéndice C y explicar el significado del Aviso a la comunidad escolar.



Paso 3. Inspeccionar el sistema estructural desde el interior del edificio (véase capítulos 7 a 9)

1. Antes de entrar al edificio, examinar posibles desprendimientos e identificar una entrada y una salida libres de escombros u otros obstáculos. No entrar si el edificio presenta daño claramente severo.
2. Tratar de identificar daños previos durante la inspección.
3. Identificar los sistemas resistentes a cargas gravitacionales y a fuerzas laterales. De preferencia, el inspector de daños retirará los plafones y otros elementos. Si es necesario, se podrá realizar una exploración destructiva, como el retiro de acabados de yeso u otros materiales en la zona de interés. Si es necesario, solicitar al director o al propietario de la escuela que se retiren los elementos que impiden revisar el sistema estructural.
4. Examinar zonas visibles del sistema estructural (sótanos, escaleras, cuartos de máquinas).
5. Revisar el sistema resistente a cargas gravitacionales. Identificar el mecanismo y la continuidad del flujo de fuerzas entre los componentes del sistema. Identificar y registrar el tipo, severidad y extensión del daño en columnas y/o muros de carga, estructuras del piso o techo, y en vigas y losas. Medir el ancho de grietas. Hacer fotografías, tanto del elemento completo como del detalle del daño. En el apéndice D se presenta un procedimiento para medir y registrar grietas.
6. Examinar el sistema resistente a fuerzas laterales. Identificar el mecanismo y la continuidad del flujo de fuerzas entre los componentes del sistema. Identificar y registrar el tipo, severidad y extensión del daño en columnas, muros, diafragmas horizontales y/o contraventeos. Medir el ancho de grietas de todos los elementos dañados; se recomienda tomar el máximo ancho (o espesor) en cada elemento estructural. Hacer fotografías, tanto del elemento completo como del detalle del daño. En el apéndice D se presenta un procedimiento para medir y registrar grietas.
7. Medir las secciones de los elementos resistentes a fuerzas laterales (muros, columnas, columnas cortas), claros y alturas. Identificar el tipo de material (modalidad de mampostería). Elaborar un croquis con dimensiones del edificio y de los elementos del sistema estructural resistente a cargas gravitacionales y del sistema estructural resistente a fuerzas laterales. Adoptar como convención que el sentido longitudinal del edificio es el de la fachada principal (el cual es, usualmente, el lado largo). Identificar, con letras y números, los ejes del edificio (véase el apéndice D).
8. Si están disponibles, se aceptará usar:
 - Esclerómetro, únicamente para verificar la uniformidad del concreto, no para estimar su resistencia a la compresión.
 - Equipo de rastreo del acero de refuerzo para identificar la posición, profundidad y diámetro de barras de refuerzo en los principales elementos (columnas, muros, vigas).
9. Revisar cada piso, desde el sótano (si existe) hasta la azotea. En los capítulos 7 a 9 de esta Metodología se presenta mayor detalle para estructuras de mampostería, concreto y acero, respectivamente.
10. Examinar los elementos expuestos de la cimentación y del sótano o nivel más bajo del edificio buscando posibles elementos fracturados o asentamientos totales o diferenciales o emersiones. Revisar la existencia de grietas y deformación en losa de cimentación y muros de contención.
11. Medir las distorsiones o desplazamientos horizontales residuales de la estructura y/o del entrepiso con mayor deformación.

Paso 4. Inspeccionar peligros por elementos no estructurales (véase capítulo 11)

1. Buscar daño en:
 - Pretiles y ornamentos.
 - Techumbres.
 - Fachadas.
 - Plafones y lámparas de iluminación.
 - Muros divisorios.
 - Muros desmontables.
 - Instalaciones.
 - Equipo mecánico, eléctrico y electrónico.
 - Tinacos.
 - Otros apéndices.
2. El daño severo en elementos no estructurales no justifica clasificar a toda la estructura como insegura. Se debe acordonar el área insegura mediante cintas plásticas para evitar el acceso.



Paso 5. Llenar el Formato de Evaluación Intermedia (véase apéndice C) y el Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio

1. Una vez inspeccionada y evaluada la estructura, o durante la inspección, según convenga, llenar el Formato de Evaluación Intermedia incluido en el apéndice C. Incluir en el Formato las recomendaciones pertinentes sobre acciones futuras.
2. Clasificar la estructura de conformidad con los resultados de la evaluación. Usar uno de tres Avisos de Seguridad Estructural (verde o “Uso Permitido”, amarillo o “Acceso y Uso Restringidos”, o rojo o “Acceso Prohibido”) que se incluyen en el apéndice A. Señalar en el Aviso si la revisión se hizo desde el “exterior” solamente, o “exterior e interior”. En caso de dudas sobre la seguridad estructural, marcar el edificio como “Acceso y Uso Restringidos” y recomendar la Evaluación Profunda. Indicar si es necesaria alguna intervención especial, como apuntalamiento o arriostramiento. Colocar el Aviso en la entrada de cada edificio, y un Resumen de Avisos en la(s) entrada(s) del plantel escolar.
3. Estimar la seguridad estructural del edificio de conformidad con la sección 6.4.
4. En caso de aplicar la EEE, explicar el significado de los Avisos “Acceso y Uso Restringidos” y “Acceso Prohibido” a la comunidad escolar y sugerirles que se retiren inmediatamente para evitar accidentes. Asimismo, se debe recomendar la evacuación de zonas designadas como “Áreas Inseguras”. Preparar un Croquis de Áreas Inseguras para comunicar a la comunidad escolar sobre las zonas a las que no está permitido ingresar.

Los criterios generales para una Evaluación Intermedia son los enlistados en la tabla 6.2, además de los presentados en la tabla 5.2. La aplicación de estos criterios requiere el uso de juicio profesional.

Tabla 6.2 Criterios generales para una Evaluación Intermedia

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso “Acceso Prohibido” si existe:
<p>1. Daño general. El daño general es el mejor indicador de la severidad de daño. Revisar la estructura buscando agrietamiento; en su caso, examinar posibles golpeteos con estructuras vecinas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso total o parcial. • Inclinación evidente del edificio o de un entrepiso. • Cimentaciones falladas (o rotas).
<p>2. Sistema resistente a cargas gravitacionales. No se debe permitir el uso del edificio si hay dudas de la capacidad del inmueble de cargar su propio peso y las cargas de servicio (personas y contenidos).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Columnas o muros de carga desplomados. • Columnas pandeadas o falladas. • Muros de carga dañados sin capacidad de resistir cargas gravitacionales. • Separación de estructura de piso o techo de muros u otros soportes. • Fallas en ménsulas u otros soportes. • Otro tipo de falla o incipiente falla de elementos o conexiones críticas para resistir cargas gravitacionales.
<p>3. Sistema resistente a fuerzas laterales. Identificar el sistema. Permitir el uso si el edificio tiene un sistema que está funcionando y no tiene elementos fracturados o severamente dañados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Marcos severamente dañados o inclinados. • Muros de concreto o mampostería severamente agrietados. • Contraventeos verticales fracturados o pandeados. • Diafragmas o contraventeos horizontales fracturados o severamente dañados. • Otro tipo de falla o incipiente falla de elementos o conexiones críticas para resistir fuerzas laterales.



<p>4. Peligro de desprendimientos. Revisar posibles desprendimientos de pretilos, fachadas, ornamentación, letreros, lámparas, sistemas simplemente apoyados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro de desprendimientos.
<p>5. Daño en el terreno circundante y/o en cimentaciones. Revisar el terreno circundante por evidencia de grietas, movimientos de masa o deformaciones. Revisar si estos desplazamientos verticales y/u horizontales han dañado a la cimentación. Se recomienda que un ingeniero geotecnista participe en la inspección si los elementos de la cimentación tienen grietas de 20 mm o más de espesor, asentamientos diferenciales de más de 50 mm en terrenos tipo I y 300 mm en terrenos tipo II y III, o existen grietas en el terreno de más de 20 mm adyacentes al edificio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Edificios desprendidos de la cimentación. • Asentamientos diferenciales producidos por el sismo que provocaron agrietamiento de cimentaciones, muros, columnas, pisos o techos. • Edificio en una zona de fallas del terreno. • Edificio en la trayectoria de una ladera inestable. • Edificio en peligro o impactado por escombros de un deslizamiento de terreno.
<p>Durante la inspección, tener en mente:</p>	
<p>6. Intensidad del sismo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Si un sismo de intensidad baja o moderada causa daño en la estructura, las consecuencias de un sismo de mayor intensidad podrían conducir a colapsos y afectar la vida de los ocupantes.
<p>7. Condiciones preexistentes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer si la estructura ya estaba dañada, por ejemplo, con evidencias tales como agrietamiento de elementos de concreto y/o mampostería, cimentaciones agrietadas y/o asentadas.
<p>8. Capacidad de deformación inelástica del sistema estructural.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Factor relevante a considerar en relación con el probable desempeño de la estructura ante una réplica del sismo. Una estructura dañada y con poca capacidad de deformación (como una hecha de mampostería simple o de concreto con detallado no dúctil) tiene una menor capacidad para resistir las réplicas del sismo que otra estructura, dañada, pero bien detallada y proporcionada para deformarse lateralmente.

Los criterios básicos para clasificar los Avisos de Seguridad Estructural y Uso de los Edificios se muestran en la tabla 6.3. Estos criterios fueron seleccionados de modo que permitan observar las condiciones o daños, de manera individual o colectiva, y poder así clasificar al edificio como “Acceso Prohibido”, “Acceso y Uso Restringidos”, o establecer un “Área Insegura”.

Si el edificio se considera visiblemente seguro, se marcará con el Aviso del tipo “Uso Permitido”. En él se señalará si la evaluación se hizo desde el

exterior, o bien, se complementó con una revisión desde el interior, como se espera en el Método de Evaluación Intermedia.

Cuando el nivel de seguridad está en duda y la condición de la estructura no es visiblemente segura ni claramente insegura, se marcará al edificio como “Acceso y Uso Restringidos”. En este caso, el acceso está limitado por razones de emergencia. A las estructuras con este tipo de marcado se les deberá aplicar el Método de Evaluación Profunda (véase INIFED, 2020a).

Tabla 6.3 Criterios básicos para la clasificación de Avisos en la Evaluación Intermedia

Condición ¹	Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio
<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacidad original de resistir cargas gravitacionales sin afectación importante y sin posibles inestabilidades. 2. Capacidad original de resistir fuerzas laterales sin afectación importante. 3. No hay potenciales desprendimientos. Se acepta delimitar, acordonar y marcar como “Área Insegura”. 4. No hay evidencia de daño significativo en cimentaciones. No hay signos de movimientos del terreno. 5. Las entradas y salidas principales son operables y accesibles. 6. No hay otra condición insegura aparente. 	<p>“Uso Permitido”</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Daños estructurales de intensidad moderada. 2. Nivel de seguridad estructural que requiere una Evaluación Profunda. Véase INIFED (2020a). 3. Daños debidos a fallas y peligros de origen geotécnico o incertidumbre sobre el incremento de éstos. 4. Presencia o incertidumbre sobre la existencia de otros peligros (como derrames o fugas de materiales peligrosos). 	<p>“Acceso y Uso Restringidos”</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. El edificio colapsó total o parcialmente, o se desprendió de su cimentación. 2. El edificio o alguno de sus pisos está visiblemente inclinado. 3. Daño severo evidente en elementos estructurales del sistema resistente a cargas gravitacionales (vigas, columnas, muros) u otros signos de daño severo. <ul style="list-style-type: none"> • Daño severo en sistema resistente a fuerzas laterales. • Desplazamiento lateral residual significativo. • Agrietamiento inclinado, penetración en castillos, aplastamiento de mampostería. • Agrietamiento inclinado, aplastamiento del concreto, pandeo del acero de refuerzo. • Desconchamiento y plastificación en extremos de columnas y base de muros. • Pandeo o rotura de contraventeos. 4. Daño en diafragmas de piso o techo. Agrietamiento significativo de losas. Evidencia de separación o fallas en soportes de techos y pisos. 5. En conexiones de concreto prefabricado, daño en apoyos y/o uniones. 6. Grietas importantes en el suelo, movimiento masivo del suelo o deslizamiento de talud. 	<p>“Acceso Prohibido”</p>



Condición ¹	Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio
1. Barda visiblemente inclinada y/o en peligro de caída. 2. Peligro de caída o desprendimiento de pretilas, letreros, tinacos, chimeneas u otros elementos.	“Área Insegura”
3. Otros peligros como: <ul style="list-style-type: none"> • Fugas o derrames. • Tuberías de hidrocarburos rotas. • Caída o exposición de líneas de energía eléctrica. • Daño en equipos de detección y protección contra incendio. • Daños en escaleras, puertas atoradas, salidas bloqueadas. • Elevadores o montacargas dañados. 	“Acceso Prohibido” o “Área Insegura”

¹Para fines de esta tabla, se entiende por daño severo (véase tablas 6.5 a 6.10 para mayores detalles):

- En estructuras de mampostería a base de muros de carga:
 - ▷ $GI > 5$ mm, penetración en extremos, desconchamiento/aplastamiento de mampostería/concreto.
 - ▷ $DR > 0.001$ veces la altura de la estructura o del entrepiso más deformado, si es de mampostería simple.
 - ▷ $DR > 0.003$ veces la altura de la estructura o del entrepiso más deformado, si es de mampostería confinada o reforzada interiormente.
- En estructuras de concreto:
 - ▷ Muros: $GI > 3$ mm, aplastamiento en extremo de grieta y posible fractura del acero de refuerzo.
 - ▷ Columnas $GI > 1.5$ mm en pocas grietas, aplastamiento en extremo de grieta, posible fractura o apertura de estribos, posible pandeo del refuerzo longitudinal.
 - ▷ Losas planas: $G > 3$ mm en pocas grietas, grietas concéntricas en la losa a una vez el peralte de la losa de la cara de la columna, desconchamiento/aplastamiento del concreto en caras superior e inferior de la losa, refuerzo del lecho superior de la losa doblado.
 - ▷ $DR > 0.015$ veces la altura de la estructura o del entrepiso más deformado si el marco es a base de marcos.
 - ▷ $DR > 0.01$ veces la altura de la estructura y del entrepiso más deformado si el marco está arriostrado con muros de concreto.
- En estructuras de acero:
 - ▷ Columnas: acortamiento con pandeo local de placas y fractura de soldadura.
 - ▷ Conexiones: fractura o deformación visibles por tensión y acción de palanca de los ángulos.
 - ▷ $DR > 0.015$ veces la altura de la estructura o del entrepiso más deformado, si el marco no tiene contraventeos.
 - ▷ $DR > 0.01$ veces la altura de la estructura o del entrepiso más deformado si el marco está contraventeado..
- En marcos de concreto y de acero con muros diafragma:
 - ▷ Muros: $GI > 3$ mm, aplastamiento y deslizamiento de piezas y mortero.
 - ▷ Elementos de concreto: véase especificaciones de columnas (descritas con anterioridad).
 - ▷ Elementos de acero: fractura de conexión y posible agrietamiento y aplastamiento en esquina del muro.
 - ▷ $DR > 0.01$ veces la altura de la estructura o del entrepiso más deformado.
- Cimentaciones:
 - ▷ $G > 20$ mm.
 - ▷ $GI > 5$ mm.
 - ▷ Grietas del suelo > 20 mm.
 - ▷ Asentamiento/emersión > 50 mm en terrenos tipo I y 300 mm en terrenos tipo II y III.
- Notas:
 - ▷ G ancho de una grieta perpendicular al eje, usualmente por flexión, mm.
 - ▷ GI ancho de una grieta inclinada, usualmente por tensión diagonal, mm.
 - ▷ DR desplazamiento residual de la estructura o del entrepiso más deformado, mm.

El Formato de Evaluación para levantamiento de datos del Método de Evaluación Intermedia se encuentra en el apéndice C.

6.4 ESTIMACIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DURANTE UNA EVALUACIÓN INTERMEDIA

6.4.1 Resumen del procedimiento empleado en este documento

Como se indicó en la sección 6.1, los objetivos del MEI son confirmar el Aviso colocado tras la aplicación del MER y calcular, de manera aproximada, la seguridad estructural del edificio ante fuerzas laterales inducidas por sismo.

En esta sección se describen los pasos a seguir para estimar la seguridad estructural del edificio ante fuerzas laterales inducidas por sismo. Para fines del MEI, se supone que al estar en pie la estructura, su sistema resistente a cargas gravitacionales posee una estabilidad mínima. Si hay dudas sobre la capacidad del sistema, se deberá recomendar una evaluación profunda (véase INIFED, 2020a).

Dependiendo de la disponibilidad de la información necesaria, se podrá realizar la estimación de la seguridad estructural ante fuerzas laterales inducidas por sismo en campo o gabinete. Es deseable que el método se programe en un dispositivo portátil, mediante un software de aplicación, que permita obtener el resultado en el campo durante la inspección.

Los detalles de la metodología para estimar la seguridad estructural ante fuerzas laterales inducidas por sismo se pueden consultar en Alcocer et al. (2020b —a publicarse en 2021). El concepto básico del procedimiento consiste en calcular el cociente entre la capacidad y la demanda de desplazamiento lateral de los elementos estructurales del entrepiso crítico de una estructura. Se entiende por entrepiso crítico a aquel con mayor probabilidad de exhibir daño o falla o que controle el comportamiento de la estructura. El cociente capacidad/demanda de

desplazamiento lateral se calcula para las dos direcciones ortogonales del edificio.

La capacidad de desplazamiento lateral se determina para el mecanismo de falla que tiene mayor probabilidad de desarrollarse en cada entrepiso de una estructura, por ejemplo, falla por tensión diagonal en columnas, falla de entrepiso por la formación de articulaciones plásticas en los extremos de las columnas, o falla por tensión diagonal en muros de carga. Para el entrepiso crítico se estima la distorsión promedio (de una columna o muro) que puede tolerar ese entrepiso antes de fallar.

La demanda de desplazamiento lateral se calcula a partir del peligro sísmico al que está sujeto el edificio. Este peligro puede corresponder al espectro de diseño para el sitio o zona en donde se encuentre la estructura en estudio, o a un espectro de respuesta para un movimiento registrado en específico. En el caso del peligro sísmico de diseño, el espectro de diseño será el establecido en la Norma Mexicana para la Seguridad de la Infraestructura Física Educativa NMX-R-079-SCFI-2015 (Secretaría de Economía, 2015). Cuando existan regulaciones estatales o municipales que sean más estrictas que lo que se requiere en esta Norma Mexicana, se deberá acatar lo especificado por la autoridad local.

En el apéndice E se pueden consultar las ecuaciones para calcular la resistencia para los distintos mecanismos de falla supuestos para estructuras de concreto, mampostería y acero.

El procedimiento requiere una serie de parámetros y propiedades que es fácilmente obtenida en el levantamiento de campo, a saber:

- Edad del edificio, es decir, año o época de su diseño/construcción.
- Número de pisos, es decir, número de losas sobre banqueta.
- Altura libre de entrepiso (valor característico).
- Superficie construida por nivel, incluyendo corredores y balcones.

- e. Localización en planta y geometría de elementos estructurales (vigas, columnas, muros).
- f. Ubicación, orientación y dimensiones de muros diafragma, si existen.
- g. Cuantía y detalles del refuerzo longitudinal y transversal de elementos.
- h. Propiedades mecánicas de los materiales.
- i. Localización, extensión e intensidad del daño en elementos estructurales, tales como anchos de grieta, extensión de soldaduras fracturadas y extensión de desconchamientos de concreto o mampostería.
- j. Hundimientos uniformes o diferenciales y desplomos.

Los valores de los incisos g y h se pueden obtener mediante técnicas de evaluación destructiva y no destructiva; también se acepta usar valores tipo que dependen de la época de construcción. Se recomienda consultar la información en el Archivo Documental Normativo, si existe, para identificar los parámetros mencionados con anterioridad.

6.4.2 Pasos para la estimación de la seguridad estructural ante fuerzas laterales inducidas por sismo

La estimación de la seguridad estructural ante fuerzas laterales inducidas por sismo comprende dos etapas:

- Etapa 1. Revisar el edificio, medir y registrar el daño (véase paso 3, incisos 5 y 6 de la tabla 6.1).
 - » Con base en el ancho de grietas y otros descriptores de daño, se clasificará el nivel de daño de los principales elementos resistentes a cargas gravitacionales (columnas, muros, vigas) y a fuerzas laterales (columnas, muros, contraventeos).
 - » Para facilitar la clasificación de la intensidad del daño, se han preparado las tablas 6.5 a 6.10 para estructuras de mampostería, concreto y con muros diafragma.
 - » En estas tablas se presentan fotografías representativas del tipo de daño y se

describen los principales atributos (como son el ancho de grietas, por ejemplo) que permiten clasificar la intensidad o nivel del daño. Para fines de esta Metodología, se consideran cuatro niveles de daño, e. g., nulo, ligero, moderado y severo.

- » Véase los incisos 6.4.3.1 a 6.4.3.3 para clasificar el nivel de daño de estructuras de mampostería, de concreto y a base de muros diafragma, respectivamente.
- » Se seleccionaron los modos de falla que con mayor frecuencia se han observado en edificaciones educativas.

- Etapa 2. Estimar la seguridad estructural ante fuerzas laterales inducidas por sismo mediante el procedimiento del inciso 6.4.1.
 - » Si los elementos estructurales están dañados, se usarán los factores reductivos λ incluidos en las tablas 6.5 a 6.10 para cada nivel de daño, para el sistema estructural que corresponda. Este factor se usa para estimar la rigidez, resistencia y capacidad de deformación de un elemento dañado. Para ello, se calcula la propiedad estructural de interés, suponiendo que no hay daño, agrietamiento ni deterioro. El resultado es afectado por el factor λ correspondiente.

La información que se obtiene de aplicar las etapas 1 y 2 anteriores se incluye en el Formato de Evaluación Intermedia del apéndice C.

Idealmente, la capacidad de desplazamiento lateral debe ser al menos igual a la demanda producida por un sismo. Si la capacidad es igual o mayor que la demanda, no será necesario revisar el edificio con mayor detalle. Si, por lo contrario, la capacidad estructural es menor que la demanda sísmica, calculadas con el procedimiento descrito, se deberá aplicar la Evaluación Profunda, según el nivel de priorización asignado. La MEP tiene como objetivo estimar la seguridad estructural con mayor precisión, decidir las estrategias y técnicas de rehabilitación y diseñarlas a fin de satisfacer los objetivos de desempeño establecidos

en los reglamentos locales y/o acordados con los propietarios. Los detalles de la Evaluación Profunda y de los requisitos de análisis, diseño y construcción de las técnicas de rehabilitación más comunes se pueden consultar en INIFED (2020a).

En caso de edificios con daño severo, para los cuales existan dudas sobre su demolición, se recomendará una Evaluación Profunda. La decisión de demoler dependerá de la factibilidad de técnicas de la rehabilitación, de la confiabilidad de la seguridad que se puede lograr, así como del costo de reposición.

Cuando la capacidad de desplazamiento lateral sea menor que la demanda, se asignará un Nivel de Atención Prioritaria (NAP), de conformidad con lo señalado en la tabla 6.4. Mientras menor sea el cociente entre la capacidad de desplazamiento lateral y la demanda, el NAP será más cercano a 1. Un NAP = 1 implica que un edificio debe ser sometido, a la brevedad, a una Evaluación Profunda. Se entiende por distorsión remanente al cociente del desplazamiento lateral de la estructura dividido entre la altura del sitio en donde se mide ese desplazamiento desde la base. La distorsión remanente puede ser de todo el edificio, o bien, del entrepiso más deformado, la que sea mayor.

Las implicaciones de los NAP serán definidas por las autoridades educativas de nivel federal y local, de conformidad con sus prioridades. Un ejemplo de consecuencias sería otorgar una constancia de uso provisional para el edificio en estudio mientras que es revisado mediante una Evaluación Profunda y, si es el caso, se ejecuta el proyecto de su rehabilitación. Es usual que este tipo de medidas vengán acompañadas de plazos de tiempo, iniciados a partir de la expedición de la constancia de uso provisional, para realizar la Evaluación Profunda y la ejecución de la rehabilitación. Estos plazos se establecen en función de la disponibilidad de recursos humanos, financieros y logísticos que permitan implantar un programa de rehabilitación de escuelas de mediano o amplio alcance. Un ejemplo de plazos para un NAP sería dar dos años para presentar el informe final de la Evaluación Profunda y de tres años para haber terminado la rehabilitación del edificio. Estos plazos aumentarían para NAP más alejados de 1.

En la última columna de la tabla 6.4 se incluye también el tipo de Aviso que se recomienda colocar tras una Evaluación Intermedia.

Tabla 6.4 Niveles de Atención Prioritaria para escuelas después de habérseles aplicado la Evaluación Intermedia

Nivel de daño por sismo y/o distorsión remanente	Relación Capacidad/ Demanda	Nivel de Atención Prioritaria	Aviso MEI
Severo en elementos estructurales y/o distorsión remanente cuando excede lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de mampostería simple: DR>0.001 • Sistemas de mampostería confinada: DR>0.003 • Sistemas de marcos de concreto o de acero: DR>0.015 • Sistemas de marcos de concreto o de acero con muros diafragma no desligados: DR>0.010 • Sistemas de columnas de concreto interconectadas a losas planas: DR>0.005 • Sistema de marcos de concreto o de acero con contraventeos o muros de concreto: DR>0.010 	Cualquier relación	NAP 1	Rojo
Moderado en elementos estructurales	Cualquier relación	NAP 2	Rojo



Nivel de daño por sismo y/o distorsión remanente	Relación Capacidad/ Demanda	Nivel de Atención Prioritaria	Aviso MEI
Nulo o ligero en elementos estructurales y nulo/ligero/ moderado en elementos no estructurales	$C/D \leq 0.20$	NAP 3	Rojo
Nulo o ligero en elementos estructurales y nulo/ligero/ moderado en elementos no estructurales	$0.20 < C/D \leq 0.30$	NAP 4	Rojo
Nulo o ligero en elementos estructurales y nulo/ligero/ moderado en elementos no estructurales	$0.30 < C/D \leq 0.40$	NAP 5	Amarillo
Nulo o ligero en elementos estructurales y nulo/ligero/ moderado en elementos no estructurales	$0.40 < C/D \leq 0.55$	NAP 6	Amarillo
Nulo o ligero en elementos estructurales y nulo/ligero/ moderado en no estructurales	$0.55 < C/D \leq 0.70$	NAP 7	Amarillo
Nulo o ligero en elementos estructurales y nulo/ligero/ moderado en no estructurales	$0.70 < C/D \leq 1.00$	NAP 8	Amarillo
Nulo o ligero en elementos estructurales y nulo/ligero/ moderado en no estructurales	$C/D > 1.00$	NAP 9	Verde

6.4.3 Clasificación del nivel de daño de edificios

6.4.3.1 De edificios de mampostería

Para fines del MEI, se consideran estructuras existentes de mampostería simple y confinada sin refuerzo horizontal cuyo comportamiento esté controlado por tensión diagonal pura. Éste es el modo de comportamiento más usual en este tipo de edificaciones. Se recomienda consultar en INIFED (2020b) los distintos modos de comportamiento de estructuras de mampostería en sus diferentes modalidades.

En caso de evaluar una estructura de mampostería confinada con refuerzo horizontal (en forma de alambres en las juntas de mortero o de mallas de alambre soldado) o de mampostería reforzada interiormente, se aceptará usar los criterios para mampostería confinada sin refuerzo horizontal siempre que el modo de comportamiento sea por tensión diagonal.

En las tablas 6.5 y 6.6 se presentan las descripciones del daño y los factores λ aplicables a estructuras de mampostería simple y de mampostería confinada sin refuerzo horizontal (INIFED, 2020b). En estas tablas:

- G:** ancho de una grieta perpendicular al eje, usualmente por flexión, mm.
- GI:** ancho de una grieta inclinada, usualmente por tensión diagonal, mm.
- DR:** desplazamiento residual de la estructura o del entrepiso más deformado, mm.
- λ_D : factor reductor de la capacidad de desplazamiento en función del nivel de daño en el elemento estructural.
- λ_R : factor reductor de la rigidez lateral que depende del nivel de daño en el elemento estructural.
- $\lambda_{R'}$: factor reductor de la resistencia lateral en función del nivel de daño del elemento estructural.

Tabla 6.5 Descripción del daño y factores λ para edificios de mampostería simple con fines de Evaluación Intermedia

Modo de comportamiento	Daño característico	Nivel de daño	Descripción del daño (uno o más elementos)	Factor reductivo λ		
				λ_K	λ_R	λ_D
Tensión diagonal pura	 Fuente: cortesía del INIFED (2019).	Nulo	· Sin daño	1.0	1.0	1.0
		Ligero	· $GI < 1$ mm	1.0	1.0	1.0
		Moderado	· $GI < 5$ mm	0.8	0.9	1.0
		Severo	· $GI > 5$ mm y · Aplastamiento/desconchamiento mampostería y/o · $DR > 0.001$ veces la altura del edificio o del entrepiso más deformado	0.4	0.8	0.7
Agrietamiento vertical y flexión fuera de plano	 Fuente: archivo personal de Sergio Alcocer (1999).	Nulo	· Sin daño	1.0	1.0	1.0
		Ligero	· $G < 1$ mm horizontal en plano del muro o vertical en esquina	1.0	1.0	1.0
		Moderado	· $G < 3$ mm	0.9	0.9	0.9
		Severo	· $G > 3$ mm y · Aplastamiento/desconchamiento piezas y · Desfase fuera de plano > 10 mm	0.6	0.6	0.6

Nota: G : ancho de una grieta perpendicular al eje, usualmente por flexión, mm. GI : ancho de una grieta inclinada, usualmente por tensión diagonal, mm. DR : desplazamiento residual de la estructura o del entrepiso más deformado, mm.

Tabla 6.6 Descripción del daño y factores λ para edificios de mampostería confinada sin refuerzo horizontal con fines de Evaluación Intermedia

Modo de comportamiento	Daño característico	Nivel de daño	Descripción del daño (uno o más elementos)	Factor reductivo λ		
				λ_K	λ_R	λ_D
Flexión-tensión diagonal	 Fuente: archivo personal de Sergio Alcocer (1997).	Nulo	· Sin daño	1.0	1.0	1.0
		Ligero	· $GI < 1.5$ mm en el centro del muro · G de flexión < 1.5 mm	0.8	1.0	1.0
		Moderado	· $GI < 5$ mm · G de flexión < 3 mm	0.5	0.9	0.9
		Severo	· $GI > 5$ mm y · Penetración de GI en extremos de castillos y · Aplastamiento/desconchamiento mampostería y/o · $DR > 0.003$ veces la altura del edificio o del entrepiso más deformado	0.2	0.5	0.7
Tensión diagonal pura	 Fuente: cortesía del INIFED (2019).	Nulo	· Sin daño	1.0	1.0	1.0
		Ligero	· $GI < 1$ mm en el centro del muro	0.6	1.0	1.0
		Moderado	· $GI < 5$ mm siguiendo las diagonales del muro · $GI < 1$ mm que penetró en extremos de castillo	0.5	0.8	0.9
		Severo	· $GI > 5$ mm y · Penetración de GI en extremos de castillos y · Aplastamiento/desconchamiento mampostería y/o · $DR > 0.003$ veces la altura del edificio o del entrepiso más deformado	0.2	0.3	0.7

Nota: G : ancho de una grieta perpendicular al eje, usualmente por flexión, mm. GI : ancho de una grieta inclinada, usualmente por tensión diagonal, mm. DR : desplazamiento residual de la estructura o del entrepiso más deformado, mm.

6.4.3.2 De una edificación de concreto

En el caso de edificios de concreto, el MEI considera los modos de comportamiento siguientes:

- Flexión-tensión diagonal en columnas y muros.
- Tensión diagonal pura en columnas y muros.
- Flexión y falla de compresión en extremo de columna.
- Flexión y falla por adherencia en traslapes de columnas.
- Fallas por cortante de uniones viga-columna.
- Falla por cortante/punzonamiento en losas planas unidas por columnas.

Cuando ocurran otros modos de comportamiento (o de falla) se deberá consultar INIFED (2020b).

En las tablas 6.7 a 6.9 se presentan fotografías representativas del modo de comportamiento, la descripción del daño y los factores reductivos

λ para edificios a base de muros de concreto, de marcos de concreto y de losas planas unidas por columnas, respectivamente (INIFED, 2020b). En estas tablas:

G: ancho de una grieta perpendicular al eje, usualmente por flexión, mm.

GI: ancho de una grieta inclinada, usualmente por tensión diagonal, mm.

DR: desplazamiento residual de la estructura o del entrepiso más deformado, mm.

ND: no disponible (para este nivel de daño, los valores de λ son cercanos a cero).

λ_D : factor reductivo de la capacidad de desplazamiento en función del nivel de daño en el elemento estructural.

λ_K : factor reductivo de la rigidez lateral que depende del nivel de daño en el elemento estructural.

λ_R : factor reductivo de la resistencia lateral en función del nivel de daño del elemento estructural.

Tabla 6.7 Descripción del daño y factores λ para edificios a base de muros de concreto con fines de Evaluación Intermedia

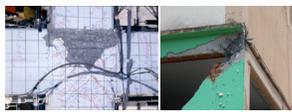
Modo de comportamiento	Daño característico	Nivel de daño	Descripción del daño (uno o más elementos)	Factor reductivo λ		
				λ_K	λ_R	λ_D
Flexión-tensión diagonal en muros	 Fuente: cortesía de Alfredo Sánchez (2020).	Nulo	• Sin daño	1.0	1.0	1.0
		Ligero	• GI < 1.5 mm en el centro del muro • G de flexión < 3 mm	0.8	1.0	1.0
		Moderado	• GI < 3 mm y • G de flexión < 5 mm	0.5	0.8	0.9
		Severo	• GI > 3 mm en pocas grietas y • G de flexión > 5 mm y • Posible fractura del refuerzo • DR > 0.01 veces la altura del edificio o del entrepiso más deformado	0.2	0.3	0.7
Tensión diagonal pura en muros	 Fuente: cortesía de Alfredo Sánchez (2020).	Nulo	• Sin daño	1.0	1.0	1.0
		Ligero	• GI < 1.5 mm	0.7	1.0	1.0
		Moderado	• GI < 3 mm	0.5	0.8	0.9
		Severo	• GI > 3 mm en pocas grietas y • Aplastamiento/desconchamiento mampostería y/o • Posible fractura del refuerzo • DR > 0.01 veces la altura del edificio o del entrepiso más deformado	0.2	0.3	0.7

Nota: **G**: ancho de una grieta perpendicular al eje, usualmente por flexión, mm. **GI**: ancho de una grieta inclinada, usualmente por tensión diagonal, mm. **DR**: desplazamiento residual de la estructura o del entrepiso más deformado, mm.

Tabla 6.8 Descripción del daño y factores λ para edificios de marcos de concreto con fines de Evaluación Intermedia

Modo de comportamiento	Daño característico	Nivel de daño	Descripción del daño (uno o más elementos)	Factor reductivo λ		
				λ_K	λ_R	λ_D
Flexión-tensión diagonal en columnas	 Fuente: cortesía de Halil Sezen (2020).	Nulo	· Sin daño	1.0	1.0	1.0
		Ligero	· $GI < 0.5$ mm y · G de flexión < 1 mm	0.8	1.0	1.0
		Moderado	· $GI < 2$ mm y · G de flexión < 2 mm y · $GI > 1.5$ mm o desconchamiento concreto en extremos de columna	0.5	0.8	0.9
		Severo	· $GI > 2$ mm concentradas en unas cuantas grietas · Posible fractura del acero · $DR > 0.015$ veces la altura del edificio o del entrepiso más deformado	0.2	0.3	0.7
Tensión diagonal pura en columnas	 Fuente: cortesía del INIFED (2019).	Nulo	· Sin daño	1.0	1.0	1.0
		Ligero	· $GI < 0.5$ mm y · G de flexión < 1 mm	0.6	1.0	1.0
		Moderado	· $GI > 1.5$ mm y · G de flexión < 2 mm	0.5	0.8	0.9
		Severo	· $GI > 1.5$ mm concentrado en una o en pocas grietas y · Aplastamiento en extremo de grieta y · Posible fractura y/o apertura de estribos con doblez a 90 grados · Posible pandeo del refuerzo longitudinal · $DR > 0.015$ veces la altura del edificio o del entrepiso más deformado	ND	ND	ND
Flexión y falla de compresión en extremo de columna	 Fuente: archivo personal de Sergio Alcocer (1997).	Nulo	· Sin daño	1.0	1.0	1.0
		Ligero	· $GI < 0.5$ mm y · G de flexión < 1 mm y · Desconchamiento incipiente	0.8	1.0	1.0
		Moderado	· $GI < 1.5$ mm y · G de flexión en extremos < 2 mm y · Desconchamiento limitado en extremos	0.5	0.8	0.8
		Severo	· $GI > 2$ mm · G de flexión > 2 mm y · Desconchamiento significativo y · Posible pandeo del refuerzo y · $DR > 0.015$ veces la altura del edificio o del entrepiso más deformado	0.2	0.3	0.7
Flexión y falla por adherencia en traslapes de columnas	 Fuente: archivo personal de Sergio Alcocer (1999).	Nulo	· Sin daño	1.0	1.0	1.0
		Ligero	· $G < 0.5$ mm y · Sin agrietamiento ni desconchamiento vertical	0.8	1.0	1.0
		Moderado	· $G > 2$ mm · G vertical sobre traslape > 1 mm	0.4	0.6	0.8
		Severo	· $G > 2$ mm, · $G >$ vertical sobre traslape > 1 mm y · Desconchamiento a lo largo del traslape y · Posible pandeo del refuerzo y · Deslizamiento visible	ND	ND	ND



Modo de comportamiento	Daño característico	Nivel de daño	Descripción del daño (uno o más elementos)	Factor reductivo λ		
				λ_K	λ_R	λ_D
Fallas por cortante de uniones viga-columna	 Fuente: cortesía del CENAPRED (2019) y cortesía de James O. Jirsa (1985).	Nulo	· Sin daño	1.0	1.0	1.0
		Ligero	· $GI < 0.5$ mm	0.6	1.0	1.0
		Moderado	· $GI < 2$ mm	0.5	0.8	0.9
		Severo	· $GI > 2$ mm y · Aplastamiento/desconchamiento del concreto · $DR > 0.015$ veces la altura del edificio o del entrepiso más deformado	0.2	0.3	0.7

Nota: G : ancho de una grieta perpendicular al eje, usualmente por flexión, mm. GI : ancho de una grieta inclinada, usualmente por tensión diagonal, mm. DR : desplazamiento residual de la estructura o del entrepiso más deformado, mm. ND : no disponible (para este nivel de daño, los valores de λ son cercanos a cero).

Tabla 6.9 Descripción del daño y factores λ para edificios con columnas unidas con losas planas de concreto con fines de Evaluación Intermedia

Modo de comportamiento	Daño característico	Nivel de daño	Descripción del daño (uno o más elementos)	Factor reductivo λ		
				λ_K	λ_R	λ_D
Cortante/punzonamiento en losas planas	 Fuente: archivo personal de Sergio Alcocer (1985).	Nulo	· Sin daño	1.0	1.0	1.0
		Ligero	· $G < 0.5$ mm radiales desde la columna en la cara superior de la losa · $G < 0.2$ mm en la cara inferior de la losa	0.6	1.0	1.0
		Moderado	· $G < 1.25$ mm radiales desde la columna y a lo ancho de la losa, en la cara superior de la losa y · $G < 0.5$ mm en la cara inferior de la losa, en la cara de la columna o capitel, si existe, y desconchamiento incipiente	0.4	0.7	0.8
		Severo	· $G > 3$ mm concentradas en pocas grietas en la cara superior y · Agrietamiento a una distancia del orden de una vez el peralte de la losa, siguiendo la forma de la sección transversal de la columna (grietas concéntricas) · Desconchamiento y/o aplastamiento extendido del concreto en la cara superior de la losa, frecuentemente en forma de mariposa o de la sección transversal de la columna y · Desconchamiento y/o aplastamiento localizado del concreto en la cara inferior de la losa junto a la columna (o capitel de columna, si existe) y · Refuerzo del lecho superior de la losa doblado · $DR > 0.005$ veces la altura del edificio o del entrepiso más deformado	ND	ND	ND

Nota: G : ancho de una grieta perpendicular al eje, usualmente por flexión, mm. GI : ancho de una grieta inclinada, usualmente por tensión diagonal, mm. DR : desplazamiento residual de la estructura o del entrepiso más deformado, mm. ND : no disponible (para este nivel de daño, los valores de λ son cercanos a cero).

6.4.3.3 De un edificio de marcos de concreto o de acero con muros diafragma

En el Método de Evaluación Intermedia se consideran los siguientes modos de comportamiento en edificios existentes de marcos de concreto o de acero con muros diafragma:

- Aplastamiento de mampostería en esquina de muros diafragma (marcos de concreto o de acero).
- Tensión diagonal en el muro diafragma (marcos de concreto o de acero).
- Daño por cortante en columnas o en unión viga-columna de marcos de concreto con muros diafragma.

Si los modos de falla son distintos de los supuestos, se deberán usar los valores sugeridos en INIFED (2020b).

En la tabla 6.10 se presentan fotografías representativas del modo de comportamiento, la descripción del daño y los factores reductivos λ para edificios de marcos de concreto o de acero con muros diafragma (INIFED, 2020b). En estas tablas:

G: ancho de una grieta perpendicular al eje, usualmente por flexión, mm.

GI: ancho de una grieta inclinada, usualmente por tensión diagonal, mm.

DR: desplazamiento residual de la estructura o del entrepiso más deformado, mm.

ND: no disponible (para este nivel de daño, los valores de λ son cercanos a cero).

λ_D : factor reductivo de la capacidad de desplazamiento en función del nivel de daño en el elemento estructural.

λ_K : factor reductivo de la rigidez lateral que depende del nivel de daño en el elemento estructural.

λ_R : factor reductivo de la resistencia lateral en función del nivel de daño del elemento estructural.

Tabla 6.10 Descripción del daño y factores λ para edificios de marcos de concreto o de acero con muros diafragma con fines de Evaluación Intermedia

Modo de comportamiento	Daño característico	Nivel de daño	Descripción del daño (uno o más elementos)	Factor reductivo λ		
				λ_K	λ_R	λ_D
Aplastamiento de mampostería en esquina de muros diafragma (marcos de concreto o de acero)	 Fuente: cortesía del INIFED (2019).	Nulo	· Sin daño	1.0	1.0	1.0
		Ligero	· Separación de mortero alrededor del muro	0.9	0.9	1.0
		Moderado	· Aplastamiento de mortero y · Agrietamiento de piezas	0.6	0.8	0.8
		Severo	· Desconchamiento de piezas · GI en mampostería y · Posible deslizamiento sobre juntas · DR > 0.01 veces la altura del edificio o del entrepiso más deformado	0.5	0.7	0.7
Tensión diagonal en muros diafragma (marcos de concreto o de acero)	 Fuente: cortesía del INIFED (2019).	Nulo	· Sin daño	1.0	1.0	1.0
		Ligero	· GI < 1 mm	0.7	0.9	1.0
		Moderado	· GI < 1 mm y · Aplastamiento del mortero	0.4	0.8	0.9
		Severo	· GI > 3 mm y · Aplastamiento y deslizamiento de piezas · DR > 0.01 veces la altura del edificio o del entrepiso más deformado	0.2	0.5	0.8
Daño por cortante en columnas o en unión viga-columna de marcos de concreto con muros diafragma	  Fuente: cortesía del INIFED (2019).	Nulo	· Sin daño	1.0	1.0	1.0
		Ligero	· GI < 1 mm en nudo y/o columna y · Separación de mortero a lo largo del marco	0.9	0.9	1.0
		Moderado	· GI > 3 mm en nudo y/o columna (a lo largo de dos peraltes de la columna) · Posible desconchamiento del recubrimiento de concreto	0.7	0.7	0.4
		Severo	· GI > 5 mm en el nudo y/o columna y · Desconchamiento concreto y · Posible agrietamiento y aplastamiento de mampostería · En el caso de columnas, fractura de estribos o apertura de éstos si tienen dobleces de 90 grados · DR > 0.01 veces la altura del edificio o del entrepiso más deformado	0.4	0.2	0.4



Modo de comportamiento	Daño característico	Nivel de daño	Descripción del daño (uno o más elementos)	Factor reductivo λ		
				λ_K	λ_R	λ_D
Daño en la conexión del marco de acero con muros diafragma	 <p>Fuente: cortesía de David Murià (2018).</p>	Nulo	· Sin daño	1.0	1.0	1.0
		Ligero	· Fluencia de la conexión (búsquese escamas de pintura)	0.9	1.0	1.0
		Moderado	· Acción de palanca y deslizamiento de la conexión	0.9	0.8	0.8
		Severo	<ul style="list-style-type: none"> · Fractura de conexión y · Posible agrietamiento y aplastamiento en esquina del muro · DR > 0.01 veces la altura del edificio o del entrepiso más deformado 	ND	ND	ND

Nota: **G**: ancho de una grieta perpendicular al eje, usualmente por flexión, mm. **GI**: ancho de una grieta inclinada, usualmente por tensión diagonal, mm. **DR**: desplazamiento residual de la estructura o del entrepiso más deformado, mm. **ND**: no disponible (para este nivel de daño, los valores de λ son cercanos a cero).

Inspección de estructuras de mampostería

7.1 ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA SIMPLE

Una descripción de las características básicas de las estructuras de mampostería simple, de sus materiales, componentes y modos de comportamiento se pueden consultar en INIFED (2020b).

7.1.1 Recomendaciones generales para la inspección

- Revisar detalladamente la estructura para identificar algún agrietamiento. Un agrietamiento significativo puede causar la falla de un muro o pretil fuera de plano. Hay muy poco margen de seguridad en una estructura de mampostería simple agrietada, en tal caso, se debe marcar con el Aviso “Acceso Prohibido”.

- En las figuras 7.1 y 7.2 se muestran los principales aspectos a inspeccionar en una estructura de adobe y de muros de mampostería simple, respectivamente.
- Se requiere aplicar el juicio profesional para asignar la categoría de Aviso.
- Nótese que pueden existir otros peligros además de los enlistados.

7.1.2 Principales aspectos por revisar y evaluar

En la tabla 7.1 se presentan los principales aspectos a revisar y evaluar en la inspección de estructuras de mampostería simple.

Tabla 7.1 Principales aspectos a revisar y evaluar en la inspección de estructuras de mampostería simple

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso "Acceso Prohibido" en caso de existir:
1. Daño general. Revisar la estructura buscando agrietamiento; en su caso, revisar posibles golpeteos con estructuras vecinas.	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso total o parcial. • Inclinación evidente del edificio o de un entrespacio.
2. Unión de sistemas de piso y techo con muros. Buscar evidencia de movimiento relativo o separación entre muros y piso/techo. Revisar daño en muros que afecten el soporte del piso/techo.	<ul style="list-style-type: none"> • Separación de estructura de piso o techo del muro. • Agrietamiento de muro. • Falla o falla incipiente de conexión entre piso/techo y muro.
3. Muros. Revisar agrietamiento inclinado (por tensión diagonal o cortante), agrietamiento y aplastamiento de mampostería. Hacer énfasis en agrietamiento que sugiera falla fuera de plano.	<ul style="list-style-type: none"> • Muros desplomados a simple vista. • Agrietamiento inclinado de ancho significativo. • Separación de capas de muros (en muros capuchinos). • Agrietamiento que afecte la capacidad de carga vertical. • Agrietamiento cerca de aberturas.
4. Columnas. Revisar las columnas y sus apoyos.	<ul style="list-style-type: none"> • Columnas desplomadas a simple vista. • Columnas pandeadas o falladas.
5. Diafragmas de piso y techo. Revisar el estado de estructuras de piso y techo.	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura del diafragma deformada, rota o dañada. • Movimiento relativo o falla por cortante en el apoyo en el muro.
6. Cimentaciones. Buscar grietas de gran ancho (20 mm de flexión o 5 mm inclinadas), asentamientos diferenciales y otras fallas y peligros geotécnicos (capítulo 10).	<ul style="list-style-type: none"> • Cimentaciones severamente agrietadas.
	Colocar Aviso de "Área Insegura" y delimitar zona en caso de existir:
7. Otros peligros	<ul style="list-style-type: none"> • Pretil agrietado. • Cornisa agrietada. • Separación de acabados de fachada. • Agrietamiento y aplastamiento en zonas de apoyo de escaleras.

En las figuras 7.1 y 7.2 se muestran, de manera esquemática, los principales aspectos a revisar y evaluar en una estructura de adobe y de mampostería simple, respectivamente.

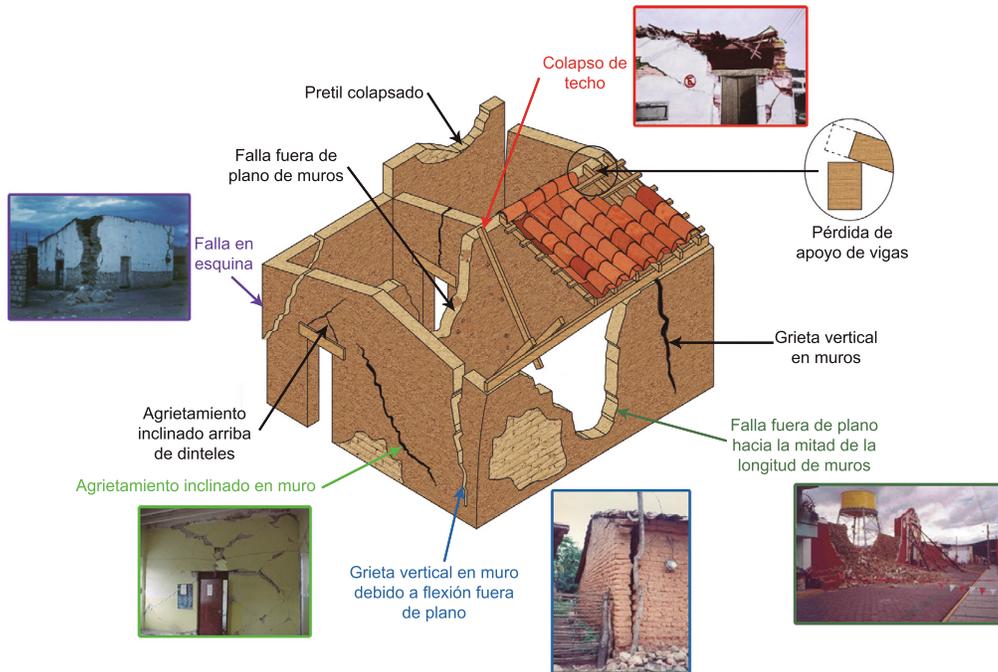


Figura 7.1 Principales aspectos a revisar y evaluar en una estructura de adobe.
 Fuente: elaboración propia con base en CENAPRED (2019).

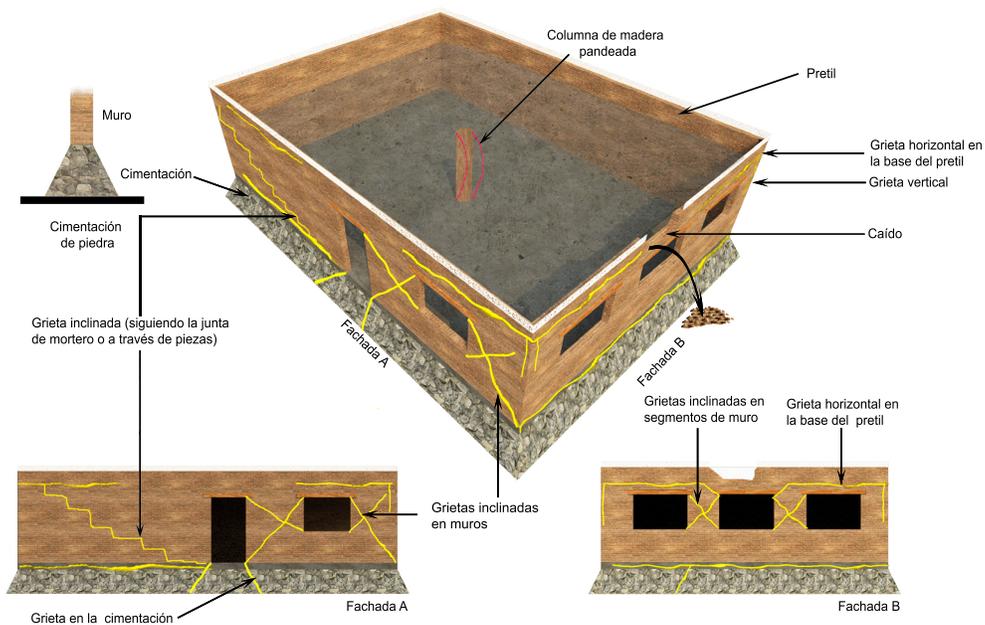


Figura 7.2 Principales aspectos a revisar y evaluar en una estructura de mampostería simple.
 Fuente: elaboración propia.

7.2 ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA

Una descripción de las características básicas de las estructuras de mampostería confinada, de sus materiales, componentes y modos de comportamiento se puede consultar en *Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México. Volumen 2: Introducción al comportamiento sísmico de estructuras para fines de evaluación* (INIFED, 2020b), complementario de esta Metodología.

7.2.1 Recomendaciones generales para la inspección

- Corroborar que la mampostería sea confinada.

- En la figura 7.3 se muestran los principales puntos a inspeccionar en una estructura de muros de mampostería confinada.
- Se requiere aplicar el juicio profesional para asignar la categoría de Aviso.
- Nótese que pueden existir otros peligros además de los enlistados.

7.2.2. Principales aspectos por revisar y evaluar

En la tabla 7.2 se muestran los principales aspectos por revisar y evaluar, de lo general a lo particular, en la inspección de estructuras de mampostería confinada.

Tabla 7.2 Principales aspectos a revisar y evaluar en la inspección de estructuras de mampostería confinada	
Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso "Acceso Prohibido" en caso de existir:
<p>1. Daño general. Revisar el exterior de la estructura con énfasis en signos de daño grave, como agrietamiento significativo en muros. En su caso, revisar posibles golpeteos con estructuras vecinas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso total o parcial. • Inclinación evidente del edificio o de un entrepiso.
<p>2. Unión de sistemas de piso y techo con muros. Buscar evidencia de movimiento relativo o separación entre muros y piso/techo. Revisar daño en muros que afecten el soporte del piso/techo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Separación de estructura de piso o techo del muro. • Agrietamiento de muro. • Falla o falla incipiente de conexión entre piso/techo y muro.
<p>3. Muros. Revisar agrietamiento inclinado (por tensión diagonal o cortante —en escalera—), agrietamiento y aplastamiento de mampostería, agrietamiento que sugiera falla fuera de plano. Revisar la posible penetración de agrietamiento en extremos de castillos. Muros con daños considerables y muy agrietados pueden ser un peligro de desprendimiento. Examinar la ubicación de castillos y dalas; en especial, de castillos alrededor de aberturas. Revisar el daño cerca de aberturas, grietas de esquina de aberturas y en vigas de acoplamiento (dalas). Revisar los segmentos de muros entre ventanas. Revisar agrietamiento de muros que pueda afectar la capacidad de soporte del piso o techo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Muros con grietas inclinadas o de cortante de 5 mm o más (también se puede clasificar como "Acceso y Uso Restringidos"). • Varios segmentos de muros entre ventanas severamente dañados en un mismo nivel. • Muros desplomados a simple vista. • Agrietamiento en muros que afecte la capacidad de carga vertical. • Agrietamiento concentrado en aberturas. • Desprendimiento de la cimentación de refuerzo vertical (longitudinal) de castillos. • Muros con daño que pueda convertirse en desprendimiento (marcar como "Área Insegura" y delimitarla).



<p>4. Columnas. Revisar las columnas y sus apoyos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Columnas desplomadas a simple vista. • Columnas pandeadas o falladas.
<p>5. Diafragmas de piso y techo. Revisar la trayectoria de carga entre el piso o techo y los muros estructurales. Revisar especialmente la conexión entre ellos y signos de deslizamiento o de falla por cortante. Revisar las cuerdas del diafragma cerca del centro de claro y en la proximidad de aberturas grandes o de cambios de geometría del edificio (cambios de rigidez).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura del diafragma deformada, rota o dañada. • Cuerda o colector fracturados. • Movimiento relativo o falla por cortante en el apoyo en el muro.
<p>6. Cimentaciones. Buscar grietas de gran espesor, asentamientos diferenciales y otros peligros geotécnicos (capítulo 10).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cimentaciones agrietadas severamente. • Desprendimiento de refuerzo longitudinal (vertical) de castillos de la cimentación.
<p>Colocar Aviso de “Área Insegura” y delimitar zona en caso de existir:</p>	
<p>7. Otros peligros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pretil y/o cornisa agrietados y sueltos. • Separación de acabados de fachada. • Agrietamiento y aplastamiento en zonas de apoyo de escaleras.

En la figura 7.3 se muestran, esquemáticamente, los principales aspectos a revisar y evaluar en una estructura de mampostería confinada.

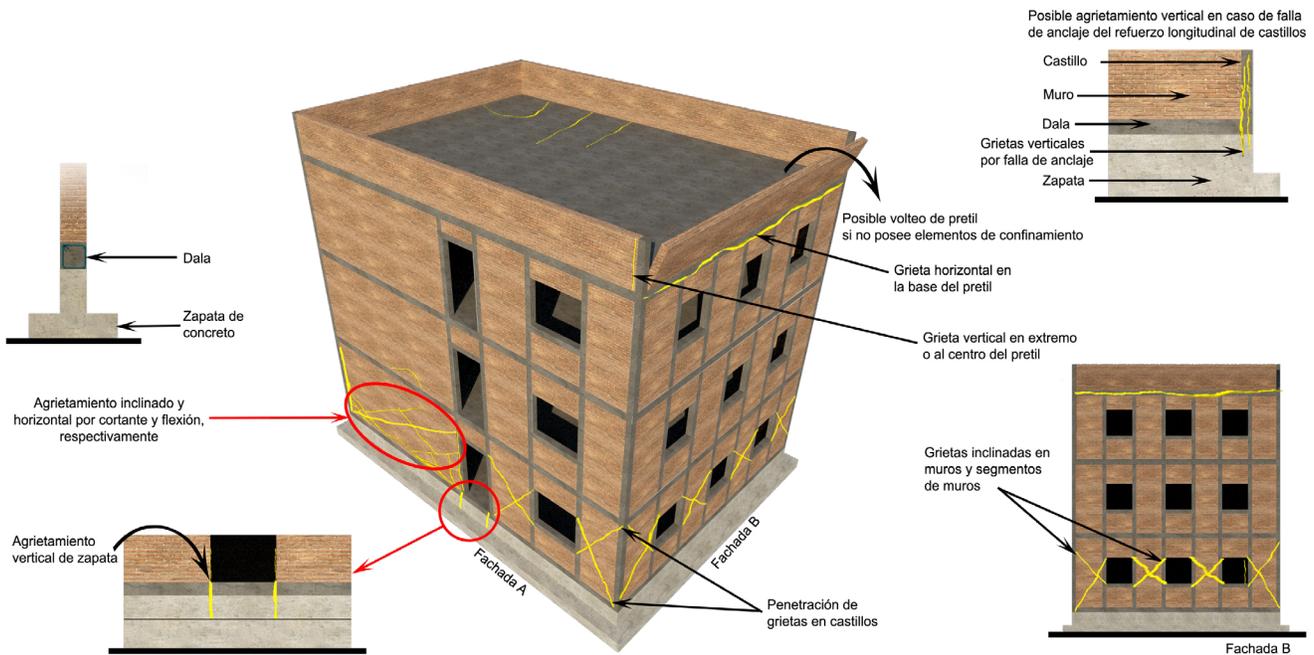


Figura 7.3 Principales aspectos a revisar y evaluar en una estructura de mampostería confinada.
 Fuente: elaboración propia.

7.3 ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA REFORZADA INTERIORMENTE

En *Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México. Volumen 2: Introducción al comportamiento sísmico de estructuras para fines de evaluación* (INIFED, 2020b), complementario de esta Metodología, se presenta una descripción de las características básicas de las estructuras de mampostería reforzada interiormente, de sus materiales, componentes y modos de comportamiento.

7.3.1 Recomendaciones generales para la inspección

- Corroborar que la mampostería está reforzada interiormente. La edad de la construcción

puede ser un indicativo útil. Estructuras con más de 40 años probablemente no están reforzadas en el interior de los muros.

- En la figura 7.4 se muestran los principales puntos a inspeccionar en una estructura de muros de mampostería reforzada interiormente.
- Se requiere aplicar el juicio profesional para asignar la categoría de Aviso.
- Nótese que pueden existir otros peligros además de los enlistados.

7.3.2 Principales aspectos por revisar y evaluar

En la tabla 7.3 se describen los principales aspectos por revisar y evaluar, de lo general a lo particular, en estructuras de mampostería reforzada interiormente.

Tabla 7.3 Principales aspectos a revisar y evaluar en la inspección de estructuras de mampostería reforzada interiormente

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso "Acceso Prohibido" en caso de existir:
1. Daño general. Revisar el exterior de la estructura, con énfasis en signos de daño grave, como agrietamiento. En su caso, revisar posibles golpeteos con estructuras vecinas.	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso total o parcial. • Inclinación evidente del edificio o de un entrepiso.
2. Unión de sistemas de piso y techo con muros. Buscar evidencia de movimiento relativo o separación entre muros y piso/techo. Revisar daño en muros que afecten el soporte del piso/techo.	<ul style="list-style-type: none"> • Separación de estructura de piso o techo del muro. • Agrietamiento de muro. • Falla o falla incipiente de conexión entre piso/techo y muro.
3. Muros. Revisar agrietamiento inclinado (por tensión diagonal o cortante), agrietamiento y aplastamiento de mampostería, agrietamiento que sugiera falla fuera de plano. Muros con daños considerables y muy agrietados pueden ser un peligro de desprendimiento. Revisar el daño cerca de aberturas, grietas de esquina de aberturas y en vigas de acoplamiento. Revisar los segmentos de muros entre ventanas. Revisar agrietamiento de muros que pueda afectar la capacidad de soporte del piso o techo.	<ul style="list-style-type: none"> • Muros con grietas inclinadas o de cortante de 3 mm o más (también se puede clasificar como "Acceso y Uso Restringidos"). • Varios segmentos de muros entre ventanas con daño severo en un mismo nivel. • Muros desplomados a simple vista. • Agrietamiento en muros que afecte la capacidad de carga vertical. • Desprendimiento de la cimentación del refuerzo vertical del muro. • Muros con daño que pueda convertirse en desprendimiento (marcar como "Área Insegura" y delimitarla).



<p>4. Columnas. Revisar las columnas y sus apoyos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Columnas desplomadas a simple vista. • Columnas pandeadas o falladas.
<p>5. Diafragmas de piso y techo. Revisar la trayectoria de carga entre el piso o techo y los muros estructurales. Revisar especialmente la conexión entre ellos y signos de deslizamiento o de falla por cortante. Revisar las cuerdas del diafragma cerca del centro de claro y en la proximidad de aberturas grandes o de cambios de geometría del edificio (cambios de rigidez).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura del diafragma deformada, rota o dañada. • Cuerda o colector fracturados. • Movimiento relativo o falla por cortante en el apoyo en el muro.
<p>6. Cimentaciones. Buscar grietas de gran espesor, asentamientos diferenciales y otras fallas y peligros geotécnicos (capítulo 10).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cimentaciones severamente agrietadas.
<p>Colocar Aviso de “Área Insegura” y delimitar zona en caso de existir:</p>	
<p>7. Otros peligros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pretil agrietado y suelto. • Cornisa agrietada y suelta. • Separación de acabados de fachada. • Agrietamiento y aplastamiento en zonas de apoyo de escaleras.

En la figura 7.4 se muestran, de manera esquemática, los principales aspectos a revisar y evaluar en una estructura de mampostería reforzada interiormente.

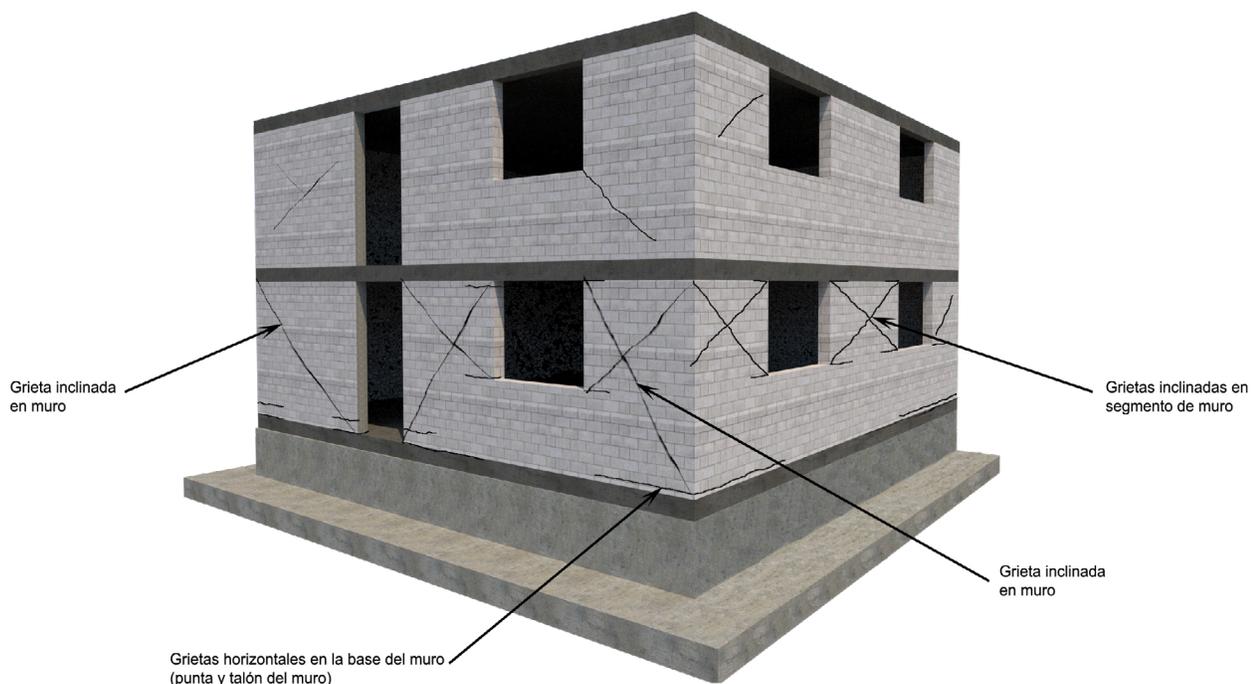


Figura 7.4 Principales aspectos a revisar y evaluar en una estructura de mampostería reforzada interiormente.
 Fuente: elaboración propia.

Inspección de estructuras de concreto

8.1 ESTRUCTURAS DE CONCRETO COLADAS EN SITIO

Una descripción de las características básicas de las estructuras de concreto coladas en sitio, con y sin muros diafragma, de sus materiales, componentes y modos de comportamiento se pueden consultar en *Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México. Volumen 2: Introducción al comportamiento sísmico de estructuras para fines de evaluación* (INIFED, 2020b), complementario de esta Metodología.

8.1.1 Recomendaciones generales para la inspección

- Revisar el edificio para identificar el sistema estructural resistente a cargas gravitacionales y a fuerzas laterales (es decir, marcos, muros de concreto, marcos con muros diafragma).

- En las figuras 8.1 y 8.2 se muestran los principales puntos a inspeccionar en una estructura de muros y marcos de concreto, respectivamente.
- Se requiere aplicar el juicio profesional para asignar la categoría de Aviso.
- Nótese que pueden existir otros peligros además de los enlistados.

8.1.2 Principales aspectos por revisar y evaluar

En la tabla 8.1 se presentan los principales aspectos a revisar y evaluar en edificios de concreto colados en sitio.

Tabla 8.1 Principales aspectos por revisar y evaluar en edificios de concreto colados en sitio

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso "Acceso Prohibido" en caso de:
<p>1. Daño general. Revisar la estructura desde el exterior buscando signos de daño, como colapso parcial, inclinación del edificio o de un entrepiso y aplastamiento amplio del concreto de muros, columnas o vigas. En su caso, revisar posibles golpeteos con estructuras vecinas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso total o parcial. • Inclinación evidente del edificio o de un entrepiso.
<p>2. Losas y vigas. Examinar una posible pérdida de soporte vertical de losas y vigas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Separación del apoyo. • Otras fallas que afecten la capacidad de carga vertical del elemento o de la conexión. • Daño por cortante en vigas en caso de marcos con muros diafragma.
<p>3. Losas planas. Revisar las uniones losa-columna (con o sin zona maciza, capitel o ábaco) y buscar agrietamiento perimetral alrededor del apoyo que indique una falla por punzonamiento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Losas con grietas por cortante de punzonamiento. • Falla en columnas.
<p>4. Columnas. Las columnas pueden formar parte de un marco o pueden ser elementos solos que soporten carga vertical. La pérdida de la capacidad de carga de columnas puede conducir al colapso parcial o total de la estructura. Esto ocurre en columnas con articulaciones plásticas en sus extremos, o con fallas por cortante, o en pisos suaves.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Columnas desplomadas a simple vista. • Columnas pandeadas. • Desprendimiento del concreto y exposición del acero de refuerzo longitudinal (vertical). • Agrietamiento inclinado severo que atraviese la columna.
<p>5. Marcos. Examinar los marcos por agrietamientos, desprendimientos y aplastamientos en el concreto. Revisar signos de deterioro y desplazamientos laterales residuales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Marcos muy dañados (agrietamientos, desprendimientos, aplastamientos). • Agrietamiento severo en la unión viga-columna (en forma de letra X). • Desplazamiento lateral residual visible en cualquier entrepiso.
<p>6. Diafragmas de piso y techo. Revisar el estado de las juntas entre muro y piso/techo de modo que puedan seguir transmitiendo fuerza cortante. También examinar las zonas adyacentes a aberturas en el diafragma o cambios de rigidez para constatar la integridad del diafragma.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conexión muro-losa fallada. • Diafragma fracturado o severamente dañado.



<p>7. Muros de concreto sin aberturas. Revisar el muro entre los pisos, sus bordes y las juntas de construcción. Alguna falla en ellos puede resultar en una falla de todo el muro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Grietas inclinadas con espesor igual o mayor que 3 mm y que se extienden en toda la altura del entrepiso (también se puede marcar como “Acceso y Uso Restringidos”). • Grieta horizontal por deslizamiento de 5 mm o más de espesor sobre la junta de construcción. • Desconchamiento del concreto y exposición del refuerzo vertical en los extremos del muro. • Grietas horizontales de 5 mm o más de espesor o que penetran los elementos de borde (o de refuerzo) de un muro.
<p>8. Muros de concreto con aberturas o perforaciones. Además de lo señalado para los muros sin aberturas, examinar los segmentos verticales (junto a ventanas, por ejemplo) para los mismos modos de comportamiento que para un muro sólido. Las vigas de acoplamiento entre muros pueden experimentar desconchamiento y agrietamiento severo. Tratar de analizar al muro con aberturas en su conjunto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Varios segmentos de muro severamente dañados en un mismo piso. • Falla de vigas de acoplamiento.
<p>9. Muros de diafragma de mampostería. Revisar por agrietamiento inclinado y su extensión hacia el marco. Los muros pueden estar cubiertos de yeso u otros acabados que dificulten la identificación del tipo de material y modalidad de mampostería. En ocasiones, el agrietamiento en forma de escalera ayuda a identificar que el muro es de mampostería.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Falla del muro diafragma. • Agrietamiento severo del muro diafragma que ha penetrado en el marco de concreto.
<p>10. Cimentaciones. Buscar grietas de gran espesor, asentamientos diferenciales y otros peligros geotécnicos (capítulo 10). Hacer énfasis en muros y losa de fondo de la cimentación, si es el caso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Muros de cimentación deformados o severamente agrietados. • Cimentaciones rotas.
<p>Colocar Aviso de “Área Insegura” y delimitar zona en caso de existir:</p>	
<p>11. Muros diafragma de mampostería.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Agrietamiento horizontal severo en el muro.
<p>12. Otros peligros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pretil agrietado. • Separación de acabados de fachada. • Agrietamiento y aplastamiento en zonas de apoyo de escaleras.

8.2 ESTRUCTURAS DE CONCRETO PREFABRICADO

Una descripción de las características básicas de las estructuras a base de elementos prefabricados de concreto, de sus materiales,

componentes y modos de comportamiento se pueden consultar en *Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México. Volumen 2: Introducción al comportamiento sísmico de estructuras para fines de evaluación* (INIFED, 2020b), complementario de esta Metodología.

8.2.1 Recomendaciones generales para la inspección

- Revisar el edificio para identificar el sistema estructural resistente a cargas gravitacionales y a fuerzas laterales.
- Examinar los mismos aspectos señalados para estructuras coladas en sitio (tabla 8.1), con especial cuidado en las conexiones de elementos prefabricados.

8.2.2 Principales aspectos por revisar y evaluar

En la tabla 8.2 se presentan los principales aspectos a revisar y evaluar en edificios de concreto prefabricados.

Tabla 8.2 Principales aspectos por revisar y evaluar en edificios de concreto prefabricados

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso "Acceso Prohibido" en caso de existir:
<p>1. Conexiones viga-columna, entre otros elementos principales. Revisar agrietamiento de ménsulas y apoyos verticales. Las fuerzas de tensión que transmiten las vigas y el deslizamiento de ellas con respecto a sus soportes a cargas gravitacionales pueden ocasionar, o aumentar, el agrietamiento de ménsulas y apoyos. Un agrietamiento severo en ménsulas y apoyos conduce a una disminución en la capacidad de transmitir fuerza cortante y, consecuentemente, a poner en peligro la estabilidad a carga vertical.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fallas en las juntas de elementos principales. • Agrietamiento en ménsulas o apoyos que afectan el soporte vertical de la estructura. • Desconchamiento muy amplio de concreto en franjas de cierre en el sistema de piso prefabricado. • Agrietamiento por cortante de vigas prefabricadas y presforzadas adyacente al apoyo.

En las figuras 8.1 y 8.2 se muestran, esquemáticamente, los principales aspectos a revisar y

evaluar en una estructura base de muros de concreto y en un edificio de marcos de concreto, respectivamente.

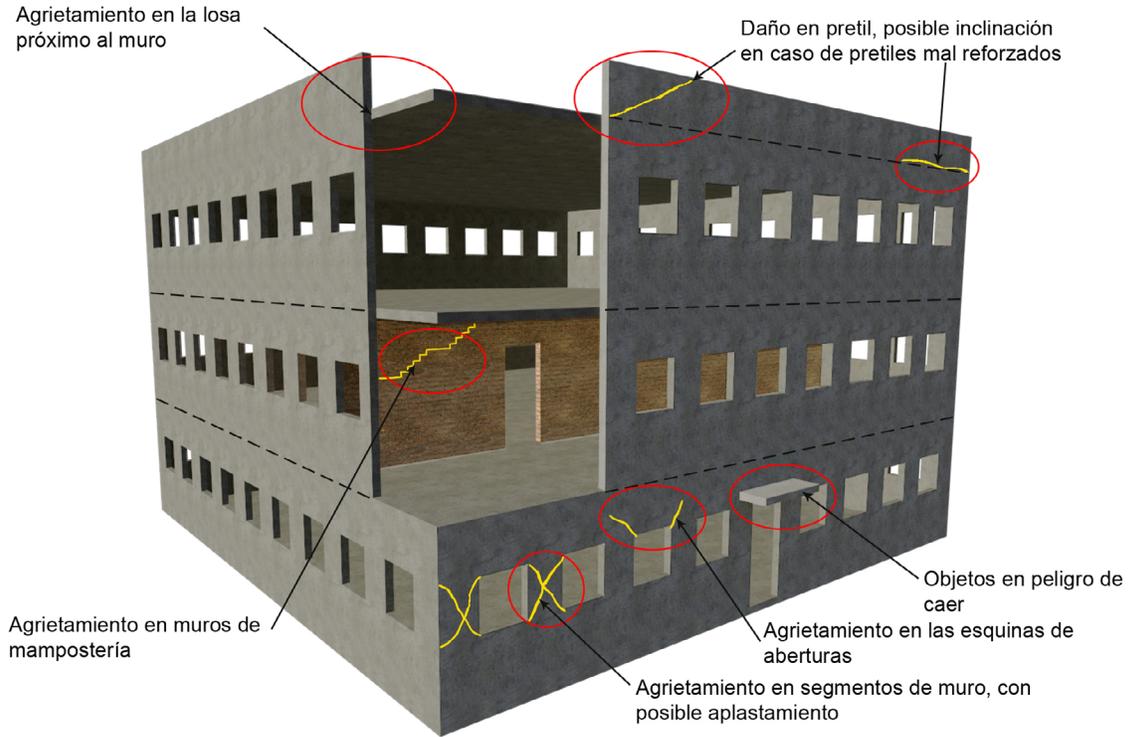


Figura 8.1 Principales aspectos a revisar y evaluar en un edificio a base de muros de concreto reforzado.
 Fuente: elaboración propia con base en MBIE (2014).

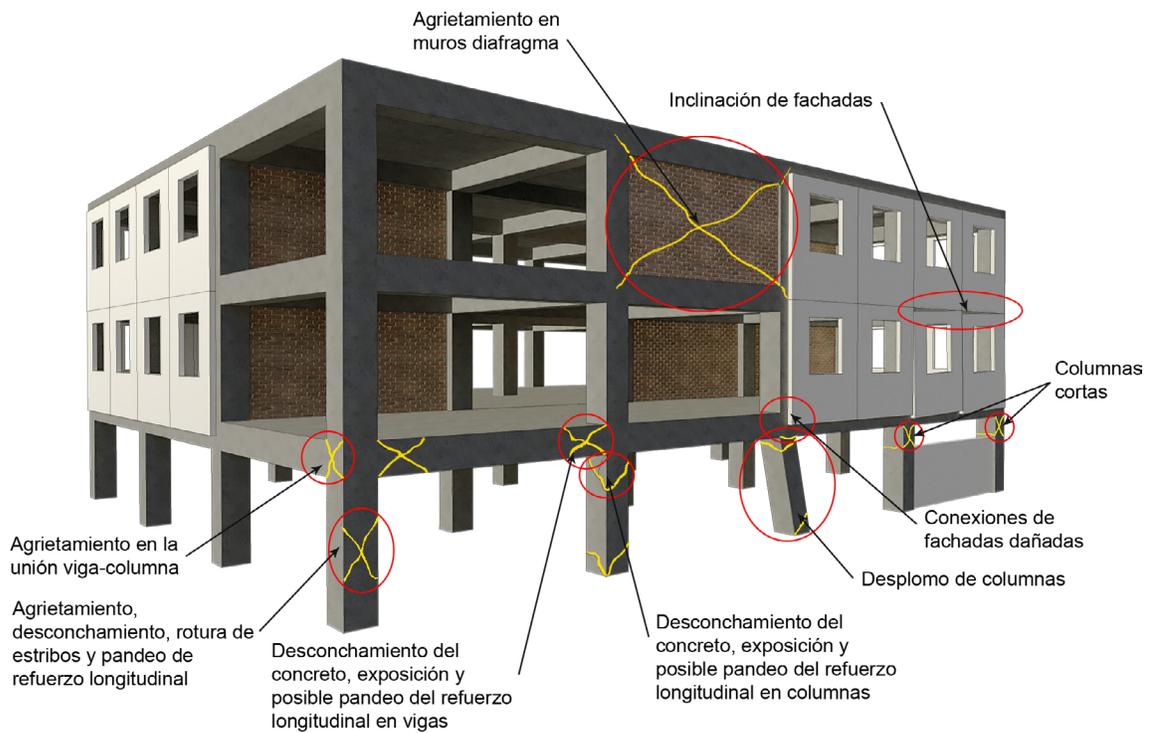


Figura 8.2 Principales aspectos a revisar y evaluar en un edificio de marcos de concreto reforzado.
 Fuente: elaboración propia con base en MBIE (2014).

Inspección de estructuras de acero

9.1 MARCOS DE ACERO RESISTENTES A MOMENTO

Una descripción de las características básicas de las estructuras de acero a base de marcos resistentes a momentos, de sus materiales, componentes y modos de comportamiento se puede revisar en *Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México. Volumen 2: Introducción al comportamiento sísmico de estructuras para fines de evaluación* (INIFED, 2020b), complementario de esta Metodología.

9.1.1 Recomendaciones generales para la inspección

- Revisar el edificio para identificar el sistema estructural resistente a cargas gravitacionales y a fuerzas laterales.

- En la figura 9.1 se ilustran los puntos más críticos a inspeccionar de un marco de acero resistente a momentos.
- Se requiere aplicar el juicio profesional para asignar la categoría de Aviso.
- Nótese que pueden existir otros peligros además de los enlistados.

9.1.2 Principales aspectos por revisar y evaluar

En la tabla 9.1 se presentan los principales aspectos a revisar y evaluar en edificios a base de marcos de acero resistentes a momento.

Tabla 9.1 Principales aspectos por revisar y evaluar en edificios de marcos de acero resistentes a momento

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso “Acceso Prohibido” en caso de existir:
<p>1. Daño general. Revisar la estructura desde el exterior buscando signos de desplazamientos laterales residuales, ya sea del edificio completo o de un entrepiso. Examinar daños en fachadas o movimiento de columnas o pisos que puedan sugerir un desplazamiento lateral residual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso total o parcial. • Inclinación evidente del edificio o de un entrepiso.
<p>2. Sistemas de piso y techo. Examinar el techo y armaduras por posibles elementos fracturados o pandeados, o falla en conexiones. Revisar una posible pérdida de capacidad a momento (si es el caso) o de soporte vertical. Revisar casos de trayectoria de cargas de pisos y techos dudosas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Miembros de armaduras fracturados o pandeados. • Conexión fallada en armaduras. • Separación del sistema de piso/techo del apoyo vertical. • Otras fallas que afecten la capacidad de carga vertical del elemento o de la conexión.
<p>3. Columnas. Buscar columnas deformadas, desplomadas o con signos de daño severo (como pandeo de patines, deslizamiento de placa base, entre otras). Revisar un posible pandeo de columnas, en especial, en marcos de claros pequeños que puedan estar sujetas a fuerzas axiales en columnas altas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Columnas desplomadas a simple vista. • Columnas pandeadas o deformadas. • Falla por cortante en la base.
<p>4. Contraventeo horizontal. Es usual en edificios de laboratorios, talleres, mantenimiento, almacén, así como para uso industrial. Buscar contraventeos fracturados, pandeados o alargados, así como conexiones falladas. Revisar conexiones de contraventeos al sistema vertical.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rotura de contraventeo o conexión. • Contraventeo pandeado o muy alargado. • Cuerda o conexión del diafragma fallada.
<p>5. Diafragmas horizontales. Revisar el estado de las juntas entre los diafragmas horizontales (losa de concreto o <i>losacero</i>) y las vigas, de modo de constatar que el mecanismo de transmisión de fuerza cortante no ha fallado o se ha dañado severamente. Examinar el estado de cuerdas del diafragma en zonas adyacentes a aberturas o cambios de rigidez.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diafragma deformado, fracturado o severamente dañado. • Cuerda o colector fracturado o severamente dañado. • Movimiento o falla por cortante entre diafragma y viga de acero.
<p>6. Marcos a momento. Revisar el marco por signos de daño, como pandeo local, daño en la zona de panel o fallas de conexiones en la unión viga-columna. Si los edificios son antiguos, es posible que cuenten con conexiones semirrígidas hechas a base de ángulos, perfiles T y placas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Marcos fracturados, inclinados o muy dañados. • Fallas en conexiones a momento en las juntas viga-columna. • Pandeo de patín cerca de la unión viga-columna. • Desplazamiento residual de cualquier piso.



<p>7. Cimentaciones. Buscar grietas de gran espesor, asentamientos diferenciales y otras fallas y peligros geotécnicos (capítulo 10). Hacer énfasis en muros y losa de fondo de la cimentación, si es el caso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Muros de cimentación deformados o severamente agrietados. • Agrietamiento de 10 mm o más en losas de cimentación. • Cimentaciones rotas.
<p>Colocar Aviso de “Área Insegura” y delimitar zona en caso de existir:</p>	
<p>8. Otros peligros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pretil agrietado. • Separación de acabados de fachada. • Agrietamiento y aplastamiento en zonas de apoyo de escaleras.

En la figura 9.1 se muestran, esquemáticamente, los principales aspectos a revisar y evaluar en una estructura base de marcos de acero.

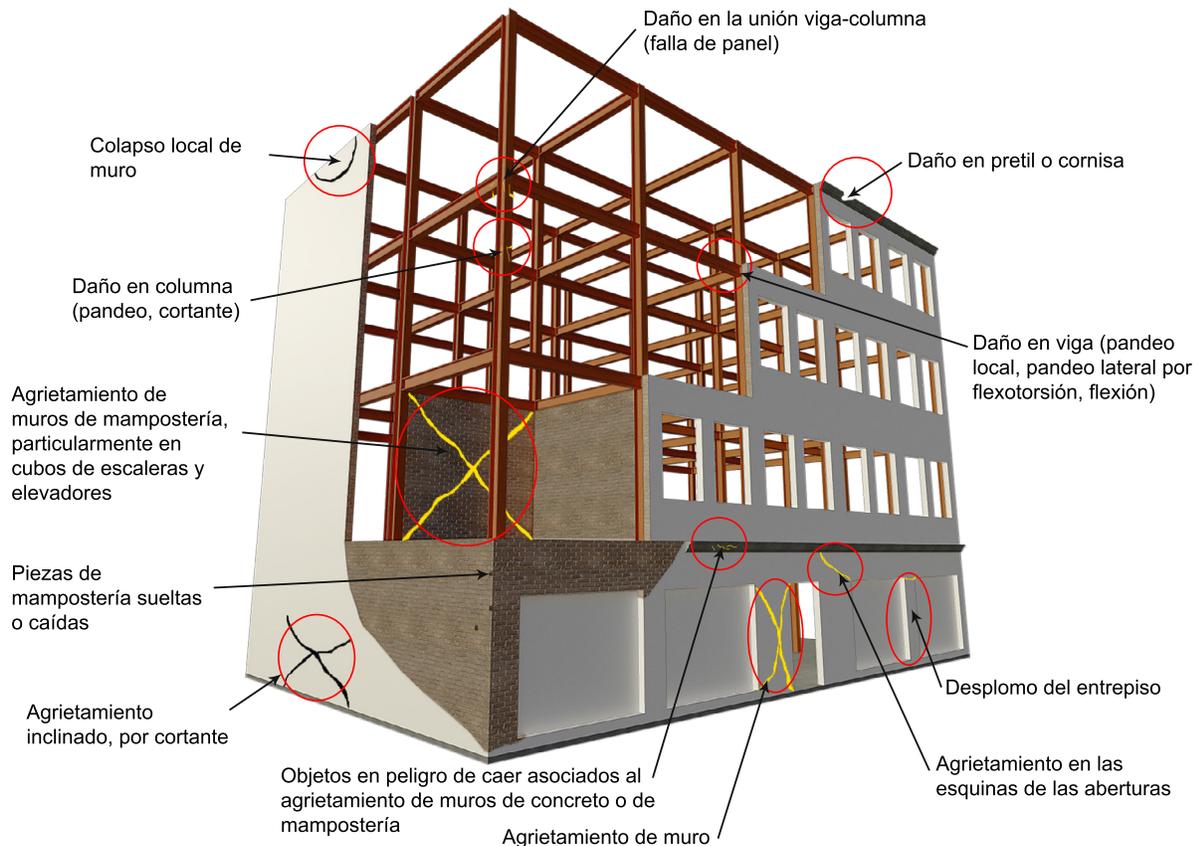


Figura 9.1 Principales aspectos a revisar y evaluar en un edificio a base de marcos de acero.
 Fuente: elaboración propia con base en MBIE (2014).

9.2 MARGOS DE ACERO CONTRAVENTEADOS

Una descripción de las características básicas de las estructuras de acero contraventeadas, de sus componentes y modos de comportamiento se puede consultar en *Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México. Volumen 2: Introducción al comportamiento sísmico de estructuras para fines de evaluación* (INIFED, 2020b), complementario de esta Metodología.

9.2.1 Recomendaciones generales para la inspección

- Revisar el edificio para identificar el sistema estructural resistente a cargas gravitacionales y a fuerzas laterales.
- Se requiere aplicar el juicio profesional para asignar la categoría de Aviso.
- Nótese que pueden existir otros peligros además de los enlistados.

9.2.2 Principales aspectos por revisar y evaluar

En la tabla 9.2 se presentan los principales aspectos a revisar y evaluar en edificios de acero contraventeados (ATC-20, 1989).

Tabla 9.2 Principales aspectos por revisar y evaluar en edificios de acero contraventeados

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso "Acceso Prohibido" en caso de existir:
<p>1. Daño general. Revisar la estructura desde el exterior buscando signos de desplazamientos laterales residuales, ya sea del edificio completo o de un entrepiso. Estos desplazamientos residuales se pueden deber a contraventeos o conexiones rotas, o contraventeos pandeados. Estos elementos pueden estar detrás de muros no estructurales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso total o parcial. • Inclinación evidente del edificio o de un entrepiso.
<p>2. Sistemas de piso y techo. Examinar el techo y armaduras por posibles elementos fracturados o pandeados, o falla en conexiones. Revisar una posible pérdida de capacidad a momento (si es el caso) o de soporte vertical. Revisar casos de trayectoria de cargas de pisos y techos dudosas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Miembros de armaduras fracturados o pandeados. • Conexión fallada en armaduras. • Separación del sistema de piso/techo del apoyo vertical. • Otras fallas que afecten la capacidad de carga vertical del elemento o de la conexión.
<p>3. Columnas. Buscar columnas deformadas, desplomadas o con signos de daño severo (como pandeo de patines, deslizamiento de placa base, entre otras). Revisar un posible pandeo de columnas, en especial, en marcos de claros pequeños que puedan estar sujetas a fuerzas axiales en columnas altas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Columnas desplomadas a simple vista. • Columnas pandeadas o deformadas. • Falla por cortante en la base.

<p>4. Contraventeo vertical. Examinar los contraventeos por daños como: rotura de contraventeos y de conexiones (fallas por tensión), alargamiento de contraventeos (por fluencia) o pandeo de contraventeo (por compresión). Cualquiera de estas fallas en una crujía será suficiente para marcar el edificio como de “Acceso Prohibido”. Si alguno de los tipos de daño es incipiente, se puede marcar el edificio con un Aviso menos severo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rotura de contraventeo o conexión. • Contraventeo pandeado o muy alargado.
<p>5. Contraventeo horizontal. Es usual en edificios de laboratorios, talleres, mantenimiento, almacén, así como para uso industrial. Buscar contraventeos fracturados, pandeados o alargados, así como conexiones falladas. Revisar conexiones de contraventeos al sistema vertical.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rotura de contraventeo o conexión. • Contraventeo pandeado o muy alargado. • Cuerda o conexión del diafragma fallada.
<p>6. Diafragmas horizontales. Revisar el estado de las juntas entre los diafragmas horizontales (losa de concreto o <i>losacero</i>) y las vigas, de modo de constatar que el mecanismo de transmisión de fuerza cortante no ha fallado o se ha dañado severamente. Examinar el estado de cuerdas del diafragma en zonas adyacentes a aberturas o cambios de rigidez.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diafragma deformado, fracturado o severamente dañado. • Cuerda o colector fracturado o severamente dañado. • Movimiento o falla por cortante entre diafragma y viga de acero.
<p>7. Cimentaciones. Buscar grietas de gran espesor, asentamientos diferenciales y otras fallas y peligros geotécnicos (capítulo 10). Hacer énfasis en muros y losa de fondo de la cimentación, si es el caso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Muros de cimentación deformados o severamente agrietados. • Agrietamiento de 10 mm o más en losas de cimentación. • Cimentaciones rotas.
<p>Colocar Aviso de “Área Insegura” y delimitar zona en caso de existir:</p>	
<p>8. Otros peligros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pretil agrietado. • Separación de acabados de fachada. • Agrietamiento y aplastamiento en zonas de apoyo de escaleras.

9.3 EDIFICIOS DE MARCOS DE ACERO CON ELEMENTOS HECHOS CON PERFILES DE LÁMINA DOBLADOS EN FRÍO

En *Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México. Volumen 2: Introducción al comportamiento sísmico de estructuras para fines de evaluación* (INIFED, 2020b), complementario de esta Metodología, se puede consultar una descripción de las características básicas de los marcos de acero con elementos hechos con perfiles de lámina doblados en frío, de sus materiales, componentes y modos de comportamiento.

9.3.1 Recomendaciones generales para la inspección

- Revisar el edificio para identificar el sistema estructural resistente a cargas gravitacionales y a fuerzas laterales.
- En general, se aplican los mismos criterios de inspección que para marcos resistentes a momento y para marcos contraventeados (secciones 9.1 y 9.2, respectivamente).
- Se requiere aplicar el juicio profesional para asignar la categoría de Aviso.
- Nótese que pueden existir otros peligros además de los enlistados.

9.3.2 Principales aspectos por revisar y evaluar

En la tabla 9.3 se presentan los principales aspectos a revisar y evaluar en edificios de acero con elementos hechos con perfiles de lámina doblados en frío.

Tabla 9.3 Principales aspectos por revisar y evaluar en edificios de marcos de acero con elementos hechos con perfiles de lámina doblados en frío

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso "Acceso Prohibido" en caso de existir:
<p>1. Daño general. Revisar la estructura desde el exterior buscando signos de desplazamientos laterales residuales, ya sea del edificio completo o de un entrepiso. Examinar daños en fachadas o movimiento de columnas o pisos que puedan sugerir un desplazamiento lateral residual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso total o parcial. • Inclinación evidente del edificio o de un entrepiso, igual o superior a 1.5% (0.015 veces la altura del entrepiso).
<p>2. Contraventeo vertical. Revisar los contraventeos en forma de redondos de acero; buscar fallas en las conexiones o alargamiento significativo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conexiones del contraventeo falladas. • Barras de acero fracturadas (o rotas) o muy alargadas.
<p>3. Contraventeo horizontal. Revisar los contraventeos del sistema de techo; buscar fallas en conexiones o alargamiento significativo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conexiones del contraventeo falladas. • Barras de acero fracturadas (o rotas) o muy alargadas. • Distorsión del sistema de techo.

<p>4. Columnas de acero. Examinar las juntas y apoyos, en especial el estado de los tornillos o soldaduras que permiten la transmisión de momentos. Revisar la columna por pandeo local de patines.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pandeo de patines. • Conexión a momento fallada; fractura de tornillos o soldadura. • Falla de la placa base por corte de tornillos. • Marco desplomado más de 1.5% (0.015 veces la altura de entrepiso).
<p>5. Cimentaciones. Buscar grietas de gran espesor en elementos estructurales, asentamientos diferenciales, grietas en el suelo y otras fallas y peligros geotécnicos (capítulo 10).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cimentaciones falladas (o rotas).
<p>Colocar Aviso de “Área Insegura” y delimitar zona en caso de existir:</p>	
<p>6. Otros peligros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pretil agrietado. • Separación de acabados de fachada. • Agrietamiento y aplastamiento en zonas de apoyo de escaleras.

En la figura 9.2 se muestran, esquemáticamente, los principales aspectos a revisar y evaluar en una

estructura de marcos de acero con elementos hechos con perfiles de lámina doblados en frío.

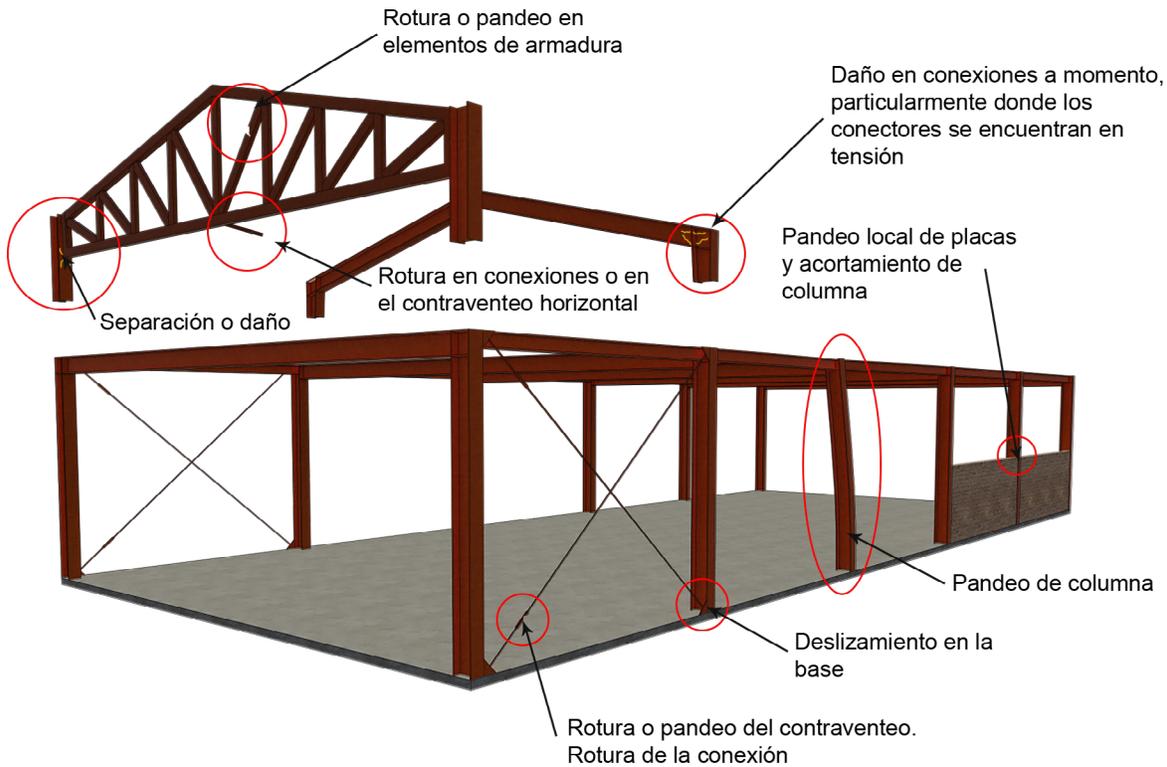


Figura 9.2 Principales aspectos a revisar y evaluar en edificios de marcos de acero con elementos hechos con perfiles de lámina doblados en frío.
 Fuente: elaboración propia con base en MBIE (2014).

9.4 MARGOS DE ACERO CON MUROS DIAFRAGMA DE MAMPOSTERÍA

En *Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México. Volumen 2: Introducción al comportamiento sísmico de estructuras para fines de evaluación* (INIFED, 2020b), complementario de esta Metodología, se discuten las características básicas de marcos de acero con muros diafragma, de sus materiales, componentes y modos de comportamiento.

9.4.1 Recomendaciones generales para la inspección

- Revisar el edificio para identificar el sistema estructural resistente a cargas gravitacionales y a fuerzas laterales.
- Se requiere aplicar el juicio profesional para asignar la categoría de Aviso.
- Nótese que pueden existir otros peligros además de los enlistados.

9.4.2 Principales aspectos por revisar y evaluar

En la tabla 9.4 se presentan los principales aspectos a revisar y evaluar en edificios marcos de acero con muros diafragma de mampostería.

Tabla 9.4 Principales aspectos por revisar y evaluar en edificios a base de marcos de acero con muros diafragma de mampostería

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso "Acceso Prohibido" en caso de:
<p>1. Daño general. Revisar la estructura desde el exterior buscando signos de agrietamiento en muros y daños en marcos. Examinar posibles desplazamientos laterales residuales, ya sea del edificio completo o de un entrepiso. Examinar daños en fachadas o movimiento de columnas o pisos que puedan sugerir un desplazamiento lateral residual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso total o parcial. • Inclinación evidente de columnas o muros.
<p>2. Sistemas de piso y techo. Examinar el techo y armaduras buscando elementos fracturados o pandeados, o fallas en conexiones. Revisar una posible pérdida de capacidad a momento (si es el caso) o de soporte vertical. Revisar trayectorias de fuerzas dudosas en sistemas de piso y techo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Miembros de armaduras fracturados o pandeados. • Conexión fallada en armaduras. • Separación del sistema de piso/techo del apoyo vertical. • Otras fallas que afecten la capacidad de carga vertical del elemento o de la conexión.
<p>3. Columnas. Buscar columnas deformadas, desplomadas o con signos de daño severo (como pandeo de patines, deslizamiento de placa base, entre otras). Revisar un posible pandeo de columnas, en especial, en marcos de claros pequeños que puedan estar sujetas a fuerzas axiales en columnas altas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Columnas desplomadas a simple vista. • Columnas pandeadas o deformadas. • Falla por cortante en la base.



<p>4. Diafragmas horizontales. Revisar el estado de las juntas entre los diafragmas horizontales (losa de concreto o <i>losacero</i>) y las vigas, de modo que se constate que el mecanismo de transmisión de fuerza cortante no ha fallado o se ha dañado severamente. Examinar el estado de cuerdas del diafragma en zonas adyacentes a aberturas o cambios de rigidez.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diafragma deformado, fracturado o severamente dañado. • Cuerda o colector fracturado o severamente dañado. • Movimiento o falla por cortante entre diafragma y viga de acero.
<p>5. Marcos a momento. Revisar el marco por signos de daño, como pandeo local, daño en la zona de panel o fallas de conexiones en la unión viga-columna. Si los edificios son antiguos, es posible que cuenten con conexiones semirrígidas hechas a base de ángulos, perfiles T y placas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Marcos fracturados, inclinados o muy dañados. • Fallas en conexiones a momento en las juntas viga-columna. • Pandeo de patín cerca de la unión viga-columna. • Desplazamiento residual de cualquier piso.
<p>6. Cimentaciones. Buscar grietas de gran espesor en elementos estructurales, asentamientos diferenciales, grietas en el suelo y otras fallas y peligros geotécnicos (capítulo 10).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cimentaciones falladas (o rotas).
<p>Colocar Aviso de “Área Insegura” y delimitar zona en caso de existir:</p>	
<p>7. Muros diafragma. Examinar los muros por agrietamiento. El espesor mínimo de las grietas para decidir marcar al edificio como “Acceso Prohibido” depende de la modalidad de mampostería. Revisar si el daño en la mampostería representa un peligro de desprendimiento, considerando futuras réplicas del sismo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Agrietamiento significativo (con más de 3 mm de espesor) de muros de mampostería simple. • Peligro de desprendimientos de mampostería dañada.
<p>8. Otros peligros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pretil agrietado. • Separación de acabados de fachada. • Agrietamiento y aplastamiento en zonas de apoyo de escaleras.

9.5 MARCOS DE ACERO CON MUROS DE CONCRETO COLADOS EN SITIO O MUROS DE MAMPOSTERÍA REFORZADA INTERIORMENTE

En *Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México. Volumen 2: Introducción al comportamiento sísmico de estructuras para fines de evaluación* (INIFED,

2020b), complementario de esta Metodología, se discuten las características básicas de marcos de acero con muros de concreto colados en sitio o muros de mampostería reforzada interiormente, de sus materiales, componentes y modos de comportamiento.

9.5.1 Recomendaciones generales para la inspección

- Revisar el edificio para identificar el sistema estructural resistente a cargas gravitacionales y a fuerzas laterales.

- Se requiere aplicar el juicio profesional para asignar la categoría de Aviso.
- Nótese que pueden existir otros peligros además de los enlistados.

9.5.2 Principales aspectos por revisar y evaluar

En la tabla 9.5 se presentan los principales aspectos a revisar y evaluar en edificios marcos de acero con muros de concreto colados en sitio o muros de mampostería reforzada interiormente.

Tabla 9.5 Principales aspectos por revisar y evaluar en edificios de marcos de acero con muros de concreto colados en sitio o muros de mampostería reforzada interiormente	
Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso "Acceso Prohibido" en caso de existir:
<p>1. Daño general. Revisar la estructura buscando daño en lo general. Buscar signos de agrietamiento en muros y daños en marcos. Examinar posibles desplazamientos laterales residuales, ya sea del edificio completo o de un entrepiso. Examinar daños en fachadas o movimiento de columnas o pisos que puedan sugerir un desplazamiento lateral residual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso total o parcial. • Inclinación evidente de columnas o muros.
<p>2. Sistemas de piso y techo. Examinar el techo y armaduras buscando elementos fracturados o pandeados, o fallas en conexiones. Revisar una posible pérdida de capacidad a momento (si es el caso) o de soporte vertical. Revisar trayectorias de fuerzas dudosas en sistemas de piso y techo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Miembros de armaduras fracturados o pandeados. • Conexión fallada en armaduras. • Separación del sistema de piso/techo del apoyo vertical. • Otras fallas que afecten la capacidad de carga vertical del elemento o de la conexión.
<p>3. Columnas. Buscar columnas deformadas, desplomadas o con signos de daño severo (como pandeo de patines, deslizamiento de placa base, entre otras). Revisar un posible pandeo de columnas, en especial, en marcos de claros pequeños que puedan estar sujetas a fuerzas axiales en columnas altas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Columnas desplomadas a simple vista. • Columnas pandeadas o deformadas. • Falla por cortante en la base.
<p>4. Diafragmas horizontales. Revisar el estado de las juntas entre los diafragmas horizontales (losa de concreto o losacero) y las vigas, de modo de constatar que el mecanismo de transmisión de fuerza cortante no ha fallado o se ha dañado severamente. Examinar el estado de cuerdas del diafragma en zonas adyacentes a aberturas o cambios de rigidez.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diafragma deformado, fracturado o severamente dañado. • Cuerda o colector fracturado o severamente dañado. • Movimiento o falla por cortante entre diafragma y viga de acero.
<p>5. Marcos a momento. Revisar el marco por signos de daño, como pandeo local, daño en la zona de panel o fallas de conexiones en la unión viga-columna. Si los edificios son antiguos, es posible que cuente con conexiones semirrígidas hechas a base de ángulos, perfiles T y placas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Marcos fracturados, inclinados o muy dañados. • Fallas en conexiones a momento en las uniones viga-columna. • Pandeo de patín cerca de la unión viga-columna. • Desplazamiento residual de cualquier piso.

<p>6. Muros de concreto colados en sitio o de mampostería reforzada interiormente. Determinar si los muros son de cortante (es decir, si resisten cargas gravitacionales y laterales) o son muros diafragma. Usar los criterios para muros de concreto o mampostería, según corresponda.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Agrietamiento significativo de muros de mampostería simple. • Peligro de desprendimientos de mampostería dañada.
<p>7. Cimentaciones. Buscar grietas de gran espesor en elementos estructurales, asentamientos diferenciales, grietas en el suelo y otras fallas y peligros geotécnicos (capítulo 10).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cimentaciones falladas (o rotas).
<p>Colocar Aviso de “Área Insegura” y delimitar zona en caso de existir:</p>	
<p>8. Otros peligros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pretil agrietado. • Separación de acabados de fachada. • Agrietamiento y aplastamiento en zonas de apoyo de escaleras.

Inspección de fallas y peligros geotécnicos

10.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan los criterios para evaluar fallas y peligros geotécnicos que con mayor frecuencia ocurren y comprometen la seguridad estructural de un edificio. Entre ellos se encuentran:

- a. Hundimientos de cimentaciones provocados por el sismo.
- b. Desplazamiento lateral del suelo, causado por licuación.
- c. Agrietamiento de suelos.
- d. Deslizamiento de laderas.
- e. Movimientos del terreno adyacente a las fallas superficiales.

En *Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México. Volumen 2: Introducción al comportamiento sísmico de estructuras para fines de evaluación* (INIFED, 2020b), complementario de esta Metodología, se podrán revisar las causas y mecanismos que provocan estos peligros.

(véanse capítulos 7, 8 y 9 para estructuras de mampostería, concreto y acero, respectivamente).

- b. ¿Es posible que el movimiento del terreno u otra falla o peligro geotécnico continúe?
 - » Esta pregunta se resuelve mediante la aplicación de los criterios señalados en la tabla 10.1.

10.2 INSPECCIÓN DE FALLAS Y PELIGROS DE ÍNDOLE GEOTÉCNICO

10.2.1 Recomendaciones generales para la inspección

- Las dos interrogantes a resolver como resultado de una inspección de las fallas y peligros geotécnicos son (ATC-20, 1989; MBIE, 2017):
 - a. ¿Los movimientos del terreno son responsables del daño en la cimentación y de daños significativos en el edificio?
 - » La respuesta a esta pregunta se obtiene de la aplicación de los criterios de inspección de estructuras correspondientes al material con el que esté construida

- Es recomendable que la observación la realicen Brigadas de Inspección con al menos dos ingenieros geotecnistas o en geología, con experiencia en comportamiento y modos de comportamiento del suelo y de su impacto en edificios, diques, presas de tierra, entre otros.
- Se requiere aplicar el juicio profesional para asignar la categoría de Aviso.
- Nótese que pueden existir otros peligros además de los enlistados.

10.2.2 Principales aspectos por revisar y evaluar

En la tabla 10.1 se presentan los principales aspectos a revisar y evaluar asociados con peligros de índole geotécnico.

Tabla 10.1 Principales aspectos por revisar y evaluar asociados con fallas y peligros de índole geotécnico

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso "Acceso Prohibido" en caso de existir:
<p>1. Hundimientos causados por el sismo. Hundimientos diferenciales causados en su totalidad, o bien, agravados por el sismo, que impiden el acceso al edificio o que provocaron daños severos en la estructura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Edificio con daños severos causados por el hundimiento. Véase tabla 5.3. • Hundimiento que impide el acceso al edificio.
<p>2. Otros movimientos diferenciales del terreno. Estos movimientos pueden ser verticales u horizontales y pueden estar causados por licuación o compactación debido a la vibración. Las réplicas del sismo pueden causar mayores movimientos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Edificio dañado por desplazamiento del terreno • Grietas en el terreno y escarpes de más de 100 mm de ancho cerca de edificios.



<p>3. Agrietamiento superficial del terreno. Son grietas de algunos metros de profundidad producto de la consolidación de estratos superficiales en contacto con estratos más rígidos, como sucede en las orillas de un valle. También pueden ser causadas por extracción de agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Edificio dañado por desplazamiento del terreno. • Grietas en el terreno y escarpes de más de 100 mm de ancho cerca de edificios.
<p>4. Fallas de laderas. Los edificios pueden sufrir daños muy severos si fallan las laderas. Los daños pueden ocurrir en la cimentación, o bien, se pueden extender a la estructura. Las réplicas del sismo e incluso las cargas estáticas pueden causar mayores movimientos. Es necesario evaluar la factibilidad de que los desplazamientos continúen. Esto es especialmente crítico en época de lluvias (véase figura 10.1).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La falla de la ladera ha causado daños en la cimentación o pérdida del apoyo de la cimentación. • El edificio se encuentra en una zona de deslizamientos activos. • El edificio se encuentra en la trayectoria de un deslizamiento de ladera activo. • El deslizamiento de la ladera puede continuar bajo condiciones estáticas. • Muros de contención inclinados 10% o más con respecto a la vertical.
<p>5. Agrietamiento en la superficie producto de la rotura de la falla. Grietas como éstas ocurren cuando las fallas son de tipo transcurrente, o bien, cuando la falla normal o inversa aflora en el terreno. La rotura puede provocar desplazamientos verticales y/o horizontales de magnitud considerable los cuales, a su vez, pueden dañar gravemente a los edificios y a sistemas extendidos, como tuberías y caminos. Los desplazamientos también pueden provocar deformaciones de compresión o tensión que pueden dañar los edificios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Edificio dañado por la rotura de la falla. • Inclinación evidente de columnas o muros.
<p>Colocar Aviso de "Área Insegura" y delimitar zona en caso de existir:</p>	
<p>6. Presas de tierra. La falla súbita de una presa puede acompañarse de una ola y de una rápida inundación aguas abajo. Se deben revisar con cuidado las presas cercanas a poblaciones por la ocurrencia de grietas, filtraciones u otro tipo de fallas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Grietas de espesor considerable, mayores filtraciones o fallas en la cortina de la presa. • Ola de agua que sobrepasó la corona de la cortina.

En la figura 10.1 se muestran algunas señales y manifestaciones superficiales que permiten percibir el inicio o desarrollo de un movimiento de ladera.

En la figura 10.2 se muestran, de manera esquemática, las principales manifestaciones superficiales que permiten percibir el inicio o desarrollo de un movimiento de ladera (CENAPRED, 2001).

Figura 10.1 Algunas señales y manifestaciones superficiales que permiten percibir el inicio o desarrollo de un movimiento de ladera.
Fuente: cortesía de Irasema Alcántara (2020).



a) Escarpe o escalón en el terreno en la parte alta de un talud.



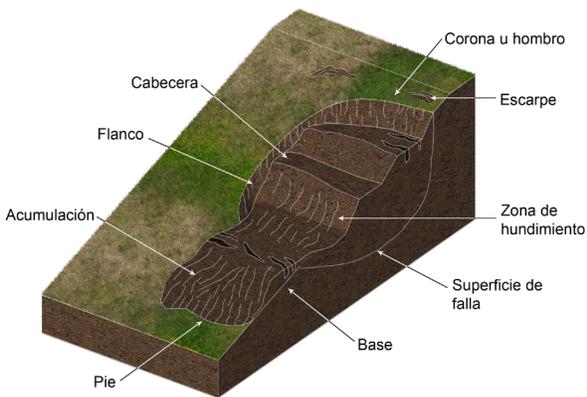
b) Poste inclinado.



c) Humedad atípica en el terreno.



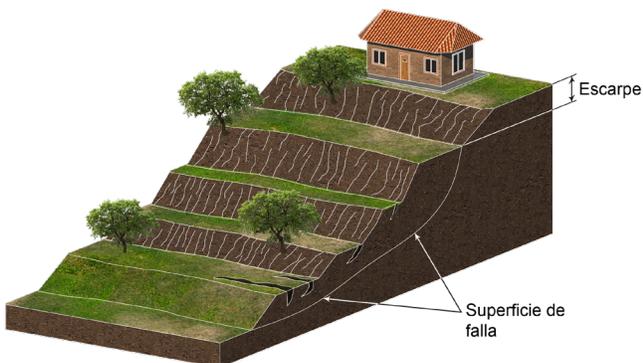
d) Agrietamiento en estructuras en el hombro de un talud.



Nomenclatura de un deslizamiento de talud



Caídos o derrumbes



Deslizamiento de talud o de ladera



Flujos

Figura 10.2 Principales manifestaciones superficiales de laderas inestables.
Fuente: elaboración propia con base en CENAPRED (2001).

Inspección de peligros no estructurales

11.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describen los criterios para evaluar el peligro que representan los elementos no estructurales de un edificio, tanto para la vida como por su potencial de infligir heridas (ATC-20, 1989; ATC-20-1, 2005; FEMA 74-FM, 2005). Ejemplo de peligro de un elemento no estructural es el de un pretil suelto en el perímetro del edificio, o bien, una tubería de gas rota conectada a un calentador sin anclaje y que ha deslizado de su cimentación o apoyo y que pueden convertirse en una fuente de incendio.

Los principales elementos no estructurales que deben ser evaluados son:

- a. Pretils y ornamentos.
- b. Techumbres.

- c. Muros de fachada.
- d. Plafones y lámparas de iluminación.
- e. Muros divisorios.
- f. Instalaciones.
- g. Equipo mecánico y eléctrico.
- h. Elevadores.
- i. Otros.

Para una evaluación detallada de equipos electromecánicos, se recomienda consultar IPMC (2018).

11.2 PRINCIPALES ASPECTOS POR REVISAR Y EVALUAR

- En la inspección de elementos no estructurales se requiere aplicar el juicio profesional para asignar la categoría de Aviso. El daño en ellos puede variar significativamente, de modo que en ocasiones la decisión sobre cómo clasificar el daño se debe realizar por caso.
- Los inspectores de daños deben tener en mente la ocurrencia de réplicas del sismo y el efecto de las cargas gravitacionales para definir si el daño en un elemento no estructural puede convertirse en un riesgo para la vida de los ocupantes.
- Cada cuarto o área de un edificio debe ser examinado para identificar todos los elementos estructurales.
- Los inspectores de daño prestarán especial atención a elementos no estructurales que sean críticos para el funcionamiento del edificio (como generadores de emergencia) o que representen un peligro a la seguridad de los usuarios en caso de daño, como

son tuberías que transporten materiales peligrosos.

- En particular, los inspectores de daños deben revisar la sujeción o contraventeo de los elementos no estructurales al piso o al sistema estructural. No se considera a la fricción debida al peso de un elemento como un medio confiable para resistir las fuerzas laterales inducidas por un sismo.
- El inspector de daños tratará de identificar patrones y similitudes en el comportamiento. Un ejemplo es la deficiente sujeción de plafones y el desprendimiento, total o parcial, debido a ello.
- Nótese que pueden existir otros peligros además de los enlistados.

11.2.1 Pretiles, ornamentos y apéndices

Los pretiles, cornisas, frisos, letreros, lámparas de exterior, astas banderas y chimeneas son elementos no estructurales que pueden convertirse en una amenaza contra la vida de las personas si se desprenden. La caída ocurre cuando estos elementos no están conectados a la estructura (como cornisas o frisos sobrepuestos), o bien, no están contraventeados para evitar su falla fuera de plano (como pretiles de mampostería simple). Es usual que, si no han caído durante el sismo, se encuentren en condiciones precarias de estabilidad. Cualquier edificio con daño visible desde el exterior debe revisarse teniendo en cuenta los peligros no estructurales. En la tabla 11.1 se presentan los principales aspectos a revisar y evaluar en caso de pretiles, ornamentos y apéndices. En la figura 11.1 se muestran ejemplos de un pretil colapsado y de una vivienda con tejas sueltas, debidamente acordonada.

Tabla 11.1 Principales aspectos por revisar y evaluar en caso de pretilos, ornamentos y apéndices

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso “Área Insegura” y acordonar la zona en caso de existir:
<p>1. Pretilos de mampostería. Examinar los pretilos de mampostería, en especial, en estructuras de mampostería simple o confinada por grietas que sugieran su posible caída. Se pueden revisar desde el exterior usando binoculares, o bien, desde el techo del edificio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pretilos sueltos y deformados. • Pretilos agrietados en los que se presume que no tienen ningún tipo de refuerzo interno o en forma de castillos y dalas.
<p>2. Pretilos de concreto. Si bien la mayoría de los pretilos de concreto están reforzados con barras de acero, es posible que hayan sufrido daño severo evidenciado por el desprendimiento del concreto y agrietamiento en la base, especialmente en casos de corrosión avanzada del acero.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desconchamiento severo del concreto. • Inclinación evidente a simple vista.
<p>3. Ornamentos, cornisas, frisos. Es frecuente que estén sueltos o no adecuadamente conectados. Cualquier signo de separación de la estructura debe ser considerado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Evidencia de pérdida de soporte o daño importante en el soporte. • Deformación y desplazamiento parciales.
<p>4. Signos, astas banderas, lámparas de exterior. Revisar evidencia de fallas de apoyo o desplazamientos de letreros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Daño en los apoyos.
<p>5. Fachadas a base de piedras naturales o artificiales, techos de tejas de arcilla. Es usual que el anclaje a la estructura sea muy débil. Tejas sueltas y dañadas se pueden desprender.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Daño en los apoyos. • Fachada caída o dañada. • Peligro de caída de tejas sueltas o dañadas.



Figura 11.1 Ejemplos de: a) caída de pretil y b) peligro de caída de tejas sueltas. Fuente: archivo personal de Sergio Alcocer (2003) y cortesía del CENAPRED (2019).

11.2.2 Techumbres

Techumbres y marquesinas son utilizados para cubrir pasillos, entradas y patios. Su estructura puede estar conectada al edificio o puede ser

independiente. En la tabla 11.2 se presentan los principales aspectos a revisar y evaluar en caso de techumbres. En la figura 11.2 se ilustra una techumbre apoyada en columnas con daño severo.

Tabla 11.2 Principales aspectos por revisar y evaluar en caso de techumbres

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso “Área Insegura” y acordonar la zona en caso de existir:
<p>1. Daño general. Inclínación evidente de techumbre con estructura independiente tiene el potencial de ser inestable.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso parcial o estructura inclinada.
<p>2. Falla en los apoyos de la estructura de la techumbre o marquesina. La falla puede conducir al colapso parcial o total de la estructura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Falla en los apoyos.



Figura 11.2 Techumbre apoyada en columnas con daño severo. Fuente: cortesía del INIFED (2019).

11.2.3 Fachadas

Las fachadas de los edificios pueden ser muy distintas según los materiales empleados, si son prefabricadas o construidas en el sitio, entre otros aspectos. En *Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México. Volumen 2: Introducción al comportamiento sísmico de estructuras para fines de evaluación* (INIFED, 2020b), complementario de esta Metodología, se describen sus características con más detalle.

Los principales peligros asociados son los desprendimientos locales o completos de elementos de fachadas. Estos peligros afectan especialmente entradas, pasillos y salidas de emergencia. Se debe tener en mente el impacto que pueden causar posibles réplicas del sismo. En la tabla 11.3 se presentan los principales aspectos a revisar y evaluar en caso de fachadas. Un ejemplo del tipo de peligro que representa una cancelería suelta se muestra en la figura 11.3.

Tabla 11.3 Principales aspectos por revisar y evaluar en caso de fachadas

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso “Área Insegura” y acordonar la zona en caso de existir:
<p>1. Daño general. Revisar la fachada completa con objeto de identificar deformación o desplazamiento parcial, vidrios rotos, fallas que pudieran comprometer a toda la fachada. En tal caso, se debe delimitar el área de posible impacto, o bien, cubrirla con una estructura resistente a impacto, en especial, en zonas de entrada al edificio. Otra opción es retirar los elementos de fachada dañados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de desprendimientos.
<p>2. Conexiones de elementos de fachada. Si el sismo fue muy intenso y se presentaron daños locales en la fachada, es recomendable revisar el sistema de conexión de la fachada con el edificio. Si se trata de paneles prefabricados, conviene revisar donde se suponga que los desplazamientos laterales hayan sido mayores, así como en los pisos superiores. La inspección podrá requerir el retiro de acabados externos. La revisión se puede hacer con apoyo de binoculares, o bien, desde el techo del inmueble.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conexiones rotas o dañadas. • Elementos de fachada desprendimientos.

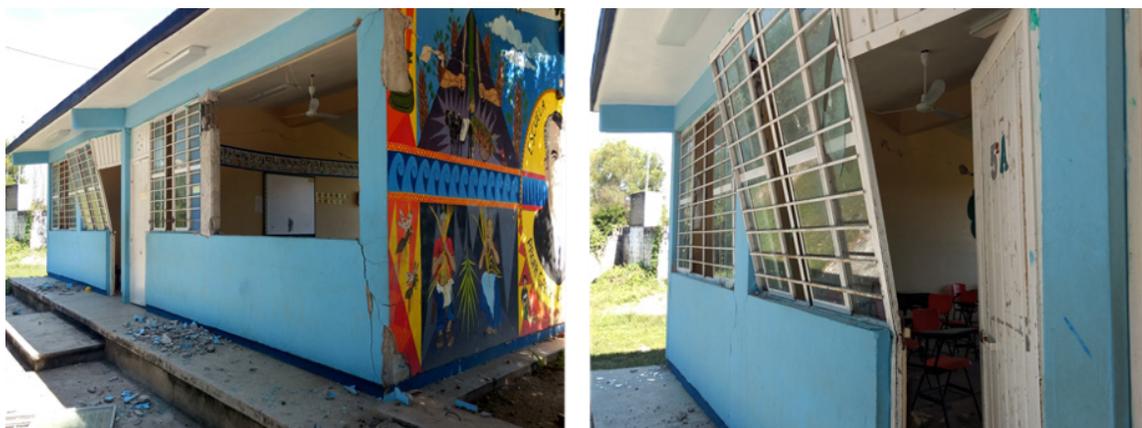


Figura 11.3 Falla de la cancelería de un edificio escolar. Fuente: cortesía del INIFED (2019).

11.2.4 Plafones y lámparas de iluminación

La mayoría de los elementos no estructurales que caen durante el sismo tienen una deficiente sujeción. Es posible que queden algunos elementos con iguales condiciones de mala sujeción que puedan desprenderse tras las réplicas del sismo. Conviene revisar si estos peligros afectan

entradas, pasillos y salidas de emergencia. En la tabla 11.4 se presentan los principales aspectos a revisar y evaluar en caso de plafones y lámparas de iluminación. Es frecuente que las lámparas estén apoyadas en la estructura del techo falso y carezcan de un sistema complementario e independiente de sujeción a la estructura del edificio. En la figura 11.4 se muestra la falla de plafones y lámparas de iluminación de una escuela.

Tabla 11.4 Principales aspectos por revisar y evaluar en caso de plafones y lámparas de iluminación

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso "Área Insegura" y acordonar la zona en caso de existir:
<p>1. Daño general. Revisar los plafones con cuidado, especialmente si han sufrido daño, ante un posible colapso total o parcial, ya sea a causa de su propio peso o del efecto de réplicas del sismo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso total o parcial.
<p>2. Plafones acústicos. El principal peligro es la caída parcial o total de los plafones y de su estructura de soporte. Su revisión debe centrarse en los apoyos y en los principales elementos de la estructura de soporte. Asimismo, se debe examinar el sistema de sujeción de lámparas (el cual debe estar compuesto por alambres de contraventeo a tensión y puntales de compresión).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso o colapso incipiente.
<p>3. Plafones de yeso. Pueden ser suspendidos o a base de marco. Revisar que el plafón no muestre signos de desprendimiento o falla. Revisar si están reforzados con malla y que ésta esté conectada a la estructura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Separación o colapso parcial.
<p>4. Lámparas fluorescentes. Normalmente experimentan caída durante sismos, en especial las que se encuentran en estructuras antiguas. Las versiones más modernas tienen sistemas de sujeción a base de cables dentro de la tubería de alimentación eléctrica que las hacen menos vulnerables.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de alimentación eléctrica dañados (sin cables de sujeción). • Colapso de algunas lámparas.
<p>5. Otro tipo de lámparas. Si la intensidad del sismo fue muy elevada, se debe verificar que otros tipos de lámparas no hayan sufrido daño. Tal es el caso de lámparas sujetas con cadenas, montadas sobre superficie (fluorescentes e incandescentes), lámparas empotradas, sujetas por tuberías, entre otras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro evidente o aparente de desprendimiento.

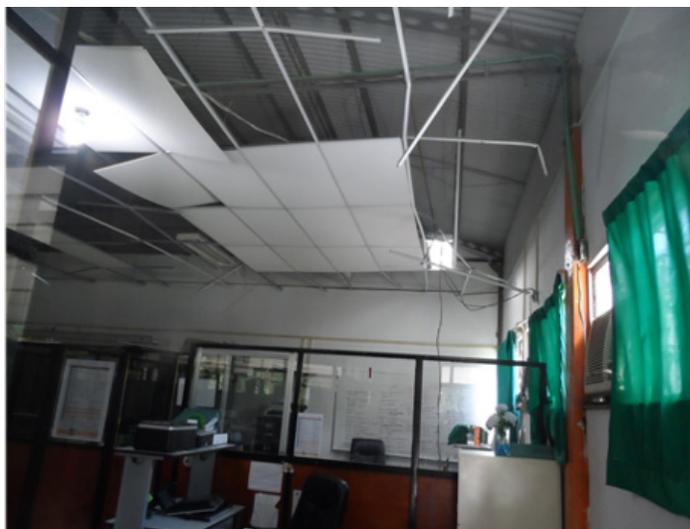


Figura 11.4 Ejemplos de la falla de plafones y lámparas en un edificio escolar. Fuente: cortesía del INIFED (2019).

11.2.5 Muros divisorios

La principal preocupación es que puedan caer. Esto ocurre cuando los muros no tienen refuerzo alguno o no están impedidos de voltearse en

sus extremos superior e inferior. En la tabla 11.5 se presentan los principales aspectos a revisar y evaluar en caso de muros divisorios. En la figura 11.5 se muestran ejemplos de daño en muros divisorios de mampostería.

Tabla 11.5 Principales aspectos por revisar y evaluar en caso de muros divisorios

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso "Área Insegura" y acordonar la zona en caso de existir:
1. Daño general. Recomendar evacuar el área si varios muros divisorios han colapsado o tienen daño severo debido a desplazamientos laterales considerables o por fuerzas fuera de plano.	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso total o parcial de muros divisorios. • Agrietamiento severo de muros divisorios.
2. Muros divisorios de mampostería. Identificar si los muros tienen algún tipo de refuerzo; en estructuras antiguas, lo más probable es que sean de mampostería simple. Se recomienda revisar las zonas de servicios y escaleras. Daños severos en el plano o fuera del plano pueden ser un peligro importante.	<ul style="list-style-type: none"> • Muros divisorios de mampostería agrietados, con signos de aplastamiento y desprendimiento de mampostería.
3. Muros divisorios desmontables. Revisar por inestabilidades (en particular si soportan repisas pesadas y/o si su traza en planta es recta), separación de apoyos, agrietamiento o rotura de vidrios.	<ul style="list-style-type: none"> • Separación de apoyos.
4. Divisiones de vidrio. Revisar por vidrios agrietados o parcialmente rotos que pueden caer y lastimar a personas.	<ul style="list-style-type: none"> • Vidrios que puedan caer.



Figura 11.5 Ejemplos de daño en muros divisorios de mampostería de un edificio escolar. Fuente: cortesía del INIFED (2019).

11.2.6 Cancelerías

Es usual observar daños en las cancelerías y rotura o desprendimiento de vidrios cuando el sistema no fue diseñado para acomodar el desplazamiento lateral. Se han registrado fallas

por una inadecuada conexión entre la cancelería y la estructura, lo que resulta en volteo. En la tabla 11.6 se presentan los principales aspectos a revisar y evaluar en caso de cancelerías. Un ejemplo de daño en una cancelería se puede observar en la figura 11.3.

Tabla 11.6 Principales aspectos por revisar y evaluar en cancelerías

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso "Área Insegura" y acordonar la zona en caso de existir:
1. Daño general. Recomendar no entrar al área si la cancelería se ha desprendido de la estructura y representa un peligro de desprendimiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso total o parcial de la cancelería.
2. Vidrios. Revisar por vidrios agrietados o parcialmente rotos que pueden caer y lastimar a personas.	<ul style="list-style-type: none"> • Vidrios que puedan caer.

11.2.7 Pisos falsos para salones de tecnologías de la información y la comunicación

Daños en pisos falsos pueden afectar el equipo de tecnologías de la información y la comunicación. En especial, los daños ocurren cuando los pisos

no están adecuadamente contraventeados con elementos de acero inclinados, o bien, cuando sus pedestales no están diseñados para resistir sismos o no fueron instalados según las recomendaciones del fabricante. En la tabla 11.7 se presentan los principales aspectos a revisar y evaluar en caso de pisos falsos.

Tabla 11.7 Principales aspectos por revisar y evaluar en caso de pisos falsos

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso "Área Insegura" y acordonar la zona en caso de existir:
1. Daño general. Recomendar no entrar al área si el piso falso ha colapsado o tiene daño debido a desplazamientos verticales y laterales considerables.	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso total o parcial del piso falso. • Agrietamiento severo de elementos de soporte.

11.2.8 Instalaciones y equipo mecánico, eléctrico y electrónico

En general, revisar que las instalaciones (tuberías y ductos) no se hayan desprendido de sus soportes, si existen. Revisar equipo que se haya deslizado o volteado por falta de anclaje.

Son especialmente sensibles los equipos altos, esbeltos y con pesos en su punta. En la tabla 11.8 se presentan los principales aspectos a revisar y evaluar en tuberías y ductos, así como en equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos. En la figura 11.6 se muestra una foto de equipos de aire acondicionado dañados.

Tabla 11.8 Principales aspectos por revisar y evaluar en equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso "Área Insegura" y acordonar la zona en caso de existir:
<p>1. Tuberías y ductos. Revisar la falla de los soportes de tubos y ductos, en especial sobre cabeza. La falla de los soportes puede conducir al colapso progresivo parcial o total de la tubería.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Algunos soportes fracturados. • Rotura de tubos y ductos. • Área con amplio número de soportes fracturados – "Acceso y Uso Restringidos".
<p>2. Equipos a base de combustibles. Examinar calentadores y otros equipos que funcionen a base de gas natural, gas LP o combustóleo. Revisar sus apoyos por signos de deslizamiento, extracción de anclajes o daños adyacentes. Revisar los contraventeos de los soportes, si existen. Revisar las líneas de conducción de combustibles por fracturas o fugas (las cuales pueden ocasionar un incendio). Revisar las válvulas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos desplazados o volteados. * • Falla (rotura o pandeo) de elementos de contraventeo de soportes. * • Rotura o fuga en líneas de conducción de combustibles. * • Rotura de tubería de escape de gases. * • Falla de las válvulas. *
<p>3. Otros equipos mecánicos y eléctricos. Revisar el potencial de dañar a personas por inestabilidades o desprendimientos. Revisar los soportes y apoyos de equipos que puedan caer a causa de réplicas del sismo, en especial de equipos sobre cabeza (como bocinas y altavoces), altos (como antenas) o esbeltos (como tanques de gases comprimidos o calentadores de agua). Incluir en la revisión a sus tuberías de conducción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro de desprendimiento. • Tuberías rotas o en peligro de desprendimiento.
<p>4. Equipos electrónicos. Revisar el potencial de desprendimientos de equipos de cómputo, impresión, microondas, entre otros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro de desprendimiento. • Área con varios equipos caídos, en especial si obstruyen entradas y salidas.

* Los equipos no podrán usarse.



Figura 11.6 Equipos de aire acondicionado dañados. Fuente: cortesía del INIFED (2019).

11.2.9 Elevadores

Los principales daños en elevadores durante un sismo se registran en los del tipo de tracción. En

la tabla 11.9 se presentan los principales aspectos a revisar y evaluar en elevadores.

Tabla 11.9 Principales aspectos por revisar y evaluar en elevadores

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso "Acceso Prohibido" y acordonar la zona adyacente que corresponda en caso de existir:
<p>1. Daño general. Como regla general, no se deben usar los elevadores después de un sismo. Si se sospecha u observan daños en el sistema, se debe colocar un Aviso de "Acceso Prohibido" hasta que los técnicos especializados revisen la instalación. Dicho Aviso debe colocarse en puertas e interruptores para evitar su uso o activación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sospecha de daño. • Daño evidente.
<p>2. Sistemas de protección ante sismos. Cuando los elevadores cuenten con estos dispositivos, diseñados para detectar movimientos sísmicos o el descarrilamiento del contrapeso, se debe prohibir el uso de elevadores hasta que un técnico especializado revise la instalación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de protección ante sismos activado.
<p>3. Contrapesos. La principal preocupación es el descarrilamiento del contrapeso y su posible caída sobre la cabina y consecuente daño a sus ocupantes. Las velocidades relativas pueden ser del orden de 55 km/h. El contrapeso también puede dañar a los rieles, vigas de soporte, ménsulas y cables.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Contrapesos descarrilados.
<p>4. Rieles guía. Se desprenden de los soportes y apoyos (ménsulas) en casos de desplazamientos y aceleraciones elevadas producto del sismo. En ocasiones, los rieles se pueden separar por golpeteo, facilitando que el contrapeso se desprenda y caiga.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rieles dañados. • Ménsulas fracturadas.
<p>5. Maquinaria del elevador. Examinar motores y generadores, controles y otros equipos eléctricos por falla del sistema. Revisar cables que se hayan desprendido de sus atados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Falla del anclaje de los equipos. • Cables fuera de sus atados.
<p>6. Puertas de los elevadores. Revisar las puertas por daño y para verificar que no están atoradas. Se pueden atorar por desplazamientos excesivos y otros daños.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Daños en puertas.

11.2.10 Otros peligros

En la tabla 11.10 se presentan los principales aspectos a revisar y evaluar en caso de otros peligros distintos a los referidos en los incisos 11.2.1

a 11.2.9. En la figura 11.7 se presentan ejemplos de fallas de aisladores cerámicos de equipo eléctrico y rotura de una tubería en una subestación eléctrica.

Tabla 11.10 Principales aspectos por revisar y evaluar en caso de otros peligros

Aspecto por revisar y evaluar	Colocar Aviso "Acceso Prohibido" y acordonar la zona adyacente que corresponda en caso de existir:
<p>1. Áreas con materiales peligrosos (incluidos los inflamables). Consúltense el capítulo 12.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Derrame de material desconocido. • Derrame de material sospechoso que pueda ser peligroso.
<p>2. Tanques de almacenamiento, contenedores y tuberías. A menudo, los laboratorios de una escuela cuentan con tanques de almacenamiento y contenedores para guardar materiales y gases necesarios para los procesos. Los tanques pueden ser de acero, acero inoxidable, aluminio y fibra de vidrio. Se revisarán por fugas y derrames los tanques y las tuberías.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fuga de una sustancia desconocida de un tanque, contenedor o tubería. • Fallas de anclaje (deslizamiento, volteo), de contraventeo de soportes.
<p>3. Equipo de detección y/o protección contra incendio. No se debe permitir el uso de edificios cuyos sistemas de detección y/o protección contra incendio son inoperables. Se incluye a extintores, mangueras, sistemas de rociadores, bombas de agua, tanques de agua para emergencia y sistemas de control de humos. Se deberá informar el Cuerpo de Bomberos del poblado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de detección y/o protección contra incendios inoperable.
<p>4. Líneas de corriente eléctrica caídas. Se debe informar a la Comisión Federal de Electricidad si se encuentran líneas de distribución de corriente eléctrica caídas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Líneas de corriente eléctrica caídas.
<p>5. Escaleras y salidas. Examinar escaleras y salidas para verificar que son estructuralmente seguras, que no están bloqueadas o con potencial de ser bloqueadas por elementos no estructurales, y que las puertas son operables.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Condición insegura en escaleras y salidas. • Puertas inoperables (atoradas, destruidas).



Figura 11.7 Ejemplos de fallas de aisladores cerámicos de equipo eléctrico y rotura de una tubería en una subestación eléctrica. Fuente: archivo personal de Sergio Alcocer (2003).

En la tabla 11.11 se resumen los principales aspectos a revisar y evaluar en equipos fijos. En equipos sin sistemas de aislamiento sísmico, mediante resortes u otro tipo, los daños tienden a ser mayores.

Tabla 11.11 Principales aspectos por revisar y evaluar en equipos fijos	
Equipo	Principales aspectos por revisar y evaluar
• Calentadores	Deslizamiento, tuberías rotas, tubos de escape de gases rotos, tubos de vapor doblados o rotos.
• Enfriadores y equipos de aire acondicionado (bombas, intercambiadores de calor, ventiladores, filtros, compresores, difusores, entre otros)	Deslizamiento, volteo, pérdida de operación, fuga de refrigerante.
• Generadores de emergencia	Falla en apoyos, deslizamiento; rotura de tuberías y líneas de combustible, control y energía; sistema de escape de gases roto.
• Baterías	Sujeción de baterías al chasis de apoyo, contraventeo del chasis; anclaje del chasis a la cimentación de concreto; falla de la cimentación.
• Tanques de combustible	Deslizamiento, volteo, deficiente contraventeo de soportes, fisuras, fugas, tuberías de combustible rotas.
• Cisternas y tanques de agua	Rotura o fisuras en el depósito, tuberías fracturadas, contraventeo deficiente de soportes.
• Equipos de comunicación	Deslizamiento, volteo, inclinación que impide su operación.
• Transformadores principales	Deslizamiento, fuga de aceite, pérdida de operación.
• Tableros eléctricos y tuberías de alimentación principal	Deslizamiento, volteo, cables de alimentación rotos o dañados.
• Elevadores de tracción	Véase inciso 11.2.9. Contrapesos descarrilados, cables fuera de sus atados, equipo deformado o distorsionado.
• Otros equipos fijos (gabinetes, libreros, archiveros)	Deslizamiento o volteo que provoca su inoperancia.
• Materiales peligrosos	Material y equipo de laboratorio caído. Derrames, fugas (véase capítulo 12).

Inspección cuando existen materiales peligrosos

12.1 QUÉ ES UN MATERIAL PELIGROSO

Las Brigadas de Inspección tienen asignada la tarea de evaluar el riesgo asociado al acceso y uso del edificio dependiendo del nivel de daño estructural y no estructural. Para apoyar a la Brigada en esta responsabilidad, en los capítulos 7 a 11 de esta Metodología se han descrito los principales aspectos y criterios de evaluación aplicables a elementos estructurales y no estructurales.

Si bien los daños en la estructura y sus componentes son importantes, se deben considerar otras situaciones de riesgo asociadas a la presencia de materiales peligrosos que pueden ocasionar accidentes químicos.

Según el ATC-20-2 (1995), se entiende por material peligroso a la sustancia o combinación de sustancias que, debido a su cantidad, concentración y características físicas, químicas o infecciosas puede:

- a. Causar o contribuir de manera decisiva a aumentar el número de muertos o heridas severas, o
- b. Ser un peligro real o potencial a los humanos o al medio ambiente.

Un accidente químico se puede definir como la ocurrencia de un evento mayor, ya sea fuga, derrame, incendio o explosión de una o más sustancias peligrosas, como resultado de una situación fuera de control dentro de las actividades normales de almacenamiento, procesamiento o transferencia que ocasionan un daño serio a las personas, al ambiente o las instalaciones de manera inmediata o a largo plazo (Arcos e Izcapa, 2014).

Desde la perspectiva de la salud de la población, existen varias maneras de clasificar los accidentes químicos. Esto puede hacerse tomando en cuenta la sustancia involucrada, la cantidad liberada, la extensión del área contaminada, el número de personas expuestas o en riesgo, las vías de exposición y las consecuencias médicas o de salud debido a la exposición a dichas sustancias (OPS, 1998).

- a. Sustancia involucrada
Las sustancias involucradas en un accidente pueden clasificarse, dependiendo de sus características, como tóxicas, inflamables, explosivas, oxidantes, corrosivos o radioactivas.
- b. Cantidad liberada
La clasificación de acuerdo con la cantidad liberada debe tomar en cuenta las propiedades peligrosas de la sustancia, ya que, por ejemplo, igual cantidad liberada de cianuro resulta mucho más peligrosa que de hidróxido de amonio.
- c. Extensión del área contaminada
Los accidentes pueden clasificarse de acuerdo con la extensión del área contaminada, es decir, si la liberación quedó contenida dentro

de una instalación y no afectó a nadie en el exterior, si hubo afectación en la vecindad inmediata de una planta industrial, si se afectó una zona extensa alrededor de una instalación, o si la liberación se dispersó mucho más allá de los alrededores de la fuente.

- d. Número de personas expuestas o en riesgo
Los accidentes químicos pueden clasificarse por el número de personas afectadas en términos de muertes, lesiones y/o evacuados. Sin embargo, la gravedad de un accidente químico no puede determinarse únicamente sobre esta base. Al valorar su gravedad se deben tomar en cuenta todas las circunstancias y consecuencias conocidas.

- e. Vías de exposición
Las vías de exposición podrían ser un medio para clasificar los accidentes químicos desde el punto de vista de salud. Existen cuatro principales vías directas de exposición: inhalación, exposición ocular, contacto con la piel e ingestión, pudiéndose presentar más de una a la vez.

- f. Consecuencias médicas o para la salud
Los accidentes químicos también pueden clasificarse con base en las consecuencias médicas o para la salud o en función del sistema/órgano que sea afectado. Ejemplos de esto serían los accidentes que dan origen a efectos cancerígenos, dermatológicos, inmunológicos, hepáticos, neurológicos, pulmonares o teratogénicos.

Los accidentes químicos pueden presentarse por diversas causas, ya sea por la ocurrencia de fenómenos naturales, fallas operativas en las que ocurren desviaciones de las condiciones normales del proceso, o bien, por errores humanos; estas causas pueden ser accidentales o premeditadas, algunas de ellas se enlistan a continuación:

- Las causas naturales pueden ser un sismo, huracán, inundación o erupción volcánica.
- Las causas operativas pueden ser la alteración de las variables del proceso industrial. Este tipo de causas no son del alcance de este documento.

En Arcos e Izcapa (2014) se pueden consultar los requisitos y recomendaciones para elaborar y operar Programas de Atención de Emergencia. Se incluye una descripción de los equipos de emergencia, los procedimientos de emergencia, la capacitación, los simulacros y la comunicación.

En el caso de un sismo, la amenaza que representa un material peligroso se refiere a la posibilidad de que se libere al medio ambiente.

En general, en cualquier poblado hay una enorme cantidad de materiales peligrosos, como gasolina almacenada en estaciones de servicio (gasolineras), pesticidas en granjas, líquidos y gases inflamables en hospitales y escuelas, explosivos en obras en construcción, entre otros.

Algunas de las clases más usadas comúnmente comprenden ácidos, sustancias alcalinas, solventes orgánicos, gases, refrigerantes, combustibles, recubrimientos (o barreras) y lubricantes. Cada uno de ellos tiene características específicas que, ya sean solos o combinados, los convierten en materiales peligrosos.

12.2 IDENTIFICACIÓN DE DERRAMES O FUGAS DE MATERIALES PELIGROSOS

En la tabla 12.1 se presentan las fallas más comunes que causan la liberación de materiales peligrosos.

Tabla 12.1 Fallas más comunes que causan la liberación de materiales peligrosos

• Estructuras	• Fallas estructurales en edificios.
• Tuberías enterradas	• Rotura de tuberías enterradas debido a movimientos del terreno.
• Tubos	• Rotura de tubos de conexión. • Impactos de otras estructuras y equipo. • Daños por fallas en soportes de tubos.
• Tanques	• Fallas en la base de tanques por pandeo local o completo (falla de “pata de elefante”) (véase figura 12.1). • Corrosión y debilitamiento. • Derrame de contenidos. • Volteo de tanques elevados. • Deslizamiento y volteo de tanques horizontales.
• Anaqueles	• Caída de contenedores y anaqueles. • Mezcla de materiales debido a su caída.
• Otros	• Deslizamiento o volteo de equipos industriales y de sus componentes.

Los derrames de materiales peligrosos se pueden detectar con la vista, si es obvia la rotura en un contenedor, tanque o tubería. Otra opción es por el olfato (olores peculiares), oído (ruidos extraños) o por reacciones físicas, como náusea, mareo

o irritación de ojos, mucosas y piel. En estos casos, el inspector de daños debe abandonar la zona inmediatamente. La presencia de animales muertos o sustancias polvosas y resbalosas son indicativos de derrames (ATC-20, 1989).



Figura 12.1 Fallas por pandeo local (izquierda) y pandeo total o falla de "pata de elefante" (derecha).
Fuente: Dizhur et al. (2017).

Se recomienda que las Brigadas de Inspección usen equipo de protección mínimo, como guantes, botas, tapabocas contra polvo y anteojos de seguridad (incluidos *goggles*). En el capítulo 14 se enlista el equipo de protección y seguridad que deben usar y portar los inspectores de daños.

Aquellos sitios que tengan potencial de derrame deben ser revisados contra el viento, de modo que se pueda detectar el olor. Si se sospecha la ocurrencia de un derrame, la Brigada de Inspección no deberá acercarse. Si algún integrante de la Brigada se topa con un derrame, deberá abandonar el área inmediatamente y se tendrá que evacuar la zona. Es necesario informar lo antes posible al Cuerpo de Bomberos del poblado.

12.3 HOJAS DE SEGURIDAD Y ETIQUETADO DE MATERIALES PELIGROSOS

Cuando se presenta un accidente químico en el que se libera una sustancia peligrosa al ambiente, el accidente puede manejarse con

mayor velocidad y eficiencia cuando la sustancia involucrada está debidamente identificada y caracterizada (Arcos e Izcapa, 2014).

Es importante y necesario contar con un sistema de clasificación de materiales, ya que proporciona información de manera inmediata sobre los peligros que representa una sustancia en caso de un accidente. Esto permite reaccionar ante la emergencia de forma adecuada y segura.

En México, la clasificación de materiales peligrosos en instalaciones se hace de acuerdo con la norma NOM-018-STPS-2000 "Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo". En esta norma se establece la forma de identificación y clasificación de las sustancias. Las propiedades que toma en cuenta son daños a la salud, inflamabilidad y radiactividad, dándole valores en una escala de 0 a 4 para indicar el grado de peligro que presentan, siendo 4 el de mayor rango.

Este sistema establece dos opciones de identificación, una en forma de rombo y otra

de rectángulo, el primer modelo coincide completamente con el sistema de identificación de materiales peligrosos establecido por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (*National Fire Protection Association*, NFPA, de Estados Unidos de América) en su estándar NFPA 704. El modelo en forma de rectángulo concuerda con el Sistema de Identificación de Materiales Peligrosos (HMIS, por las siglas en inglés de *Hazardous Materials Identification System*), desarrollado por la Asociación Nacional de Pinturas y Recubrimientos de Estados Unidos de América.

Los siguientes colores y criterios de clasificación se emplean para ambas formas:

- Salud – Azul
- Inflamabilidad – Rojo

- Reactividad o peligros físicos - Amarillo o anaranjado
- Reactividades especiales (en NFPA) o protección personal (HMIS) – Blanco

En las figuras 12.2 y 12.3 se muestran ejemplos de aplicación del modelo de identificación en forma de rombo y en forma de rectángulo.

En Arcos e Izcapa (2014) se pueden consultar los criterios de clasificación para ambos modelos de identificación (NOM-018-STPS-2000). Asimismo, se encuentran algunas características fisicoquímicas básicas de los principales materiales peligrosos almacenados en el país. Se incluye también el grado de riesgo y el límite máximo permisible de exposición.

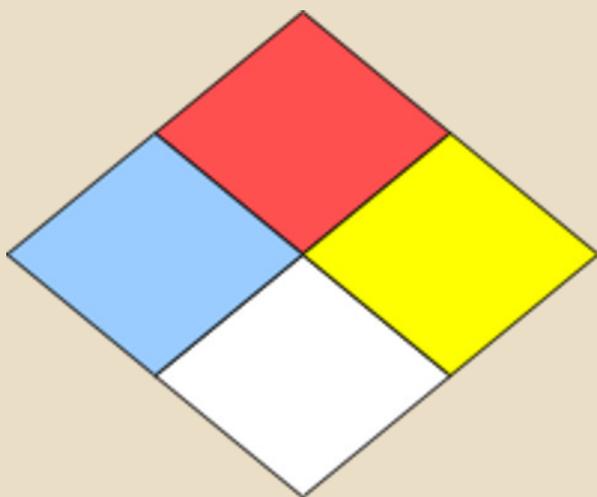


Figura 12.2 Ejemplo de identificación de material peligroso usando el modelo en forma de rombo. Fuente: Arcos e Izcapa (2014).

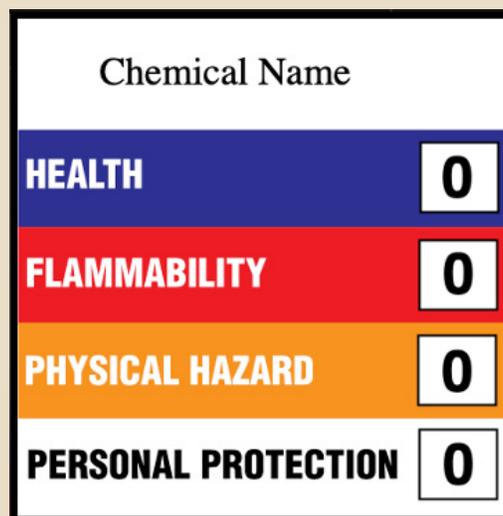


Figura 12.3 Ejemplo de identificación de material peligroso usando el modelo en forma de rectángulo. Fuente: <https://www.paint.org/programs-publications/programs/hmis/> (2020).



CAPÍTULO 13

Comportamiento humano tras los sismos

Los sismos son eventos imprevisibles de la naturaleza capaces de afectar muchas vidas. Como resultado del fenómeno, es usual que se dañen o destruyan casas, comercios, escuelas y hospitales. Estos acontecimientos causan, además de los muy lamentables decesos humanos, pérdidas materiales y de oportunidades de negocio y perjuicios en el entorno. No sólo se afectan las propiedades en lo individual, sino que la comunidad completa es impactada y, en caso de desastre, su funcionalidad se ve comprometida. Los inspectores de daños deben ser sensibles a esta situación al momento de la evaluación (ATC-20, 1989; ATC-20-2, 1995).

13.1 COMPORTAMIENTO HUMANO EN CASO DE UN FENÓMENO PERTURBADOR

Durante e inmediatamente después de un sismo, la principal preocupación de las personas es salvar sus vidas y sus bienes, incluyendo las de quienes los rodean. Después

de algún momento de confusión o desorientación, las víctimas del sismo normalmente recuperan su autocontrol.

La siguiente fase se caracteriza por hacer un recuento de los elementos que rodean a las personas, ya sean sus familiares, vecinos, propiedades. En ese momento, el énfasis de los afectados está en proporcionar seguridad a su familia. Es usual que las personas exhiban signos de angustia y una pérdida momentánea de la confianza en sí mismas.

Posteriormente, se activa la fase de rescate, en la cual las personas tienden a apoyar a los sobrevivientes. Esta actitud de auxilio permite que la población afectada se recupere más rápido del choque emocional. En algunas ocasiones, las víctimas pueden permanecer aturcidas, mientras que otras reaccionan negando la ansiedad, el miedo y la angustia. Estos últimos signos son usuales una vez que los efectos de mediano y largo plazos del sismo se manifiestan. Los síntomas característicos incluyen al insomnio, los trastornos digestivos y el nerviosismo.

13.2 CÓMO TRATAR A LA POBLACIÓN AFECTADA

Es importante que el inspector de daños sea empático con los sentimientos de las personas que han perdido o visto dañada su propiedad o el lugar en donde estudian o trabajan. No se pretende que el inspector de daños supla los servicios y experiencia de un trabajador social, un psicólogo, un sociólogo o un antropólogo, pero sí que haga un esfuerzo por ayudar y entender la situación de las víctimas. En el caso de una escuela, los afectados serán los estudiantes, el profesorado, el personal directivo y administrativo, los padres de familia y los propietarios (cuando la escuela es de propiedad privada).

Es probable que estos grupos de interés busquen en la Brigada de Inspección a una autoridad que les asegure que la escuela es segura o que se podrá reparar. En todos los casos se les debe tratar de una manera objetiva, paciente y apoyando los dichos en información comprobable. En particular, se debe informar a la comunidad sobre las consecuencias del tipo de Aviso resultado de la Evaluación Rápida o Intermedia.

También es posible que una Brigada de Inspección se encuentre con una población ansiosa y temerosa. Esto es especialmente cierto porque no comprenden los mecanismos de un sismo y sus réplicas, así como por la falta de información sobre el daño y sus consecuencias. En tal caso, las condiciones de daño en el poblado o en la región causan un incremento en la preocupación, los sentimientos de vulnerabilidad y el miedo. De nuevo, es recomendable informar de manera transparente y objetiva, con el propósito de evitar la desinformación y los rumores.

Es frecuente que las Brigadas de Inspección sean las primeras autoridades o representantes de éstas en arribar al lugar tras el sismo. A menudo, las víctimas tienen la necesidad de relatar su experiencia y desahogar sus emociones. Los inspectores de daños técnicos, con actitud empática, deben dirigir a las víctimas con el integrante de la Brigada con experiencia en temas sociales, o bien, a las autoridades de protección civil o a la Cruz Roja.

Conviene que la Brigada de Inspección tenga presente que las reacciones de las personas son distintas incluso si el daño de sus comunidades es comparable (ATC 20-2, 1995). Mientras algunas víctimas reaccionan de manera agresiva, sin escuchar explicaciones, también es frecuente que la comunidad escolar reaccione de manera positiva, cooperando y apreciando los esfuerzos de la evaluación. En suma, los inspectores de daños no deben ir a campo con ideas preconcebidas sobre el comportamiento de las personas afectadas.

Es usual que las víctimas soliciten consejo sobre formas y medios para reparar un edificio; es recomendable que el inspector de daños decline ofrecer ese tipo de consejos. Alternativamente, el inspector de daños puede darles información sobre dónde conseguir ese tipo de ayuda.

En caso de que la Brigada de Inspección sea requerida para comunicarse con la comunidad afectada, es recomendable seguir los siguientes pasos:

- Identificar a la persona que lidera a los afectados para que acompañe a la Brigada de Inspección durante la explicación. En la mayor parte de las ocasiones, será el director del plantel o un docente comisionado para el efecto. No debe extrañar que algún padre o madre de familia, o el comisario ejidal, sean quienes encabecen a la comunidad escolar.
- Seleccionar a un miembro de la Brigada de Inspección que exponga las explicaciones a la población afectada. Si un miembro del equipo es un especialista en temas sociales, es recomendable que éste sea el vocero de la Brigada.
- Una comunicación efectiva con la comunidad escolar afectada debe cumplir con las cuatro “C”, es decir, ser:
 - » Clara, con el lenguaje más sencillo posible y con empatía.
 - » Concisa, sin rodeos.
 - » Consistente, es decir, coherente y verificable.
 - » Creíble, sustentada en hechos.
- Apoyarse en las Hojas Informativas que prepare y distribuya la autoridad local educativa, ya que en ellas se incluyen las respuestas más comunes sobre los Avisos y su interpretación, los pasos siguientes, así como contactos de emergencia.
- Explicar el propósito de los Avisos, las implicaciones de las categorías asignadas a los edificios en el quehacer de la comunidad escolar, así como el proceso para cambiar la clasificación de los Avisos.

- Exponer las implicaciones del daño de la estructura y del entorno en la salud e integridad física de la comunidad escolar. Explicar qué hacer.
- Tener a la mano la información de contactos de los servicios relevantes para la población afectada en ese momento. Entre ellos se incluyen los relativos a:
 - » Protección civil: albergues, distribución de alimentos y agua.
 - » Servicios médicos.
 - » Agua y saneamiento.
 - » Energía eléctrica.

En suma, los inspectores de daños deben tener en mente que las víctimas son personas que han sido sujetas a un choque severo y a un posterior estrés. La tarea del inspector de daños es entenderlas, darles tranquilidad e información objetiva, clara y concisa, así como dirigir las con las personas apropiadas para darles mayor ayuda. Los inspectores de daños deberán ser pacientes, al tiempo de ser consistentes y efectivos con la tarea asignada de evaluar el daño de los edificios y asignarles un tipo de Aviso.

13.3 MANEJO DEL ESTRÉS EN EL CAMPO

El esfuerzo que demanda la inspección de edificios dañados en un ambiente emocionalmente turbulento, con exposición a daño, heridos y muertos, sujeto a largas jornadas, con mala o irregular alimentación y sueño, y sacrificando las necesidades propias por las de los demás, puede afectar el bienestar físico y psicológico del propio inspector de daños.

El líder o jefe de la Brigada de Inspección debe tener presente la posibilidad de que se genere entre sus integrantes un estado de agotamiento, irritabilidad y fatiga que disminuya la efectividad y capacidad del equipo. Los síntomas más

característicos del síndrome de *burn-out* son los que afectan la capacidad de pensar, como confusión mental, lentitud para pensar, dificultad

para elaborar juicios y tomar decisiones. Las manifestaciones de este síndrome se muestran en la tabla 13.1.

Tabla 13.1 Manifestaciones del síndrome de *burn-out*

Manifestaciones psicológicas	Signos de alerta física	Síntomas de comportamiento
<ul style="list-style-type: none"> • Depresión • Irritabilidad • Ansiedad • Hiperexcitabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Agotamiento • Falta de energía • Afecciones gastrointestinales • Falta de apetito • Desórdenes del sueño 	<ul style="list-style-type: none"> • Hiperactividad • Fatiga excesiva • Inhabilidad para expresarse, verbalmente o por escrito

Una vez detectada la ocurrencia del síndrome de *burn-out*, se recomienda seguir los siguientes pasos (ATC-20, 1989):

- Desarrollar un sistema de “parejas profesionales de trabajo y cuidado solidario de la salud” con otro integrante de la Brigada que les permita vigilarse mutuamente.
- Estimular y apoyar a los integrantes de la Brigada. Si se usa con cuidado, el humor ayuda a reducir la tensión.
- Hablar de los sentimientos, experiencias y temores, así como escuchar a los demás, con actitud comprensiva y de apoyo.
- Tratar de ejercitarse o relajarse.
- Tratar de comer bien y dormir suficiente.
- Tomar control del propio ritmo.
- Hacer pausas si la efectividad disminuye.
- Tomar descansos durante el día.

También es usual que se generen conflictos al interior de las Brigadas. Con objeto de reducir las tensiones, se recomienda acordar, desde el inicio de la evaluación, la distribución de las actividades a desarrollar dentro de la Brigada, tales como:

- Evaluación de los edificios y distintos peligros en el entorno.
- Llenado del Formato de Evaluación.
- Llenado y colocación de Avisos y del Resumen de Avisos.
- Colocación de cintas de acordonamiento.
- Toma de fotografías y/o video.
- Comunicación con miembros de la comunidad escolar.

- Comunicación con el centro de operaciones de la emergencia.
- Asegurar el suministro de Avisos, Formatos de Evaluación, cintas de acordonamiento y material de oficina (marcadores indelebles de punta delgada y gruesa, por ejemplo).

Si surgen conflictos dentro de la Brigada, las siguientes son algunas recomendaciones para resolverlos rápida y efectivamente:

1. Preguntar para entender
Frecuentemente, los conflictos surgen por una pobre comunicación en el equipo. Antes de tomar una decisión, conviene preguntar a los involucrados para entender qué ocurre.
2. Revisar expectativas
Los conflictos se pueden desarrollar porque las expectativas de alguna parte no han sido satisfechas. Si dos partes están insatisfechas, para evitar una conversación circular negativa, se recomienda tratar el asunto con cada parte en lo individual.
3. Aceptar perspectivas distintas
Los conflictos pueden ocurrir porque dos perspectivas distintas sobre el proceso de evaluación chocan. Esto se presenta cuando alguien proviene de otra organización, tiene antecedentes distintos o una cultura de la evaluación postsísmica diferente.
4. Identificar y aceptar los errores
Aun errores pequeños e involuntarios pueden erosionar la credibilidad y confianza dentro del equipo. Conviene hacer una revisión honesta

de las actitudes y hechos para el resto de la Brigada.

5. Estar alerta de la emotividad
Se debe tener cuidado con las emociones de los integrantes del equipo que puedan desencadenar un conflicto.
6. Hacer énfasis en evitar el escalamiento de conflictos
El escalamiento de un conflicto se logra evitar si una o las dos partes involucradas así lo aceptan. Una revisión honesta y objetiva de la situación puede ser suficiente.
7. Implantar acciones para controlar la situación
Con objeto de evitar el escalamiento, es recomendable usar tácticas simples como separar a las partes involucradas, cambiar el lugar y momento de la discusión, e invitar a ambas partes a expresarse o intercambiar una señal de empatía.
8. Comprometerse con la solución del conflicto
Un compromiso expreso hacia la solución del conflicto tiene un impacto importante en las partes involucradas. Esta expresión puede, incluso, ser el catalizador para que el conflicto desaparezca.
9. Reducir la conflictividad
Lograr una declaración conjunta, factual, sin exageraciones, adornos ni juicios es una posibilidad real para reducir la conflictividad.
10. Mantener la calma
Es indispensable mantener la calma, la cabeza fría y ser objetivos, de modo de poder controlar y resolver la situación.

13.4 APOYO DE LA COORDINACIÓN DE LA EVALUACIÓN A LOS INSPECTORES DE DAÑOS EN EL CAMPO

Con objeto de que la Brigada de Inspección pueda realizar una evaluación más efectiva, se ha propuesto lo siguiente (ATC 20-2, 1995):

- a. Establecer y comunicar a la Brigada de Inspección el alcance de su tarea y de sus

metas. Ello permitirá poner en perspectiva la cantidad de tiempo y esfuerzo que se deben invertir para cada edificio. El alcance y metas esperadas son usualmente establecidas por las autoridades locales educativas.

- b. Explicar a la Brigada de Inspección los criterios y procedimientos por utilizar en el campo, así como el tipo de actividades que se espera que realicen y las que no.
- c. Si es necesario, asignar planteles educativos específicos a ciertas Brigadas de Inspección, evitando la repetición de inspecciones. Si intervienen técnicos y voluntarios de otras regiones del país, van a requerir mapas, detalles específicos e incluso guías locales (como choferes) para localizar los planteles.
- d. Dar información a las Brigadas de Inspección sobre contactos, cuerpos de ayuda, entre otros, de modo que puedan contestar satisfactoriamente cuestionamientos de la población afectada. Es probable que esta información vaya cambiando o enriqueciéndose en los días posteriores al sismo. Para actualizar a la población afectada, se deberá contar con un procedimiento. Es recomendable preguntar a las Brigadas de Inspección el tipo de información que las víctimas solicitan.
- e. Cuando sea posible, dar a los inspectores de daños un número telefónico dedicado a las Brigadas de Inspección, de modo que puedan comunicarse con la base en caso de situaciones especiales.
- f. Mantener a las Brigadas de Inspección informadas, apoyarlas y estimularlas resaltando la importancia de su trabajo para la comunidad escolar de la zona.
- g. Considerar hacer público en los medios locales de información el despliegue de un proceso ordenado de evaluación postsísmica. Ésta sería una excelente oportunidad para explicar a la población los alcances y resultados esperados de la inspección de escuelas. Si en el esfuerzo participan voluntarios de otras partes del país, conviene destacar su participación.
- h. Diseñar un método que permita identificar inequívocamente a las Brigadas de Inspección

y que les facilite ser distinguidos de otros grupos que llegan a la comunidad con el propósito de ofrecer servicios y productos de varios tipos.

- i. De ser posible, dar alojamiento de buena calidad a los grupos voluntarios que, dejando sus propias comunidades, contribuyen con

su experiencia en beneficio de la población visitada. La atención especial a las Brigadas incluye transporte, alimentación y oportunidades para convivir al final del día. Este tipo de atenciones estimulan a los equipos y sirven para manejar el estrés.



CAPÍTULO 14

Seguridad en campo

En este capítulo se describe el equipo que deben usar los integrantes de Brigadas de Inspección, la conducta a seguir para minimizar riesgo de heridas y daños, así como los criterios para reconocer y manejar situaciones que involucren materiales peligrosos.

14.1 EQUIPO DE CAMPO

Una parte del éxito de la evaluación de campo se debe a la idoneidad del equipo que porten los integrantes de una Brigada de Inspección. De igual forma, las autoridades locales educativas deben contar con insumos y herramientas apropiadas y suficientes para facilitar las inspecciones (ATC-20, 1989; ATC-20-2, 1995). En las tablas 14.1 y 14.2 se enlistan los equipos y herramientas que las autoridades locales educativas deben proveer a los inspectores de daños y los elementos que éstos deben aportar, respectivamente.

Tabla 14.1 Equipo normalmente provisto por la autoridad local educativa

<ul style="list-style-type: none"> • Esenciales 	<ul style="list-style-type: none"> • Manual de Campo para la Evaluación Postsísmica de Escuelas. • Instrucciones, información de contacto, información sobre hospedaje, nombres y números telefónicos de personal de emergencia. • Hojas Informativas para la comunidad escolar, con información de contacto de las entidades de auxilio y personal de emergencia. • Identificaciones o pases oficiales. • Formatos de Evaluación, en papel, si es el caso. • Avisos de Seguridad Estructural y Uso de Edificios y Resumen de Avisos. • Cinta amarilla para acordonar (del tipo “Precaución”, “No cruce”). • Artículos de oficina: <ul style="list-style-type: none"> » Portapapeles, papel, blocks de papel. » Engrapadora y grapas, chinchetas, cinta adhesiva para fijar los Avisos y el Resumen de Avisos. » Marcadores indelebles (o de tinta permanente) de punta delgada y gruesa para los Avisos. » Bolígrafos. » Tijeras. » Memorias USB. • Mapas de la zona y de calles. • Imágenes de <i>Google Earth</i>. • Fotos aéreas e información de los edificios. • Equipo de comunicación. • Transportación hacia y desde la zona dañada. • Hojas de seguridad de materiales peligrosos, si se sabe que los planteles educativos almacenan este tipo de materiales.
<ul style="list-style-type: none"> • Sugeridos 	<ul style="list-style-type: none"> • Escaleras. • Binoculares. • Linternas con baterías de repuesto. • Copiadoras, impresoras. • Herramientas: martillos, sierras de mano, pinzas de corte, palancas. • Niveles de mano. • Calculadoras.

Tabla 14.2 Equipo normalmente provisto por el inspector de daños

Tabla 14.2 Equipo normalmente provisto por el inspector de daños		
Objetos personales	Esenciales	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación oficial personal (incluyendo visa y pasaporte, si es necesario) y/o de la entidad que representa. • Información sobre tipo de sangre y alergias a medicamentos y al medio ambiente. • Licencia de manejo. • Tarjetas de crédito, dinero. • Mochila. • Anteojos, anteojos de seguridad (incluidos <i>goggles</i>). • Casco de seguridad. • Botas o zapatos con casquillo de protección en la punta y, preferentemente, dieléctricos y con suela antiderrapante. • Chaleco de seguridad con cintas reflectantes y/o colores altamente visibles. • Ropa y equipo contra lluvia. • Tapabocas contra polvo. • Guantes de tela. • Guantes desechables. • Kit de primeros auxilios. • Medicamentos y objetos para higiene personal.
	Sugeridos	<ul style="list-style-type: none"> • Cantimplora, termo. • Pastillas purificadoras de agua. • Rodilleras. • Bolsa de dormir. • Crema con protector solar. • Repelente de moscos. • Antivenenos para mordedura de serpientes y picadura de alacranes.
Equipo de campo	Esenciales	<ul style="list-style-type: none"> • Linterna con baterías de repuesto. • Localizador GPS. • Cámara electrónica con baterías extra. • Flexómetro. • Nivel de mano (o inclinómetro), plomada o canica. • Binoculares. • Navaja multiusos. • Grietómetro (comparador manual de grietas). • Equipo para recarga del teléfono celular.
	Sugeridos	<ul style="list-style-type: none"> • Portapapeles. • Papel, block de notas con protector contra agua. • Bolígrafos, lápices. • Radio portátil. • Laptop o tableta electrónica. • Brújula. • Arnés y accesorios (si se considera que se inspeccionarán instalaciones altas, como tanques o chimeneas).

14.2 SEGURIDAD PERSONAL EN EL CAMPO

En la tabla 14.3 se presenta el decálogo de la seguridad personal.

Los integrantes de una Brigada deberán siempre tener en mente su seguridad personal y la de sus compañeros. A raíz de sismos muy intensos, los peligros de desprendimientos, colapsos parciales e, incluso, de colapsos totales son reales y frecuentemente elevados.

Se recomienda que los integrantes de la Brigada se trasladen por parejas; de este modo, en caso de que uno de los integrantes se lastime o quede atrapado, el otro podrá buscar ayuda.

Antes de realizar cualquier inspección en un plantel escolar, los inspectores de daños deben revisar el exterior de los edificios. Idealmente, deben revisarlos caminando alrededor de ellos, sin entrar. En ocasiones, una fachada puede parecer segura, cuando el daño se encuentra en la parte posterior. Ningún inspector de daños debe ingresar a un edificio con daño muy severo que sugiera su posible colapso, cuando haya fugas o derrames de materiales peligrosos o sospechosos de serlo, o bien, cuando existan otros peligros.

El inspector de daños debe portar y usar equipo de protección. Siempre se debe portar un casco de seguridad. Conviene usar anteojos de seguridad (incluidos *goggles*) y guantes si se tocarán escombros, así como tapabocas contra polvo y anteojos de seguridad si se ingresará a zonas con polvo.

Los inspectores de daños estarán atentos a la presencia de otros peligros asociados a estructuras dañadas. Ejemplos de ello son:

- Objetos que pueden caer, dentro o fuera del edificio.
 - » Afuera: pretilas, cornisas, frisos, ornamentos, vidrios, fachadas, apéndices.
 - » Adentro: plafones, lámparas de luz, tuberías y ductos, muros divisorios, equipos, mobiliario.

Al momento de la inspección, buscar que exista silencio para escuchar ruidos que puedan anunciar fallas súbitas.

Estos objetos pueden caer por su propio peso, o bien, precipitarse en caso de réplicas del sismo. Si durante la inspección ocurre una réplica, el inspector de daños debe protegerse inmediatamente debajo de una mesa o del dintel de una puerta. Debe proteger su cabeza; al menos, debe cubrir su cara con las manos.

Ubicar los interruptores centrales de servicios e instalaciones y cerrar las válvulas de gas, agua e interrumpir el suministro de corriente eléctrica. En su caso, solicitar al personal encargado de los edificios que lo haga.

Si durante la inspección se detecta un incendio pequeño, se tratará de controlar y extinguir. Si el incendio es mayor, se deberá dar aviso al Cuerpo de Bomberos del poblado y alertar a la comunidad escolar para que no se acerque.

Los inspectores de daños tendrán precaución con instalaciones públicas dañadas, tal es el caso de líneas de transmisión o distribución de corriente eléctrica que hayan caído, fugas de gas, derrames de combustibles, entre otros. Se recomienda contactar a las autoridades correspondientes para el manejo de dichas situaciones.

Tabla 14.3 Decálogo de la seguridad personal

1. Traslados en parejas.
2. Siempre usar casco de seguridad.
3. Primero, revisar el edificio desde el exterior.
4. Entrar al edificio sólo si se considera seguro.
5. Evitar áreas donde se sospeche o confirme que haya materiales peligrosos libres.
6. Usar equipo de protección idóneo.
7. Estar alerta de objetos que pueden caer.
8. En caso de incendio, evacuar y llamar al Cuerpo de Bomberos.
9. Evitar acercarse a cables eléctricos caídos y edificios debajo de ellos.
10. En caso de fugas de gas, si es posible, cerrar la válvula; avisar de la fuga.

14.3 QUÉ HACER EN CASO DE UNA FUGA O DERRAME DE MATERIALES PELIGROSOS

En el capítulo 12 se describen las características de los materiales peligrosos, las fallas más comunes que ocurren producto de un sismo y que provocan la liberación de estos materiales, así como el marcado de éstos.

Las Brigadas de Inspección deben prestar especial atención a la presencia de fugas y derrames

de materiales peligrosos. Aquellos sitios que tengan potencial de derrame deben ser revisados contra el viento, de modo de detectar el olor. Si se sospecha la ocurrencia de un derrame, la Brigada de Inspección no deberá acercarse. Si algún integrante de la Brigada se topa con un derrame, tendrá que abandonar el área inmediatamente y evacuar la zona. Se deberá informar lo antes posible al Cuerpo de Bomberos del poblado.

Un resumen de cómo identificar materiales peligrosos y qué hacer en caso de derrame se presenta en la tabla 14.4.

Tabla 14.4 Resumen de cómo identificar materiales peligrosos y qué hacer en caso de derrame

Identificación	Acciones por tomar
1. El tipo de instalación ayuda a identificar el tipo de materiales que se pueden encontrar.	1. Salir, sellar el área (si es posible) y colocar un Aviso de "Área Insegura".
2. Algunas pistas para identificar un derrame son: » Contenedor, tanque o tubería rotos. » Derrame evidente de un sólido o líquido. » Olores peculiares, ruidos raros o reacciones físicas (náusea, mareos, irritación de ojos, mucosas y piel, animales muertos).	2. Notificar al Cuerpo de Bomberos del poblado. Si es factible, anotar el nombre de la sustancia o las marcas del contenedor.



CAPÍTULO 15

Guía informativa para la comunidad escolar

En este capítulo se presentan recomendaciones sobre los alcances de la información por comunicar a la comunidad escolar tras la ocurrencia de un sismo. Entre la información están las características del sismo, sus consecuencias en el país y en la región en donde se encuentra el plantel educativo, así como las acciones que se desarrollan para evaluar la seguridad de la infraestructura física educativa. Las recomendaciones también incluyen una descripción de la evaluación postsísmica y del significado de los Avisos de Seguridad Estructural y Uso del Edificio. Finalmente, se comentan las razones y el procedimiento a seguir para cambiar el tipo de Aviso en un edificio escolar.

Es recomendable que la descripción de la evaluación postsísmica y la explicación del significado de los Avisos estén distribuidas en una o varias páginas independientes, ya

que su contenido no varía con la evolución de la información que se incluya en la Hoja Informativa.

Se recomienda que la información anterior forme parte de una Hoja Informativa que se entregue a la comunidad escolar y/o que se coloque junto al Resumen de Avisos en la entrada del plantel. La Hoja Informativa será preparada por la autoridad local educativa y será distribuida por las Brigadas de Inspección.

El contenido de la Hoja Informativa deberá evolucionar con el transcurso de los días posteriores al sismo. En lo que sigue, se presentan recomendaciones de contenido para preparar una Hoja Informativa pocas horas después de la ocurrencia del sismo.

15.1 GENERAL

Se recomienda que, de preferencia, la información esté contenida en una sola página para facilitar el fotocopiado. Asimismo, es conveniente que la Hoja Informativa se distribuya mediante las redes sociales de la autoridad local educativa y de otras instituciones públicas y sociales. Éste es el caso de las redes sociales de las autoridades de protección civil, de colegios de profesionistas (ingenieros civiles y arquitectos), universidades, entre otros.

La información debe ser concisa y objetiva. Se recomienda incluir la fuente de la información, la cual, de preferencia, debe ser oficial. Es importante tener en mente que, en situaciones de emergencia o desastre, la población afectada busca información confiable sobre el impacto del fenómeno perturbador, así como de las acciones de Auxilio y Recuperación. Entonces, es contraproducente ocultar datos, como número de víctimas fatales o colapsos, pretendiendo proteger a la comunidad. Las redes sociales y la interconectividad actuales permiten a la población adquirir información en tiempo real con enorme facilidad.

15.2 TÍTULO

Se sugiere que el título de la Hoja Informativa lleve la identificación del sismo, de acuerdo con la denominación del Servicio Sismológico Nacional (SSN). Como ejemplo, la Hoja Informativa preparada en días posteriores al sismo del 19 de septiembre de 2017 llevaría como título:

*Hoja Informativa
Sismo de Puebla-Morelos
19 de septiembre de 2017*

15.3 SOBRE EL SISMO

La primera sección de la Hoja Informativa, titulada “Características del sismo”, incluye información general sobre los aspectos sismológicos del fenómeno. Esta información debe obtenerse de los informes que publique el SSN. No se recomienda incluir datos de otras fuentes (prensa nacional o extranjera, u otros servicios sismológicos) para evitar la confusión entre la población. Se recomienda que se incluya, al menos:

- Referencia a que la información proviene del SSN. Por ejemplo: “De acuerdo con el Servicio Sismológico Nacional de la UNAM...”.
- Fecha y hora de ocurrencia (horario de México).
- Magnitud.
- Ubicación del epicentro (entidad federativa, municipio). No se recomienda colocar las coordenadas, esto para evitar confusiones.
- Distancia del epicentro a ciudades representativas.

15.4 SOBRE EL EFECTO DEL SISMO

La segunda sección se llama “Efectos del sismo” e incluye información muy general sobre el impacto del temblor en las poblaciones. Se deben incluir

datos de fuentes oficiales (como la Coordinación Nacional de Protección Civil); de nuevo, no se recomienda usar cifras o datos de fuentes no oficiales. Es conveniente incluir información como:

- Entidades federativas y poblaciones mayormente afectadas.
- Número de decesos y heridos.
- Número de edificios dañados y/o colapsados (viviendas, escuelas, etc.).

Estos datos irán evolucionando conforme pasen los días, de modo que es conveniente actualizar esta sección según se requiera.

15.5 SOBRE LA EVALUACIÓN POSTSÍSMICA

Se sugiere incluir una descripción de la evaluación postsísmica y de los alcances de las inspecciones. Se propone que este texto se incluya en hojas de tamaño doble carta que se puedan colocar en la entrada del plantel escolar, además de la Hoja Informativa referida en las secciones 15.1 a 15.4. Una propuesta de texto es la siguiente:

Inmediatamente después de la ocurrencia del sismo, personal de la autoridad local educativa del estado de XXXX, hizo una visita de reconocimiento de la zona afectada para identificar la magnitud y extensión de los daños. Esta información sirvió de base para planear la Evaluación Postsísmica en curso.

La Evaluación Postsísmica tiene por objeto inspeccionar el plantel educativo y, en especial, sus edificios, para determinar su posible acceso y uso en función de la presencia o no de daño, de la intensidad del daño y de su extensión en el edificio. En la Evaluación Postsísmica participan Brigadas de Inspección integradas por ingenieros, arquitectos y/o inspectores de daños certificados en evaluación de edificios.

Les pedimos que otorguen las facilidades y apoyo necesarios a la Brigada de Inspección asignada al plantel escolar.

La Evaluación Postsísmica se hace por etapas (o niveles).

1. Etapa 1 – Evaluación Rápida

Se realiza durante horas y días después del sismo por personal de la autoridad local educativa y de otras instituciones reconocidas y avaladas por la autoridad local educativa (como colegios de ingenieros o arquitectos, sociedades técnicas, universidades). Sus gastos son cubiertos por la autoridad local educativa. Como resultado de la inspección, en cada edificio del plantel escolar se coloca UNO de tres posibles AVISOS:

- a. Aviso “Uso Permitido” de color verde.*
- b. Aviso “Acceso y Uso Restringidos” de color amarillo.*
- c. Aviso “Acceso Prohibido” de color rojo.*

En ningún caso se podrán colocar dos Avisos de color distinto en un mismo edificio.

- a. El Aviso “Uso Permitido” se coloca cuando el edificio se considere seguro. La evaluación se hace sin entrar al edificio; en algunos casos, se podrá inspeccionar el edificio desde el interior. En el Aviso se indicará cómo se hizo la inspección (desde el exterior solamente o también desde el interior). Sólo se puede utilizar el edificio para el tipo de uso que tenía. No se puede usar un edificio de aulas como biblioteca, por ejemplo.*
- b. El Aviso “Acceso y Uso Restringidos” se instala en un edificio dañado, pero del que se tienen dudas sobre su seguridad. Por tanto, se limita el acceso al edificio. Dependiendo del tipo y extensión del daño, la Brigada de Inspección señalará en el Aviso si es posible entrar al edificio, durante unos cuantos minutos, para sacar pertenencias, objetos de valor o documentos. Para entrar al edificio se tiene que*

tener el permiso del director del plantel, del propietario o de la autoridad local educativa, siempre bajo el propio riesgo de quien entra.

Junto al Aviso, si es el caso, la Brigada de Inspección elaborará un dibujo (croquis) señalando las zonas del edificio cuyo acceso debe evitarse. Estas zonas deben acordonarse con cintas plásticas y colocar un Aviso de "Área Insegura". Éste es el caso de zonas donde pueden caer letreros, pretilas, bardas; o bien, donde hay fugas o derrames. NO se debe entrar a estas zonas.

c. El Aviso "**Acceso Prohibido**" se coloca cuando el edificio se ha caído, está en peligro de caerse, o bien, su daño es muy severo, tal que no puede usarse. No se debe entrar al edificio bajo ninguna circunstancia. Sólo pueden ingresar personas con autorización de la autoridad local educativa o el INIFED. Este Aviso no es sinónimo de demolición. La decisión de demolición se hará en la Etapa 2.

Si fuera necesario, se elaborará un croquis con las zonas a las que no se puede ingresar, las cuales se acordonarán con cinta plástica y se marcarán con un Aviso que diga "Área Insegura" o "Prohibido Pasar". NO se puede entrar a estas zonas.

En la entrada del plantel escolar se instalará un Resumen de Avisos, en el cual se escriben los tipos de Aviso que se determinaron para cada edificio revisado. El propósito del Resumen de Avisos es que los padres de familia y los alumnos puedan conocer el resultado de la evaluación sin tener que entrar el plantel.

2. Etapa 2 – Evaluación Intermedia

Se realiza días y semanas después del sismo a aquellos edificios con Aviso de color amarillo o rojo. Como resultado de la inspección, en cada edificio del plantel escolar se confirma o se cambia el Aviso colocado en la Evaluación Rápida. La inspección la realizan ingenieros especialistas en estructuras y/o geotecnia (en suelos y cimentaciones), quienes, si es seguro, ingresarán al edificio, realizarán mediciones de dimensiones, grietas y otro tipo de daño, y levantarán un registro fotográfico y/o videográfico. Los especialistas serán personal de la autoridad local educativa, del INIFED, o bien, de colegios de profesionistas, sociedades técnicas y/o de universidades, avalados por la autoridad local educativa. Sus gastos son cubiertos por la autoridad local educativa.

El significado de los Avisos es el mismo que el explicado con anterioridad.

El trabajo de campo y de gabinete le permitirá a la Brigada de Inspección recomendar una Evaluación Profunda, o bien, la demolición del edificio.

3. Etapa 3 – Evaluación Profunda

Se ejecuta semanas y meses después del sismo en los edificios con Aviso amarillo o rojo. La revisión del edificio tiene como propósito contar con la información suficiente para diseñar la reparación y/o reforzamiento del edificio. La Evaluación Profunda la realizan ingenieros estructurales especialistas en reparación y reforzamiento de edificios, quienes son contratados por el propietario de la escuela. Si la escuela es pública, los trabajos son pagados por la autoridad local educativa y/o el INIFED. Si la escuela es privada, los trabajos son cubiertos por los propietarios del plantel.

Cambio de tipo de Avisos

El tipo de Aviso de un edificio puede cambiar como resultado de varias situaciones:

- Después de una Evaluación Intermedia o Profunda que recomiende cambiar el tipo de Aviso.
- De una re-inspección para corregir algún error.
- De una re-inspección después de una réplica del sismo.
- De una re-inspección después de haberse reparado temporalmente la estructura.

15.6 TELÉFONOS DE CONTACTO

Se recomienda que en la Hoja Informativa y/o en la explicación de las inspecciones se anoten los teléfonos de contacto de, al menos:

- La autoridad local educativa.
- Servicios de rescate.
- Protección civil.
- Cruz Roja.
- H. Cuerpo de Bomberos.



Glosario

A continuación, se incluyen las definiciones de los términos más usados en la inspección, evaluación y rehabilitación de edificaciones.

Acciones

Todos los fenómenos que inducen en una estructura fuerzas internas, esfuerzos y deformaciones. Generalmente denominadas cargas. El término acciones es más amplio, ya que incluye cambios de temperatura, hundimientos, viento, sismo, entre otros.

Alambre

Hilo de metal obtenido por trefilado, con diámetro de 6.35 mm o menor.

Albergue

Instalación que se establece para brindar resguardo a las personas que se han visto afectadas en sus viviendas por los efectos de fenómenos perturbadores

y en donde permanecen hasta que se da la recuperación o reconstrucción de sus viviendas.

Amortiguamiento

Propiedad de la estructura para disipar la energía introducida por el movimiento sísmico.

Aplanado

Recubrimiento de mortero sobre un elemento de mampostería. Sinónimos son revoque, enlucido y enjarre.

Aplastamiento

Desmoronamiento local de la piedra, mampostería o concreto debido a esfuerzos de compresión que exceden la resistencia del material a este efecto.

Arcilla

Material mineral de partículas muy finas compuesto principalmente por agregados de silicatos de aluminio hidratados, el cual posee propiedades plásticas.

Asentamiento

Deformación vertical que experimenta una estructura por deformaciones del terreno situado bajo ésta.

Autoridad local educativa

Término usado en esta Metodología en referencia a la entidad responsable de la infraestructura física educativa en un municipio o en una entidad federativa.

Auxilio

Respuesta de ayuda a las personas en riesgo o las víctimas de un siniestro, emergencia o desastre, por parte de grupos especializados públicos o privados, o por las unidades internas de protección civil, así como las acciones para salvaguardar los demás agentes afectables.

Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio

Cartel de papel que se coloca en los edificios evaluados por los inspectores. En esta obra se usa Aviso como su equivalente. Pueden ser: verde o “Uso Permitido”, amarillo o “Acceso y Uso Restringidos”, o rojo o “Acceso Prohibido”.

Barra de refuerzo

Elemento de acero, con sección transversal nominal uniforme, utilizado para reforzar el concreto o la mampostería con diámetro mayor que 6.35 mm.

Bloque

Pieza de mampostería cuyo largo nominal es 400 mm o mayor, en módulos de 100 mm y cuya altura nominal es de 200 mm (incluyendo la junta de mortero). Generalmente, se fabrica de concreto y puede ser macizo, multiperforado o hueco.

Bovedilla

Elemento que se apoya entre viguetas, a modo de cimbra perdida, para aligerar el sistema de piso. Puede ser de concreto vibrocomprimido, arcilla, poliestireno u otros materiales.

Brigadas (de Inspección)

Para fines de esta Metodología, equipos conformados para evaluar la infraestructura física educativa.

Cadena

Véase “dala”.

Capacidad de deformación inelástica

Propiedad de un elemento o de la estructura, en su conjunto, para disipar energía inelásticamente cuando ésta se deforma lateralmente más allá del límite elástico y sin una caída significativa de su capacidad resistente.

Capacidad de desplazamiento global

Máximo desplazamiento que toda la estructura puede tolerar dentro de un nivel de desempeño específico. Este límite normalmente depende de la distorsión admisible de los elementos estructurales, de un grupo de ellos, o bien, de un subsistema estructural.

Capacidad estructural

Habilidad de una estructura, en términos de resistencia, rigidez, capacidad de deformación y amortiguamiento para funcionar ante las acciones impuestas.

Carga muerta

Es la carga que actúa en forma permanente sobre la estructura, y que se debe al peso de todos los componentes del edificio.

Carga viva

Incluye las acciones derivadas del uso del edificio y que pueden variar en forma importante en el tiempo, distinguiéndose así de la carga muerta. Incluye mobiliario, equipo, personas y vehículos.

Castillo

Elemento estructural vertical, de concreto reforzado, colocado en los bordes del muro y de sus huecos. En muros reforzados se ligan con las dalas para proporcionar confinamiento. Pueden ser internos o externos en relación al muro.

Castillo interno

Castillo construido en el interior de piezas huecas de un muro.

Castillo externo

Castillo que se construye por fuera de las piezas del muro. Se requiere de una cimbra para ser colado.

Celda

Espacio vacío que atraviesa la pieza de mampostería por lo menos en 95% de su altura con el fin de aligerarla y eventualmente alojar los elementos de refuerzo, tuberías e instalaciones.

Cimentación

Parte de la estructura que está en contacto con el suelo y sirve para transmitir a éste las cargas generadas por la edificación.

Claro

Dimensión horizontal entre las caras internas de dos apoyos de una viga o losa.

Colado

Proceso en el cual una mezcla fresca de concreto, o mortero, es colocada en un molde o cimbra, donde se le deja endurecer (fraguar).

Columna

Elemento estructural vertical con sección transversal pequeña comparada con su altura. Es un elemento principal de soporte de las cargas de la cubierta y de los pisos intermedios de un edificio. Trabaja principalmente a esfuerzos de flexocompresión.

Componente (estructural)

Miembro de una estructura, como viga, columna o muro que forma parte de un elemento estructural.

Comportamiento no lineal

Cuando la relación entre las deformaciones y la carga aplicada deja de ser proporcional y que genera deformaciones permanentes, lo que equivale a una progresiva pérdida de rigidez y es indicio de algún tipo de daño.

Compresión

Estado de esfuerzos que produce un acortamiento de las fibras de la sección transversal de un elemento estructural paralelas a su eje. Es el estado de esfuerzos opuesto al de tensión.

Concreto de baja contracción

Producto químico en polvo a base de cemento, agregados finos y gruesos y aditivos que al mezclarse con agua produce un mortero sin contracciones, de alta resistencia a la compresión.

Continuidad

Condición de conexión entre dos elementos estructurales en que se impiden los movimientos relativos entre ellos.

Contrafuertes

Elemento estructural vertical o inclinado que tiene la función de proveer estabilidad lateral, absorbiendo los empujes laterales o el coceo de una cubierta. Generalmente es un muro transversal exterior a la construcción principal.

Contratrabe

Viga de concreto reforzado, construida para reforzar y rigidizar la cimentación.

Contraventeo

Elemento metálico inclinado colocado para incrementar la rigidez lateral de las estructuras.

Corrosión

Deterioro de un material provocado por reacción química o electroquímica. En el caso de un metal, se identifica como oxidación. La corrosión implica pérdida de la sección transversal del elemento metálico.

Corrugado

Surcos o resaltos sobre una superficie, normalmente siguiendo un patrón determinado. Se usa en barras, alambres y láminas de acero para refuerzo de concreto.

Cortante

Un tipo de esfuerzo o deformación que tiende a producir un corrimiento de fibras adyacentes y la consiguiente distorsión de la sección transversal del elemento.

Cuantía de refuerzo

Relación del área del refuerzo entre el área del concreto o mampostería en cualquier sección de un elemento.

Cuatrapeado

Aparejo en el que se colocan los elementos de manera alternada; *i. e.*, colocación de las piezas con sus extremos verticales alternados respecto a la hilada inferior.

Dala

Elemento horizontal de concreto reforzado, colocada sobre el muro (dala de cerramiento), debajo de él (dala de desplante) o alrededor de huecos. En muros, se conecta a los castillos para proporcionar confinamiento.

Daño

Evidencia física de las deformaciones inelásticas de un componente estructural causadas por el sismo.

Deformación

Cambio en la forma o en las dimensiones debido a los esfuerzos a que está sometido el elemento estructural.

Demanda

Magnitud de la acción que obra sobre una estructura y que debe ser resistida para un nivel de desempeño específico.

Dentado

Corte en forma de diente o cuña en las piezas del borde vertical de un muro de mampostería para realizar la unión con el castillo. Como alternativa en piezas industrializadas, se deja sobresaliendo una de cada dos hiladas para formar un dentado rectangular en el borde que llevará el castillo.

Desastre

Resultado de la ocurrencia de uno o más agentes perturbadores severos y o extremos, concatenados o no, de origen natural, de la actividad humana o aquellos provenientes del espacio exterior, que cuando acontecen en un tiempo y en una zona determinada, causan daños y que por su magnitud exceden la capacidad de respuesta de la comunidad afectada. Sinónimo de calamidad.

Desconchamiento

Desprendimiento de partes de mampostería o concreto, usualmente debido al aplastamiento o deformación a compresión excesiva. Se manifiesta, inicialmente, por el desprendimiento del recubrimiento de estructuras de concreto.

Desplomo

Desviación con respecto a la vertical de un elemento, normalmente se refiere a un muro o a una columna. Sinónimo de inclinación.

Diafragma

Elemento estructural diseñado para soportar esfuerzos cortantes paralelos a su plano. Placa, muro u otra estructura rígida en su plano, que evita la distorsión de un piso o marco.

Dintel

Elemento de soporte horizontal ubicado sobre aberturas de muros, como puertas o ventanas.

Distorsión de entrepiso

Rotación del eje vertical del entrepiso. Se puede obtener dividiendo el desplazamiento lateral relativo a nivel de losas, entre la altura del entrepiso.

Elemento estructural

Unidad básica constitutiva de una estructura, capaz de soportar y transmitir las cargas a sus apoyos u otros elementos a los que está conectada (arco, viga, columna, bóveda, losa, entre otros).

Emergencia

Situación anormal que puede causar un daño a la sociedad y propiciar un riesgo excesivo para la seguridad e integridad de la población en general, provocada o asociada con la inminencia, alta probabilidad o presencia de un agente perturbador.

Empotramiento

Apoyo rígido de un elemento estructural de modo que impide la rotación y el desplazamiento en el extremo del elemento.

Entrepiso

Espacio entre dos pisos.

Escalonamiento

Mecanismo por medio del cual la superficie inclinada de un talud natural manifiesta diferencias de elevación, originando un perfil inclinado con discontinuidades verticales. También, el desplazamiento vertical relativo en una falla superficial.

Esfuerzo

Fuerza por unidad de área. Los esfuerzos normales a la superficie son de compresión y de tensión y los paralelos a ella son esfuerzos cortantes.

Estable (estabilidad)

Condición de equilibrio que no es alterada por pequeños cambios en el estado de esfuerzos y deformaciones.

Estado límite de falla

Resultado de la combinación de fuerzas, desplazamientos, niveles de fatiga, o varios de ellos, que determina el inicio o la ocurrencia de modos de comportamiento que ponen en peligro la estabilidad de la construcción o de una parte de ella, o su capacidad para resistir nuevas aplicaciones de carga.

Estado límite de servicio

Producto de la combinación de fuerzas, desplazamientos, niveles de fatiga, o varios de ellos, que determina el inicio o la ocurrencia de daños económicos o la presentación de condiciones que impiden el desarrollo adecuado de las funciones para las que se haya proyectado la construcción.

Estrategias de rehabilitación

Conjunto de técnicas de rehabilitación seleccionadas para eliminar o mitigar las deficiencias o daño de la estructura.

Estribo

Barras o alambres de refuerzo con forma cerrada colocadas perpendicularmente al sentido longitudinal de un elemento de concreto con el objetivo de resistir fuerza cortante y confinar el núcleo del elemento.

Estudio de mecánica de suelos

Informe escrito que contiene las características geológicas y geotécnicas del sitio donde se encuentre el edificio por rehabilitar, campaña de exploración, ensayos, determinación de las características mecánicas del material que compone el subsuelo, investigaciones geofísicas en su caso, y toda la información necesaria a fin de que el ingeniero geotécnico proponga la forma de resistir las nuevas acciones y la solución de la cimentación de la estructura rehabilitada para las

condiciones del terreno, incluyendo la recimentación, la excavación y las medidas de contención, estabilización del terreno y protección a colindancias.

Evaluación de la seguridad estructural

Proceso de identificación de daños, jerarquización del nivel de vulnerabilidad de elementos estructurales y no estructurales, y de determinación del nivel de seguridad de la edificación completa.

Evaluación Intermedia

Inspección con duración aproximada de 1 a 4 horas por edificio para identificar el sistema estructural y el nivel de daño, así como para calcular, de manera aproximada, la capacidad de la estructura. Se aplica en edificios con dudas con respecto a su capacidad (Aviso amarillo o “Acceso y Uso Restringidos” o con Aviso rojo o “Acceso Prohibido”) tras habersele practicado una Evaluación Rápida o para identificar si se requiere una Evaluación Profunda.

Evaluación Profunda

Investigación detallada de la estructura, conducida por ingenieros estructurales, la cual implica el uso e interpretación de planos de diseño y construcción, datos sobre el daño y nuevos cálculos estructurales. Se aplica para evaluar edificios en duda, determinar la extensión e impacto del daño, así como para determinar cómo estabilizar (apuntalar y/o arriostrar) y rehabilitar la estructura.

Evaluación Rápida

Inspección con duración aproximada de 20 minutos por edificio para lograr una evaluación general del daño y de la seguridad, para identificar y clasificar el tipo de Aviso (verde, amarillo o rojo), así como para identificar aquellos edificios que requieren una Evaluación Intermedia o restricciones para su acceso y uso.

Falla (geológica)

Superficie de rotura de una roca a lo largo de la cual ha habido movimiento diferencial.

Fenómeno natural perturbador

Agente perturbador producido por la naturaleza.

Flexión

Un tipo de deformación en la cual las secciones transversales de un elemento estructural que eran inicialmente paralelas se inclinan unas hacia las otras. También se denomina así a la acción estructural que produce dicho efecto.

Fluencia

Estado de un material o elemento estructural en que éste pierde totalmente rigidez y se deforma plásticamente. Se llaman esfuerzos de fluencia y fuerza de fluencia a las condiciones para las que se produce este fenómeno, y que se consideran como límite para la resistencia de una estructura.

Fluido

Material que ofrece poca o nula resistencia a las fuerzas que tienden a cambiarlo de forma.

Gestión Integral de Riesgos

Conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción que involucra a los tres niveles de gobierno,

así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad. Involucra las etapas de: identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción.

Grieta

Abertura o hendidura que se presenta en un elemento estructural cuando los esfuerzos de tensión exceden la resistencia a este efecto. El término fisura es equivalente, aunque suele emplearse para identificar una grieta de pequeña abertura.

Grupos voluntarios

Las personas morales o las personas físicas que se han acreditado ante las autoridades competentes, y que cuentan con personal, conocimientos, experiencia y equipo necesarios para prestar, de manera altruista y comprometida, sus servicios en acciones de protección civil.

Habitabilidad

Habilidad del edificio para ser ocupado.

Hilada

Serie de piezas de tabiques o bloques colocados horizontalmente.

Histéresis

Curva esfuerzo-deformación que describe el comportamiento de un espécimen que es esforzado más allá de su intervalo elástico en ciclos alternados de tensión y compresión. También conocido como “curva histerética”.

Inestabilidad de laderas naturales

Conocidas también como deslizamiento del terreno, o de tierra, implica movimiento de rocas y/o suelo por la acción de la gravedad. Los deslizamientos de tierra sucedidos en el pasado son responsables de las características topográficas del paisaje natural actual.

Inmueble

Terreno y construcciones que en él se encuentran.

Intemperismo

Proceso fisicoquímico de descomposición o desgaste como respuesta a la exposición a agentes de la intemperie, como son el agua, la humedad o las variaciones de temperatura.

Intensidad del daño

Nivel relativo de la gravedad del daño en un elemento o componente estructural. Usualmente se clasifica como nulo, ligero, moderado y severo.

Jerarquía de modos de comportamiento

Orden en que pueden presentarse en un componente o estructura; usualmente se refieren a los que tienen mayor probabilidad de ocurrir debido a que tienen asociadas menores resistencias..

Junta

En muros de mampostería es la separación, tanto vertical como horizontal, entre tabiques o bloques, que se rellena con mortero aglutinante o de pega.

Ladera

Costado de un terraplén o de una montaña.

Ladera natural

Costado de una montaña, representado por la falda del cerro.

Ladrillo

Véase “Tabique”.

Licuaación de suelos

Consiste en la pérdida de resistencia de suelos arenosos, con partículas de tamaño uniforme y que se encuentran saturados. Ocurre como consecuencia de las vibraciones del terreno natural que origina el paso de ondas sísmicas durante la ocurrencia de un temblor.

Lindero

Límite de una propiedad.

Losa

Elemento estructural plano horizontal para cubrir un claro.

Mampostería

Construcción compuesta, integrada por piezas de origen pétreo, naturales o artificiales, que por lo general son lo suficientemente pequeñas como para ser manejadas por una persona y que son unidas entre sí con mortero aglutinante.

Marco (resistente a momento)

Un conjunto de elementos estructurales lineales, vigas y columnas conectados en sus uniones.

Marco con muros diafragma

Marco de concreto o acero con muros de concreto o mampostería colocados entre vigas y columnas.

Mecanismo lateral inelástico

Mecanismo plástico desarrollado en un elemento o conjunto de ellos ante la acción combinada de cargas verticales y laterales. Es único para el patrón de cargas laterales especificado.

Mitigación

Es toda acción orientada a disminuir el impacto o daños ante la presencia de un agente perturbador sobre un agente afectable.

Modo de comportamiento

Tipo de daño predominante en un componente estructural en particular. Depende de las magnitudes relativas del cociente entre las cargas aplicadas y la resistencia a carga axial, momento flexionante y fuerza cortante.

Momento flexionante

Un momento o par de fuerzas que induce flexión en la sección transversal de un elemento.

Monolítico

Compuesto de un solo gran bloque de piedra, lo que se simula con el material en un colado de concreto. También estructura en que no hay discontinuidades entre sus elementos.

Mortero

Mezcla de cementante y agua con agregado fino.

Mortero fluido sin contracción

Producto químico en polvo a base de cemento, agregados minerales y aditivos que al mezclarse con agua produce un mortero sin contracciones, de alta resistencia a la compresión. Sinónimo de grout.

Muro acoplado

Muro en el cual los segmentos verticales están unidos, en uno o más pisos, mediante vigas de acoplamiento.

Muro de carga

Se denomina así a un muro estructural, de mampostería o concreto, con la función de soportar parte del peso del edificio, además de su propio peso.

Muro de cortante

Muro de concreto o mampostería conectado al piso adyacente y que resiste las fuerzas laterales en su plano.

Muro estructural

Es el elemento del que depende parte de la estabilidad de la edificación, contribuyendo a la resistencia a cargas laterales y/o verticales.

Muro no estructural

Es un muro del que no depende la estabilidad de la edificación, pero que debe soportar las acciones para la estabilidad propia (viento, sismo, empujes por carga viva, entre otros). Ejemplos son muros divisorios, pretil, bardas.

Nivel de desempeño

Estado de daño hipotético usado para establecer objetivos de desempeño sísmico. Los niveles de desempeño más comunes son Prevención de colapso, Protección a la vida y Ocupación inmediata.

Objetivo de la Rehabilitación

Selección del nivel de desempeño esperado para los sismos de diseño.

Ocupación inmediata

Nivel de desempeño en el cual un edificio exhibe daño mínimo o nulo en sus elementos estructurales y daño menor en sus componentes no estructurales.

Pandeo

Flexión súbita de un elemento que se despega de su eje original, perdiendo drásticamente su rigidez y capacidad de resistir cargas.

Parapeto

Véase "pretil".

Patín

Proyección horizontal en un extremo de la sección de un elemento, con lo que se proporciona un notable incremento de momento de inercia y de capacidad para resistir momentos flexionantes.

Peligro

Probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado.

Peralte

Altura (peralto).

Peso propio

Las cargas debidas al peso de los elementos estructurales.

Piso

Cada una de las superficies horizontales de las que consta un edificio. Sinónimo de nivel.

Preparación

Actividades y medidas tomadas anticipadamente para asegurar una respuesta eficaz ante el impacto de un fenómeno perturbador en el corto, mediano y largo plazos.

Pretil

Muro no estructural de poca altura, usualmente no mayor que 1 m, el cual se forma por la continuación de las paredes exteriores sobre la azotea o bajo una ventana. Sinónimos: parapeto, antepecho de ventana.

Prevención

Conjunto de acciones y mecanismos implantados con antelación a la ocurrencia de los agentes perturbadores con la finalidad de conocer los peligros o los riesgos, identificarlos, eliminarlos o reducirlos; evitar o mitigar su impacto destructivo sobre las personas, bienes, infraestructura, así como anticiparse a los procesos sociales de construcción de éstos.

Prevención de colapso

Nivel de desempeño en el cual el edificio, si bien está de pie, tiene un daño muy extendido y posee una rigidez y resistencia residuales pequeñas.

Previsión

Tomar conciencia de los riesgos que pueden causarse y las necesidades para enfrentarlos a través de las etapas de identificación de riesgos, prevención, mitigación, preparación, atención de emergencias, recuperación y reconstrucción.

Propietario o poseedor

Persona física o moral que tiene la propiedad o posesión jurídica de un bien inmueble, donde se pretende hacer la revisión de las construcciones existentes.

Protección a la vida

Nivel de desempeño en el cual el edificio exhibe daño extendido a los componentes estructurales y no estructurales, permanece estable y tiene suficiente capacidad estructural de reserva.

Proyectista

Persona física con cédula profesional encargada de realizar el proyecto estructural o de rehabilitación de acuerdo con el reglamento de construcciones local.

Proyecto ejecutivo de obra

Conjunto de planos, memorias descriptivas y de cálculo, catálogo de conceptos, normas y especificaciones que contiene la información y define el proceso de la rehabilitación de un inmueble.

Puntal

Elemento estructural de sección transversal pequeña que se introduce en una estructura para resistir cargas de compresión. A diferencia de una columna, puede ser inclinado y frecuentemente forma parte de una armadura.

Recimentación

Modificación de la cimentación para resistir las nuevas acciones.

Reconocimiento preliminar

Recorrido realizado en equipos, por tierra o por aire, inmediatamente después de la ocurrencia de un sismo para determinar el tipo y extensión del daño en la infraestructura física educativa de una zona con objeto de planear y jerarquizar la evaluación de edificios. Normalmente, este recorrido dura unas cuantas horas y no se espera que se evalúen edificios en particular.

Reconstrucción

Acción transitoria orientada a alcanzar el entorno de normalidad social y económica que prevalecía entre la población antes de sufrir los efectos producidos por un agente perturbador en un determinado espacio o jurisdicción. Este proceso debe buscar, en la medida de lo posible, la reducción de los riesgos existentes, asegurando la no generación de nuevos riesgos y mejorando para ello las condiciones preexistentes.

Recuperación

Proceso que inicia durante la emergencia, consistente en acciones encaminadas al retorno a la normalidad de la comunidad afectada.

Recursos

Personal, equipos, brigadas, suministros e instalaciones disponibles o potencialmente disponibles para la coordinación de la evaluación de la infraestructura física educativa.

Reforzamiento

Incremento de la capacidad para resistir cargas de una estructura, de un sistema, de un componente o de un elemento estructural.

Refuerzo

Elementos como barras, alambres, hebras, fibras u otros que son embebidos o anclados con un elemento estructural para que juntos resistan las fuerzas del sistema.

Rehabilitación

Proceso de intervención estructural para recuperar las condiciones originales (reparación) o para mejorar el comportamiento de elementos y sistemas estructurales para que la edificación cumpla con los requisitos de seguridad contra colapso y de limitación de daños establecidos en el Reglamento; incluye a la recimentación, reforzamiento, reparación y rigidización.

Reparación

Reemplazo o corrección de materiales, componentes o elementos de una estructura que se encuentran dañados o deteriorados con el fin de recuperar su capacidad original.

Resiliencia

Capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a un peligro para resistir, asimilar, adaptarse y recuperarse de sus efectos en un corto plazo y de manera eficiente, a través de la preservación y restauración de sus estructuras básicas y funcionales, logrando una mejor protección futura y mejorando las medidas de reducción de riesgos.

Resistencia

Máxima carga que un elemento estructural puede soportar antes de llegar a un estado de falla.

Resistencia de diseño

Producto de la resistencia nominal, calculada a partir de normas técnicas complementarias, y el factor de resistencia correspondiente.

Resistencia nominal

Resistencia de un elemento o una sección transversal calculada con las disposiciones e hipótesis del método de diseño por resistencia de normas técnicas complementarias de un reglamento de construcciones, antes de aplicar cualquier factor de resistencia.

Resistencia requerida o última

Producto de la acción interna debida a cargas permanentes, variables y accidentales, y de sus factores de carga correspondientes.

Resumen de Avisos

Cartel que se coloca en cada una de las puertas de entrada al plantel escolar y que incluye un resumen de la calificación de cada edificio.

Revisión de la seguridad estructural

Comprobación de los estados límite de falla y de servicio de la estructura.

Riesgo

Daños o pérdidas probables sobre un agente afectable, resultado de la interacción entre su vulnerabilidad y la presencia de un agente perturbador.

Rigidez

Oposición de un material o elemento estructural a ser deformado. Carga necesaria para producir una deformación unitaria.

Rigidización

Adición de elementos, componentes o sistemas para reducir los desplazamientos y las deformaciones.

Segmento (de muro)

Parte de un muro delimitado por aberturas. Puede ser vertical u horizontal. El segmento horizontal se suele llamar viga de acoplamiento.

Seguridad estructural

Nivel de cumplimiento de los estados límite de falla y de servicio de una estructura establecidos en el reglamento de construcciones local y sus normas técnicas complementarias.

Simulacro

Representación mediante una simulación de las acciones de respuesta previamente planeadas con el fin de observar, probar y corregir una respuesta eficaz ante posibles situaciones reales de emergencia o desastre. Implica el montaje de un escenario en terreno específico, diseñado a partir de la identificación y análisis de riesgos y la vulnerabilidad de los sistemas afectables.

Sismo

Fracturamiento repentino de una porción de la litósfera terrestre (cubierta rígida del planeta) como consecuencia de la acumulación de esfuerzos de deformación. La energía liberada por el rompimiento se propaga en forma de ondas sísmicas, hasta grandes distancias.

Sistema estructural

Conjunto de elementos o componentes estructurales de todo el edificio.

Subsistema estructural

Conjunto de elementos o componentes estructurales de parte de un edificio, con una función determinada (por ejemplo, muro acoplado, marco).

Suelo

Material que se forma en la superficie de la Tierra como resultado de procesos orgánicos. El suelo varía según el clima, la vida animal y vegetal, el tiempo, la pendiente del terreno y el material rocoso del que se deriva.

Tabicón

Tabique macizo compuesto de concreto.

Tabique

Pieza para mampostería de forma prismática rectangular, de dimensiones menores que el bloque, fabricado con arcillas, comprimidas o extruidas, mediante un proceso de cocción o de concreto. Puede ser macizo, hueco o multiperforado. Al tabique macizo de arcilla se le conoce comúnmente como ladrillo.

Talud

Inclinación del paramento de un muro o de un terreno.

Talud artificial

Superficie inclinada que unen los desniveles del terreno, producto de actividades de construcción, ya sea por corte o relleno o construcción de un terraplén artificial.

Tensión

Esfuerzo principal que produce el alargamiento de un elemento estructural o de las fibras de su sección transversal paralelas a su eje.

Tensor

Barra o cable que, trabajando en tensión, se coloca para restringir el alargamiento entre dos puntos de una estructura.

Torsión

Estado de esfuerzos que tiende a producir rotación de la sección transversal de un elemento. En relación a estructura completa, es la rotación de los sistemas de pisos y techo alrededor del eje vertical durante la vibración por el efecto de sismos.

Viga

Elemento estructural de eje recto que cubre un claro horizontal y en que el peso propio y las cargas externas inducen principalmente momentos flexionantes y fuerzas cortantes. Sinónimo de trabe.

Viga de acoplamiento

Elemento que une dos muros. También llamado segmento horizontal del muro.

Vigueta

Viga de tamaño relativamente angosto apoyadas sobre vigas o muros, con poca separación, para soportar bovedillas de losas de entrepiso o cubierta.

Voladizo

Viga o losa empotrada en un extremo y libre en el otro.

Vulnerabilidad

Susceptibilidad o propensión de un agente afectable a sufrir daños o pérdidas ante la presencia de un agente perturbador, determinado por factores físicos, sociales, económicos y ambientales.

Zapata

Elemento estructural de la cimentación que transmite las cargas directamente al suelo, generalmente tiene una forma ensanchada hacia la parte de contacto con el terreno para distribuir las cargas en una superficie más amplia. Puede ser aislada, corrida o de borde o lindero.

Zona de desastre

Espacio territorial determinado en el tiempo por la declaración formal de la autoridad competente, en virtud del desajuste que sufre en su estructura social, impidiéndose el cumplimiento normal de las actividades de la comunidad. Puede involucrar el ejercicio de recursos públicos a través del Fondo de Desastres Naturales o del instrumento que, eventualmente, lo sustituya.



Referencias

- Abud, R. (2020). Comunicación personal.
- Alcántara, I. (2020). Comunicación personal.
- Alcocer, S. M., Bautista, R. y Valencia, G. A. (2020a). *Revisión de la literatura y del estado del arte de metodologías de evaluación post-sísmica*. México: Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Alcocer, S. M., Muriá, D., Arce, J. C., Durán, R., Fernández, L., Ordaz, M., Arroyo, D., Jaime, M. A., Rodríguez, G. y Rodríguez, M. (2018). *Servicio de asesoramiento para apoyar la recuperación de la infraestructura escolar en México afectada por los sismos de septiembre de 2017*. México: Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Alcocer, S. M., Valencia, G. A., Bautista, R., Hernández, L. A. y Zamora, G. (2020b —a publicarse en 2021). *Bases para la guía y manual para la evaluación post-sísmica de la seguridad estructural de la infraestructura física educativa de México*. México: Instituto de Ingeniería, UNAM.

- American Society of Civil Engineers (ASCE) (2018). *Structural Fire Engineering*, editado por K. J. LaMalva, Fire Protection Committee of the Structural Engineering Institute of American Society of Civil Engineers. Reston, Virginia.
- Applied Technology Council (ATC) (1989). *Procedures for Postearthquake Safety Evaluation of Buildings*, ATC-20 Report, Applied Technology Council. Redwood City, California.
- Applied Technology Council (ATC) (1995). *Addendum to the ATC-20 Postearthquake Building Safety Evaluation Procedures*. ATC-20-2 Report, Applied Technology Council. Redwood City, California.
- Applied Technology Council (ATC) (1996). *Case studies in rapid postearthquake safety evaluation of buildings*, ATC-20-3 report, Applied Technology Council. Redwood City, California.
- Applied Technology Council (ATC) (1999). *Earthquake aftershocks—entering damaged buildings*, ATC Techbrief 2 report, Applied Technology Council. Redwood City, California.
- Applied Technology Council (ATC) (2004). *Field manual: Safety evaluation of buildings after windstorms and floods*, ATC-45 Report, Applied Technology Council. Redwood City, California.
- Applied Technology Council (ATC) (2005). *Field manual: procedures for postearthquake safety evaluation of buildings* (2a. ed.), ATC-20-1 Report, Applied Technology Council. Redwood City, California.
- Arcos, M. E. e Izcapa, C. (2014). *Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México*. México: Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED-SEGOB).
- Arnold, C. y Reitherman, R. (1991). *Manual de configuración y diseño sísmico de edificios*. México: Limusa.
- Ballio, G., Calado, L., Martino, A., Faella, C. y Mazzolani, F. (1987). Cyclic behaviour of steel beam to column joints: experimental research. *Costruzioni Metalliche*, 1987, 2, 69-90.
- California Building Officials (CALBO) (2013). *Interim guidance for barricading, Cordoning, emergency evaluation and stabilization of buildings with substantial damage in disasters*, California Building Officials.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2001). *Cartilla de diagnóstico preliminar de inestabilidad de laderas*. Fascículo. México: Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (2019). Comunicación personal.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE) (2015). *Manual de diseño de obras civiles. Diseño por sismo*. Distrito Federal.
- Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos de América (CIE-EUA) (2013). *Guía de operaciones de apuntalamiento* (GOA). Versión en español.
- Dizhur, D., Simkin, G., Giaretton, M., Loporcaro, G., Palermo, A. e Ingham, J. (2017). Performance of winery facilities during the 14 November 2016 Kaikōura

- earthquake. *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, 50(2), 206-224.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA) (1992). *NEHRP handbook of techniques for the seismic rehabilitation of existing buildings*, FEMA 172. Washington, D.C.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA) (2005). *Earthquake hazard mitigation for nonstructural elements, field manual*, FEMA 74-FM. Washington, D.C.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA) (2015). *Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: A handbook*, FEMA P-154, prepared by the Applied Technology Council for the Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA) (2019). *Post-disaster building safety evaluation guidance – Report on the current state of practice, including recommendations related to structural and nonstructural safety and habitability*, FEMA P-2055, prepared by the Applied Technology Council for the Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.
- Gobierno de la Ciudad de México (2017). Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, *Gaceta Oficial de la Ciudad de México*, diciembre.
- Hassan, A. F. y Sozen, M. A. (1997). Seismic vulnerability assessment of low-rise buildings in regions with infrequent earthquakes. *ACI Structural Journal*, 94(1), 31-39.
- Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED) (2019). *Daños en la INFE en estados con alta vulnerabilidad sísmica*. México.
- Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED) (2020a). *Rehabilitación sísmica de la infraestructura física educativa de México. Guía técnica*. Ciudad de México.
- Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED) (2020b). *Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México. Volumen 2: Introducción al comportamiento sísmico de estructuras para fines de evaluación*. Ciudad de México.
- Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED) (2020c). *Atención a daños por impacto de fenómenos naturales*. Ciudad de México.
- Instituto Valenciano de la Edificación (IVE) (2019). *Intervención en estructuras de hormigón armado*. Recuperado de <https://www.five.es/project/intervencion-en-estructuras-de-hormigon-armado/>
- IPMC (2018). *International Property Maintenance Code, International Code Council*. Whittier, California.
- Jirsa, J. O. (1985). Comunicación personal.
- Ley General de Protección Civil (LGPC) (2018). *Diario Oficial de la Federación*, 19 de enero. México.
- Meli, R. (1998). *Ingeniería estructural de los edificios históricos*. México: Fundación ICA.

- Ministry of Business, Innovation and Employment (MBIE) (2014). *Field guide: Rapid post disaster building usability assessment – Earthquakes*. Wellington, Nueva Zelanda.
- Ministry of Business, Innovation and Employment (MBIE) (2017). *Field guide: Rapid post disaster building usability assessment – Geotechnical assessment*. Wellington, Nueva Zelanda.
- Ministry of Business, Innovation and Employment (MBIE) (2018). *Managing buildings in an emergency*, Version 1. Wellington, Nueva Zelanda.
- Murià, D. (2018). Comunicación personal.
- NOM-018-STPS-2000 (2000). “Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo”. *Diario Oficial de la Federación*, 27 de octubre. México.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2020). *Gestión de desastres y emergencias*. Recuperado de <http://www.un-spider.org/es/riesgos-y-desastres/gestion-de-desastres-y-emergencias>
- Organización Panamericana de la Salud (OPS) (1998). *Accidentes químicos: aspectos relativos a la salud. Guía para la preparación y respuesta*. Washington, D.C.
- Pardalopoulos, S. I. y Lekidis, V. A. (2019). Calibration of the Hellenic second-level seismic capacity procedure. COMPDYN, 7th ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering. Creta, Grecia, junio.
- Pardalopoulos, S. I. y Pantazopoulou, S. J. (2019). Rapid seismic assessment of two four-storey R.C. test buildings. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 17, 1379–1406.
- Rangel, J. L. (2020). Comunicación personal.
- Sánchez, A. (2020). Comunicación personal.
- Secretaría de Economía, NMX-R-079-SCFI (2015). Norma Mexicana Escuelas - Seguridad Estructural de la Infraestructura Física Educativa - Requisitos. México.
- Sezen, H. (2020). Comunicación personal.
- Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural (SMIE) (2019). *Edificaciones de mampostería*. México: Limusa.
- Sucuoğlu, H., Yakut, A., Özmen, A. y Kubin, J. (2015). Seismic risk prioritization and retrofit cost evaluation of code-deficient RC public buildings in Turkey. *Earthquake Spectra*, 31(1), 601-614.



Apéndices

APÉNDICE A

AVISOS DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL Y USO DE EDIFICIOS



INIFED
INFRAESTRUCTURA
EDUCATIVA
EN LIQUIDACIÓN

USO PERMITIDO ACCESO SIN RESTRICCIÓN

Logo/escudo 2

Este edificio fue inspeccionado en situación de emergencia:

- No se encontraron problemas ni daños estructurales a la vista.
- No se inspeccionaron:
 - Instalaciones (eléctrica, agua, drenaje, gas, etc.)
 - Elementos secundarios (techos falsos, ventanas, etc.)
- Se debe informar a la autoridad si se encuentra una condición que pueda ser peligrosa.
- Sólo se permite el uso aprobado del edificio.
- El edificio puede ser reinspeccionado.

Para mayor información: www.inifed.gob.mx

Nombre del edificio y dirección: _____

CCT _____ Calle _____ Municipio _____

Colonia _____ CP _____

Entidad Federativa _____

Latitud _____ Longitud _____
(con 5 decimales)

Este edificio se sometió a una Evaluación Rápida:

Externa únicamente

Externa e interna

Comentarios del inspector: _____

Inspector (Nombre, Clave, Institución): _____

Fecha _____ Hora _____

Prohibido retirar, alterar o cubrir este Aviso sin la autorización de la Autoridad

Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio — Evaluación Rápida

ACCESO Y USO RESTRINGIDOS

Logo/escudo 2

- Acceso restringido a parte(s) del edificio (Amarillo 1).
- Sólo se permiten entradas breves (Amarillo 2).
 - Entradas supervisadas por autoridades locales educativas.

PRECAUCIÓN: Este edificio fue inspeccionado en situación de emergencia.

- Este edificio tiene daños y su seguridad estructural es dudosa.
- Se permite entrar bajo su propio riesgo.
- Las réplicas del sismo, posteriores a esta inspección, pueden causar más daño y alterar el resultado de esta evaluación.

Descripción del daño o peligro observado: _____

Zonas restringidas y acordonadas: _____

Restricciones en el uso:

- Retiro de documentos importantes y objetos de valor
- Retiro de objetos personales
- Otro: _____
- Diagrama señalando las zonas restringidas

Para mayor información: www.inifed.gob.mx

Nombre del edificio y dirección: _____

CCT _____ Calle _____

Colonia _____ Municipio _____

Entidad Federativa _____ CP _____

Latitud _____ Longitud _____

(con 5 decimales)

Este edificio se sometió a una Evaluación Rápida:

- Externa únicamente
- Externa e interna

Comentarios del inspector: _____

Inspector (Nombre, Clave, Institución): _____

Fecha _____ Hora _____

Prohibido retirar, alterar o cubrir este Aviso sin la autorización de la Autoridad



ACCESO PROHIBIDO

NO ENTRAR, NO USAR

(Este Aviso no es una Orden de Demolición)

Logo/escudo 2

PRECAUCIÓN: Este edificio fue inspeccionado y como resultado es inseguro para ingresar, ser ocupado y usado:

- Este edificio está en riesgo por un peligro externo (Rojo 1).
- Este edificio tiene daños severos (Rojo 2).

Descripción del peligro externo y/o del daño observado: _____

Acordamiento necesario _____

- Diagrama señalando las zonas restringidas
- NO entrar, excepto que se tenga la autorización específica por escrito.**

La entrada a la estructura puede causar la muerte o heridas.

Para mayor información: www.inifed.gob.mx

Nombre del edificio y dirección: _____

CCT _____ Calle _____

Colonia _____ Municipio _____

Entidad Federativa _____ CP _____

Latitud _____ Longitud _____

(con 5 decimales)

Este edificio se sometió a una Evaluación Rápida:

- Externa únicamente
- Externa e interna

Comentarios del inspector: _____

Inspector (Nombre, Clave, Institución): _____

Fecha _____ Hora _____

Prohibido retirar, alterar o cubrir este Aviso sin la autorización de la Autoridad

EVALUACIÓN DE ESCUELAS

RESUMEN DEL RESULTADO

Logo/escudo 2

Edificio o cuerpo	Aviso		
	Verde	Amarillo	Rojo
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nombre de la escuela y dirección: _____

CCT _____ Calle _____ Municipio _____

Colonia _____

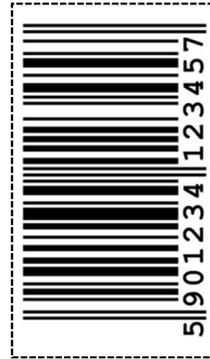
Entidad Federativa _____ CP _____

Latitud _____ Longitud _____
(con 5 decimales)

Comentarios del inspector: _____

Inspector (Nombre, Clave, Institución): _____

Fecha _____ Hora _____



Para mayor información: www.inifed.gob.mx

Prohibido retirar, alterar o cubrir este Aviso sin la autorización de la Autoridad

Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio – Evaluación Rápida



CROQUIS DE ÁREAS RESTRINGIDAS

Logo/escudo 2

Nombre de la escuela y dirección: _____

Fecha _____ Hora _____

Prohibido retirar, alterar o cubrir este Aviso sin la autorización de la Autoridad

Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio – Evaluación Rápida

APÉNDICE B

FORMATO DE EVALUACIÓN RÁPIDA



Formato de Evaluación Rápida (Sismo)

Código QR

*** Campos marcados con (*) son obligatorios, los demás son opcionales**

Datos generales de la evaluación

1 Nombre del inspector*:
 Clave del inspector*: Afiliación*:

2 Fecha*:

 Día Mes Año
 Hora Minuto am/pm

Datos generales del plantel

3 CCT principal*: Número de edificios*:
 Calle y número*:
 Ciudad*: Municipio*:
 C.P.*: Estado*:
 Coordenadas*: - , Foto no.*:

4 Contacto:
 Tipo: Propietario Director Docente Otro Teléfono:

5 Aviso existente*: Ninguno Verde Amarillo 1 Rojo 1 Clave del inspector*:
 ID edificio (letra/número)*: Amarillo 2 Rojo 2 Fecha*:

(Siguiendo las manecillas del reloj)
 Día Mes Año

Descripción del edificio

6

Dimensiones*:	Año de construcción*:	Tipo de estructura*:	Material de fachadas*:
No. pisos (losas) SNB: <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/> A. < 1986 <input type="checkbox"/> C. 2005 - 2017	<input type="checkbox"/> A. Marcos de concreto	<input type="checkbox"/> A. Aplanado
No. sótanos: <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	<input type="checkbox"/> B. 1986 - 2004 <input type="checkbox"/> D. > 2017	<input type="checkbox"/> B. Marcos de acero	<input type="checkbox"/> B. Tabique artesanal
Uso*:			
<input type="checkbox"/> A. Aulas	<input type="checkbox"/> G. Bodega	<input type="checkbox"/> C. Marcos y muros de concreto	<input type="checkbox"/> C. Tabique industrial
<input type="checkbox"/> B. Laboratorio	<input type="checkbox"/> H. Auditorio	<input type="checkbox"/> D. Marcos y contraventeos	<input type="checkbox"/> D. Tabique vidriado
<input type="checkbox"/> C. Biblioteca	<input type="checkbox"/> I. Conserjería	<input type="checkbox"/> E. Marcos y muros diafragma (ligados a la estructura)	<input type="checkbox"/> E. Otro: <input style="width: 50px;" type="text"/>
<input type="checkbox"/> D. Sanitarios	<input type="checkbox"/> J. Cocina/Comedor	<input type="checkbox"/> F. Mampostería simple	Adicionales*:
<input type="checkbox"/> E. Administrativo	<input type="checkbox"/> K. Taller	<input type="checkbox"/> G. Mampostería confinada	<input type="checkbox"/> A. Apéndices
<input type="checkbox"/> F. Cuarto máquinas	<input type="checkbox"/> L. Usos múltiples	<input type="checkbox"/> H. Columnas y losas planas	<input type="checkbox"/> B. Mezanines
<input type="checkbox"/> M. Otro: <input style="width: 100%;" type="text"/>		<input type="checkbox"/> Otro: <input style="width: 100%;" type="text"/>	<input type="checkbox"/> C. Soporte para tinacos
			<input type="checkbox"/> D. Otro: <input style="width: 100%;" type="text"/>

Nota: Incluir en este campo sistemas producto de combinaciones de las opciones anteriores en elevación o en las direcciones principales planta

Prototipo (CAPFCE/INIFED):

Rehabilitación previa: No Sí Año: Técnicas de rehabilitación:

Contestar *Sí* o *No* y añadir croquis de ubicación de los peligros

Fallas y peligros externos y de origen geotécnico*

7

	Sí	No		Sí	No
1. Desprendimiento de elementos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8. Agrietamiento de suelo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Asentamiento/Emersión **	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9. Inestabilidad de talud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Inclinación **	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10. Socavaciones u oquedades	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Discontinuidades verticales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	11. Mov. adyacente a fallas superficiales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Configuración irregular en planta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	12. Bardas inclinadas o en peligro de caer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Colindancia/Junta insuficiente **	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	13. Estructura separada de su cimentación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Despl. lateral del suelo/licuación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Otro: <input style="width: 100%;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Nota:
 - Asentamiento/Emersión mayor que 50 mm en terreno tipo I y 300 mm en terrenos tipo II y III
 - Inclinación mayor que 1%
 - Colindancia menor que 0.01 veces la altura total del edificio

1/3

Formato de Evaluación Rápida (Sismo)

Código QR

Evaluación del daño*

8

Global	Daño					No estructural	Daño				
	N/A	Desconocido	Nulo/Ligero	Moderado	Severo		N/A	Desconocido	Nulo/Ligero	Moderado	Severo
1. Colapso total	<input type="checkbox"/>	10. Pretiles	<input type="checkbox"/>								
2. Colapso parcial	<input type="checkbox"/>	11. Ornamentos	<input type="checkbox"/>								
3. Desplomo o inclinación	<input type="checkbox"/>	12. Fachadas	<input type="checkbox"/>								
Otro: <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	13. Vidrios rotos	<input type="checkbox"/>								
Estructural						14. Plafones	<input type="checkbox"/>				
4. Cimentación	<input type="checkbox"/>	15. Muros divisorios	<input type="checkbox"/>								
5. Sistemas de piso	<input type="checkbox"/>	16. Entradas/Salidas	<input type="checkbox"/>								
6. Sistemas de techo	<input type="checkbox"/>	17. Escaleras/Elevadores	<input type="checkbox"/>								
7. Sistema cargas verticales	<input type="checkbox"/>	18. Inst. eléctricas	<input type="checkbox"/>								
8. Sistema cargas laterales	<input type="checkbox"/>	19. Inst. hidrosanitarias	<input type="checkbox"/>								
9. Conexiones	<input type="checkbox"/>	20. Inst. de gas	<input type="checkbox"/>								
Otro: <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	Otro: <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>								

Daño global estimado*

9

A. Ninguno B. 0-10% C. 11-30% D. 31-60% E. 61-100%

Comentarios

Resumen*

10

Daño observado:	Aviso: (Marcar sólo uno)
Daño nulo o ligero	<input type="checkbox"/> Verde (Uso permitido)
Daño moderado	<input type="checkbox"/> Amarillo 1 (Acceso y uso restringidos - Entrada por corto tiempo) <input type="checkbox"/> Amarillo 2 Bajo supervisión <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Daño severo	<input type="checkbox"/> Rojo 1 (Acceso prohibido por factores externos) <input type="checkbox"/> Rojo 2 (Acceso prohibido por daño severo en la estructura)

11

Extensión de la evaluación:	
Exterior	<input type="checkbox"/> A. Parcial <input type="checkbox"/> B. Completa
Interior	<input type="checkbox"/> C. Sin acceso <input type="checkbox"/> D. Parcial <input type="checkbox"/> E. Completa

Se realizó evaluación geotécnica Sí No **Firma del inspector**

Contestar Sí o No y añadir croquis de ubicación de los peligros

Sugerencias de futuras acciones*

12

Evaluación futura:	Acordonamiento:	Bloquear calle o cuadra:	Urgencia de acción:
A. Ninguna <input type="checkbox"/>	A. Se requiere <input type="checkbox"/>	A. Se requiere <input type="checkbox"/>	A. Normal <input type="checkbox"/>
B. Evaluación Intermedia <input type="checkbox"/>	B. No se requiere <input type="checkbox"/>	B. No se requiere <input type="checkbox"/>	B. Inmediata <input type="checkbox"/>
Especialista:	Descripción: Añadir croquis si es necesario	Descripción: Añadir croquis si es necesario	
B1. Ingeniero estructural <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
B2. Ingeniero geotécnico <input type="checkbox"/>			
B3. Otro: <input type="text"/>			
C. Evaluación por parte del propietario: <input type="text"/>			

Indicar si se requiere: remover escombros, cubrir fachadas, apuntalar, arristrar, reconectar/ reparar servicio de agua, luz, gas, apagar incendios, servicios policiales, etc.

Acciones inmediatas:

Croquis y fotografías*

13

• Añadir fotografías que evidencien las características geométricas, estructurales, no estructurales y del daño del edificio evaluado.
• Añadir croquis de "Áreas Inseguras" y su acordonamiento, si corresponde.

Se añadió croquis Sí No

Formato de Evaluación Rápida (Sismo)

Código QR

Comunicación de resultados*

14 ¿Se explicó el Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio?

Sí No

Espacio exclusivo para la autoridad local educativa*

15 Información completa Sí No

Fecha
Día Mes Año

Revisado por

Firmas: _____

Croquis*

Mostrar daño en edificios, áreas inseguras, restringidas y/o acordonadas. Identificar el edificio en el croquis.

Formato de Evaluación Intermedia (Sismo)

Código QR

Contestar **Sí** o **No** y añadir croquis de ubicación de los peligros

Peligros externos y de origen geotécnico*

7	1. Desprendimiento de elementos	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	8	8. Agrietamiento de suelo	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
	2. Asentamiento/Emersión **	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		9. Inestabilidad de talud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3. Inclinación **	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		10. Socavaciones u oquedades	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4. Discontinuidades verticales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		11. Mov. adyacente a fallas superficiales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5. Configuración irregular en planta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		12. Bardas inclinadas o en peligro de caer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6. Colindancia/Junta insuficiente **	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		13. Estructura separada de su cimentación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7. Despl. lateral del suelo/licuación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		14. Otro:		

****Nota:**

- Asentamiento/Emersión mayor que 50 mm en terreno tipo I y 300 mm en terrenos tipo II y III
- Inclinación mayor que 1%
- Colindancia menor que 0.01 veces la altura total del edificio

Evaluación del daño*

- 8**
- * Añadir fotografías que evidencien las características geométricas, estructurales, no estructurales y del daño del edificio evaluado.
 - * Incluir en las tablas y en el croquis las dimensiones generales de cada entrepiso (alturas NPT, largo, ancho y longitudes de entre ejes).
 - * Especificar en las tablas tipo de daño y condiciones de mantenimiento para cada elemento.

Propiedades de los materiales (kg/cm²)

Concreto*	Perfiles de acero acero estructural*	Otro*
f_c'	F_y'	
Barras de acero de acero de refuerzo*	Mampostería*	
f_y	f_m'	

Secciones de elementos estructurales (cm)

Columnas*		Vigas*		Muros*		Reforzamientos*	
ID	Detalle	ID	Detalle	ID	Detalle	ID	Detalle

Detallado de elementos estructurales (detallar el acero de refuerzo longitudinal y transversal en el caso de elementos de concreto y el tipo de perfil en caso de elementos de acero estructural)

Columnas*		Vigas*		Muros*		Reforzamientos*	
ID	Detalle	ID	Detalle	ID	Detalle	ID	Detalle

Descripción del tipo daño por sismo y por condiciones de mantenimiento para cada elemento

Columnas*		Vigas*		Muros*		Reforzamientos*	
Elem.	Detalle	Elem.	Detalle	Elem.	Detalle	Elem.	Detalle

La siguiente información corresponde a los resultados de la evaluación del entrepiso crítico

Evaluación de la capacidad resistente *

9 Estructuras de concreto sin muros

1. Flexión en columnas sin muro	V_{cy}	r_{cy}	5. Cortante en nudos	V_j	r_j
2. Tensión diagonal en columnas	V_{cv}	r_{cv}	6. Punzonamiento en losas, si aplica	V_{pn}	r_{pn}
3. Anclaje de refuerzo longitudinal	V_{ca}	r_{ca}	7. Flexión en vigas	V_{ca}	r_{ca}
4. Adherencia en traslapes	V_{et}	r_{et}			

Estructuras de mampostería (muros diafragma o de carga)

1. Flexión en muros	V_{my}	r_{my}	1. Tensión diagonal en muros	V_{mc}	r_{mc}
2. Tensión diagonal en muros	V_{mv}	r_{mv}			
3. Aplastamiento	V_{ma}	r_{ma}			
4. Deslizamiento	V_{md}	r_{md}			

Estructuras de acero (marcos)

1. Flexión en columnas (muros)	V_{cy}	r_{cy}	3. Flexión en vigas	V_{vy}	r_{vy}
2. Cortante en columnas	V_{cv}	r_{cv}			

Capacidad (resistencia)

1. Resultado (mínimo)	V_{falla}	r_{falla}
-----------------------	-------------	-------------

Obtención de la capacidad y demanda de distorsión *

10

BI BII BIII CI CII CIII DI DII DIII

1. Capacidad de distorsión	<input type="text"/>
2. Rigidez lateral (t/m)	<input type="text"/>
3. Masa total (kg)	<input type="text"/>
4. Factor de participación modal	<input type="text"/>
5. Periodo estructural (s)	<input type="text"/>
6. Demanda de aceleración (cm/s²)	<input type="text"/>
7. Demanda de distorsión	<input type="text"/>

Nota: la nomenclatura refiere a la zona sísmica y el tipo de terreno (BI significa zona sísmica B, terreno tipo I, por ejemplo).

Formato de Evaluación Intermedia (Sismo)

Código QR

Resultado de la evaluación*

11	1. Entrepiso crítico	<input type="text"/>
	2. Modo de falla predominante	<input type="text"/>
	3. Relación de Capacidad/Demanda	<input type="text"/>
	4. Distorsión remanente	<input type="text"/>
	5. Nivel de Atención Prioritaria	<input type="text"/>

Resumen*

12	NAP:	Aviso: (Marcar sólo uno)	13	Extensión de la evaluación:	
	NAP 9	<input type="checkbox"/> Verde <small>(Uso permitido)</small>		Exterior	<input type="checkbox"/> A. Parcial
	NAP 5 - NAP 8	<input type="checkbox"/> Amarillo 1 <small>(Acceso y uso restringidos - Entrada por corto tiempo)</small>			<input type="checkbox"/> B. Completa
	NAP 1 - NAP 4	<input type="checkbox"/> Amarillo 2 <small>Bajo supervisión</small> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Interior	<input type="checkbox"/> C. Sin acceso
		<input type="checkbox"/> Rojo 1 <small>(Acceso prohibido por factores externos)</small>		<input type="checkbox"/> D. Parcial	
		<input type="checkbox"/> Rojo 2 <small>(Acceso prohibido por daño severo en la estructura)</small>		<input type="checkbox"/> E. Completa	

Se realizó evaluación geotécnica Sí No

Firma del inspector

Sugerencias de futuras acciones*

14	Evaluación futura:	Acordonamiento:	Rehabilitación:
	A. Ninguna <input type="checkbox"/>	A. Se requiere <input type="checkbox"/>	A. Ligera <input type="checkbox"/>
	B. Evaluación Intermedia <input type="checkbox"/>	B. No se requiere <input type="checkbox"/>	B. Profunda <input type="checkbox"/>
	Especialista:	Descripción:	Descripción:
	B1. Ingeniero estructural <input type="checkbox"/>	Añadir croquis si es necesario	<input type="text"/>
	B2. Ingeniero geotécnico <input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
B3. Otro: <input type="text"/>			
C. Evaluación por parte del propietario: <input type="text"/>			

Comunicación de resultados*

15 ¿Se explicó el Aviso de Seguridad Estructural y Uso del Edificio? Sí No

Espacio exclusivo para la autoridad local educativa*

16 Información completa Sí No

Revisado por

Fecha

Día Mes Año

Firmas: _____

** Campos marcados con (*) son obligatorios, los demás son opcionales*

Croquis*
(Orientar la estructura de modo que la dirección X corresponda al lado más largo del edificio)

Datos generales de la evaluación

Nombre del inspector*:

Clave del inspector*: CCT principal*: Fecha*:
Día Mes Año

Calle y número*:

Mostrar daño en edificios, áreas inseguras, restringidas y/o acordonadas. Identificar el edificio en el croquis. Engrátese este croquis al Formato de Evaluación.

Formato de Evaluación Intermedia (Sismo)

Código QR

Croquis*
(Orientar la estructura de modo que la dirección X corresponda al lado más largo del edificio)



APÉNDICE D

PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN Y REGISTROS DE GRIETAS

1. Asignar una clave a los elementos estructurales. Por ejemplo: E3S-N1, donde:
 - a. E3 es la posición respecto a los ejes ortogonales, considerando los números en dirección X (3, en este caso) y las letras en dirección Y (E, en este ejemplo).
 - b. Siendo N el norte geográfico, se deben identificar las caras norte (N), sur (S), este (E) y oeste (O) para cada elemento y hacer las mediciones en cada cara.
 - c. N1 es el número de nivel. El nivel 3, por ejemplo, corresponde al que tiene como techo a la tercera losa contada a partir del nivel de banqueteta.
2. Observar, medir y registrar las grietas en papel.
3. Se recomienda registrar el mayor ancho de grieta medido en cada elemento.

En la figura D.1 se muestra la planta de un edificio cualquiera. Para ilustrar la clave de los elementos estructurales, se han marcado en el dibujo:

- La cara C3N de una columna (en color rojo).
- La cara A2S de una viga (en color verde)
- La cara D3E de una viga secundaria (en color morado).

Nótese que, en la figura, el norte geográfico no coincide con la dirección de los ejes de la estructura.

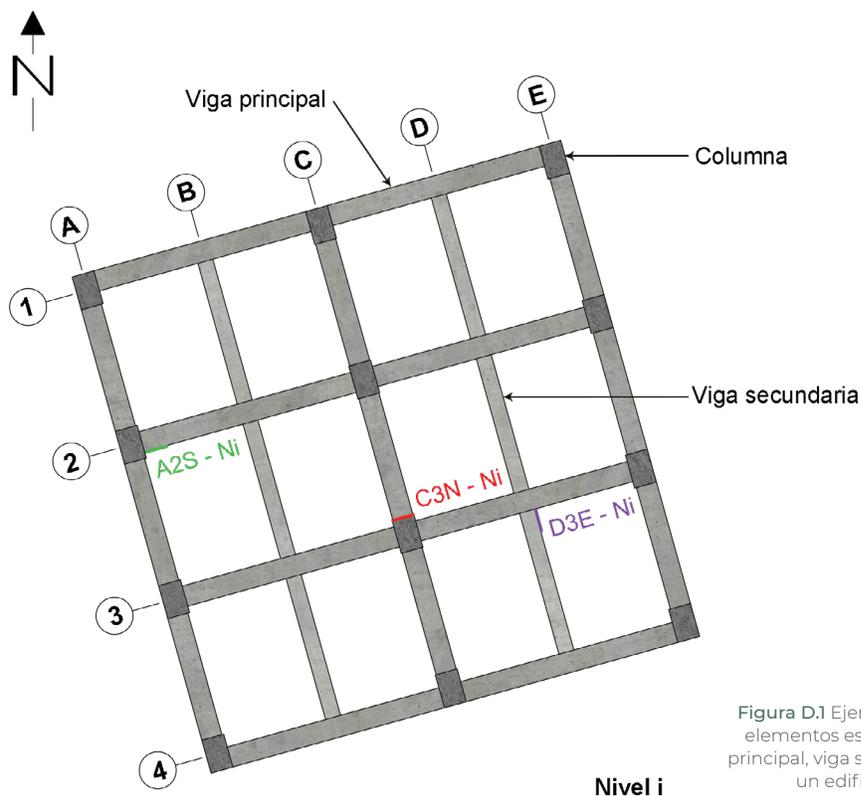


Figura D.1 Ejemplos de identificación de elementos estructurales (columna, viga principal, viga secundaria) en la planta de un edificio cualquiera en el nivel i. Fuente: elaboración propia.

Algunos ejemplos de identificación de columnas, así como de medición del ancho de grietas con comparadores manuales se presentan en la figura D.2.



Figura D.2 Ejemplos de identificación de caras de elementos estructurales (columnas) y de medición del ancho de grietas usando comparadores manuales.
Fuente: archivo personal de Rubén Bautista (2018).

APÉNDICE E

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE RESISTENCIA LATERAL

E.1 Evaluación de resistencia lateral de marcos de concreto

El Método de Evaluación Intermedia ha sido desarrollado para identificar de forma rápida, pero con la suficiente robustez técnica, los edificios existentes que son potencialmente vulnerables ante la ocurrencia de un evento sísmico. La evaluación sísmica se realiza identificando el mecanismo de falla predominante de los elementos estructurales verticales en el entrepiso crítico y, posteriormente, calculando la capacidad sísmica en términos del valor límite de distorsión que puede desarrollar el entrepiso crítico sin presentar daños estructurales. El procedimiento consta de tres pasos:

- Paso 1: Aproximación de la configuración de la deformada del edificio examinado en el instante pico de su respuesta sísmica e identificación del entrepiso crítico.
- Paso 2: Identificación del mecanismo de falla predominante de los elementos verticales estructurales y cálculo de los cocientes de resistencia correspondientes.
- Paso 3: Aproximación de la distorsión promedio del entrepiso crítico que el edificio puede tolerar antes de desarrollar daños estructurales.

Las unidades en este apéndice están en sistema MES, a menos de que se indique lo contrario. Se prefirió usar este sistema de unidades por ser el más usado en la práctica profesional.

E.1.1 Aproximación de la configuración de la deformada del edificio

Una aproximación más precisa de la configuración de la deformada para edificios existentes a base marcos de concreto reforzado con masas constantes en todos los niveles y hasta cuatro pisos sobre el nivel de banquetta, se puede obtener con las expresiones de la tabla E.1, que dependen de la rigidez lateral del entrepiso de análisis K_i .

Tabla E.1 Expresiones para la aproximación de la configuración de la deformada de edificios existentes de marcos de concreto como masas de entrepisos constantes y de hasta 4 pisos sobre el nivel de banquetta.

Número de pisos	Configuración de la deformada	Términos auxiliares
2	$\Phi = \left\{ \begin{array}{c} 1 \\ \frac{1}{Q_2} (1.5K_2) \end{array} \right\}$	$Q_2 = 1.5K_2 + K_1$
3	$\Phi = \left\{ \begin{array}{c} 1 \\ \frac{1}{Q_3} (2K_2K_3 + 1.67K_1K_3) \\ \frac{1}{Q_3} (2K_2K_3) \end{array} \right\}$	$Q_3 = 2K_2K_3 + 1.67K_1K_3 + K_1K_2$
4	$\Phi = \left\{ \begin{array}{c} 1 \\ \frac{1}{Q_4} (2.5K_2K_3K_4 + 2.25K_1K_3K_4 + 1.75K_1K_2K_4) \\ \frac{1}{Q_4} (2.5K_2K_3K_4 + 2.25K_1K_3K_4) \\ \frac{1}{Q_4} (2.5K_2K_3K_4) \end{array} \right\}$	$Q_4 = 2.5K_2K_3K_4 + 2.25K_1K_3K_4 + 1.75K_1K_2K_4 + K_1K_2K_3$

Fuente: elaboración propia con base en Pardalopoulos y Lekidis (2019).

La rigidez lateral del entrepiso i de un edificio a base de marcos de concreto con diafragmas horizontales rígidos, K_i , se obtiene como la suma de la contribución de rigidez de las columnas, N_c y de los muros diafragma de mampostería del entrepiso de análisis, N_{inf} mediante la siguiente ecuación cuyas unidades se expresan según el Sistema Internacional:

$$K_i = \sum_{j=1}^{N_c} \alpha_{c,j} \frac{E_c}{H_c} A_{g,j} \left[\frac{h_c}{H_c} \right]^2 \sum_{k=1}^{N_{inf}} \frac{A_{inf,k}}{H_c} \frac{0.10 f_m'}{\mu_{y,inf,k} \theta_{y,inf,k} \sqrt{1 + H_{inf,k}^2 / L_{inf,k}^2}}$$

Donde:

- A_g Área gruesa de la sección transversal de la columna, en cm^2 .
- A_{inf} Área de la sección transversal del muro diafragma de mampostería orientado paralelamente a la dirección de análisis, en cm^2 .
- E_c Módulo de elasticidad del concreto (véase INIFED, 2020), en kg/cm^2 .
- f_m' Resistencia a compresión para diseño de la mampostería, referida al área bruta, en kg/cm^2 .
- H_c Altura libre y deformable de la columna, en cm .

- H_{inf} Altura del puntal de compresión del muro de mampostería orientado paralelamente a la dirección de análisis (figura E.1), en cm.
- K_i Rigidez lateral del entrepiso i de un edificio, en kg/cm.
- L_{inf} Longitud del puntal de compresión del muro de mampostería orientado paralelamente a la dirección de análisis (figura E.1), en cm.
- h_c Peralte de la columna en la dirección de análisis, en cm.
- α_c Factor que depende de la relación de carga axial, ν , que soporta la columna. Es igual a 0.50 si ν es mayor o igual 0.10. En caso contrario, es igual a 0.33, donde $\nu = P_g / (b_c d_c f'_c)$.
- P_g Carga axial en la columna debido a la combinación de cargas muerta, viva instantánea y sismo, en kg.
- b_c Ancho de la columna perpendicular a la dirección de análisis, en cm.
- d_c Peralte efectivo de la columna, $d_c = 0.8h_c$, en cm.
- $\mu_{y,inf}$ Nivel de ductilidad que puede desarrollar el muro de diafragma de mampostería, $\mu_{y,inf,k} = 2$.
- $\theta_{y,inf}$ Rotación que puede desarrollar el muro de mampostería en el punto de fluencia de los marcos de concreto confinantes, $\theta_{y,inf} \cong 0.2\%$.

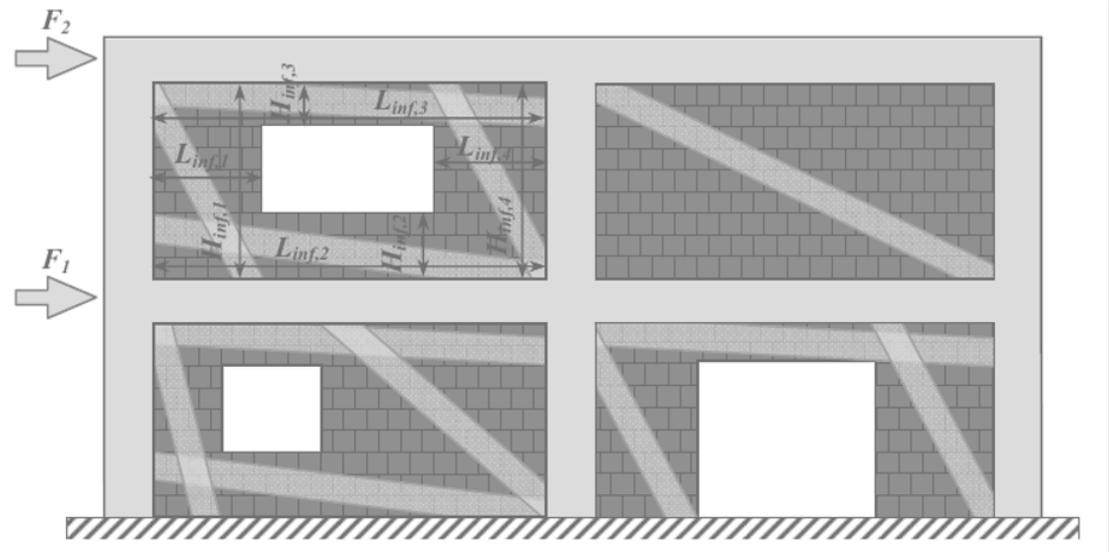


Figura E.1 Puntales de compresión actuando a lo largo de los muros diafragma de mampostería durante la deformación lateral de los marcos de concreto. Fuente: elaboración propia con base en Pardalopoulos y Lekidis (2019).

A continuación, el entrepiso crítico puede ser definido fácilmente como el piso que alcanza el máximo valor de distorsión de entrepiso, esto es, $\Delta\Phi_{cr} = \Phi_1 - \Phi_{i-1}$.

E.1.2 Identificación del mecanismo de falla predominante de los elementos estructurales verticales

El criterio de evaluación de resistencia es una metodología basada en la identificación del modo de falla más probable, el cual se obtiene mediante la jerarquización de las

resistencias calculadas para cada modo de falla. Esta metodología se fundamenta en el teorema del límite superior de la teoría de la plasticidad, que supone un estado de equilibrio consistente con el marco en estudio a lo largo de la altura de cada columna del marco. En la figura E.2 se ilustra el diagrama de momentos supuesto cuando el marco se somete a fuerzas laterales, como las inducidas por un sismo. Como se sabe, la pendiente del diagrama de momento representa la fuerza cortante. Así, en la altura de la viga, la pendiente representa el cortante en la junta. En este método, se supone que la fuerza cortante resistente de una columna, en cualquier piso crítico, estará limitada por el agotamiento del mecanismo de falla en estudio a lo largo del marco.

E.1.2.1 Estructuras conformadas a base de marcos de concreto

Para identificar el mecanismo de falla que controla se deben aplicar los siguientes criterios:

- Resistencia a cortante debida a la formación de articulaciones plásticas por flexión en columnas, V_{cy} .
- Resistencia a cortante controlada por la tensión diagonal en columnas, V_{cv} .
- Resistencia a cortante limitada por la falla de anclaje de refuerzo longitudinal, V_{ca} .
- Resistencia a cortante controlada por la falla por adherencia en traslapes, V_{ct} .
- Resistencia a cortante asociada a la falla por corte en nudos, V_j .
- Resistencia a cortante por la falla por corte/punzonamiento en losas planas, V_{pn} .
- Resistencia a cortante debido a la formación de articulaciones plásticas por flexión en vigas, V_{vy} .

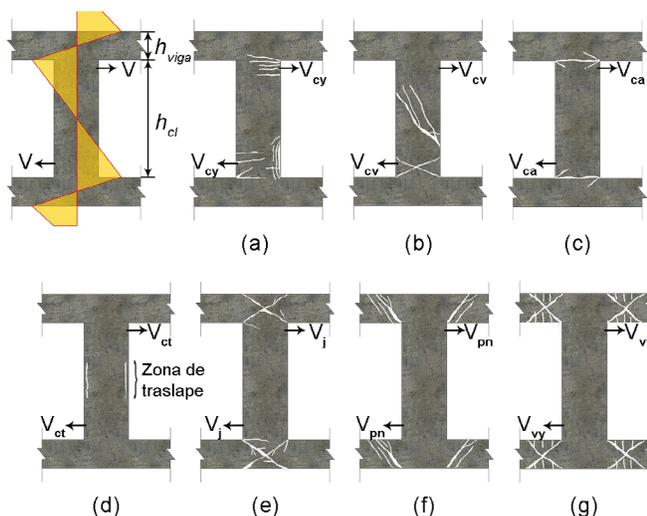


Figura E.2 Estado de equilibrio a momentos y modos de falla por revisar.
 Fuente: elaboración propia con base en Pardalopoulos y Pantazopoulou (2019).

Las ecuaciones usadas para calcular y jerarquizar la resistencia lateral de marcos se presentan a continuación. Su obtención y desarrollo se pueden consultar en Alcocer et al. (2020b —a publicarse en 2021).

a. Resistencia a cortante debida a la formación de articulaciones plásticas por flexión en columnas, V_{cy}

$$V_{cy} = \frac{2M_y}{H_c}$$

$$M_y = 0.5 P_g \left(h_c - 1.2 \frac{P_g}{f'_c b_c} \right) + 0.5 A_{st} f_y (d_c - d'_c)$$

$$V_{cy} = \lambda_R \left[\frac{P_g}{H_c} \left(h_c - 1.2 \frac{P_g}{f'_c b_c} \right) + \frac{A_{st} f_y}{H_c} (d_c - d'_c) \right]$$

Donde:

- A_{st} Área total del acero de refuerzo longitudinal de la columna, en cm^2 .
- b_c Ancho de la columna perpendicular a la dirección de análisis, en cm.
- d_c Peralte efectivo de la columna, $d_c = 0.8h_c$, en cm.
- d'_c Recubrimiento de la columna de concreto, $d'_c \approx 3$ cm, en cm.
- f'_c Resistencia especificada del concreto a compresión, en kg/cm^2 .
- f_y Esfuerzo especificado de fluencia del acero de refuerzo, en kg/cm^2 .
- h_c Peralte de la columna en la dirección de análisis, en mm o cm.
- H_c Altura libre y deformable de la columna, en mm o cm.
- P_g Carga axial en la columna debido a la combinación de cargas muerta, viva instantánea y sismo, en kg.
- λ_R Factor reductor de la resistencia lateral en función del nivel de daño del elemento estructural.

b. Resistencia a cortante controlada por la tensión diagonal en columnas, V_{cv}

$$A_{\min} = \max \left(0.2 \sqrt{f'_c} \frac{b_c s}{f_{yt}}, 3.5 \frac{b_c s}{f_{yt}} \right)$$

Si $A_V \geq A_{\min}$

$$V_{cv} = \lambda_R \left[\left(0.53 \lambda \sqrt{f'_c} + \frac{P_g}{6A_g} \right) b_c d_c \right]$$

Si $A_V < A_{\min}$

$$V_{cv} = \lambda_R \left[\left(2.1 \lambda_s \lambda \rho_c^{\frac{1}{3}} \sqrt{f'_c} + \frac{P_g}{6A_g} \right) b_c d_c \right]$$

$$\lambda = 1$$

$$\lambda_s = \sqrt{\frac{2}{1 + (d_c/25.4)}} \leq 1$$

Donde:

- A_g Área gruesa de la sección transversal de la columna, en cm^2 .
- A_v Área total del acero de refuerzo transversal de la columna, en cm^2 .
- b_c Ancho de la columna perpendicular a la dirección de análisis, en cm.
- d_c Peralte efectivo de la columna, $d_c=0.8h_c$, en cm.
- f_c' Resistencia especificada del concreto a compresión, en kg/cm^2 .
- f_{yt} Esfuerzo especificado de fluencia del acero transversal, en kg/cm^2 .
- P_g Carga axial en la columna debido a la combinación de cargas muerta, viva instantánea y sismo, en kg.
- s Separación de los estribos de la columna, en cm.
- ρ_c Cuantía de refuerzo longitudinal de la columna.
- λ_R Factor reductivo de la resistencia lateral en función del nivel de daño del elemento estructural.

c. Resistencia a cortante limitada por la falla de anclaje de refuerzo longitudinal, V_{ca}

$$V_{ca} = \lambda_R \left[\frac{P_g}{H_c} \left(h - 1.2 \frac{P_g}{f_c' b_c} \right) + \frac{A_{st} f_s}{H_c} (d_c - d_c') \right]$$

$$f_a = \frac{\sqrt[4]{f_c'}}{A_b} (8.1 l_d (c_{mín} + 0.5 d_b) + 324 A_b) \left(0.1 \frac{c_{máx}}{c_{mín}} + 0.9 \right)$$

$$f_s = \text{mín} (f_y, f_a)$$

Donde:

- A_b Área de la barra anclada, en cm^2 .
- A_{st} Área total del acero de refuerzo longitudinal de la columna, en cm^2 .
- b_c Ancho de la columna perpendicular a la dirección de análisis, en cm.
- $c_{máx}$ Recubrimiento máximo, $c_{máx}=3$ cm, en cm.
- $c_{mín}$ Recubrimiento mínimo, $c_{mín}=3$ cm, en cm.
- d_b Diámetro de la barra de acero longitudinal de la época (No. 6 o No. 8), en cm.
- d_c Peralte efectivo de la columna, $d_c=0.8h_c$, en cm.
- d_c' Recubrimiento de la columna de concreto, $d_c' \approx 3$ cm, en cm.
- f_c' Resistencia especificada del concreto a compresión, en kg/cm^2 .
- H_c Altura libre y deformable de la columna, en cm.
- h_c Peralte de la columna en la dirección de análisis, en cm.
- l_d Longitud de desarrollo de la barra anclada o longitud de traslape, $l_d=40d_b$, en cm o longitud diagonal del puntal de compresión en muros de mampostería, en cm.
- P_g Carga axial en la columna debido a la combinación de cargas muerta, viva instantánea y sismo, en kg.
- λ_R Factor reductivo de la resistencia lateral en función del nivel de daño del elemento estructural.

d. Resistencia a cortante controlada por la falla por adherencia en traslapes, V_{ct}

$$V_{ct} = \lambda_R \left[\frac{P_g}{H_c} \left(h_c - 1.2 \frac{P_g}{f_c' b_c} \right) + \frac{A_{st} f_s}{H_c} (d_c - d_c') \right]$$

$$f_t = \frac{\sqrt[4]{f_c'}}{A_b} \left[(8.1 l_d (c_{mín} + 0.5 d_b) + 324 A_b) \left(0.1 \frac{c_{máx}}{c_{mín}} + 0.9 \right) + \left(4.2 t_r t_d \frac{N A_{tr}}{n} + 0.4 \right) \sqrt{f_c'} \right]$$

$$f_s = \text{mín} (f_y, f_t)$$

Donde:

- A_b Área de la barra anclada, en cm^2 .
- A_{st} Área total del acero de refuerzo longitudinal de la columna, en cm^2 .
- A_{tr} Área del estribo que cruza el plano de traslape, en cm^2 .
- b_c Ancho de la columna perpendicular a la dirección de análisis, en cm.
- $c_{máx}$ Recubrimiento máximo, $c_{máx} = 3$ cm, en cm.
- $c_{mín}$ Recubrimiento mínimo, $c_{mín} = 3$ cm, en cm.
- d_b Diámetro de la barra de acero longitudinal de la época (No. 6 o No. 8), en cm.
- d_c Peralte efectivo de la columna, $d_c = 0.8 h_c$, en cm.
- d_c' Recubrimiento de la columna de concreto, $d_c' \approx 3$ cm, en cm.
- f_c' Resistencia especificada del concreto a compresión, en kg/cm^2 .
- f_y Esfuerzo especificado de fluencia del acero de refuerzo, en kg/cm^2 .
- H_c Altura libre y deformable de la columna, en cm.
- h_c Peralte de la columna en la dirección de análisis, en cm.
- l_d Longitud de desarrollo de la barra anclada o longitud de traslape, $l_d = 40 d_b$, en cm o longitud diagonal del puntal de compresión en muros de mampostería, en cm.
- N Número de estribos que confinan las barras traslapadas.
- n Número de barras traslapadas.
- P_g Carga axial en la columna debido a la combinación de cargas muerta, viva instantánea y sismo, en kg.
- t_d Factor que representa el efecto del diámetro de la barra en la resistencia del anclaje o traslape, $t_d = 1.83 d_b + 0.71$, en cm.
- t_r Factor que representa el efecto del área relativa de la barra en la resistencia del anclaje o traslape, $t_r = 0.952$.
- λ_R Factor reductor de la resistencia lateral en función del nivel de daño del elemento estructural.

e. Resistencia a cortante asociada a la falla por corte en nudos, V_j

$$V_j = \lambda_R \left[\frac{b_j h_c j_b v_j}{H_c \left(1 - \frac{h_c}{L} - \frac{j_b}{H_c} \right)} \right]$$

$$b_j = \frac{b_v + b_c}{2}$$

$$j_b = \frac{7}{8} d_v$$

$$v_j = \gamma \sqrt{f'_c}$$

Para nudos bien confinados (post-1987)

$$\gamma = 5.5$$

Para nudos mal confinados (pre-1987)

$$\gamma = 3 \sqrt{\frac{h_c}{h_v}} K_{js}$$

$$K_{js} = 1 + \frac{4}{9} \left(\frac{P_g}{A_g f'_c} - 0.15 \right)$$

Donde:

- A_g Área gruesa de la sección transversal de la columna, en cm^2 .
- b_c Ancho de la columna perpendicular a la dirección de análisis, en cm.
- b_v Ancho de la viga adyacente a la columna, en cm.
- d_v Peralte efectivo de la viga, $d_v = \frac{8}{9} h_v$, en cm.
- f'_c Resistencia especificada del concreto a compresión, en kg/cm^2 .
- H_c Altura libre y deformable de la columna, en cm.
- h_c Peralte de la columna en la dirección de análisis, en cm.
- h_v Peralte de la viga adyacente a la columna, en cm.
- L Claro en la dirección de análisis, en cm.
- P_g Carga axial en la columna debido a la combinación de cargas muerta, viva instantánea y sismo, en kg.
- λ_R Factor reductor de la resistencia lateral en función del nivel de daño del elemento estructural.

f. Resistencia a cortante por la falla por corte/punzonamiento en losas planas, V_{pn}

Para losas sin refuerzo

$$V_{pn} = \lambda_R \left[1.5 \sqrt{f'_c} \frac{h_c + d_l}{H_c} \right]$$

Para losas con refuerzo

$$V_{pn} = \lambda_R [C_v V_c + V_s] \leq 0.5 \sqrt{f'_c} A_c$$

$$A_c = b_o d_l$$

$$b_o = 2(b_c + h_c + 2d_l)$$

$$V_c = \min \left(0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \sqrt{f'_c} A_c, 0.083 \left(\frac{\alpha_s d_l}{b_o} + 2 \right) \sqrt{f'_c} A_c, 0.33 \sqrt{f'_c} A_c \right)$$

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d_l}{s}$$

Donde:

A_v Área total del acero de refuerzo transversal de la columna, en cm^2 .

b_c Ancho de la columna perpendicular a la dirección de análisis, en cm.

C_v Se toma igual a 0.75.

d_l Peralte efectivo de la losa, $d_l = 0.8h_l$, en cm.

f'_c Resistencia especificada del concreto a compresión, en kg/cm^2 .

f_{yt} Esfuerzo especificado de fluencia del acero transversal, en kg/cm^2 .

H_c Altura libre y deformable de la columna, en cm.

h_c Peralte de la columna, en cm.

h_l Peralte de la losa, en cm.

s Separación de los estribos de la columna, en cm.

α_s Se toma igual a 40 para conexiones interiores y a 30 para conexiones exteriores.

β Se toma igual a 1.00.

λ_R Factor reductor de la resistencia lateral en función del nivel de daño del elemento estructural.

g. Resistencia a cortante debido a la formación de articulaciones plásticas por flexión en vigas, V_{vy}

$$V_{vy} = \lambda_R \left(\frac{0.85 \rho_v b_v d_v^2 f_y}{H_c} \right)$$

Donde:

b_v Ancho de la viga perpendicular a la dirección de análisis, en cm.

d_v Peralte efectivo de la viga, $d_v = \frac{8}{9} h_v$, en cm.

- f_y Esfuerzo especificado de fluencia del acero de refuerzo, en kg/cm².
 H_c Altura libre y deformable de la columna, en mm o cm.
 ρ_v Cuantía del acero de refuerzo longitudinal en vigas.
 λ_R Factor reductivo de la resistencia lateral en función del nivel de daño del elemento estructural.

E.1.2.2 Evaluación de la resistencia lateral de muros diafragma de mampostería

a. Resistencia a corte por aplastamiento a lo largo de la diagonal de un muro diafragma, V_{ma}

La resistencia a corte por aplastamiento a lo largo de la diagonal de un muro diafragma se calculará como:

$$V_{ma} = \lambda_R (0.4 f_m' b_d t \cos \theta_d)$$

$$b_d = \frac{1}{2} \sqrt{l_c^2 + l_v^2} \leq \frac{l_d}{4}$$

$$l_c = \frac{\pi}{2} \left(\frac{4 E_c I_c H_m}{E_m t \sin 2\theta_d} \right)^{1/4}$$

$$l_v = \pi \left(\frac{4 E_c I_v H_m}{E_m t \sin 2\theta_d} \right)^{1/4}$$

$$l_d = \sqrt{(H_m^2 + L_m^2)}$$

$$\theta_d = \tan^{-1} H_m / L_m$$

Donde:

- E_c, E_m Módulo de elasticidad para cargas de corta duración del material del marco y de la mampostería, respectivamente, en kg/cm².
 f_m' Resistencia a compresión para diseño de la mampostería, referida al área bruta, en kg/cm².
 H_m Altura libre del muro de mampostería, en cm.
 I_c, I_v Momentos de inercia de la sección transversal bruta de la columna y de la viga, respectivamente, en cm⁴.
 L_m Longitud del muro de mampostería que incluye los castillos, en cm.
 l_c, l_v Longitudes de contacto del muro con la columna y con la viga, respectivamente, cuando la estructura se deforma de manera lateral, en cm.
 l_d Longitud de desarrollo de la barra anclada o longitud de traslape, $l_d = 40 d_b$, en cm o longitud diagonal del puntal de compresión en muros de mampostería, en cm.
 t Espesor del muro de mampostería o de concreto, en cm.
 λ_R Factor reductivo de la resistencia lateral en función del nivel de daño del elemento estructural.
 θ_d Ángulo que forma la diagonal del muro con la horizontal.

b. Resistencia a corte por deslizamiento, V_{md}

La fuerza cortante resistente por deslizamiento en muros diafragma con $\frac{H_m}{L_m} \leq 1.0$ se calculará como:

$$V_{md} = \lambda_R \left(\frac{0.5v_m' A_t}{1 - 0.9 \tan \theta_d} \right)$$

Si $\frac{H_m}{L_m} > 1.0$, no será necesario revisar para este modo de falla.

Donde:

- A_t Área bruta de la sección transversal del muro o segmento de muro, que incluye a los castillos, en cm^2 .
- θ_d Ángulo que forma la diagonal del muro con la horizontal.
- λ_R Factor reductor de la resistencia lateral en función del nivel de daño del elemento estructural.
- v_m' Resistencia a compresión diagonal para diseño de la mampostería, referida al área bruta, en kg/cm^2 .

c. Resistencia a corte por tensión diagonal en muros diafragma, V_{mt}

La fuerza cortante resistente a tensión diagonal en el plano del muro diafragma se calculará dependiendo de la modalidad de mampostería usada, ya sea mampostería confinada o reforzada en el interior, respectivamente. En todos los casos, se supondrá que $P=0$.

$$V_{mt} = \lambda_R [(0.5v_m' A_t + 0.3P)f] \leq 1.5v_m' A_t f$$

$$V_{mt} = \lambda_R [0.5v_m' A_t f] \leq 1.5v_m' A_t f$$

$$f = \begin{cases} 1.5 & \text{si } \frac{H_m}{L_m} \leq 0.2 \\ 1.0 & \text{si } \frac{H_m}{L_m} > 1.0 \end{cases}$$

Donde:

- A_t Área bruta de la sección transversal del muro o segmento de muro, que incluye a los castillos, en cm^2 .
- f Factor en el que se interpolará linealmente si $\frac{H_m}{L_m}$ es intermedio.
- P Carga axial total que obra sobre el muro, sin multiplicar por el factor de carga, en kg.
- λ_R Factor reductor de la resistencia lateral en función del nivel de daño del elemento estructural.

v_m' Resistencia a compresión diagonal para diseño de la mampostería, referida al área bruta, en kg/cm².

H_m Altura libre del muro de mampostería, en cm.

L_m Longitud del muro de mampostería que incluye los castillos, en cm.

E.1.2.3 Evaluación de la resistencia lateral de muros de concreto

a. Resistencia a corte en muros de concreto, V_{mc}

Si la relación de altura total a longitud, $\frac{H_m}{L_m}$ del muro, no excede de 1.5, se aplica la siguiente ecuación:

$$V_{mc} = \lambda_R (0.85\sqrt{f_c'}tL_m)$$

Si la relación de altura total a longitud, $\frac{H_m}{L_m}$ del muro, es igual o mayor a 2.0, se aplican las siguientes ecuaciones:

Si $\rho < 0.015$

$$V_{mc} = \lambda_R [(0.2 + 20\rho)0.3\sqrt{f_c'}t0.8L_m]$$

Si $\rho \geq 0.015$

$$V_{mc} = \lambda_R [0.5\sqrt{f_c'}t0.8L_m]$$

Si la relación de altura total a longitud, $\frac{H_m}{L_m}$ del muro, está comprendido entre 1.5 y 2.0 puede interpolarse linealmente.

Donde:

f_c' Resistencia especificada del concreto a compresión, en kg/cm².

H_m Altura libre del muro de concreto, en cm.

L_m Longitud del muro de concreto, en cm.

ρ Cuantía del acero de refuerzo longitudinal a tensión del muro de concreto.

t Espesor del muro de mampostería o de concreto, en cm.

λ_R Factor reductor de la resistencia lateral en función del nivel de daño del elemento estructural.

E.1.2.4 Estructuras conformadas a base de muros de carga de mampostería

a. Resistencia a corte por tensión diagonal en muros de carga

La fuerza cortante resistente a tensión diagonal en el plano del muro de carga se calculará dependiendo de la modalidad de mampostería usada, ya sea mampostería confinada o reforzada interiormente, de manera respectiva.

$$V_{mt} = \lambda_R[(0.5v_m' A_t + 0.3P)f] \leq 1.5v_m' A_t f$$

$$f = \begin{cases} 1.5 & \text{si } \frac{H_m}{L_m} \leq 0.2 \\ 1.0 & \text{si } \frac{H_m}{L_m} > 1.0 \end{cases}$$

Donde:

A_t Área bruta de la sección transversal del muro o segmento de muro, que incluye a los castillos, en cm^2 .

f Factor en el que se interpolará linealmente si $\frac{H_m}{L_m}$ es intermedio.

H_m Altura libre del muro de mampostería, en cm.

L_m Longitud del muro de mampostería que incluye los castillos, en cm.

P Carga axial total que obra sobre el muro, sin multiplicar por el factor de carga, en kg.

λ_R Factor reductor de la resistencia lateral en función del nivel de daño del elemento estructural.

v_m' Resistencia a compresión diagonal para diseño de la mampostería, referida al área bruta, en kg/cm^2 .

E.1.2.5 Estructuras conformadas a base de marcos de acero

E.1.2.5.1 Resistencia a flexión de columnas

$$V_{cy} = \frac{2M_y}{H_c}$$

Donde:

H_c Altura libre y deformable de la columna, en mm o cm.

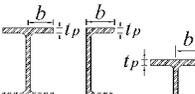
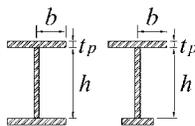
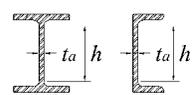
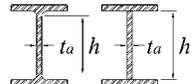
M_y Resistencia a flexión de una columna, en kg-cm.

El momento M_y depende de:

- a. La geometría del perfil (ejemplo: perfiles en forma de I, canal, rectangular, T, etcétera).
- b. Las relaciones ancho/grueso de las partes que conforman al perfil.
- c. La resistencia del acero con el que está fabricado el perfil (valor de F_y , que es el esfuerzo mínimo de fluencia del acero en tensión).
- d. La longitud libre de arriostamiento.

La mayoría de los prototipos escolares de acero (ANM-17, A-70 y T-08C) se construyeron con perfiles metálicos laminados compactos en forma de I o de cajón cuadrado HSS, que son de uso comercial. Estos perfiles generalmente son del tipo 1 y 2 (véase tabla E.2).

Si se llegara a encontrar algún perfil metálico especial con geometría diferente a las antes mencionadas (como puede ser el caso de ángulos, perfiles en forma de T, perfiles redondos tubulares, etc.), se deberá referir a la tabla 3.2.2 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Acero del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (Gobierno de la Ciudad de México, 2017), o equivalente, para poderlo clasificar.

Tabla E.2 Valores máximos de las relaciones ancho/grueso. Elementos que forman parte de miembros en flexión o flexocompresión.						
	Descripción del elemento	λ	λ_{pl} Sección tipo 1	λ_p Sección tipo 2	λ_r Sección tipo 3	Ejemplos
Elementos no atiesados ^c	Patines de secciones laminadas I, H, canales y tés	b/t_p	$0.30\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.00\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	Patines de secciones I o H formadas por placas soldadas, con dos o un eje de simetría	b/t_p		$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.95\sqrt{\frac{k_c E}{F_L}}$ ^{a, b}	
Elementos atiesados ^c	Almas de secciones I y H con dos ejes de simetría y de canales	h/t_a	$2.45\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	Patines de secciones HSS y en cajón de paredes de grueso uniforme, ambas rectangulares	b/t	$1.12\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.12\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	Almas de secciones en cajón y HSS rectangulares	h/t		$2.42\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	Almas flexocomprimidas	h/t_a	$2.45\sqrt{\frac{E}{F_y}}\left(1-0.4\frac{P_u}{F_c P_y}\right)$	$3.75\sqrt{\frac{E}{F_y}}\left(1-0.6\frac{P_u}{F_c P_y}\right)$	$5.6\sqrt{\frac{E}{F_y}}\left(1-0.74\frac{P_u}{F_c P_y}\right)$	

Fuente: tabla 3.2.2 NTC-Acero (Gobierno de la Ciudad de México, 2017).

E.1.2.5.1.1 Resistencia a flexión para miembros compactos (perfiles tipo 1 y 2) de sección I, cuadrada o rectangular (HSS)

$$M_y = Z_x F_y$$

Donde:

F_y Valor mínimo garantizado del esfuerzo correspondiente al límite inferior de fluencia del acero en tensión, kg/cm².

Z_x Módulo de sección plástico para flexión alrededor del eje X, cm³.

Esta expresión es válida cuando la longitud no arriostrada de las columnas y de las vigas (**L**) generalmente no rebasa el valor de la longitud máxima no soportada lateralmente para la que el miembro puede desarrollar el momento, L_u .

En caso de que no exista certeza que $L < L_u$, entonces se deberán aplicar las siguientes ecuaciones para su obtención:

$$L_u = \frac{\sqrt{2\pi}}{X_u} \sqrt{\frac{E_s C_a}{G_s J}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_u^2}}$$

$$X_u = 4.293 \frac{Z_x F_y}{C_b G_s J} \sqrt{\frac{C_a}{I_y}} = 3.22 X_r$$

$$X_r = \frac{4}{3} \frac{Z_x F_y}{C_b G_s J} \sqrt{\frac{C_a}{I_y}}$$

Donde:

C_a Constante de torsión por alabeo, cm⁶.

C_b Factor que depende de la ley de variación del momento flexionante a lo largo del eje de una barra en flexión o en flexocompresión. Conservadoramente, se puede considerar igual a 1.00.

E_s Módulo de elasticidad del acero, kg/cm².

G_s Módulo de elasticidad al esfuerzo cortante del acero, kg/cm².

I_y Momento de inercia de la sección transversal del perfil alrededor del eje centroidal Y, cm⁴.

J Constante de torsión de Saint Venant, cm⁴.

E.1.2.5.1.2 Resistencia a flexión para miembros no compactos (perfiles tipo 3) de sección I

La resistencia nominal, M_y , de miembros a flexión con pandeo lateral impedido en forma continua, es decir, con **L** no mayor que L_u , es igual a:

$$M_y = S_x F_y$$

Donde:

F_y Valor mínimo garantizado del esfuerzo correspondiente al límite inferior de fluencia del acero en tensión, kg/cm².

S_x Módulo de sección elástico respecto al eje X, cm³.

E.1.2.5.1.3 Resistencia a flexión para miembros no compactos (perfiles tipo 4) de sección I

La resistencia nominal, M_n , de miembros a flexión con pandeo lateral impedido en forma continua, es decir, con L no mayor que L_u , es igual a:

$$M_n = S_e F_y$$

Donde:

F_y Valor mínimo garantizado del esfuerzo correspondiente al límite inferior de fluencia del acero en tensión, kg/cm².

S_e Módulo de sección elástico efectivo determinado con el ancho efectivo, b_e del patín en compresión, cm³.

Para el cálculo del ancho efectivo b_e del patín en compresión, se deberá utilizar la siguiente ecuación:

$$b_e = 1.92 t_a \sqrt{\frac{E_s}{F_y}} \left(1 - \frac{0.38}{\frac{b}{t_p}} \sqrt{\frac{E_s}{F_y}} \right) \leq b$$

Donde:

b Ancho del patín, en cm.

E_s Módulo de elasticidad del acero, en kg/cm².

F_y Valor mínimo garantizado del esfuerzo correspondiente al límite inferior de fluencia del acero en tensión, kg/cm².

t_a Grosor del alma de la sección, cm.

t_p Grosor del patín de la sección, cm.

E.1.2.5.2 Resistencia a cortante

$$V_{cv} = 0.6 F_y A_a C_v$$

a) En almas de vigas I laminadas en caliente con $\frac{h}{t_a} \leq 2.24 \sqrt{\frac{E_s}{F_y}}$

$$C_v = 1.0$$

$$F_R = 1.0$$

b) En almas de todas las otras secciones con uno o dos ejes de simetría y canales, excepto en HSS circulares, el coeficiente C_v se determinará de la siguiente manera:

i. Cuando $\frac{h}{t_a} \leq 1.10 \sqrt{\frac{k_v E_s}{F_y}}$:

$$C_v = 1.0$$

ii. Cuando $1.10 \sqrt{\frac{k_v E_s}{F_y}} < \frac{h}{t_a} \leq 1.37 \sqrt{\frac{k_v E_s}{F_y}}$:

$$C_v = \frac{1.10}{\frac{h}{t_a}} \sqrt{\frac{k_v E_s}{F_y}}$$

iii. Cuando $\frac{h}{t_a} > 1.37 \sqrt{\frac{k_v E_s}{F_y}}$:

$$C_v = \frac{1.51 k_v E_s}{\left(\frac{h}{t_a}\right)^2 F_y}$$

Donde:

A_a Área del alma, $A_a = h t_a$, cm².

E_s Módulo de elasticidad del acero, kg/cm².

F_y Valor mínimo garantizado del esfuerzo correspondiente al límite inferior de fluencia del acero en tensión, kg/cm².

h Peralte del alma, igual a la distancia libre entre patines en secciones hechas con placas soldadas, y a la distancia entre los puntos donde comienzan las curvas de unión del alma y patines en secciones laminadas, en cm.

k_v Coeficiente de pandeo en cortante de la placa del alma, el cual se puede considerar igual a 5.

t_a Grosor del alma, cm.

El coeficiente de pandeo por cortante de la placa del alma k_v tiene un valor igual a 5, si el alma está libre de atiesadores y tiene una relación $h/t_a < 260$. Cabe mencionar que en la mayoría de los prototipos de edificios escolares de acero, el alma de los perfiles no tienen atiesadores y se cumple la desigualdad descrita en líneas anteriores, por lo que se podrá considerar el valor de $k_v = 5$.

Si el alma cuenta con atiesadores, o no cumple con la desigualdad antes señalada, se deberá utilizar la ecuación correspondiente para la obtención del valor de k_v que se especifica en las NTC-Acero (Gobierno de la Ciudad de México, 2017):

$$k_v = 5 + \frac{5}{(a + h)^2}$$

$$k_v = 5 \quad \text{si} \quad \frac{a}{h} > 3 \quad \text{ó} \quad \frac{a}{h} > \left(\frac{260}{\frac{h}{t_a}}\right)^2$$

Donde:

a Distancia libre entre atiesadores transversales, cm.

E.1.2.6 Cálculos de los cocientes de resistencia

Finalmente, para cada columna del entrepiso se calculan los cocientes de resistencia R_c para cada modo de falla. Para marcos de concreto, por ejemplo, son los siguientes:

a) Resistencia a cortante debida a la formación de articulaciones plásticas por flexión en columnas, V_{cy}

$$R_{cy} = \frac{V_{cy}}{V_{cy}} = 1$$

b) Resistencia a cortante controlada por la tensión diagonal en columnas, V_{cv}

$$R_{cv} = \frac{V_{cv}}{V_{cy}}$$

c) Resistencia a cortante limitada por la falla de anclaje de refuerzo longitudinal, V_{ca}

$$R_{ca} = \frac{V_{ca}}{V_{cy}}$$

d) Resistencia a cortante controlada por la falla por adherencia en traslapes, V_{ct}

$$R_{ct} = \frac{V_{ct}}{V_{cy}}$$

e) Resistencia a cortante asociada a la falla por corte en nudos, V_j

$$R_j = \frac{V_j}{V_{cy}}$$

f) Resistencia a cortante por la falla por corte/punzonamiento en losas planas, V_{pn}

$$R_{pn} = \frac{V_{pn}}{V_{cy}}$$

g) Resistencia a cortante debido a la formación de articulaciones plásticas por flexión en vigas, V_{by}

$$R_{vy} = \frac{V_{vy}}{V_{cy}}$$

El mínimo de los cocientes de resistencia es aquel que controla el mecanismo de falla:

$$R_{c\ falla} = \min (R_{cr}, R_{ca}, R_{ct}, R_j, R_{pn}) \leq R_{by}$$

Se presenta un mecanismo de falla deseable cuando se produce flexión en vigas (comportamiento dúctil):

$$R_{c\ falla} > R_{by}$$

Se presenta falla por flexión en columnas cuando:

$$\begin{aligned} R_{c\ falla} &< R_{by} \\ R_{c\ falla} &\geq 1 \end{aligned}$$

Se presenta falla frágil en columnas cuando:

$$\begin{aligned} R_{c\ falla} &< R_{by} \\ R_{c\ falla} &< 1 \end{aligned}$$

Una vez identificado el mecanismo de falla predominante de cada columna en el entrepiso crítico, la capacidad sísmica del mismo entrepiso es expresada en términos del cociente de resistencia crítico, $R_{c\ falla\ crit}$, que es igual al valor promedio de los cocientes de resistencia de las N_c columnas del entrepiso, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$R_{c\ falla\ crit} = \sum_{j=1}^{N_c} R_{c\ falla} / N_c$$

E.1.3 Aproximación de la distorsión del entrepiso crítico que el edificio puede tolerar antes de desarrollar daños estructurales

La capacidad sísmica puede estimarse en términos de la distorsión promedio que las columnas pueden desarrollar antes de que ocurra la falla de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\theta_{c\ cap} = \theta_{cy} R_{c\ falla}$$

Donde θ_{cy} es la rotación a la fluencia del refuerzo longitudinal que depende de la relación de aspecto de las columnas, RA (altura entre dimensión en la dirección de análisis de la sección). Se permite interpolar linealmente para valores intermedios de RA de acuerdo con modelado de marcos de concreto:

$$\theta_{cy} = \begin{cases} RA = 6 & 0.50\% \\ RA \leq 4 & 0.33\% \\ RA \geq 8 & 0.75\% \end{cases}$$

Por otra parte, la demanda sísmica que experimentarían las columnas del entrepiso crítico, $\theta_{c\text{dem}}$, para edificios con masas de entrepisos constantes, puede ser estimado en función de los siguientes parámetros:

$$\theta_{c\text{dem}} = Y_c \frac{\Delta\Phi_{cr}}{H_c} S_a(T_1) \frac{L^*}{K^*}$$

Donde:

$S_a(T_1)$ Es la aceleración espectral correspondiente al periodo fundamental de traslación en la dirección de análisis considerada, en cm/s^2 .

Y_c Valor promedio de φ_c de todas las columnas del entrepiso crítico.

φ_c Factor que toma en cuenta la distribución de momentos en las columnas, $\varphi_c = \varphi / (1 + \varphi)$.

φ Factor que considera la rigidez relativa de las columnas de un entrepiso con respecto a las vigas, $\varphi = (n_b E_c I_b H_c) / (n_c E_c I_c L_v)$.

$E_c I_b$ Rigidez secante a la fluencia de la viga, en kg-cm^2 .

$E_c I_c$ Rigidez secante a la fluencia de la columna, en kg-cm^2 .

L_v Longitud típica de las vigas, en cm .

n_b, n_c Número de vigas y columnas que convergen en una conexión del marco.

$\Delta\Phi_{cr}$ Máximo valor de distorsión de entrepiso.

El periodo fundamental traslacional de la estructura, T_1 , es calculado de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{M^*}{K^*}}$$

Donde:

$$M^* = \sum_{i=1}^N M_i \Phi_i^2$$

$$K^* = \sum_{i=1}^N K_i \Delta\Phi_i^2$$

$$L^* = \sum_{i=1}^N M_i \Phi_i$$

Cuando las columnas del entrepiso crítico exhiban fluencia del acero longitudinal de las vigas adyacentes, el producto $\theta_{cy} R_{c\text{falla}}$ debe reemplazarse por $Y_c \theta_u / \lambda_b$.

Con base en lo anterior, se tiene que:

$$\begin{aligned} \theta_u &= \mu_\theta \theta_{y,b} \\ \varphi_b &= 1 \\ \mu_\theta &= \begin{cases} 0.15 \leq T_1 \leq 0.50 & \mu_\theta = 1 + (\mu_\varphi - 1)0.5(T_1/0.50) \\ 0.50 < T_1 \leq 2.00 & \mu_\theta = 0.5(\mu_\varphi + 1) \end{cases} \end{aligned}$$

Para vigas con relación de sección entre 4 y 5:

$$\mu_\varphi = b_1 \frac{0.0035}{\varepsilon_{sy}}$$

El valor calculado de $\theta_{c\text{dem}}$ es comparado con el valor límite de la distorsión promedio que puede desarrollarse en el entrepiso crítico del edificio, $\theta_{c\text{cap}}$. Si $\theta_{c\text{dem}} < \theta_{c\text{cap}}$, el edificio responderá elásticamente, mientras que si $\theta_{c\text{dem}} \geq \theta_{c\text{cap}}$, se esperaría que la estructura experimente daños estructurales en las columnas del entrepiso crítico.

Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México.

Volumen 1: Metodología

se terminó de editar en la Ciudad de México en enero de 2021,
con un tiraje de 1,500 ejemplares.

En su diseño se utilizaron las familias tipográficas Montserrat de 10pts
y se imprimió en papel couché de 135 gramos.



**GOBIERNO DE
MÉXICO**

EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM**