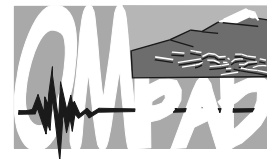




ALCALDIA DE MANIZALES
Oficina Municipal para la Prevención y Atención de Desastres



MANUAL DE CAMPO PARA LA INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES DESPUÉS DE UN SISMO

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS



Manizales, Junio de 2003

MANUAL DE CAMPO PARA LA INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES DESPUÉS DE UN SISMO

EQUIPO DE TRABAJO AIS:

Omar Darío Cardona A., Director General de Proyecto

Comité AIS – 400 Vulnerabilidad Sísmica y Evaluación de Daños:

Ana Campos García, Dirección Técnica
Martha Liliana Carreño T., Asesora Técnica General
Enrique Castrillón T., Revisor Técnico
Armando Ramírez V., Revisor Técnico
Samuel Darío Prieto R., Asesor Estructuras en Bahareque
Jesús Humberto Arango, Asesor Estructuras en Concreto
Luis Garza, Asesor Estructuras Metálicas
Luis E. Yamin, Asesor Estructuras en Tapia

Oficina Municipal de Prevención y Atención de Desastres – OMPAD, Municipio de Manizales

Comité técnico municipio de Manizales:

Carlos Alberto García M., Director OMPAD
Beatriz Eugenia Pardo, Secretaría de Obras Públicas
Jorge Eduardo Hurtado, Universidad Nacional – (AIS)
Josué Galvis Ramos, Universidad Nacional – (AIS)
Efraín Mejía, Universidad Nacional
Juan David Arango, Jefe Área de Infraestructura CORPOCALDAS
Nestor William García, Sociedad Caldense de Ingenieros y Arquitectos
Andrés Marin M., Sociedad Caldense de Ingenieros Civiles

Impresión: Copyplus Ltda. Tel:5452188

Primera Edición, Junio de 2003

**TABLA DE CONTENIDO**

PRESENTACIÓN	1
1. ASPECTOS GENERALES	3
1.1 INTRODUCCIÓN.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 ALCANCES	5
1.4 PERSONAL REQUERIDO PARA LA INSPECCIÓN	5
1.5 PREPARACION PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	6
1.5.1 Preparación y obligaciones de los miembros de las comisiones de inspección	6
1.5.2 Equipo.....	7
2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL FORMULARIO DE INSPECCIÓN	8
2.1 PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES	8
2.2 DESCRIPCIÓN DEL FORMULARIO DE EVALUACIÓN ÚNICA Y RECOMENDACIONES SOBRE EL DILIGENCIAMIENTO DEL FORMULARIO.....	9
3. DILIGENCIAMIENTO DEL FORMULARIO Y CLASIFICACIÓN DE HABITABILIDAD.....	15
3.1 ENCABEZADO.....	15
3.2 SECCIÓN 1. IDENTIFICACIÓN CATASTRAL.....	15
3.3 SECCIÓN 2. TIPO DE INSPECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA HABITABILIDAD	16
3.3.1 Inspección de la edificación.....	16
3.3.2 Habitabilidad de la edificación	16
3.4 SECCIÓN 3. IDENTIFICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	16
3.4.1 Dirección.....	16
3.4.2 Nombre de la edificación	17
3.4.3 Número de pisos.....	17
3.4.4 Uso predominante de la edificación y de la planta baja.	18
3.4.5 Dimensiones aproximadas de la edificación	18
3.5 SECCIÓN 4. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	18
3.5.1 Sistema estructural.....	18
3.5.2 Tipo de entrepiso	23
3.5.3 Año de construcción	23
3.6 SECCIÓN 5. ESTADO DE LA EDIFICACIÓN.....	23



3.7	SECCIÓN 5.1 ESTABILIDAD GLOBAL DE LA EDIFICACIÓN	23
3.7.1	Colapso total o parcial de la edificación	24
3.7.2	Inclinación de la edificación o de algún entrepiso	26
3.7.3	Recomendaciones	27
3.7.4	Riesgo por estabilidad global de la edificación	27
3.8	SECCIÓN 5.2 PROBLEMAS GEOTÉCNICOS	28
3.8.1	Asentamientos de la edificación	29
3.8.2	Fallas en taludes o movimientos en masa	30
3.8.3	Recomendaciones	31
3.8.4	Riesgo geotécnico	32
3.9	SECCIÓN 5.3 DAÑOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES	33
3.9.1	Evaluación de estructuras de concreto reforzado	33
3.9.2	Mampostería	36
3.9.3	Estructuras de tapia pisada o adobe	38
3.9.4	Estructuras de bahareque	40
3.9.5	Vigas, columnas y conexiones en estructuras de acero	44
3.9.6	Vigas, columnas y uniones en estructuras de madera	47
3.9.7	Entrepisos	48
3.9.8	Medidas de seguridad y recomendaciones	49
3.9.9	Riesgo estructural	49
3.10	SECCIÓN 5. DAÑOS EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	50
3.10.1	Muros de fachada o antepechos	51
3.10.2	Muros divisorios	53
3.10.3	Cielos rasos y luminarias	54
3.10.4	Cubiertas	55
3.10.5	Escaleras	55
3.10.6	Tanques elevados	56
3.10.7	Derrame de químicos o sustancias peligrosas	57
3.10.8	Instalaciones de gas	57
3.10.9	Medidas de seguridad y recomendaciones	58
3.10.10	Riesgo no estructural	59
3.11	SECCIÓN 6. EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE DAÑOS EN LA EDIFICACIÓN	59
3.12	SECCIÓN 7 CLASIFICACIÓN DE LA HABITABILIDAD DE LA EDIFICACIÓN	59
3.13	SECCIÓN 8. CONDICIONES PREEXISTENTES	61
3.13.1	Posición de la edificación en la manzana	62
3.13.2	Irregularidades en planta	62
3.13.3	Irregularidades en altura	63
3.13.4	Calidad de la construcción	65
3.13.5	Configuración estructural	65
3.13.6	Configuración de cubierta	66
3.13.7	Daños por sismos anteriores	67
3.13.8	Suelo	67
3.13.9	Pendiente	67
3.14	SECCIÓN 9. RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD GENERALES	67
3.15	SECCIÓN 10. EFECTO EN LOS OCUPANTES	68
3.16	SECCIÓN 11. OCUPACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	68



3.17 SECCIÓN 12. PERSONA PARA CONTACTO	69
3.18 SECCIÓN 13. COMENTARIOS	69
3.19 SECCIONES 14 Y 15. INSPECTORES Y FECHA DE INSPECCIÓN.....	69
3.20 SECCIÓN 16. ESQUEMA	70
3.21 SECCIÓN 17. FOTOGRAFÍAS	70
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	71



INDICE DE TABLAS

<i>Tabla Número</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
Tabla 2-1.	Modalidades de diligenciamiento de datos en el formulario.....	10
Tabla 3-1.	Usos de una edificación.....	18
Tabla 3-2.	Clasificación del nivel de riesgo con relación a los daños	28
Tabla 3-3.	Clasificación del nivel de riesgo geotécnico	32
Tabla 3-4.	Variables Estructurales a evaluar según el sistema.....	33
Tabla 3-5.	Descripción de los niveles de daño en elementos de concreto reforzado	34
Tabla 3-6.	Descripción de los niveles de daño en estructuras de mampostería	37
Tabla 3-7.	Descripción de los niveles de daño en estructuras de tapia pisada o adobe	39
Tabla 3-8.	Descripción de los niveles de daño en estructuras de bahareque y tapia	42
Tabla 3-9.	Descripción de los niveles de daño en vigas, columnas y conexiones en estructuras de acero	46
Tabla 3-10.	Descripción de los niveles de daño en vigas, columnas y conexiones en estructuras de madera.....	47
Tabla 3-11.	Descripción de los niveles de daño en entresijos	48
Tabla 3-12.	Elementos que pueden saturar el daño a nivel global.	49
Tabla 3-13.	Clasificación del nivel de riesgo de acuerdo con la severidad y extensión del daño de los elementos estructurales.....	50
Tabla 3-14.	Descripción de los niveles de daño en muros de fachada o antepechos	51
Tabla 3-15.	Descripción de los niveles de daño en muros divisorios.....	53
Tabla 3-16.	Descripción de los niveles de daño en cielos rasos y luminarias.....	54
Tabla 3-17.	Descripción de los niveles de daño en cubiertas	55
Tabla 3-18.	Descripción de los niveles de daño en escaleras.....	56
Tabla 3-19.	Descripción de los niveles de daño en tanques elevados.....	56
Tabla 3-20.	Descripción de los niveles de daño en instalaciones	57
Tabla 3-21.	Definición del nivel de riesgo por daños no estructurales	59
Tabla 3-22.	Clasificación de la habitabilidad con base en los niveles de riesgo	60
Tabla 3-23.	Criterios para evaluar regularidad en planta	62
Tabla 3-24.	Criterios para evaluar regularidad en altura o vertical.....	64
Tabla 3-25.	Criterios para evaluar la configuración de la cubierta	67
Tabla 3-26.	Criterios para evaluar el suelo.....	67
Tabla 3-27.	Criterios para evaluar la pendiente.....	67

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura Número</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
Figura 2-1.	Formulario único para inspección de edificaciones (página 1)	11
Figura 2-2.	Formulario único para inspección de edificaciones (página 2)	12
Figura 2-3.	Formulario único para inspección de edificaciones después (página 3)	13
Figura 2-4.	Formulario único para inspección de edificaciones (página 4)	14
Figura 3-1.	Esquema de codificación catastral	15
Figura 3-2.	Esquema de clasificación de vías	17
Figura 3-3.	Esquema de evaluación número de pisos	17
Figura 3-4.	Sistema de pórticos, de muros y duales o combinados	19
Figura 3-5.	Colapso parcial de una parte del edificio por falla en columnas del tercer nivel	26
Figura 3-6.	Colapso de toda la edificación por falla en columna del primer piso	26
Figura 3-7.	Inclinación de entresijos por falla en columnas	26
Figura 3-8.	Caracterización de los diferentes sectores en un perfil topográfico	31
Figura 3-9.	Agrietamiento típico en columnas de concreto	35
Figura 3-10.	Caracterización de los daños típicos en conexiones atornilladas	44



Figura 3-11. Caracterización de los daños típicos en conexiones viga-columna	45
Figura 3-12. Caracterización de los daños típicos en vigas	45
Figura 3-13. Caracterización de los daños típicos en columnas	45
Figura 3-14. Avisos de habitabilidad	61
Figura 3-15. Irregularidades en planta	63
Figura 3-16. Irregularidades en altura	64

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

<i>Fotografía Número</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
Fotografía 3-1.	Edificación construida en pórticos de concreto reforzado	19
Fotografía 3-2.	Edificación construida en mampostería confinada	20
Fotografía 3-3.	Sistemas estructurales en acero	21
Fotografía 3-4.	Edificaciones construidas en madera	22
Fotografía 3-5.	Edificación construida en tapia (izq.) y en bahareque encementado (der.)	22
Fotografía 3-6.	Edificación construida en mampostería y madera	23
Fotografías 3-7.	Colapso parcial edificio de la policía en Armenia	25
Fotografías 3-8.	Colapso total de edificaciones	25
Fotografías 3-9.	Inclinación de la edificación o de un entrepiso	27
Fotografías 3-10.	Fallas en el suelo de cimentación	29
Fotografías 3-11.	Asentamiento y licuación del suelo	30
Fotografías 3-12.	Deslizamientos	30
Fotografías 3-13.	Niveles de daño en elementos de concreto reforzado	36
Fotografías 3-14.	Daños en mampostería	38
Fotografías 3-15.	Daños severos en muros de tapia	39
Fotografías 3-16.	Tipos de falla estructuras de bahareque	42
Fotografías 3-17.	Niveles de daño en muros de bahareque	43
Fotografías 3-18.	Ejemplos de mecanismos de falla en estructuras metálicas	46
Fotografías 3-19.	Daño en estructuras metálicas	47
Fotografías 3-20.	Daños en edificios de madera	48
Fotografías 3-21.	Daño en entresijos	48
Fotografías 3-22.	Daños en muros de fachada	52
Fotografías 3-23.	Daño en antepechos (o parapetos)	53
Fotografías 3-24.	Niveles de daño en muros divisorios	54
Fotografías 3-25.	Daños en cielos rasos y luminarias	54
Fotografías 3-26.	Daños en el sistema de cubierta	55
Fotografía 3-27.	Daño moderado y severo en escaleras	56
Fotografía 3-28.	Daño severo en tanque elevado	57
Fotografías 3-29.	Derrames de químicos o sustancias peligrosas	57
Fotografía 3-30.	Daños en instalaciones y subestaciones eléctricas	58
Fotografía 3-31.	Daños severos en instalaciones de acueducto y alcantarillado	58
Fotografías 3-32.	Ejemplo de irregularidades	63
Fotografías 3-33.	Ejemplos de mala calidad en la construcción	65
Fotografías 3-34.	Fallas en la configuración estructural	66
Fotografía 3-35.	Falla por efecto de columna corta	66



CRÉDITO DE LAS FOTOGRAFÍAS

Fotografía Número	Autor
Portada	Jorge Iván Carmona J
Fotografía 3-1.	Ana Campos G.
Fotografía 3-2.	Ana Campos G.
Fotografía 3-3.	Luis Garza
Fotografía 3-4.	Izquierda: Omar Darío Cardona; Derecha: Gabriel Jaime Arango
Fotografía 3-5.	Izquierda: Omar Darío Cardona. Derecha: Ana Campos G
Fotografía 3-6.	ATC-20
Fotografías 3-7.	Enrique Castrillón
Fotografías 3-8.	Superior Izquierda: Corporación Autónoma Regional de Risaralda –CARDER. Superior Derecha: Jorge Iván Carmona J. Inferior Izquierda: Jorge Iván Carmona J. Inferior Derecha: Enrique Castrillón
Fotografías 3-9.	Superior Izquierda y derecha: Earthquake Engineering Research Institute - EERI Kocaeli Turkey Earthquake Reconnaissance Report Inferior Izquierda: ATC-20. Inferior Derecha: Álvaro Camacho
Fotografías 3-10.	Izquierda: ATC-20. Derecha: Omar Darío Cardona
Fotografías 3-11.	Izquierda: EERI Kocaeli Turkey. Derecha: Omar Darío Cardona
Fotografías 3-12.	Izquierda: Consorcio para la reconstrucción de Santa Rosa de Cabal. Derecha: Omar Darío Cardona
Fotografías 3-13.	a), d) y e) Omar Darío Cardona. b) Ministerio de Desarrollo. c) ATC-20. f) ATC-20
Fotografías 3-14.	a) ATC-20. b) ATC-20. c) Álvaro Camacho. d) y e) Omar Darío Cardona
Fotografías 3-15.	Izquierda: EERI. Bhuj, India Derecha: Omar Darío Cardona
Fotografías 3-16.	a) – h) AIS
Fotografías 3-17.	a) AIS. b) y c) Álvaro Camacho
Fotografías 3-18.	Luis Garza
Fotografías 3-19.	a), b) y c) ATC-20. d) EERI
Fotografías 3-20.	ATC-20
Fotografías 3-21.	Omar Darío Cardona
Fotografías 3-22.	a) b) y d) ATC-20. c), e) y f) Enrique Castrillón
Fotografías 3-23.	a) ATC-20. b) Omar Darío Cardona
Fotografías 3-24.	a) y c) Omar Darío Cardona. b) Enrique Castrillón
Fotografía 3-25.	Superior izquierda y Derecha: ATC-20 Inferior Izquierda: Omar Darío Cardona. Inferior derecha: Javier García
Fotografía 3-26.	Izquierda: Omar Darío Cardona. Centro: Luis Felipe López. Derecha: Álvaro Camacho
Fotografías 3-27.	Izquierda: ATC-20. Derecha: Omar Darío Cardona
Fotografías 3-28.	EERI
Fotografía 3-29.	Izquierda: ATC-20. Derecha: Álvaro Camacho
Fotografía 3-30.	ATC-20
Fotografías 3-31.	Izquierda: EERI. Derecha: CARDER
Fotografías 3-32.	a) Enrique Castrillón b) EERI
Fotografías 3-33.	Izquierda y Centro: Omar Darío Cardona. Derecha: Enrique Castrillón
Fotografías 3-34.	Izquierda y Derecha: Omar Darío Cardona
Fotografías 3-35.	Izquierda: Omar Darío Cardona. Derecha: Consorcio para la reconstrucción de Santa Rosa de Cabal.



PRESENTACIÓN

La Alcaldía de Manizales ha venido trabajando en el tema de la gestión del riesgo a través de la realización de múltiples proyectos como la microzonificación sísmica, el estudio de la vulnerabilidad y rehabilitación de edificaciones esenciales, la instrumentación de la ciudad mediante acelerógrafos, la realización en varias ocasiones de eventos de simulación y de capacitación sobre el manejo de emergencias¹, y dentro de los proyectos más recientes, el "Diseño y Formulación del Plan de Emergencias del Municipio de Manizales" terminado a principios del 2003.

El Plan de Emergencias tiene el fin de orientar la respuesta en caso de crisis, definir unos procedimientos operativos que faciliten la acción de las entidades involucradas de acuerdo con el ámbito de su competencia y establecer los mecanismos de coordinación interinstitucional y de la sociedad civil para el manejo de todas las fases de emergencias en Manizales. Las actividades de dicho Plan, han sido clasificadas en seis (6) funciones de respuesta o anexos de trabajo principales con el fin de facilitar las labores: Salvamento y seguridad, Salud y saneamiento, Asistencia social, Manejo de infraestructura, servicios públicos y medio ambiente, Manejo y coordinación de la emergencia y Logística.

Reconociendo que los esfuerzos realizados hasta la fecha son muy importantes, pero no son suficientes por sí solos para garantizar una capacidad administrativa y operativa que permita asegurar una respuesta interinstitucional oportuna y eficiente para el manejo de un evento de dimensiones mayores, la Oficina Municipal para la Prevención y Atención de Desastres -OMPAD en su papel de Coordinadora del Plan de Emergencias, decidió llevar a cabo el proyecto: "Preparación para la Evaluación de Edificaciones Afectadas por Sismo" de Manizales, con el objeto de elaborar los formularios de evaluación de daños sísmicos de edificios, las guías o técnicas de valoración, los procedimientos de repuesta con fines de identificar de la manera más idónea el nivel de habitabilidad y riesgo de los edificios, el registro adecuado de los inmuebles afectados para el mejor manejo de la emergencia y los programas de recuperación y reconstrucción necesarios en la ciudad de Manizales. Para la ejecución de dicho proyecto, fue seleccionada la propuesta de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS.

El desarrollo del formulario y su manual de aplicación se ha realizado teniendo en cuenta que quienes lo aplicarán serán profesionales relacionados con el sector de la construcción, como ingenieros civiles, arquitectos o técnicos en obras civiles, estudiantes de últimos semestres de carreras afines y en general profesionales que incluso llegarán de otras ciudades en caso de un evento mayor.

El objeto de esta metodología para inspección post-sísmica será evaluar el daño lo más objetivamente posible y definir el nivel de habitabilidad de la edificación, como propósito fundamental de seguridad pública. Sin embargo, se recogerá información relevante para otro tipo de actividades posteriores de manejo de la emergencia, la rehabilitación y reconstrucción. El equilibrio entre la información deseable de obtener, su nivel de detalle y su relevancia hacen que este tipo de instrumento no sea fácil de diseñar sin que eso afecte la eficiencia y eficacia de su uso. Por otra parte, su efectividad y las posibles implicaciones de permitir la habitabilidad de edificaciones peligrosas o de incluso, por el contrario, de demoler una edificación que podría ser segura hace que este instrumento deba contar con soportes idóneos como una adecuada y didáctica guía o manual de evaluación; con ejemplos y fotografías.

¹ Simulación de Sismo en Manizales (28 de agosto de 2000), ICAM.

Simulación de Emergencia Mayor en Manizales, (1996). OMPAD.

Fortalecimiento y Consolidación del Sistema Municipal de Prevención y Atención de Desastres, Abril 1995.

Simulación de un Sismo en Manizales (20 de enero de 2003), OMPAD



En el caso de la ocurrencia de un sismo, por la magnitud y extensión del problema, debe vincularse un amplio número de profesionales neófitos o inexpertos que deben tomar decisiones sobre la habitabilidad de edificaciones, por lo tanto, de manera complementaria, se ha desarrollado una aplicación de inteligencia artificial, con el fin de contar con una herramienta de computador que reduzca la posibilidad de equivocaciones cuando hay dudas.

Como continuación de este trabajo, nos queda la responsabilidad y el gran reto de darle la divulgación necesaria a través de las universidades y gremios de la construcción para que los estudiantes, técnicos y profesionales del sector público y privado, que tendrán la responsabilidad de darle aplicación en caso de un sismo, estén organizados y capacitados para realizar esta difícil tarea de la forma más eficiente posible.

NESTOR EUGENIO RAMÍREZ CARDONA

Alcalde

Municipio de Manizales



1. ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

A raíz de los últimos terremotos ocurridos en diferentes países ubicados en zonas de amenaza sísmica alta, ha sido necesario desarrollar métodos para evaluar el daño de las edificaciones que han sido afectadas, con el fin de determinar en forma rápida si son seguras o deben ser evacuadas para proteger la vida de sus ocupantes y evitar que el número de víctimas sea mayor en el caso de una réplica. Se ha demostrado que no sólo es importante el estudio de vulnerabilidad de las edificaciones, si no que también es útil tener métodos para la inspección de los daños causados por sismo con el fin de evaluar bajo un solo punto de vista, el daño físico y llevar a cabo una estimación consistente de las pérdidas. De esta manera se podrán identificar las necesidades de vital importancia de la comunidad y se producirá la información básica para las autoridades en materia de la evaluación y diagnóstico de la situación, con el fin de que se puedan tomar decisiones e implantar medidas económicas y técnicas efectivas para la reducción de las consecuencias producidas por el terremoto.

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica y algunos de sus miembros vienen realizando desde hace algunos años investigaciones sobre el tema de evaluación de daños, recopilando bibliografía sobre diferentes metodologías existentes a nivel mundial, dentro de los que se destacan Macedonia (antigua Yugoslavia), Estados Unidos, Japón, México, Italia, Turquía, Grecia y Colombia, participando en muchas de esas experiencias nacionales, en particular la obtenida de los sismos del 8 de febrero de 1995 y el 25 de enero de 1999 en el Eje Cafetero, en las cuales tuvieron especial inherencia *Enrique Castrillón* (1995); *Armando Ramírez* (1996) y *Ana Campos* (1999), incluso internacionales como la de Yugoslavia "University Kiril and Metodij" en el cual participó *Omar D. Cardona* (1985); la del Sistema de Protección Civil de México – Centro de Prevención de Desastres (CENAPRED, 1991) y Secretaría de Obras y Servicios del Gobierno del Distrito Federal de la Ciudad de México (1998), basadas en el trabajo de *Enrique Castrillón* (1995) y adoptada por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica – SMIS.

Algunos de los métodos propuestos en esos países fueron analizados detalladamente, haciendo énfasis en las variables y aspectos utilizados para la caracterización de las edificaciones y sus daños en cada método, así como en los problemas más frecuentes en los procesos de evaluación de daños, con el fin de tener elementos para concertar, el desarrollo de un procedimiento completo para la ciudad de Manizales, con los representantes de las instituciones públicas y privadas pertenecientes al Grupo de Evaluación de Daños del Plan de Emergencias de la ciudad.

El formulario y el presente documento son considerados como la continuación del proceso de investigación llevado a cabo por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica y sus miembros, a través del Comité AIS-400: Evaluación de Daños y Vulnerabilidad Sísmica, con el fin de consolidar una metodología básica que pueda ser aplicada a nivel nacional. Un prototipo similar al actual denominado "Guía Técnica para la Inspección de Edificaciones después de un Sismo" fue desarrollado por encargo del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE) de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C durante el año 2002, de este trabajo se conservan algunos aspectos que son muy similares, pero se han realizado cambios y avances muy importantes reflejados en el nuevo formulario: el cambio de su diseño de dos páginas a uno de cuatro que permite ampliar la evaluación de los daños, discriminar las medidas de seguridad para cada elemento afectado, la definición y clasificación del riesgo en cuatro categorías, la inclusión de elementos que permiten mediante sombras orientar la clasificación del riesgo teniendo en cuenta las medidas de seguridad, una más clara clasificación de la habitabilidad, comentarios y esquemas mucho más amplios, la posibilidad de adjuntar fotografías, etc..



Igualmente se han efectuado cambios importantes en el presente manual como son: la descripción de los mecanismos de falla de los diferentes sistemas estructurales para una mejor comprensión del tipo de daño y sus implicaciones; la clasificación de los daños orientada a la definición de criterios de riesgo relacionados con la estabilidad global de la estructura, los problemas geotécnicos, los daños estructurales y los peligros para la seguridad de los ocupantes representados por los daños en elementos no estructurales; la forma de combinar los diferentes niveles de riesgo para establecer la habitabilidad de las edificaciones a partir de los cuatro tipos de riesgo (por estabilidad global, problemas geotécnicos, daños estructurales y no estructurales) y los cuatro niveles de riesgo (bajo, bajo después de medidas, alto y muy alto).

Se considera que todos los elementos anteriores son un avance muy importante, con relación a los métodos anteriores, ya que estos cuentan con una propuesta para cuantificar los daños en términos de los tamaños de las grietas y porcentaje de elementos afectados, pero se quedan cortos a la hora de clasificar la habitabilidad a partir de estos criterios.

Quizás uno de los avances más importantes y novedosos no sólo en el país sino también a nivel internacional, es la elaboración de una aplicación de computador o sistema experto basado en redes neuronales artificiales, para apoyar la evaluación por parte de profesionales no especialistas que permite darle más confiabilidad al proceso, tratando de evitar los graves errores que se han cometido reiterativamente en el pasado por la falta de experiencia y criterio de los evaluadores más inexpertos.

No sobra aclarar, que a pesar de los avances, el éxito del procedimiento de recolección de datos depende significativamente del nivel de preparación, planificación y entrenamiento desarrollado antes del evento sísmico, por lo tanto es muy importante establecer con anterioridad las comisiones de inspección en cada sector, planificar muy bien todas las actividades y participación de las diferentes entidades, así como llevar a cabo la labor de capacitación de todo el personal involucrado en el proceso.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Disponer de una metodología para la evaluación del daño y la seguridad de las edificaciones después de un terremoto, que permita definir rápidamente la habitabilidad de las mismas y orientar las acciones posteriores de rehabilitación y reconstrucción de edificaciones en la ciudad de Manizales.

1.2.2 Objetivos específicos

- Reducir la incidencia de lesiones y muertes de los ocupantes de edificaciones dañadas por un sismo, lo cual puede ocurrir por el daño estructural existente, por la posible caída o volcamiento de objetos o por la ocurrencia de réplicas después del evento principal.
- Registro, clasificación y sistematización de información sobre la magnitud del desastre en términos del número de edificaciones habitables, dañadas o que llegaron al colapso, con el propósito de planificar el proceso de rehabilitación y asistencia en la fase de reconstrucción y recuperación de la zona afectada.
- Identificación de las necesidades de la comunidad con relación a la seguridad de sus edificios y las actuaciones que las autoridades del sistema de prevención y atención de desastres deben llevar a cabo para la protección de las vidas humanas, el alojamiento de los afectados y el manejo de la emergencia.



- Proveer información para la estimación preliminar y gruesa de las pérdidas económicas directas por daños en las edificaciones.
- Suministrar información técnica que permita el mejoramiento de las normas de construcción sismo resistente y la calibración de curvas de vulnerabilidad y escenarios de riesgo, con el fin de definir acciones a mediano y largo plazo para la reducción del riesgo sísmico.

1.3 ALCANCES

El presente manual de campo está diseñado para evaluar de manera específica cada uno de las edificaciones afectadas, con el objetivo principal de determinar la seguridad de las construcciones, identificar aquellas que son obviamente peligrosas, las que están en capacidad de tener un uso normal y las que deben tener un uso restringido por la presencia de daños severos o de elementos que amenazan la vida en un sector específico de la edificación. Se pretende con esto reducir el número de pérdidas de vidas ante la posibilidad de volcamiento y caída de objetos debido a la ocurrencia de réplicas e identificar las edificaciones que requieren algún tipo de intervención para garantizar la seguridad de la población.

La clasificación de la afectación de la edificación y de su habitabilidad se basa en los resultados de la inspección sobre las condiciones que presente la edificación de manera global, los daños en sus elementos arquitectónicos y estructurales y las condiciones geotécnicas de su entorno.

Están por fuera del alcance del presente documento los procedimientos para evaluar la necesidad y factibilidad de una rehabilitación definitiva de las edificaciones, para lo cual se requiere que cada propietario se sirva de un ingeniero estructural, que realice la remoción de algunos elementos arquitectónicos para completar la inspección o lleve a cabo ensayos sobre la calidad de los materiales, el estado del refuerzo, etc. En lo posible, este profesional debe desarrollar un análisis de la vulnerabilidad de la estructura de acuerdo con los requisitos establecidos en las normas de construcción sismo resistentes.

Aunque se puede utilizar de manera preliminar, no está dentro del alcance de este manual la evaluación de edificaciones esenciales para la atención a la comunidad, de instalaciones de servicios públicos y de construcciones industriales o que contengan materiales de alto riesgo. Esto debido a que para ese tipo de evaluaciones se deben hacer diagnósticos especiales teniendo en cuenta su funcionalidad, los equipos y sustancias que albergan.

No se pretende con los procedimientos aquí propuestos cuantificar en forma detallada el impacto económico y social generado por el sismo, sino hacer aproximaciones gruesas para tener un estimativo de la magnitud del desastre que sirva como herramienta para la planificación de los procesos de rehabilitación y reconstrucción.

1.4 PERSONAL REQUERIDO PARA LA INSPECCIÓN

Las personas requeridas para la inspección de daños en edificios deben ser profesionales relacionados con el sector de la construcción de edificaciones, como ingenieros civiles, arquitectos o técnicos en obras civiles, preferiblemente profesionales con cinco (5) años de experiencia, como mínimo, en diseño estructural o en construcción, con el fin de poder reconocer con facilidad daños estructurales o situaciones no usuales y tener la experiencia y el criterio que se requiere para tomar decisiones sobre la necesidad de evacuar las edificaciones.

Los profesionales con experiencia previa en evaluación de la seguridad de edificaciones después de un sismo, lo mismo que aquellos ingenieros estructurales que han recibido capacitación sobre la



metodología de evaluación son la mejor opción para realizar la evaluación de los edificios altos o de las edificaciones localizados en las zonas de mayores daños, ya que estos requieren una revisión con mayor criterio sobre el comportamiento estructural.

Normalmente durante un sismo fuerte no se cuenta con el número suficiente de profesionales con experiencia y las autoridades tienen que trabajar con el personal disponible, por lo tanto se podrán utilizar estudiantes de últimos semestres de ingeniería o arquitectura para la inspección de edificaciones en las zonas de menor afectación, o como auxiliares y acompañantes de los profesionales voluntarios provenientes de diferentes ciudades.

Para edificaciones con problemas de suelos, tales como fallas de taludes, asentamientos diferenciales u otros movimientos del suelo, el procedimiento de evaluación debe ser realizado por un equipo que incluya un ingeniero especialista en geotecnia. Todas las edificaciones clasificadas como indispensables o de atención a la comunidad en las Normas Colombianas de Diseño y Construcciones Sismo Resistentes deben ser sometidas a evaluación por parte de ingenieros estructurales después de ocurrido el terremoto y las instalaciones de las empresas de servicios públicos serán evaluadas por los ingenieros de cada empresa de servicios.

Todo el personal utilizado para la inspección de las edificaciones debe tener previamente una inducción sobre la forma de diligenciar los formularios y los criterios utilizados para la calificación de los daños.

1.5 PREPARACION PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

La organización básica para la recolección de datos del daño debe llevarse a cabo bajo el Plan de Contingencias, en el cual se debe especificar el número de comisiones por sector, partiendo de que dicha labor debe desarrollarse en un corto plazo después del terremoto. Las comisiones y autoridades locales deben considerar en conjunto los siguientes aspectos:

1.5.1 Preparación y obligaciones de los miembros de las comisiones de inspección

Se deben organizar las comisiones según la necesidad de cobertura, de acuerdo con los perfiles profesionales requeridos para cada zona de acuerdo al grado de daño y para los diferentes cargos (evaluador, supervisor y coordinador). En lo posible las comisiones de evaluación deben estar previamente asignadas a una zona, contar con identificación oficial y haber recibido capacitación sobre la metodología de inspección de la seguridad de edificaciones después de un sismo.

Evaluadores: Son los responsables de realizar los trabajos de evaluación en campo, de la inspección de las edificaciones, recopilación de la información en campo, evaluación de daños, diligenciamiento de los formularios para inspección y señalización de las edificaciones con su respectiva clasificación de habitabilidad mediante la colocación de avisos (formatos de habitabilidad de colores). Los evaluadores se pueden organizar en comisiones de dos personas, en lo posible lideradas por ingeniero estructural o por el profesional de más amplia experiencia en construcción, quien deberá garantizar el completo diligenciamiento del formulario y tomar la decisión final sobre la clasificación de la edificación, y con la presencia de un evaluador que conozca la zona que se evalúa.

Supervisores: Los deberes de los supervisores son distribuir el personal asignado a la zona, repartir el material correspondiente, verificar y asesorar el correcto y completo diligenciamiento de los formularios, preparar las rutas de trabajo y los reportes diarios y semanales, así como el reporte final de las edificaciones inspeccionadas y entregar estos informes a los coordinadores. Es el responsable de la labor y seguridad de la comisión.



Coordinadores: Los deberes del coordinador son entregar los paquetes de formularios a los supervisores de cada zona y recibirlos una vez hayan sido diligenciados, revisados y clasificados por los diferentes supervisores en su área, realizar un informe integrado de la zona o comuna, programar las inspecciones especializadas, obtener el material de apoyo y equipo para las comisiones, arreglar todo lo pertinente al transporte, alimentación y acomodo del personal. Reportar a las autoridades pertinentes las acciones necesarias a ejecutar en su zona o comuna como la protección de calles, la remoción de escombros o peligros locales, el rescate de víctimas, la evacuación de edificaciones, etc. Además deberá responder a los ciudadanos a cerca de los requerimientos de inspección y preparar reportes que serán utilizados para informar a las agencias de noticias.

1.5.2 Equipo

Para los procedimientos de evaluación se recomienda contar con los siguientes elementos:

- Planos de la zona a inspeccionar
- “Manual de campo para la Inspección de edificaciones después de un sismo”
- Formularios de inspección, avisos de clasificación o pinturas, grapas, cinta o brocha
- Cinta con la inscripción PELIGRO para restringir el acceso a áreas inseguras
- Libreta de notas, lápiz o bolígrafo
- Linterna y baterías extra
- Cámara fotográfica, flash y rollos
- Decámetro o flexómetro
- Nivel, destornillador o cincel ligero
- Radio o teléfono celular
- Nombres y números telefónicos de los coordinadores de evaluación y de las entidades del sistema de prevención y atención de desastres
- Calculadora (opcional)
- Binóculos (opcional)

Artículos personales:

- Identificación personal
- Identificación oficial
- Casco de seguridad
- Botas



2. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL FORMULARIO DE INSPECCIÓN

Se debe llevar a cabo un reconocimiento preliminar de la ciudad durante las primeras horas después de la ocurrencia del sismo. La función principal de este reconocimiento es proveer información rápida sobre la magnitud y extensión de los daños, la identificación de las zonas de mayor afectación, la estimación preliminar del número de edificaciones colapsadas u obviamente inseguras, la extensión de otras condiciones de inseguridad como derrame de sustancias o daños en líneas de energía o en el sistema de distribución de gas, así como problemas de orden público y vandalismo.

El reconocimiento preliminar debe ser realizado aprovechando diferentes fuentes de información y centralizando los datos posteriormente. Se pueden llevar a cabo sobrevuelos, recoger la información suministrada por los bomberos, la policía y otras entidades de rescate de acuerdo con lo que ellos van observando en la medida que se desplazan a responder a las emergencias específicas, tomar datos de los reportes hechos por los medios de comunicación como radio y televisión, llevar un registro de las solicitudes de la comunidad y llamadas telefónicas hechas a las centrales de emergencia.

Las diferentes comisiones que participan en los recorridos de reconocimiento y en la recolección de información deberán realizar una reunión al final de la inspección para consolidar los informes de los daños observados y la extensión de los mismos y generar un mapa completo del área con códigos de colores por manzana de acuerdo a los grados de afectación.

Esta información le permitirá a las autoridades locales, determinar la extensión del daño y de los riesgos presentes, así como definir la necesidad de la declaratoria de desastres y de solicitud de ayuda externa. El reconocimiento preliminar permitirá planear la inspección de las edificaciones, iniciando por las zonas de mayores intensidades de daño.

2.1 PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES

El procedimiento de inspección debe iniciar con un reconocimiento del área asignada y evaluar la afectación de la zona ya que la presencia general de daños o la existencia sólo de daños en unas edificaciones puntuales son una indicación importante para entender las causas y tipo de daños, así como la severidad de los mismos. Cuando una edificación es seleccionada para realizar la inspección se deben seguir los siguientes pasos:

- Examinar el exterior de la edificación, llenar el formulario con la identificación de la edificación y de la estructura, evaluar la calidad de la construcción, irregularidades y otros aspectos preexistentes. Antes de entrar a la edificación se debe observar el estado general de la misma y los daños en fachadas, balcones, antepechos, etc., se debe analizar también el estado de las edificaciones vecinas y establecer si las salidas de la edificación son seguras.
- Observar el suelo alrededor de la edificación, para determinar la posible presencia de grietas, hundimientos, deslizamientos o cualquier anomalía en el terreno.
- Examinar la seguridad de elementos no estructurales, identificar la caída de cielos rasos, muros, escaleras o elementos que representen peligro para la vida.
- Evaluar el sistema estructural desde el interior. Se debe analizar el grado de daño de los diferentes elementos estructurales de acuerdo con el tipo de sistema estructural y establecer el porcentaje de elementos afectados en el piso con mayores daños.



- Clasificar la edificación de acuerdo con los resultados de la evaluación. Llenar los avisos para la clasificación de la habitabilidad de las edificaciones e indicar en ellos si la revisión fue exterior o interior. Colocar los avisos de clasificación de las edificaciones en cada una de las entradas y consignar las recomendaciones en el formulario así como en los avisos. Marcar en los mapas el resultado de la evaluación de acuerdo con los códigos de colores y al uso de la edificación.
- Explicar verbalmente el significado de la clasificación a los ocupantes de la edificación y especificando si pueden permanecer en la edificación o deben evacuarla. También se debe restringir el acceso a las áreas designadas como inseguras, colocando algún tipo de barreras, por ejemplo las cintas que lleven la inscripción de PELIGRO.
- Notificar a los coordinadores para que se realicen los procedimientos que correspondan por parte de las autoridades pertinentes.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL FORMULARIO DE EVALUACIÓN ÚNICA Y RECOMENDACIONES SOBRE EL DILIGENCIAMIENTO DEL FORMULARIO


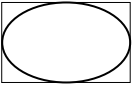

El formulario contiene diez y seis secciones principales que incluyen lo siguientes aspectos (Ver Figura 2-1, Figura 2-2, Figura 2-3 y Figura 2-4:

- Sección 1. Identificación catastral
- Sección 2. Tipo de inspección y clasificación
- Sección 3. Identificación de la edificación
- Sección 4. Descripción de la estructura
- Sección 5. Estado de daño de la edificación
 - Sección 5.1 Estabilidad global de la edificación
 - Sección 5.2 Problemas geotécnicos
 - Sección 5.3 Daños en elementos estructurales
 - Sección 5.4 Daños en elementos no estructurales
- Sección 6 Porcentaje de daño global de la edificación
- Sección 7 Clasificación de la habitabilidad
- Sección 8 Condiciones pre-existentes
- Sección 9 Recomendaciones y medidas de seguridad generales
- Sección 10 Efecto en los ocupantes
- Sección 11 Ocupación de la edificación
- Sección 12 Persona para contacto
- Sección 13 Comentarios
- Sección 14 Inspectores
- Sección 15 Fecha de inspección.
- Sección 16 Esquema
- Sección 17 Fotografías

Para diligenciar el formulario es necesario recoger la información en los espacios predefinidos teniendo en cuenta diferentes opciones de acuerdo a la modalidad descrita a continuación:



Tabla 2-1. Modalidades de diligenciamiento de datos en el formulario

Elemento gráfico	Modalidad de diligenciamiento
	Se debe indicar mediante texto o números la respuesta. Cuando se refiere a la clasificación del sistema estructural, uso, tipo de entrepiso o año de construcción se debe seleccionar una sola opción y marcar el número que corresponda.
	Cuando se presente este tipo de cuadrado se debe marcar con una X y escoger una sola opción en el caso de los niveles de riesgo o de la habitabilidad. En el caso de las recomendaciones se pueden escoger diferentes opciones simultáneas (elección múltiple).
	Se debe diligenciar texto en los espacios de las líneas



Alcaldía de Manizales

INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES DESPUES DE UN SISMO FORMULARIO UNICO



Formulario Número

SECCIÓN 1. IDENTIFICACION CATASTRAL										SECCIÓN 2. TIPO DE INSPECCIÓN Y CLASIFICACIÓN									
COMUNA					NOMBRE DEL BARRIO					Inspección de la edificación					Clasificación de habitabilidad				
										Exterior solamente					No se inspeccionó porque:				
										Parcial					No se permitió				
										Completa					Desocupada				
										Interior y exterior					Colapso				
															Demolida				
															Otro motivo				
															Habitabilidad (Verde)				
															Uso restringido (Amarillo)				
															No habitabilidad (Naranja)				
															Peligro de colapso (Rojo)				
SECCIÓN 3. IDENTIFICACION DE LA EDIFICACION										SECCIÓN 4. DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA									
Dirección: Carrera Calle Transv. Diag.										Uso predominante:									
Avda. Otro: Número										1. Residencial 2. Comercial 3. Educativo									
Nombre de la Edificación:										4. Salud 5. Hotelero 6. Oficinas De la edificación									
Número de pisos: Niveles sobre el terreno Sótanos Total										7. Industrial 8. Institucional 9. Bodegas De la planta baja									
										Dimensiones aproximadas de la edificación: Frente (m): Fondo (m):									
Sistema Estructural										Tipo de Entrepiso									
Concreto: 11 Pórtico 12 Muros estructurales 13 Sistemas duales 14 Prefabricado										Concreto: 11 Placa maciza 12 Placa aligerada 13 Reticular celular									
Mampostería: 21 Mampostería confinada 22 Mampostería reforzada 23 Mampostería no reforzada										Acero: 21 Vigas de alma llena con conectores 22 Vigas alma llena sin conectores 23 Cercas									
Acero: 31 Pórticos arriostrados 32 Pórticos no arriostrados 33 Pórticos en celosía										Madera: 31 Vigas 32 Cercas 40 Mixta 50 Otros									
Madera: 41 Pórticos y panel en madera 42 Pórticos en madera y paneles en otros materiales										Tipo de entropiso:									
Bahareque o tapia: 51 Muros en bahareque 52 Muros en tapia										Año de construcción									
50 Mixta 60 Otros										1. Antes de 1950 2. 1950 a 1982									
										3. 1982 a 1997 4. A partir de 1998									
Sistema Estructural										Año de construcción									
SECCIÓN 5. ESTADO DE DAÑO DE LA EDIFICACION										SECCIÓN 6. RECOMENDACIONES Y RIESGO									
5.1 Estabilidad Global de la Edificación										Recomendaciones									
Revisar la edificación en forma global para las condiciones de colapso o inclinación:										Barreras externas, apuntalar									
Total Parcial >=50% Parcial <50% Ninguno										No entrar									
Colapso de la edificación										Estudio de vulnerabilidad									
Inclinación de la edificación o de algún entrepiso										Posible demolición									
Evidente Existen dudas Ninguna										Riesgo Estabilidad Global									
										Bajo									
										Bajo después de medidas									
										Alto									
										Muy Alto									
5.2 Problemas Geotécnicos										Recomendaciones									
Evaluar los posibles asentamientos de la edificación por hundimiento, licuación u otros e indicar si hubo o no problemas en taludes:										Cubrir con plástico									
Asentamiento de la edificación										Control de aguas									
Evidente Existen dudas Ninguno										Barreras									
Falla en talud o movimiento en masa										Evacuar viviendas									
Origen: 1. Producido por el sismo 2. Agravado por el sismo 3. Pre-existente 4. Existen dudas										Riesgo Geotécnico									
Potencial de reactivación: 1. Menor 2. Probable 3. Muy probable 4. Inminente										Bajo									
										Bajo después de medidas									
										Alto									
										Muy Alto									
5.3 Daños en Elementos Estructurales										Riesgo Estructural									
Piso de mayor daño										Bajo									
Severo >15% 5-15% <5%										Bajo después de medidas									
Fuerte >30% 10-30% <10%										Alto									
Moderado >60% 30-60% <30%										Muy Alto									
Leve >60% 30-60% <30%										Sumatoria =100%									
Ninguno >60% 30-60% <30%																			
Columnas o muros portantes																			
Nudos o puntos de conexión																			
Calcular el % en relación con el total de la edificación																			
Severo >20% 10-20% <10%																			
Fuerte >40% 20-40% <20%																			
Moderado >60% 30-60% <30%																			
Leve >60% 30-60% <30%																			
Ninguno >60% 30-60% <30%																			
Sumatoria =100%																			
Vigas																			
Entrepisos																			
Medidas de seguridad sugeridas:																			
Reparar Anclar Apuntalar Barreras																			
Columnas o muros portantes																			
Nudos o puntos de conexión																			
Vigas																			
Entrepisos																			
Otras recomendaciones																			
Barreras externas																			
No entrar																			
Estudio de vulnerabilidad																			
Posible demolición																			
Riesgo Estructural																			
Bajo																			
Bajo después de medidas																			
Alto																			
Muy Alto																			

Figura 2-1. Formulario único para inspección de edificaciones (página 1)



Alcaldía de Manizales

INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES
DESPUES DE UN SISMO
FORMULARIO UNICO

Formulario Número

SECCIÓN 5. ESTADO DE DAÑO DE LA EDIFICACION (Continuación)

5.4 Daños en Elementos No Estructurales

Indique con una X el grado de daño de los elementos no estructurales y las medidas de seguridad necesarias:

	Medidas de seguridad sugeridas					Otras recomendaciones
	Severo	Fuerte	Moderado	Leve	Ninguno	
Muros de fachada o antepechos						Barreras externas
Muros divisorios o particiones						No entrar
Cielo rasos y luminarias						Estudio de vulnerabilidad
Cubierta						Demoler elementos en peligro de caer
Escaleras						
Tanques elevados						
Derrame de químicos						
Instalaciones de gas						
Instalaciones eléctricas						
Acueducto y Alcantarillado						

SECCIÓN 6. PORCENTAJE GLOBAL DE DAÑO DE LA EDIFICACIÓN

Estimar el porcentaje del área afectada con relación al total de la edificación:

Ninguno ☐ 0-10% ☐ 10-30% ☐ 30-60% ☐ 60-100% ☐ 100% ☐

SECCIÓN 7. CLASIFICACIÓN DE LA HABITABILIDAD

Riesgo Estabilidad Global	Riesgo Geotécnico	Riesgo Estructural	Riesgo No Estructural	Habitabilidad
Bajo <input type="checkbox"/>	Bajo <input type="checkbox"/>	Bajo <input type="checkbox"/>	Bajo <input type="checkbox"/>	Habitable (Verde) <input type="checkbox"/> Si las cuatro clasificaciones de riesgo fueron BAJAS
Bajo después de medidas <input type="checkbox"/>	Bajo después de medidas <input type="checkbox"/>	Bajo después de medidas <input type="checkbox"/>	Bajo después de medidas <input type="checkbox"/>	Uso restringido (Amarillo) <input type="checkbox"/> Si fue asignada por lo menos una calificación de RIESGO BAJO DESPUES DE MEDIDAS
Alto <input type="checkbox"/>	Alto <input type="checkbox"/>	Alto <input type="checkbox"/>	Alto <input type="checkbox"/>	No habitable (Naranja) <input type="checkbox"/> Si fue asignada por lo menos una calificación de RIESGO ALTO
Muy Alto <input type="checkbox"/>	Muy Alto <input type="checkbox"/>	Muy Alto <input type="checkbox"/>	Muy Alto <input type="checkbox"/>	Peligro de colapso (Rojo) <input type="checkbox"/> Si fue asignada por lo menos una calificación de RIESGO MUY ALTO o más de dos de RIESGO ALTO

SECCIÓN 8. CONDICIONES PRE-EXISTENTES

A. Posición de la edificación en la manzana: 1. Esquina 2. Intermedia 3. Libre por un costado 4. Libre por dos costados <input type="checkbox"/>	E. Condiciones (amarre y peso) de la cubierta: 1. Buenas 2. Regulares 3. Malas <input type="checkbox"/>
B1. Irregularidad en Planta: 1. Buena 2. Regular 3. Mala <input type="checkbox"/>	F. Hay indicios de daños por sismos anteriores: 1. Si 2. No 3. Existen dudas <input type="checkbox"/>
B2. Irregularidad en Altura: 1. Buena 2. Regular 3. Mala <input type="checkbox"/>	G. Hubo reparación de los daños por sismos anteriores: 1. Total 2. Parcial 3. No se reparó <input type="checkbox"/>
C. Calidad de la Construcción: 1. Buena 2. Regular 3. Mala <input type="checkbox"/>	H. Tipo de Suelo: 1. Duro 2. Medio 3. Blando <input type="checkbox"/>
D. Configuración estructural: 1. Buena 2. Regular 3. Mala <input type="checkbox"/>	I. Pendiente: 1. Plana 2. Inclínada 3. Muy inclinada <input type="checkbox"/>

SECCIÓN 9. RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD GENERALES

Se necesita visita especializada por aspectos:	Se recomienda intervención de:	Medidas de seguridad generales:
Estructurales <input type="checkbox"/>	Planeación-Control físico <input type="checkbox"/>	Restringir paso de peatones <input type="checkbox"/> Evacuar totalmente <input type="checkbox"/>
Geotécnicos <input type="checkbox"/>	Tránsito <input type="checkbox"/>	Restringir tráfico vehicular <input type="checkbox"/> Evacuar parcialmente <input type="checkbox"/>
Servicios públicos <input type="checkbox"/>	Policía-Ejército <input type="checkbox"/>	Manejo de materiales peligrosos <input type="checkbox"/> Evacuar edificaciones vecinas <input type="checkbox"/>
	Bomberos - Entidades de rescate <input type="checkbox"/>	Demoler elementos en peligro de caer <input type="checkbox"/> Desconectar 1. Energía 2. Gas 3. Agua <input type="checkbox"/>

SECCIÓN 10. EFECTO EN LOS OCUPANTES

Hubo muertos o heridos:
1. No 2. Si 3. No se sabe ☐

Número de personas fallecidas

Número de heridos

SECCIÓN 11. OCUPACION DE LA EDIFICACION

En el momento de realizar esta evaluación la edificación está habitada:
1. Si 2. No ☐

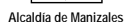
Número de unidades residenciales o comerciales existentes

Número de unidades residenciales o comerciales no habitables

SECCIÓN 12. PERSONA PARA CONTACTO

Nombres y Apellidos Cédula No. Teléfono

Figura 2-2. Formulario único para inspección de edificaciones (página 2)

INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES
DESPUES DE UN SISMO
FORMULARIO UNICO

Formulario Número

Formulario Número _____

- **SECCIÓN 13. COMENTARIOS**

En caso de ser necesario, ampliar la evaluación con observaciones que contribuyan a dar claridad sobre el daño y las recomendaciones

[illegible]

SECCIÓN 14. INSPECTORES

Código de la comisión :

11

No de Evaluadores:

7

Nombre del líder de la comisión :

Firma: _____

Otros inspectores

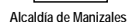
Firma: _____

Firma: _____

**SECCIÓN 15. FECHA
DE INSPECCIÓN**

Día Mes Año Hora 24:00

Figura 2-3. Formulario único para inspección de edificaciones después (página 3)



Formulario Número

Formulario Numero _____

SECCIÓN 16. ESQUEMA

A full-page view of a blank sheet of white graph paper. The grid consists of small squares formed by thin black lines. There are 20 columns and 20 rows of squares, creating a total area of 400 small squares. The grid covers most of the page, leaving a narrow margin at the top and bottom.

SECCIÓN 17. FOTOGRAFÍAS

SI: ☐ NO: ☐ Cuántas: _____ Rollo No. _____ Fotos del: _____ al: _____

14 Versión 1.0 Junio de 2003



3. DILIGENCIAMIENTO DEL FORMULARIO Y CLASIFICACIÓN DE HABITABILIDAD

3.1 ENCABEZADO

El número del formulario será diligenciado en el momento de la digitación en la base de datos, en caso de no poder ser asignado antes de salir a campo deberá definirse en los procedimientos la forma de asignar una numeración secuencial de acuerdo con los sectores en que se encuentre dividida la ciudad o la hora de digitación.



Alcaldía de Manizales

INSPECCIÓN DE EDIFICACIONES
DESPUES DE UN SISMO
FORMULARIO UNICO



Formulario Número

3.2 SECCIÓN 1. IDENTIFICACIÓN CATASTRAL

El evaluador deberá diligenciar los nombres de la comuna y barrio de acuerdo con la división político administrativa del municipio de Manizales.

SECCION 1. IDENTIFICACION CATASTRAL

COMUNA	<input style="width: 100%;" type="text"/>	NOMBRE DEL BARRIO	<input style="width: 100%;" type="text"/>
--------	---	-------------------	---

TIPO AVALUO	SECTOR	MANZANA O VEREDA	PREDIO	MEJORA O PROP. HOR.											

Posteriormente, en oficina se puede tratar, a través del uso de las cartas catastrales o base de datos del IGAC, de ubicar el predio y asignarle el número predial correspondiente, para relacionar las bases de datos de daños con los registros de catastro. Ver **Figura 3-1**.

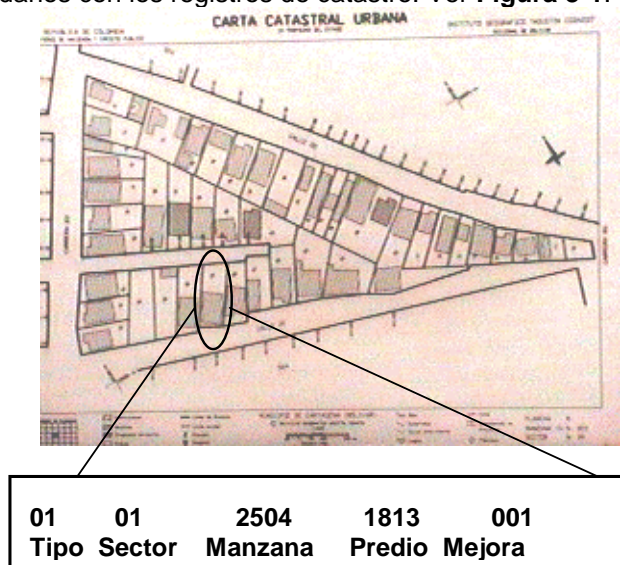


Figura 3-1. Esquema de codificación catastral



3.3 SECCIÓN 2. TIPO DE INSPECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA HABITABILIDAD

SECCIÓN 2. TIPO DE INSPECCIÓN Y CLASIFICACIÓN			
Inspección de la edificación		Clasificación de habitabilidad	
Exterior solamente	<input type="checkbox"/>	No se inspeccionó porque:	Habitable (Verde)
Parcial	<input type="checkbox"/>	No se permitió	Uso restringido (Amarillo)
Completa interior y exterior	<input type="checkbox"/>	Desocupada	No habitable (Naranja)
		Colapso	Peligro de colapso (Rojo)
		Demolida	
		Otro motivo	

3.3.1 Inspección de la edificación

En esta sección se debe especificar si la evaluación de los daños se realizó llevando a cabo una inspección exterior solamente, parcial o completa (exterior e interior).

Si la edificación no se inspeccionó se debe especificar por qué, de acuerdo con las categorías establecidas: No se permitió, desocupada, colapso, demolida, otro motivo.

3.3.2 Habitabilidad de la edificación

La habitabilidad de la edificación se debe diligenciar después de realizada toda la evaluación teniendo en cuenta la severidad de los daños al evaluar el estado de la edificación y el riesgo que estos representan para la estabilidad de la estructura y la seguridad de los ocupantes según los criterios descritos en el numeral 3.12.

3.4 SECCIÓN 3. IDENTIFICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Esta área describe la ubicación física, la altura de la edificación, el uso y el área de la edificación.

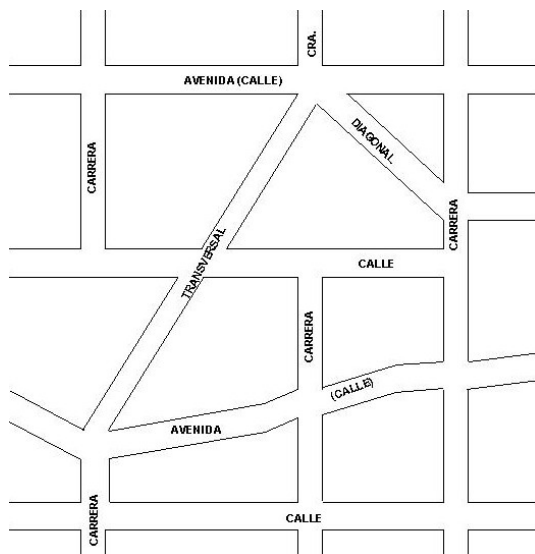
SECCION 3. IDENTIFICACION DE LA EDIFICACION			
Dirección: Carrera <input type="text"/> Calle <input type="text"/> Transv. <input type="text"/> Diag. <input type="text"/>		Uso predominante:	
Avda. <input type="text"/> Otro: <input type="text"/> Número <input type="text"/>		1. Residencial 2. Comercial 3. Educativa 4. Salud 5. Hotelero 6. Oficinas 7. Industrial 8. Institucional 9. Bodegas 10. Estacionamientos 11. Otros	
Nombre de la Edificación: <input type="text"/>		De la edificación <input type="text"/> De la planta baja <input type="text"/>	
Número de pisos: Niveles sobre el terreno <input type="text"/> Sótanos <input type="text"/> Total <input type="text"/>		Dimensiones aproximadas de la edificación: Frente (m): <input type="text"/> Fondo (m): <input type="text"/>	

3.4.1 Dirección

Se debe indicar el número de la carrera o diagonal, calle o transversal o el nombre de la avenida y en caso que no aparezca se debe diligenciar en "otro", por ejemplo: Otro: Autopista Sur. En la casilla "Número" se debe colocar el resto de la dirección, especificando el número del interior, bloque o torre, cuando se trate de un conjunto residencial.

Ejemplo

Carrera Calle Transv. Diag.
 Avenida Otro: Número
 Nombre de la edificación.

**Figura 3-2. Esquema de clasificación de vías**

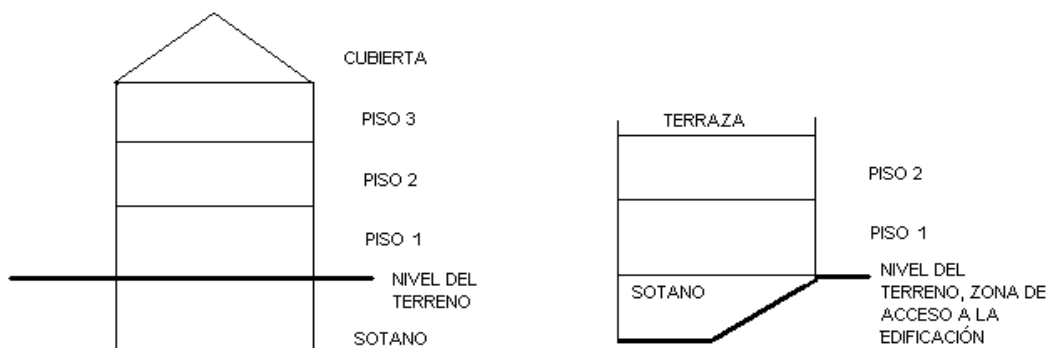
En aquellos sectores donde exista doble nomenclatura, principalmente porque se han realizado cambios recientemente, debe incluirse la dirección actualizada y en comentarios referenciar que existe otra nomenclatura y especificarla.

3.4.2 Nombre de la edificación

En caso de ser una edificación con reglamento de propiedad horizontal se debe indicar el nombre de este o de la institución u organización a que pertenece. Por ejemplo: Edificio Banco Cafetero, edificio de la Cruz Roja, etc

3.4.3 Número de pisos.

Se debe indicar por separado el número de sótanos y de pisos con los que cuenta la edificación. Los pisos se definen como los niveles sobre el terreno, por lo tanto será igual al número de placas aéreas más el nivel del primer piso (sobre el terreno), sin contar la cubierta y la terraza y deberá evaluarse desde la entrada principal de la edificación, en caso de que la edificación esté localizada en un terreno de ladera. Ver Figura 3-3.

**Figura 3-3. Esquema de evaluación número de pisos**



3.4.4 Uso predominante de la edificación y de la planta baja.

En las casillas del lado derecho se debe colocar el código del uso tanto de la edificación como de la planta baja. El código de uso debe ser asignado de acuerdo con la Tabla 3-1.

Tabla 3-1. Usos de una edificación

CÓDIGO DE USO	USO
1.	Residencial
2.	Comercial
3.	Educacional
4.	Salud
5.	Hotelero
6.	Oficinas
7.	Industrial
8.	Institucional
9.	Bodegas
10.	Parqueaderos
11.	Otros

3.4.5 Dimensiones aproximadas de la edificación

Se deben especificar las medidas (en metros) aproximadas de la edificación, para lo cual se diligencian las casillas frente y fondo. Con estas medidas se puede calcular el área de la base de la edificación para posteriormente determinar el área total del mismo teniendo en cuenta el número de pisos.

3.5 SECCIÓN 4. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Este ítem aporta información referente al tipo de estructura ya que dependiendo de ésta, van a variar las propiedades dinámicas, las características de resistencia, rigidez y capacidad de disipación de energía ante un sismo.

Sistema Estructural		SECCIÓN 4. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA	
Concreto: 11 Pórtico Mampostería: 21 Mampostería confinada Acero: 31 Pórticos arriostrados Madera: 41 Pórticos y panel en madera Bahareque o tapia: 51 Muros en bahareque	12 Muros estructurales 22 Mampostería reforzada 32 Pórticos no arriostrados 42 Pórticos en madera y paneles en otros materiales 52 Muros en tapia	13 Sistemas duales 23 Mampostería no reforzada 33 Pórticos en celosía 43 Pórticos en madera y paneles en otros materiales 53 Muros en tapia	14 Prefabricado 24 Mampostería no reforzada 34 Pórticos en celosía 44 Pórticos en madera y paneles en otros materiales 54 Muros en tapia
Sistema Estructural <input type="text"/>		Tipo de Entrepiso Concreto: 11 Placa maciza 12 Placa aligerada 13 Reticular celulada Acero: 21 Vigas de alma llena con conectores 22 Vigas alma llena sin conectores 23 Cerchas Madera: 31 Vigas 32 Cerchas 40 Mixta 50 Otros Tipo de entrepiso: <input type="text"/>	
Año de construcción 1. Antes de 1950 2. 1950 a 1982 3. 1982 a 1997 4. A partir de 1998 Año de construcción <input type="text"/>			

3.5.1 Sistema estructural

Para poder analizar la estabilidad de la edificación y además tener un registro de la vulnerabilidad de las diferentes tecnologías constructivas es importante hacer una buena clasificación de las mismas. En el recuadro se debe indicar el código del sistema estructural predominante en la edificación, en caso de que existan varios sistemas estructurales, se debe seleccionar el de mayor relevancia y en la sección de comentarios hacer alusión a la combinación de sistemas y al sector o piso donde existe el cambio.

Concreto

Los elementos estructurales son de concreto estructural u hormigón con refuerzo longitudinal y transversal en acero. Se han clasificado las edificaciones de concreto en cuatro categorías



dependiendo de los sistemas estructurales: 11 Pórticos 12 Muros Estructurales 13 Dual o combinado 14 Prefabricados.

Pórticos: Se define así el conjunto estructural conformado por vigas y columnas unidas en forma rígida y reticular.

Muros estructurales: Se define así el conjunto estructural en que los elementos verticales son muros diseñados para resistir cargas verticales y horizontales o por sismo.

Sistemas duales o combinados: Son estructuras que tienen pórticos combinados con muros estructurales o pórticos arriostrados mediante diagonales, que restringen su deformación lateral en caso de cargas laterales.

Prefabricados: Es una estructura conformada por elementos individuales o paneles previamente construidos y llevados al sitio, que se conectan conformando entramados o sistemas tridimensionales.

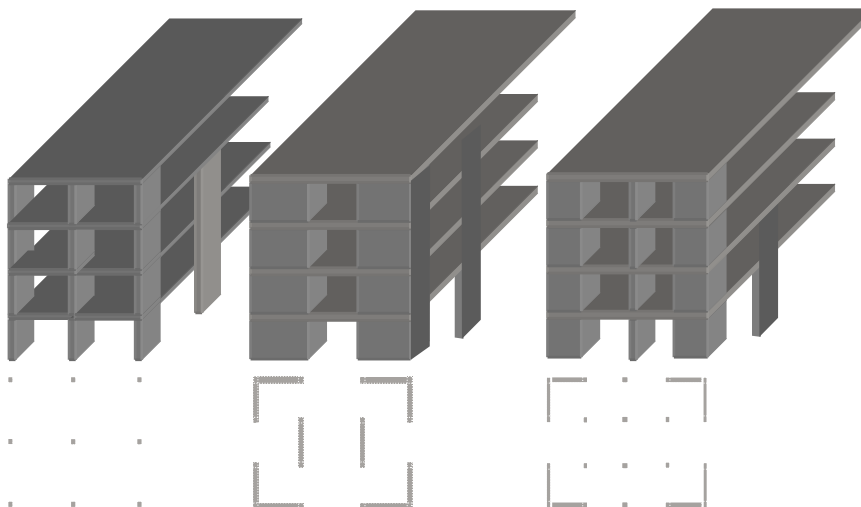


Figura 3-4. Sistema de pórticos, de muros y duales o combinados



Fotografía 3-1. Edificación construida en pórticos de concreto reforzado



Mampostería

Los elementos estructurales verticales son muros o paredes construidas con bloques o ladrillos de arcilla o concreto unidos con mortero. Las edificaciones de mampostería se han clasificado en tres categorías dependiendo de los sistemas estructurales: 21 Mampostería Confinada, 22 Mampostería Reforzada y 23 Mampostería No Reforzada

Mampostería confinada: Construcción de muros de mampostería de ladrillo o cemento con elementos perimetrales de concreto reforzado de pocas dimensiones (viguetas y columnetas), construidos alrededor de las paredes conformando anillos que confinan las piezas de mampostería.

Mampostería Reforzada: Construcción de muros de mampostería con piezas de perforación vertical que se refuerzan horizontalmente en los sitios de pega e internamente con barras de acero en concreto. Dentro de esta clasificación se incluyen dos tipos de edificaciones definidas en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, las clasificadas como mampostería parcialmente reforzada y mampostería reforzada.

Mampostería No Reforzada: Es una construcción de mampostería usualmente de bloques o piezas de ladrillo o cemento que no tiene ningún tipo de refuerzo ni confinamiento mediante elementos estructurales.



Fotografía 3-2. Edificación construida en mampostería confinada

Acero

Los elementos estructurales son componentes de acero o de aluminio, soldados, atornillados o remachados. Se clasifican en tres categorías: 31 Pórticos Arriostrados, 32 Pórticos no Arriostrados, 33 Pórticos en celosía.

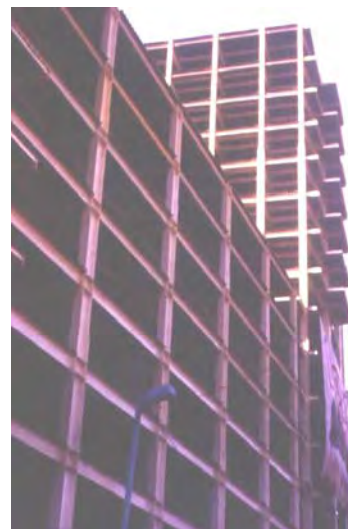
Pórticos Arriostrados: Es un conjunto estructural constituido por vigas y columnas de alma llena cuya estabilidad lateral se proporciona por medio de riostras diagonales o muros.

Pórticos no arriostrados: Son aquellos cuya estabilidad lateral depende de la rigidez a flexión de las vigas y columnas conectadas rigidamente.

Pórticos en Celosía: El sistema de resistencia sísmico esta formado por columnas ó cerchas en celosía.



Pórticos arriostrados



Pórticos no arriostrados



Pórticos en Celosía

Fotografía 3-3. Sistemas estructurales en acero

Madera

Los elementos estructurales resistentes son en su totalidad o en su mayoría de madera. Por lo anterior, se han clasificado en dos categorías: 41 Pórticos y paneles en madera y 42 pórticos en madera y paneles en otros materiales.

Pórticos y paneles en madera: Es un conjunto estructural constituido por vigas, columnas y elementos de relleno en madera.

Pórticos en madera y paneles en otros materiales: Son aquellos construidos con vigas y columnas en madera y elementos de relleno o paneles en cualquier tipo de material (mampostería de arcilla, cartón-yeso, etc.).



Fotografía 3-4. Edificaciones construidas en madera

Tapia y bahareque

Las tapias son muros o paredes de tierra apisonada o bloques de tierra sin cocer (adobes), que en ocasiones se mezclan con fibras vegetales u otros materiales como ladrillos de arcilla o piedras.

El **bahareque** es la denominación genérica de la construcción, por extensión de la denominación de los muros. El muro de bahareque es un compuesto de madera, guadua, con o sin relleno de tierra y con recubrimientos diversos: pañete de cagajón y tierra, pañete de mortero de cemento, tablas o láminas metálicas. Se encuentran, también, muros de bahareque sin relleno (bahareque hueco) con recubrimiento de esterilla de guadua, en la tipología denominada “bahareque rústico” o “bahareque de invasión”.



Fotografía 3-5. Edificación construida en tapia (izq.) y en bahareque encementado (der.)

Estructuras Mixtas

Son aquellas edificaciones cuyo sistema estructural está conformado por una combinación de materiales, para las que no es posible definir cual es el que predomina. Las estructuras en las cuales exista combinación de materiales, pero sea fácil definir uno como predominante deben ser clasificadas en cualquiera de las categorías anteriores.



Fotografía 3-6. Edificación construida en mampostería y madera

3.5.2 Tipo de entrepiso

Debido a su peso y desempeño como diafragma rígido o flexible, el entrepiso puede tener influencia en el comportamiento sísmico de la edificación, por lo tanto se deberá siempre especificar el tipo de entrepiso predominante en caso de existir diferentes tipologías. Se han establecido diversas categorías de acuerdo con el material y el tipo de estructura y, en el caso de los entrepisos en concreto, se han clasificado independientemente de si fueron fundidos en el sitio o prefabricados.

Concreto:	11 Placa maciza	12 Placa aligerada	13 Reticular celulado
Acero:	21 Vigas de alma llena con conectores	22 Vigas de alma llena sin conectores	
	23 Cerchas		
Madera:	31 Vigas	32 Cerchas	
	40 Mixta	50 Otros	

3.5.3 Año de construcción

Aunque es difícil determinar con exactitud la edad de una construcción, es importante tratar de averiguar con los ocupantes o personas vecinas la fecha aproximada, con el fin de poder analizar posteriormente el comportamiento de las edificaciones según los criterios bajo los cuales fueron diseñados o la tecnología utilizada para su construcción. En esta clasificación se consideran aquellas edificaciones construidas hasta los años 1950, desde 1950 hasta 1982, año en que se empezó a aplicar en Manizales la versión preliminar del Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes de 1984; entre 1982 y 1997, y después de 1998 fecha en que se empezó a regir la Ley 400 de 1997, Norma NSR 98.

3.6 SECCIÓN 5. ESTADO DE LA EDIFICACIÓN

En esta sección se evalúa el daño de la edificación a partir de cuatro aspectos diferentes: estabilidad global de la edificación, problemas geotécnicos, daños en elementos estructurales y daños en elementos no estructurales. Se clasifica el riesgo que estos daños representan para la estabilidad de la estructura y la seguridad de los ocupantes, y también, se sugieren algunas medidas de seguridad que permitirán reducir el riesgo y en algunos casos consentir la habitabilidad después de su aplicación.

3.7 SECCIÓN 5.1 ESTABILIDAD GLOBAL DE LA EDIFICACIÓN

La revisión de la estabilidad global de una edificación es el mejor indicador de que la estructura o algunos elementos del sistema estructural han alcanzado un estado límite último. Estos tienen que



ver con un colapso estructural de toda o una parte de la estructura y se presentan por diferentes causas (Arango, Jesús H., 2003):

- **Pérdida de equilibrio** de una parte o toda la estructura, cuando es considerada como un cuerpo rígido. Tal tipo de falla generalmente involucra el deslizamiento de toda la estructura y ocurre cuando las reacciones necesarias para el equilibrio no pueden desarrollarse.
- **Rotura de partes críticas** de la estructura generando un colapso parcial o total de la estructura.
- **Colapso progresivo:** En algunos casos, una falla local menor puede causar que miembros adyacentes sean sobrecargados y fallen, generando a su vez sobrecargas en otros miembros hasta que toda la estructura colapse.
- **Formación de un mecanismo plástico:** Esto ocurre cuando se forman rótulas plásticas en varias secciones de elementos las cuales hacen que la estructura se vuelva inestable.
- **Inestabilidad debida a deformaciones de la estructura:** Este tipo de falla incluye pandeo local debido a efectos de las cargas de gravedad.
- **Fatiga:** La fractura de miembros debido a ciclos repetidos de esfuerzos puede causar colapso de una parte o de toda la estructura. Se considera que éste es un estado límite último dado que lleva a un colapso estructural a pesar de que las fallas por fatiga resultan de la aplicación de cargas repetidas de servicio.

En estos casos de daños extremos no será necesario describir los detalles de los daños estructurales o no estructurales y se recomienda no ingresar a las edificaciones sino existen condiciones adecuadas de seguridad.

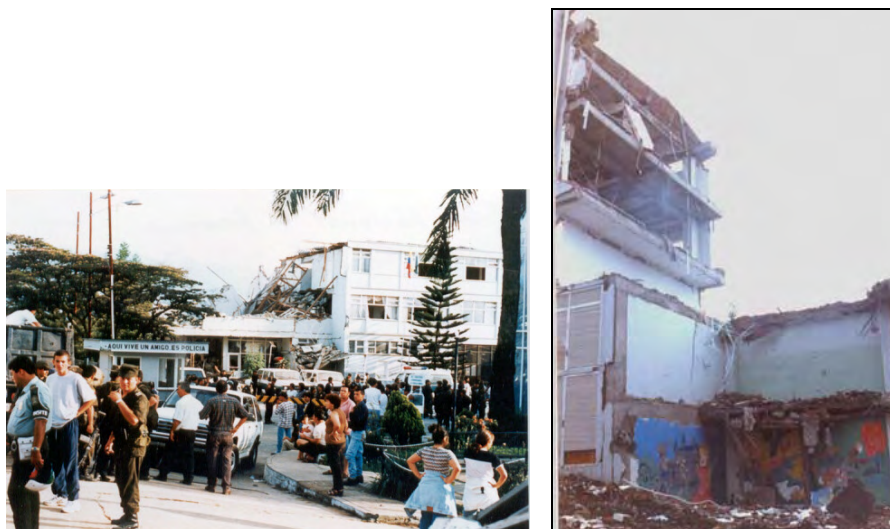
5.1 Estabilidad Global de la Edificación				SECCION 5. ESTADO DE DAÑO DE LA EDIFICACION			Recomendaciones		Riesgo Estabilidad Global	
Revisar la edificación en forma global para las condiciones de colapso o inclinación:										
	Total	Parcial >=50%	Parcial <50%	Ninguno						
Colapso de la edificación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Inclinación de la edificación o de algún entrepiso	Evidente <input type="checkbox"/>	Existen dudas <input type="checkbox"/>	Ninguna <input type="checkbox"/>	Barreras externas, apuntalar <input type="checkbox"/>	Bajo <input type="checkbox"/>
									No entrar <input type="checkbox"/>	Bajo después de medidas <input type="checkbox"/>
									Estudio de vulnerabilidad <input type="checkbox"/>	Alto <input type="checkbox"/>
									Posible demolición <input type="checkbox"/>	Muy Alto <input type="checkbox"/>

3.7.1 Colapso total o parcial de la edificación

La capacidad de una estructura de soportar daños significativos permaneciendo estable se puede atribuir por lo general a su resistencia, ductilidad y redundancia. El daño severo o colapso de muchas estructuras durante terremotos importantes es, por lo general, consecuencia directa de la falla de un solo elemento o serie de elementos con ductilidad o resistencia insuficiente. Ver Fotografías 3-7, Fotografías 3-8, Figura 3-5 y Figura 3-6.

El colapso total o parcial se puede describir como la existencia de: pisos inclinados de forma escalonada, edificios enteros completamente destruidos o áreas de la edificación con los elementos estructurales verticales y horizontales destruidos, severamente agrietados o aplastados.

El colapso de una edificación se deberá clasificar en total, parcial o ninguno, cuando este no está presente. En caso de ser parcial calcular el porcentaje del área de la edificación afectada para definir si existe un área afectada inferior o superior al 50%.



Fotografías 3-7. Colapso parcial edificio de la policía en Armenia



Fotografías 3-8. Colapso total de edificaciones

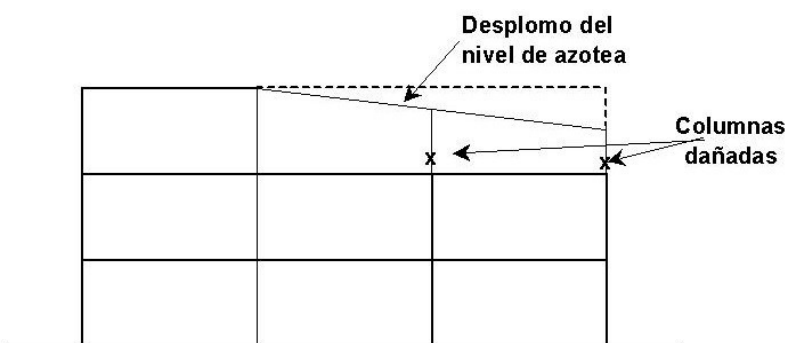


Figura 3-5. Colapso parcial de una parte del edificio por falla en columnas del tercer nivel

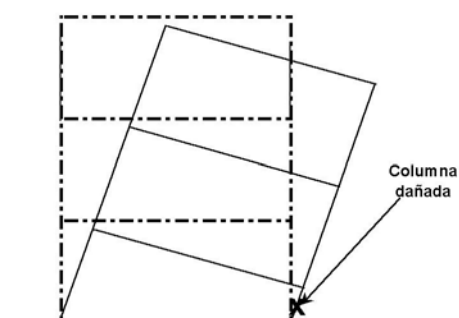


Figura 3-6. Colapso de toda la edificación por falla en columna del primer piso

3.7.2 Inclinación de la edificación o de algún entrepiso

La inclinación o desplome de un edificio puede representar la falla de algunos elementos estructurales como vigas, columnas y muros estructurales, en las Fotografías 3-9 y Figura 3-7 se muestran algunas partes de la estructura o la estructura en su conjunto con inclinación.

La inclinación de la edificación se ha clasificado en evidente, existen dudas o ninguna. La identificación de la inclinación de una estructura se deberá hacer a simple vista o en caso de duda se podrá emplear algún otro procedimiento aceptable para su comprobación como la medición con plomada.

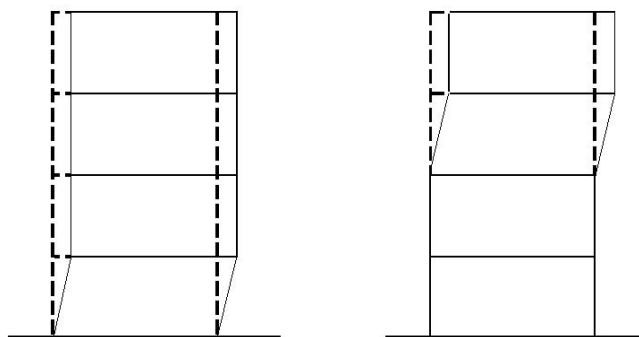


Figura 3-7. Inclinación de entrepisos por falla en columnas



Fotografías 3-9. Inclínación de la edificación o de un entrepiso

3.7.3 Recomendaciones

Las recomendaciones se han clasificado en cuatro categorías: barreras externas – apuntalar, no entrar, estudio de vulnerabilidad, demoler edificación. Normalmente en caso de daños tan severos como el colapso de una edificación o la inclinación de la misma, se deben aplicar las tres primeras. En casos de riesgo inminente para las edificaciones vecinas, o de edificaciones sobre cuya evaluación no existen dudas por la gravedad del daño, su imposibilidad de recuperación y la experticia de los evaluadores se debe recomendar la posible demolición.

Personas que no tengan experiencia en el diseño de edificaciones o en patología de estructuras no podrán recomendar la demolición de una edificación y por lo tanto, deberán solicitar la visita de un experto (Sección 9) y señalar la inminencia del peligro para que esta visita sea priorizada.

3.7.4 Riesgo por estabilidad global de la edificación

Cuando una edificación ha sufrido colapso parcial o está inclinada se considera insegura o que representa riesgo, dependiendo del mecanismo de falla, el porcentaje del área afectada, el piso o nivel donde ocurre, etc., pues el peso de la parte fallada puede generar momentos adicionales sobre la estructura provocando el volcamiento de la edificación o se puede producir el colapso total a causa de una réplica. Estas condiciones se clasifican en la Tabla 3-2 con el ánimo de orientar de manera aproximada la definición del riesgo general de la edificación.



Es importante resaltar que para edificios altos, cualquier efecto residual de deformación lateral o efecto P-Delta, es generalmente muy importante. Como se mencionó anteriormente, el peso de la parte de la edificación que está por encima del piso inclinado genera un momento adicional en las columnas y vigas adyacentes, debido al efecto P-Delta. Cualquier edificación de pórticos, particularmente las más altas, que presenten una deriva residual en uno o más pisos deben ser consideradas como de muy alto riesgo y representan un peligro de colapso.

Tabla 3-2. Clasificación del nivel de riesgo con relación a los daños

Nivel de Riesgo	Descripción del daño
Muy alto	Edificios que han alcanzado estados límite últimos, con colapso total o parcial superior al 50%, notablemente inclinados, con entrepisos completamente desplomados que representan peligro para el ingreso, las edificaciones vecinas o la circulación de carros o peatones en sus alrededores
Alto	Edificios con colapso parcial inferior al 50% y superior al 5%, cuya parte de la estructura no colapsada no está sobrecargada o en condiciones de sufrir un colapso progresivo
Bajo después de medidas	Existe colapso o inclinación muy puntual de algunos elementos (inferior al 5%), los cuales una vez apuntalados no representan peligro para la estabilidad de la edificación o la seguridad de los ocupantes
Bajo	No existe colapso, inclinación de la edificación o desplome de ningún entrepiso

Es importante anotar que la ocurrencia de colapso o inclinación de la edificación son condiciones bastante críticas que requieren criterio y experiencia para descalificarlas como importantes a la hora de definir el nivel de riesgo que estos representan. Como nivel de referencia, existen algunos ejemplos en la literatura que indican que para edificaciones aporticadas de varios pisos cuando la inclinación sea superior a los 2 grados, es decir el desplazamiento horizontal del entrepiso o del edificio es superior a 1/30 veces la altura se deberá considerar como de alto riesgo la condición de estabilidad de la estructura. Por ejemplo, para la altura libre de entrepiso regularmente empleada en las estructuras actuales (2,5 m), cuando el desplazamiento horizontal producto del desplome sea superior a 8 cm por piso se considera de alto riesgo. Se podrá tolerar un margen de deformación mayor para estructuras livianas de uno y dos pisos en madera o bahareque, que para aquellas estructuras de muchos pisos y/o no dúctiles y pesadas (concreto o mampostería no reforzada).

3.8 SECCIÓN 5.2 PROBLEMAS GEOTÉCNICOS

Dentro de este grupo se encuentran dos variables que son: asentamientos o licuación de suelos y fallas en taludes o movimientos en masa en general. Este grupo de variables, afecta la condición global de la edificación, por lo tanto aunque no se califica la severidad del fenómeno si es importante tener en cuenta la extensión y grado de compromiso en la estabilidad de la edificación a la hora de evaluar la seguridad.

Cuando se confirme la presencia de problemas geotécnicos se debe recomendar en la Sección 9 del formulario la evaluación posterior por parte de un ingeniero geotecnista.



5.2 Problemas Geotécnicos						Recomendaciones		Riesgo Geotécnico	
Evaluar los posibles asentamientos de la edificación por hundimiento, licuación u otros e indicar si hubo o no problemas en taludes:									
Evidente	Existen dudas	Ninguno	General	Puntual	Ninguno	Cubrir con plástico		Bajo	
Asentamiento de la edificación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Control de aguas	<input type="checkbox"/>	Bajo después de medidas	<input type="checkbox"/>
Morfología del sitio: 1.Divisoria 2.Cresta 3.Ladera 4.Pie de ladera 5.Valle 6.Canal 7.Borde de río 8.Talud			Falla en talud o movimiento en masa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Barreras	<input type="checkbox"/>	Alto	<input type="checkbox"/>
			Origen: 1.Producido por el sismo 2.Agravado por el sismo 3.Pre-existente 4.Existen dudas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Evacuar viviendas	<input type="checkbox"/>	Muy Alto	<input type="checkbox"/>
			Potencial de reactivación: 1.Menor 2.Probable 3.Muy probable 4.Inminente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

3.8.1 Asentamientos de la edificación

Cuando una edificación presenta problemas de hundimiento general con relación a la superficie del suelo, como se muestra en las Fotografías 3-10, se debe generalmente a fallas en la cimentación y/o en el suelo, esta condición se conoce como asentamiento general del edificio. Existen otros casos en que se presentan asentamientos diferenciales por comportamiento no homogéneo de los suelos o de la cimentación sobre la cual se apoya la edificación, provocando una inclinación de la misma como se muestra en la Fotografías 3-11. Es común encontrar la presencia simultánea de problemas de asentamiento y desplome.



Fotografías 3-10. Fallas en el suelo de cimentación

Entre los fenómenos más comunes que generan asentamientos del suelo están la subsidencia y la licuación:

El fenómeno de subsidencia se manifiesta por medio de hundimientos diferenciales del terreno, sin evidenciar una componente horizontal clara o importante de movimiento. El proceso de subsidencia es tan sólo la expresión superficial, y último paso, de una gran variedad de mecanismos subsuperficiales de índole natural, que en algunos casos pueden ser acelerados e incluso iniciados por actividades antrópicas que involucran excavaciones, carga, o cambios en el régimen del agua (Allen, A.S., 2000). El término subsidencia incluye tanto procesos de hundimiento lento como colapsos súbitos en la superficie del suelo, cualquiera sean las dimensiones del área afectada, la tasa de desplazamiento, o su mecanismo de origen. La subsidencia de materiales superficiales, puede ocurrir por las siguientes causas: tuberías de desagües perforados, ya que los escapes de agua pueden erosionar los cimientos; las obras subterráneas tales como, las minas fuera de uso y el apisonamiento de terraplenes; la vegetación, ya que los árboles robustos absorben el agua del suelo durante los períodos secos; etc.

En algunos suelos arenosos saturados y poco consolidados, el sismo puede causar el fenómeno de la licuación. Cuando este fenómeno se presenta el suelo pierde su capacidad de soporte y se pueden presentar asentamientos en las edificaciones. Estos efectos pueden producir daños graves a la edificación. La licuación es una de las causas más comunes de asentamientos por sismo.



En las Fotografías 3-11 se observa como los asentamientos ponen en peligro la estabilidad y funcionalidad de la edificación.



(a)



(b)

Fotografías 3-11. Asentamiento y licuación del suelo

a) Asentamiento excesivo de edificio, b) Daños por licuación del suelo.

3.8.2 Fallas en taludes o movimientos en masa

Los sismos pueden convertirse en agentes disparadores de deslizamientos, desprendimientos de rocas o cualquier tipo de movimiento en masa. Es posible que en algunos casos la cercanía a un deslizamiento afecte la seguridad de la edificación o que debido a la proximidad de éste la estructura pueda ver comprometida su estabilidad, como se muestra en las Fotografías 3-12. El agrietamiento del suelo en una ladera puede ser un indicio de que un deslizamiento está próximo a ocurrir y puede comprometer la seguridad de la edificación.



(a)



(b)

Fotografías 3-12. Deslizamientos

Con el fin de conocer si el movimiento en masa obedece o no a procesos de inestabilidad antiguos se clasifica el origen del mismo en cuatro categorías: 1. Producido por el sismo, 2. Agravado por el sismo, 3. Pre-existente y 4. Existen dudas.

La morfología del sitio permite la descripción de la posición topográfica de la edificación, por medio de denominaciones como: divisoria o cima, cresta de ladera, ladera, pie de ladera, valle, margen de río y canal (Figura 3-8). Cuando se trata de cortes del terreno realizados antrópicamente, para desarrollo vial, urbano u algún otro tipo de intervención se catalogarán como taludes.

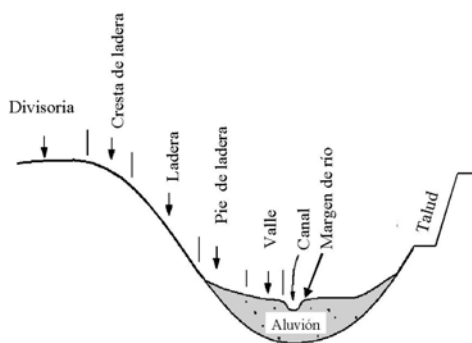


Figura 3-8. Caracterización de los diferentes sectores en un perfil topográfico

(Fuente: Schoeneberger, P.J et al., 1998 En Campos A., Guzmán J., 2002)

De acuerdo con las características del momento en que se realiza la visita de campo al sitio evaluado, y a los signos visibles el potencial de reactivación se puede clasificar de la siguiente manera:

- **Probabilidad menor:** El fenómeno presenta evidencias de estar alcanzando su estabilidad, y no muestra signos particulares de deterioro o avance ya sea sobre la masa desplazada o sobre la infraestructura relacionada.
- **Probable:** Aunque el fenómeno presenta evidencias de estar alcanzando su estabilidad y no muestra signos particulares de deterioro o avance ya sea sobre la masa desplazada o sobre la infraestructura relacionada, su entorno muestra condiciones desfavorables para alcanzar el equilibrio.
- **Muy probable:** Se presentan signos tales como grietas de tensión, desniveles y escarpes en avance lento durante los últimos meses, se evidencian algunos escalonamientos, grietas o deformación de obras civiles ocurridas durante los últimos meses, aporte moderado a bajo de aguas hacia la masa inestable. Así mismo, cuando se pueden diferenciar masas o bloques moderadamente inestables al colapso o deslizamiento, ya sea por falencia estructural (materiales sueltos o friables, materiales con pérdida de matriz o alto fracturamiento) o por la posición relativa en la ladera bajo la acción de la componente tangencial de la gravedad que evidencian potencial de reactivación a mediano plazo (varios meses).
- **Inminente:** Se presentan signos tales como grietas de tensión, desniveles y escarpes muy recientes que avanzan en los últimos días o semanas, escalonamientos evidentes, grietas o deformación de obras civiles ocurridas recientemente y aporte abundante de aguas hacia la masa inestable. Así mismo, cuando se pueden diferenciar claramente masas o bloques inestables al colapso o deslizamiento, ya sea por falencia estructural (i.e. materiales sueltos o friables, materiales con pérdida de matriz o alto fracturamiento) o por la posición relativa en la ladera bajo la acción de la componente tangencial de la gravedad, que evidencian un potencial de reactivación a muy corto plazo (días, semanas, o unos pocos meses).

3.8.3 Recomendaciones

Existen cuatro categorías de recomendaciones preliminares: cubrir con plástico el área deslizada, control de aguas, colocación de barreras para evitar el acceso de vehículos o personas, y evacuación de viviendas afectadas o amenazadas a raíz de la ocurrencia del movimiento en masa.

En la Sección 13. Comentarios, se pueden considerar otras recomendaciones importantes que pueden desacelerar y controlar el avance de deslizamientos ocurridos como consecuencia del sismo, mientras se definen acciones y soluciones definitivas, tales como: taponamiento de grietas



con material impermeable, contención provisional del talud, reparaciones de acueducto y/o alcantarillado, desvíos temporales de aguas lluvias y/o servidas, captación y conducción de afloramiento de aguas, limpieza de obras de control de erosión existentes, perfilado de sitios críticos, remoción del material que se ha desplazado, no remoción de materiales en la base del deslizamiento, poda y/o erradicación de árboles pesados, destaponamiento de cauces represados.

Como se mencionó anteriormente, en zonas de problemas geotécnicos previamente identificados se debe contar con el juicio de un especialista por lo tanto se debe recomendar en la Sección 9 la visita especializada por aspectos geotécnicos.

3.8.4 Riesgo geotécnico

Para clasificar el riesgo geotécnico se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos (Campos A., Guzmán J., 2002):

- El estado de avance del fenómeno y su potencial de reactivación
- La localización y proximidad relativa de las edificaciones con respecto al área del evento ocurrido, o al área de influencia potencial ante reactivación o avance del fenómeno.

Las distancias entre las edificaciones y el área de influencia potencial por avance o reactivación, no pueden establecerse en este manual de forma rígida, pues éstas estarán en función del tipo de fenómeno, sus dimensiones, las características del relieve, el tipo de suelos, la existencia o no de ciertos atributos (grietas de tensión, agua, etc.). Así mismo, la posición relativa de la edificación con respecto al fenómeno (arriba o hacia la base de la corona, hacia los límites laterales, sobre el cuerpo o adyacente a éste, etc.) y otros aspectos geotécnicos y geológicos que deben ser elegidos para cada caso particular bajo el criterio del profesional que realiza la inspección. Bajo tales consideraciones se establece la clasificación del riesgo geotécnico en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3. Clasificación del nivel de riesgo geotécnico

Nivel de Riesgo	Descripción del daño
Muy alto	<ul style="list-style-type: none"> • El fenómeno geotécnico (remoción en masa, subsidencia o licuación), produjo fallas severas en las estructuras de cimentación o existen problemas de hundimiento, deformación, inclinación o asentamiento de la edificación. • Cuando la edificación, habiendo sufrido daño o no, se encuentra localizada sobre o muy cerca al área de influencia potencial por avance o reactivación del fenómeno, y el potencial de reactivación es inminente o muy probable, bajo ciertas consideraciones geotécnicas.
Alto	<ul style="list-style-type: none"> • El fenómeno geotécnico es puntual pero sugiere una disminución significativa de la capacidad del suelo para resistir las cargas verticales de la edificación. • Cuando la edificación, habiendo sufrido daño o no, se encuentra localizadas a cierta distancia, que aún no es suficiente para excluirla del área de influencia potencial por avance o reactivación del fenómeno, y el potencial de reactivación se considera inminente a muy probable.
Bajo después de medidas	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando la vivienda no se encuentra localizada en área de influencia del fenómeno, pero si en sus proximidades y no existen claramente condiciones que hagan la ocupación de la edificación insegura, pero se recomiendan algunas medidas de carácter preventivo ya que es probable la reactivación.
Bajo	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando el fenómeno no produjo daños sobre la edificación y ha sido clasificado con probabilidad menor de reactivación.



3.9 SECCIÓN 5.3 DAÑOS EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Los elementos estructurales que se evalúan dependen del sistema estructural con que cuente la edificación, ver Tabla 3-4. Para cada uno de los elementos y en cada nivel de daño se asigna un porcentaje (equivalente a la cantidad o extensión) del daño dependiendo de lo observado por el evaluador. A partir de la información del daño (nivel y porcentaje) que se presenta en cada tipo de elemento y la de los demás elementos estructurales involucrados se obtiene la noción de la gravedad del daño en el piso o la planta de mayores daños.

En muchos casos la estructura está oculta por los elementos o acabados arquitectónicos, y no es posible establecer claramente los daños, por lo tanto si existe alguna inquietud sobre la afectación de los mismos en los comentarios se debe sugerir la necesidad de recomendar al propietario una inspección mas detallada contratada con un ingeniero particular, que incluya la remoción de algunos de los elementos arquitectónicos.

Tabla 3-4. Variables Estructurales a evaluar según el sistema

Sistema Estructural	Elementos Estructurales
Pórtico en concreto reforzado	Vigas, Columnas, Nudos y Entrepisos
Pórtico con muros estructurales en Concreto Reforzado	Vigas, columnas, Nudos, Muros y Entrepisos.
Estructuras Metálicas	Vigas, Columnas, Conexiones y Entrepisos.
Estructuras en Madera	Vigas, Columnas, Conexiones y Entrepisos.
Mampostería	Muros portantes (con columnetas y vigas de confinamiento en el caso ser confinada) y Entrepiso.
Tapia, adobe y bahareque	Muros portantes y Entrepiso

Para edificios de dos o más pisos se debe evaluar en un solo formulario todo la edificación. Es importante reiterar que la inspección de los elementos estructurales verticales se realizará en el piso de mayor daño indicando en qué piso se presenta esa situación.

El porcentaje de daños se determina como la proporción entre el número, área o longitud de elementos afectados y el número, área o longitud total de elementos de ese tipo en el piso. Generalmente, el sistema estructural se encuentra oculto por elementos divisorios, de recubrimiento o elementos no estructurales. Debe examinarse cada piso así como sótanos, escaleras, cuartos de máquinas y otras áreas, que por estar generalmente expuestas permiten observar claramente el sistema estructural.

5.3 Daños en Elementos Estructurales														
Piso de mayor daño	Severo			Fuerte			Moderado			Leve			Ninguno	Sumatoria =100%
	>15%	5-15%	<5%	>30%	10-30%	<10%	>60%	30-60%	<30%	>60%	30-60%	<30%		
Columnas o muros portantes														
Nudos o puntos de conexión														
Calcular el % en relación con el total de la edificación	>20%	10-20%	<10%	>40%	20-40%	<20%	>60%	30-60%	<30%	>60%	30-60%	<30%		Sumatoria =100%
Vigas														
Entrepisos														

3.9.1 Evaluación de estructuras de concreto reforzado

Después de un sismo con frecuencia se asocia cualquier agrietamiento que se observe en estructuras de concreto reforzado con los efectos generados por el sismo, sin tener en cuenta que es posible que existan previamente agrietamientos por estado de servicio causados por cargas gravitacionales, contracción del concreto, asentamientos diferenciales, intemperismo, etc. Por lo



anterior, es muy importante que se conozcan los tipos de falla y daños más comunes que presentan en las estructuras de concreto reforzado.

Lo daños normalmente son provocados por la combinación de diferentes factores, pero de manera sencilla se pueden clasificar de la siguiente manera (Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica (1998):

1. Fallas en columnas debido a fuerzas axiales y momentos por flexión altos, lo que puede traer como consecuencia la pérdida del recubrimiento, el pandeo del refuerzo longitudinal o fractura del refuerzo transversal
2. Daños y fallas por cortante en vigas y columnas
3. Pandeo del refuerzo longitudinal en vigas, en la mayoría de los casos, en el refuerzo inferior.
4. Daños en conexiones viga-columna debido a un confinamiento inadecuado o a una pobre disposición de los elementos conectados.
5. Aplastamiento y falla por problemas de adherencia del acero de refuerzo.

En vigas se pueden presentar principalmente fallas por flexión, cortante, una combinación de ambas, pandeo del refuerzo longitudinal o falla por adherencia. Cuando sólo ocurren grietas a flexión, la fluencia del acero en tensión se concentra a través de pocas grietas críticas. Las grietas de tensión diagonal se forman en los miembros debido a la presencia de fuerzas cortantes relativamente grandes que actúan en conjunto con la flexión. El esfuerzo principal de tensión, desarrollado como resultado de los esfuerzos combinados de cortante y flexión, se ubica formando ángulo con el eje del miembro y produce grietas de tensión diagonal. Este tipo de agrietamiento es aceptable bajo condiciones de carga de servicio, siempre que los anchos de las grietas no excedan los indicados en la Tabla 3-5.

En columnas es común que se produzcan grietas diagonales, causadas por cortante o torsión, o grietas verticales, desprendimiento del recubrimiento, aplastamiento del concreto y pandeo de las barras longitudinales por exceso de esfuerzos de flexocompresión.

Otro tipo de falla que se presenta en columnas y también en vigas es la debida al deslizamiento del refuerzo, la cual se conoce como falla por adherencia y se caracteriza porque la resistencia se alcanza cuando se presentan extensos agrietamiento longitudinales al nivel del acero a tensión.

Las conexiones entre elementos estructurales son, por lo general, los puntos más críticos. En las uniones viga-columna (nudos), el cortante produce grietas diagonales y es común ver fallas por adherencia y anclaje del refuerzo longitudinal de las vigas a causa del poco desarrollo del mismo o a consecuencia de esfuerzos excesivos de flexión.

En las losas se pueden producir grietas por punzonamiento alrededor de las columnas y grietas longitudinales a lo largo de la losa de piso debido a la excesiva demanda de flexión que puede imponer el sismo.

Tabla 3-5. Descripción de los niveles de daño en elementos de concreto reforzado

Niveles de Daño:	Descripción del daño
Ninguno / muy leve	Algunas fisuras de ancho menor a 0.2 mm, casi imperceptibles sobre la superficie del concreto.
Leve:	Fisuración perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm sobre la superficie del concreto.
Moderado:	Grietas con anchos entre 1.0 mm y 2.0 mm en la superficie del concreto, pérdida incipiente del recubrimiento
Fuerte:	Agrietamiento notable del concreto, pérdida del recubrimiento y exposición de las barras de refuerzo longitudinal.



Niveles de Daño:	Descripción del daño
Severo:	Degradación y aplastamiento del concreto, agrietamiento del núcleo y pandeo de las barras de refuerzo longitudinal. Deformaciones e inclinaciones excesivas.

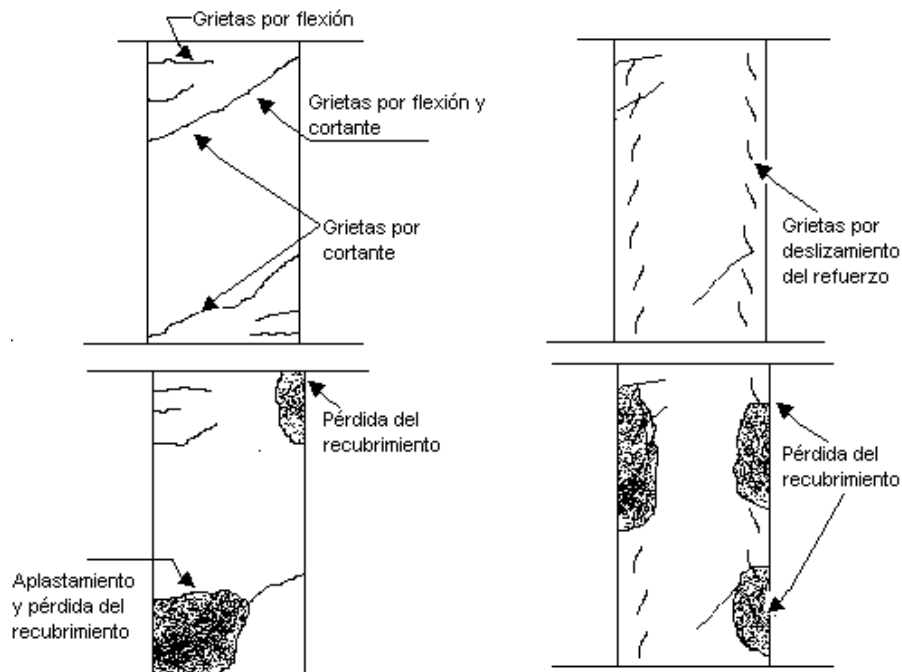


Figura 3-9. Agrietamiento típico en columnas de concreto

(Fuente: Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 1998)

En las Fotografías 3-13 a, b, c, d y e se presentan ejemplos de daños de niveles leve, fuerte y severo en vigas, columnas y nudos de elementos de concreto reforzado.



a) Daño leve



b) Daño fuerte



c) Daño fuerte



d) Daño severo



e) Daño severo



f) Daño severo

Fotografías 3-13. Niveles de daño en elementos de concreto reforzado.

3.9.2 Mampostería

La evaluación de los daños en las edificaciones de mampostería depende del tipo mampostería utilizada así como del sistema de refuerzo, por ejemplo confinada, con refuerzo interior o no reforzada.

De manera general y para fines de realizar la evaluación de daños y de seguridad estructural de las edificaciones de mampostería, se puede considerar que en estas estructuras ocurren los siguientes tres tipos de fallas: por carga axial, por flexión o por cortante. Es importante conocer bajo que características se presenta cada uno de estos tipos de falla para poder realizar una evaluación a conciencia.

Antes de agrietarse, la mampostería experimenta deformaciones laterales bastante bajas y tiene un comportamiento elástico lineal. Inmediatamente después del agrietamiento, su comportamiento dependerá de la cantidad y disposición del refuerzo. Si se cuenta con refuerzo suficiente en las columnetas de confinamiento o en el interior del muro, el muro es capaz de soportar altos niveles de carga con deformaciones laterales importantes antes de llegar al colapso. En la etapa inicial de agrietamiento aparecen las primeras grietas diagonales en la parte media del muro, las cuales se presentan sobre el revoque y son casi imperceptibles. A estos niveles de agrietamiento se les asignan grados de daño bajos: muy leve o leve según la Tabla 3-6.

- Por carga axial: La falla por carga axial se presenta debido a incrementos importantes de carga vertical, por lo cual la mampostería se aplasta. Este tipo de falla es difícil que ocurra, ya que el área de los muros generalmente es lo suficientemente grande para resistir cargas verticales elevadas. Puede favorecer este tipo de falla el desgaste de las piezas que están sometidas a la intemperie o que las piezas sean de baja calidad.



- Por flexión: Las grietas por flexión suelen aparecer súbitamente, pues la mampostería al igual que el concreto presenta una muy baja capacidad a tensión. Estas grietas se manifiestan de forma horizontal en los extremos del muro, son de mayor longitud en la parte inferior y van disminuyendo en la medida que van ascendiendo.
- Por cortante: La falla por esfuerzo cortante se presenta de diversas formas: Un tipo de grieta es diagonal y se prolonga únicamente a través de las juntas de mortero, mientras que otro tipo de grieta se presenta casi recta rompiendo las piezas de mampostería.

Si se presentan indicios de agrietamiento diagonal en muros confinados o grietas en la superficie entre 1 y 3 mm el grado de daño asociado es moderado. Si el agrietamiento diagonal se inicia en muros no confinados, es claramente visible en muros confinados, las piezas de mampostería sufren aplastamiento, se inicia el agrietamiento en las columnetas y vigas de confinamiento, existe deformación o inclinación del muro se debe asignar grado de daño fuerte o severo según sea el caso de acuerdo con la Tabla 3-6. La presencia de agrietamientos en un muro reforzado no implica necesariamente la falla de éste, dicha falla dependerá del refuerzo que tenga, el cual puede hacer que el muro resista cargas bastante mayores a las del agrietamiento. En las Fotografías 3-14 se presentan ejemplos de daños en edificaciones de mampostería

Tabla 3-6. Descripción de los niveles de daño en estructuras de mampostería

Niveles de Daño:	Descripción del daño
Ninguno / muy leve	Grietas pequeñas difícilmente visibles, con ancho menor a 0.2 mm, sobre la superficie del muro.
Leve:	Agrietamiento perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm, sobre la superficie del muro.
Moderado:	Agrietamiento diagonal incipiente, grietas con anchos entre 1.0 mm y 3.0 mm, en la superficie del muro Inicio de la formación de agrietamiento diagonal en muros confinados
Fuerte:	Agrietamiento diagonal severo, con anchos mayores a 3.0 mm y dislocación de piezas de mampostería.
Severo	Desprendimiento de partes de piezas. Aplastamiento local de la mampostería. Desplome o inclinación apreciable horizontal o vertical del muro. Prolongación del agrietamiento diagonal en columnetas y vigas de confinamiento, con anchos mayores a 1.0 mm



a) Daño Moderado



b) Daño Fuerte



c) Daño severo



d) Daño severo



e) Daño severo

Fotografías 3-14. Daños en mampostería

3.9.3 Estructuras de tapia pisada o adobe

Las viviendas de adobe y tapia pisada son en general muy antiguas y muy vulnerables frente a los sismos, no cuentan con condiciones de sismo resistencia adecuadas además del deterioro que han sufrido las propiedades mecánicas de sus materiales por los años de uso. Algunas de las características constructivas que contribuyen a su vulnerabilidad son: la ausencia de un diafragma rígido de entrepiso, conexiones deficientes entre el sistema de cubierta o entrepiso y los muros portantes, entresijos y techos demasiado pesados, ausencia de reforzamiento en muros, mala calidad de los materiales (adicional a las deficientes propiedades mecánicas de la tierra a tracción y cortante), aberturas de puertas y ventanas demasiado grandes y mal distribuidas, cimentaciones deficientes, etc.

Los mecanismos de falla típicos en construcciones de adobe o tapia pisada son (Universidad de los Andes – Corporación Barrio La Candelaria, 2002):

- Fallas por flexión:
 - Perpendicular al plano del muro con agrietamiento horizontal en la base o a una altura intermedia y agrietamientos verticales complementarios para combinar el mecanismo de falla. Este tipo de falla es frecuente en muros largos sin restricciones transversales.



- Perpendicular al plano del muro con agrietamiento vertical en la zona central, agrietamiento diagonal para conformar el mecanismo de fisuración en la parte superior por falta de refuerzo o confinamiento. Este tipo de falla se presenta principalmente en muros altos y cortos o muros muy largos con restricciones laterales poco espaciadas.
- Perpendicular al plano en las esquinas no confinadas de muros sueltos o en esquina no conectadas efectivamente con los muros de restricción transversal al mismo
- Fallas por cortante en el plano del muro asociadas a altos empujes horizontales. En muchos casos los agrietamientos están asociados a la presencia de aberturas de puertas y ventanas en los muros.
- Falla generada por la caída de la cubierta hacia el interior de la vivienda, por encontrarse mal apoyada sobre los muros, mal concebida estructuralmente, por deficiencias en las conexiones o con alto grado de avance en su deterioro por ataque de insectos o cambios de humedad.
- Una combinación de dos o más mecanismos anteriores.

En la Tabla 3-7 se describen los daños en estructuras de tapia o adobe.

Tabla 3-7. Descripción de los niveles de daño en estructuras de tapia pisada o adobe

Niveles de Daño:	Tapia
Ninguno / muy leve	Fisuras con ancho menor a 0.4 mm, casi imperceptibles sobre la superficie del muro.
Leve:	Agrietamiento perceptible a simple vista con anchos entre 0.4 mm y 2.0 mm sobre la superficie del muro.
Moderado:	Grietas moderadas (con anchos entre 2.0 mm y 4.0 mm) en la superficie del muro: horizontales en la base del muro o en la parte central o agrietamiento vertical en la zona central, combinado con grietas diagonales que se prolongan hacia los extremos del muro insinuando el mecanismo de falla.
Fuerte:	Agrietamiento similar al nivel de daño moderado excepto que el ancho de las grietas es mayor a 4.0 mm, desplazamiento fuera del plano de unos pocos milímetros
Severo:	Aplastamiento local del muro, deformación, desplome o inclinación apreciable del muro.

En las Fotografías 3-15 se puede observar un ejemplo de daños severos en estructuras de tapia.



Fotografías 3-15. Daños severos en muros de tapia



3.9.4 Estructuras de bahareque

Entre 1999 y 2002 la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS-, con el auspicio del FOREC y la Fundación CORONA, realizó estudios sobre las características estructurales del bahareque, cuyos resultados se recogen en la publicación “Manual de Construcción Sismo Resistente de Viviendas en Bahareque Encementado” y en la adición al reglamento de construcciones sismo resistentes (NSR-98) del capítulo E.7 “CASAS DE UNO Y DOS PISOS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO” (Decreto 52 del 18 de Enero de 2002).

Las pruebas de laboratorio realizadas en estos estudios y las observaciones hechas después del sismo del 25 de enero de 1999 sobre los diversos tipos de muros de bahareque (compuestos de madera o de guadua, con o sin relleno de tierra y con recubrimientos diversos: pañete de cagajón y tierra, pañete de mortero de cemento, tablas o láminas metálicas, muros de bahareque sin relleno, bahareque hueco, con recubrimiento de esterilla de guadua en la tipología denominada “bahareque rústico” o “bahareque de invasión”), dan cuenta de su satisfactoria resistencia frente a acciones sísmicas, siendo mejor el comportamiento de los tipos de bahareque elaborados con mayor composición de maderas densas y los recubiertos con morteros de cemento sobre mallas metálicas.

La flexibilidad que muestran los muros de bahareque, si bien permiten derivas de piso muy superiores a las reglamentadas por la Norma para materiales diferentes, no constituye un factor preocupante de vulnerabilidad. Más bien, esta propiedad hace que el muro se mantenga en el intervalo del comportamiento elástico para el rango de solicitaciones al que se ve sometido durante el sismo gracias, también, a su bajo peso relativo.

Los muros de bahareque como elementos básicos individuales en general presentan una vulnerabilidad sísmica baja. La vulnerabilidad de este tipo de edificaciones está asociada principalmente con la estructuración, es decir, con la carencia de anclajes o conexiones estructuralmente eficaces de los muros entre sí y con los demás componentes de la construcción (cimentación, entrepisos y cubierta). Adicionalmente, siendo materiales naturales (guadua, tierra y madera) los constituyentes principales de la construcción en bahareque, el tiempo y la agresión ambiental, particularmente el agua, los insectos xilófagos y los hongos son factores deteriorantes que determinan en un alto grado la vulnerabilidad de este sistema frente a las acciones sísmicas

Otras características constructivas que contribuyen a la vulnerabilidad de las edificaciones en bahareque son:

- Cimentaciones deficientes que en general presentan falta de anclaje en el terreno, escasa continuidad, y uso de materiales frágiles, como la mampostería no reforzada de piedra y ladrillo;
- Problemas en cubiertas y entrepisos: Utilización de vigas de guadua y/o madera, en cubierta y entrepisos, que no han sido adecuadamente inmunizadas y protegidas de la humedad, por lo cual es muy frecuente su pudrición o deterioro; cubiertas demasiado pesadas, normalmente constituidas por tejas de barro, las cuales no pueden ser soportadas adecuadamente por las deficiencias en las conexiones de los elementos de soporte o por el deterioro de los mismos;
- Irregularidades: Plantas muy irregulares o alargadas e inadecuada distribución de muros, especialmente en lotes medianeros donde los muros en el sentido transversal de la vivienda son muy escasos; gran cantidad de vanos y en algunas oportunidades, de gran tamaño y mal distribuidos; discontinuidad vertical de los muros (especialmente en la fachada de segundos pisos por la conformación de balcones y voladizos);
- Combinación de materiales: Normalmente por cambio de los muros de fachadas o muros interiores por mampostería, con o sin refuerzo, sobrepuestos a la construcción de bahareque, sin conexión efectiva; construcción del primer piso en mampostería y el segundo en bahareque generando grandes cambios de rigidez en la estructura y deficiencias en la conexión entre los dos pisos;



- Deterioro por intemperismo o falta de mantenimiento: pérdida del recubrimiento de tierra y cagajón de los muros;
- Colindancia: No todos los casos de daños en construcciones de bahareque son fallas de la propia estructura. Con frecuencia las construcciones vecinas son las causantes de los daños. Una construcción de bahareque puede resultar aplastada entre dos estructuras de mampostería.

Se puede concluir que los mecanismos de falla típicos en las construcciones de bahareque son (ver ejemplos en las Fotografías 3-16):

- Inclinación, colapso parcial o total de muros
 - Por falla en la cimentación (Fotografía 3.16 literal a.)
 - Por la caída de la cubierta hacia el interior de la vivienda (Fotografía 3.16 literal b.).
 - Por impacto de los muros de mampostería (Fotografía 3.16 literal c.)
- Fallas por flexión:
 - Perpendicular al plano del muro, en las esquinas no confinadas de muros sueltos o en esquina no conectadas efectivamente con los muros de restricción transversal al mismo (Fotografía 3.16 literal d.)
 - Pandeo de las diagonales internas
- Fallas por cortante en el plano del muro asociadas a altos empujes horizontales
 - Fisuras o pérdida del recubrimiento, especialmente en los puntos de concentración de esfuerzos, como son los vanos de las puertas y las ventanas (Fotografía 3.16 literal e).
 - Fisuras generalizadas en sentido horizontal en los muros de bahareque hueco esterillado con recubrimiento de tierra y cagajón, donde se manifiesta el cortante a lo largo de las hendiduras de las esterillas del muro (Fotografía 3.16 literal f.).
- Desplazamiento de entrepisos (Fotografía 3.16 literal g.)
- Aplastamiento entre dos estructuras colindantes de materiales más pesados como mampostería o concreto (Fotografía 3.16 literal h.)
- Una combinación de dos o más mecanismos anteriores, los cuales pueden generar entre otros efectos la pérdida de conexión interna de los elementos constitutivos del bahareque.



a)



b)



c)



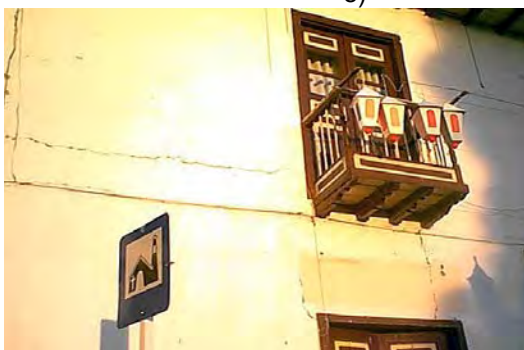
d)



e)



f)



g)



h)

Fotografías 3-16: Tipos de falla estructuras de bahareque

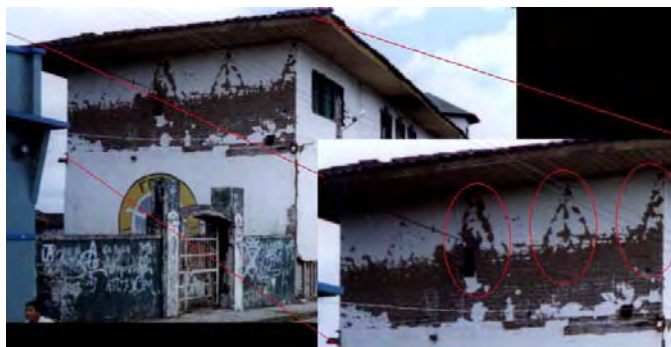
En la Tabla 3-8 se describen los daños en estructuras de bahareque.

Tabla 3-8. Descripción de los niveles de daño en estructuras de bahareque y tapia

Niveles de Daño:	Bahareque no-encementado	Bahareque encementado
Ninguno / muy leve	No se observa agrietamiento en los revoques	No se observa agrietamiento en los revoques
Leve:	Agrietamiento incipiente de los revoques de los muros con mortero de barro Uniones completamente sanas	Agrietamiento incipiente de revoques en esquinas de puertas y ventanas Uniones completamente sanas
Moderado:	Agrietamiento vertical de las esquinas de los muros, grietas diagonales y horizontales generalizadas en los muros, desprendimiento parcial de revoques, desprendimiento de los clavos y elementos de fijación de los muros	Agrietamiento vertical de las esquinas de los muros, grietas diagonales en algunos muros, desprendimiento incipiente de clavos y elementos de unión entre muros.
Fuerte:	Deslizamiento relativo en los empalmes de los muros Agrietamiento en prácticamente todos los muros. Pérdida de apoyo parcial de cubierta y/o entrepisos	Grietas diagonales en la mayoría de los muros. Pérdidas considerables del revoque de los muros. Pérdida de apoyo parcial de cubierta y/o entrepisos



Niveles de Daño:	Bahareque no-encementado	Bahareque encementado
Severo:	<p>Presenta deformaciones permanentes importantes, existiendo la posibilidad de desplome de la estructura</p> <p>Falla de los elementos diagonales en aquellos muros que los contengan</p> <p>Desprendimiento de los elementos verticales (pies derechos) de las soleras superior o inferior</p> <p>Pandeo perpendicular al plano del muro</p> <p>Falla parcial o total de cimentación.</p> <p>Pérdida generalizada de apoyos de la cubierta</p>	<p>Presenta deformaciones permanentes importantes, existiendo la posibilidad de desplome de la estructura</p> <p>Falla de los elementos diagonales en aquellos muros que los contengan</p> <p>Desprendimiento de los elementos verticales (pies derechos) de las soleras superior o inferior</p> <p>Pandeo perpendicular al plano del muro</p> <p>Falla parcial o total de cimentación.</p> <p>Pérdida generalizada de apoyos de la cubierta</p>



a) Daño moderado



b) Daño fuerte



c) Daño severo

Fotografías 3-17. Niveles de daño en muros de bahareque



3.9.5 Vigas, columnas y conexiones en estructuras de acero

La experiencia en diferentes sismos a nivel internacional muestra que la principal causa de daños y fallas en estructuras metálicas son las conexiones de los elementos estructurales, ya sean estas soldadas, remachadas o apernadas. Por lo cual es recomendable iniciar la revisión de los daños con las conexiones, tratando de detectar los sitios más vulnerables de acuerdo con la configuración y geometría de la estructura y los más accesibles para la revisión.

Las conexiones con soldadura pueden presentar diferentes tipos de fallas:

- En pórticos resistentes a momento: fractura completa de la soldadura, fractura parcial, fractura en el contacto con el patín de la columna con la soldadura y fractura en el contacto de los patines de la viga con la soldadura;
- En pórticos arriostrados: falla en la soldadura de conexión de las riostras a vigas y/o columnas.
- En pórticos en celosía: la falla más común es por pandeo en los elementos de las diagonales.

En las conexiones atornilladas, los tipos de falla más comunes son: por cortante, aplastamiento, desgarramiento o por sección insuficiente de las placas de conexión, ver Figura 3-10.

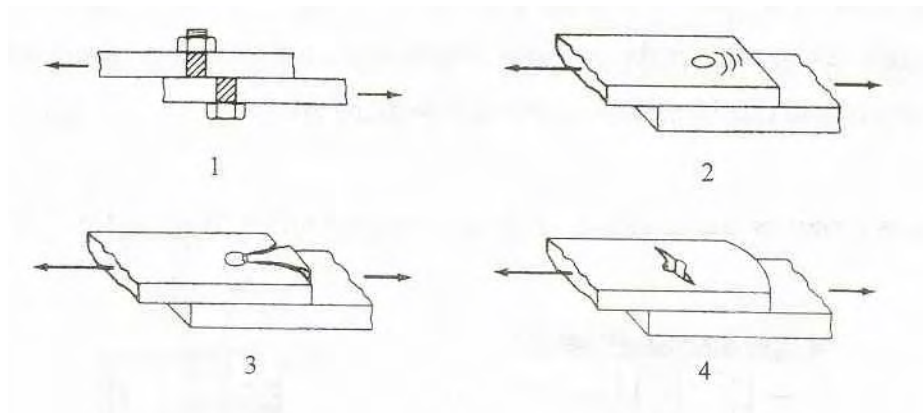


Figura 3-10. Caracterización de los daños típicos en conexiones atornilladas
(Fuente: Salmon et al, 1996; -En: Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 1998)

Los paneles de unión entre columnas y vigas en pórticos resistentes a momento son puntos importantes de analizar pues en este lugar se llevan a cabo un gran número de conexiones. Los daños más comunes son: 1. Fractura o pandeo de los atiesadores, 2. Fracturas en la soldadura de los atiesadores, 3. Fractura parcial en el alma de la columna, 4. Pandeo del alma y 5. Ruptura de la columna, como se describen en la Figura 3-11. Las grietas en la soldadura de los atiesadores y cualquier daño ocurrido en éstos no será de graves consecuencias para la estructura, siempre y cuando la fractura no se extienda y penetre el material de la columna. Si la grieta penetra el panel, ésta tiende a extenderse bajo la presencia de cargas adicionales resultando la separación completa de la parte superior de la columna con la inferior. Esta falla presenta un gran riesgo para la estructura, pues la columna pierde gran parte de su capacidad de resistencia.

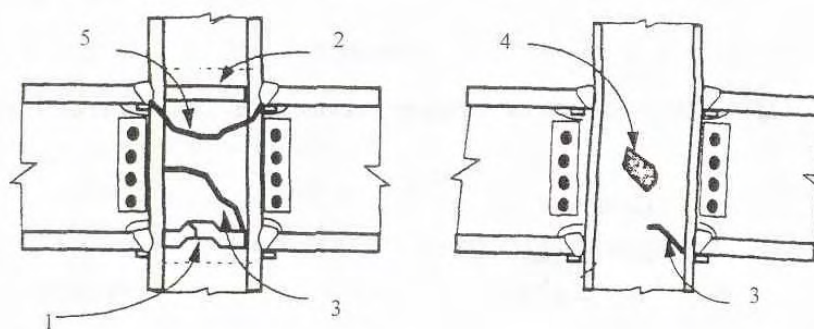


Figura 3-11. Caracterización de los daños típicos en conexiones viga-columna
(Fuente: SAC, 1994; -En: Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 1998)

Vigas: Los daños en vigas consisten principalmente en: fluencia, pandeo o fractura de los patines o alma en zonas cercanas a la conexión con la columna. La Figura 3-12 ilustra los tipos de daños en estos elementos.

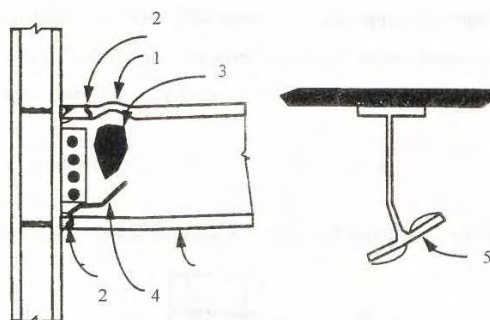


Figura 3-12. Caracterización de los daños típicos en vigas
(Fuente: SAC, 1994; -En: Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 1998)

Columnas: Los daños típicos en columnas se puede identificar como: fracturas en el patín, desprendimiento de una sección del patín, desgarramiento laminar del patín o pandeo del patín. Ver Figura 3-13.

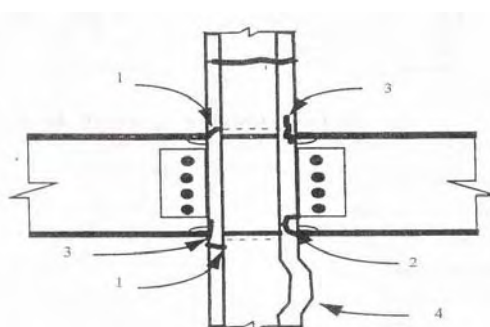


Figura 3-13. Caracterización de los daños típicos en columnas
(Fuente: SAC, 1994; -En: Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 1998)

En sistemas arriostrados los puntos críticos son las conexiones de las riostras y el posible pandeo de columnas y/o riostras.



a) Pandeo de columna en pórticos arriostrados



b) Falla de soldadura en pórticos no arriostrados



c) Falla de celosía

Fotografías 3-18. Ejemplos de mecanismos de falla en estructuras metálicas

En la Tabla 3-9 se describen los niveles de daño en estructuras metálicas.

Tabla 3-9. Descripción de los niveles de daño en vigas, columnas y conexiones en estructuras de acero

Niveles de Daño:	Descripción del daño
Ninguno / muy leve	Sin defectos visibles.
Leve	Deformaciones menores casi imperceptibles.
Moderado	Deformaciones perceptibles a simple vista, pandeo incipiente de secciones.
Fuerte	Pandeo local, fractura o alguna evidencia de daño en secciones del elemento estructural fuera de zonas de posible formación de articulaciones plásticas.
Severo	Pandeo local, fractura o alguna evidencia de daños en secciones del elemento estructural dentro de zonas de posible formación de articulaciones plásticas. Fractura de soldaduras, tornillos o remaches.

En las Fotografías 3-19 se observan ejemplos de los niveles de daño en elementos metálicos.



a) Daño fuerte



b) Daño fuerte



c) Daño severo



d) Daño severo

Fotografías 3-19. Daño en estructuras metálicas

3.9.6 Vigas, columnas y uniones en estructuras de madera

En la Tabla 3-10 y las Fotografías 3-20 se describen los daños en edificaciones de madera.

Tabla 3-10. Descripción de los niveles de daño en vigas, columnas y conexiones en estructuras de madera

Niveles de Daño	Descripción del daño
Ninguno / muy leve	No se observa agrietamiento en el elemento.
Leve	Fisuración mínima en el elemento.
Moderado	Agrietamiento en el elemento. Desplazamiento insignificante en las uniones.
Fuerte	Agrietamiento notable en el elemento y deslizamiento o desplazamiento claramente perceptible en uniones.
Severo	Disminución de la sección transversal en el elemento, o rompimiento del elemento. Separación o desprendimiento del elemento del sistema estructural.

En las Fotografías 3-20 se muestran ejemplos de daños en construcciones de madera.



a)



b)

Fotografías 3-20. Daños en edificios de madera

a) Daño fuerte, b) Daño severo

3.9.7 Entrepisos

En la Tabla 3-11 se describen los criterios para evaluación de los niveles de daño y en las Fotografías 3-21 se muestran ejemplos de daños en entrepisos.

Tabla 3-11. Descripción de los niveles de daño en entrepisos

Niveles de Daño	Descripción del daño
Ninguno / muy leve	Algunas fisuras de ancho menor a 0.2 mm, casi imperceptibles sobre la superficie.
Leve	Fisuración perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm sobre la superficie.
Moderado	Grietas con anchos entre 1.0 y 2.0 mm en la superficie, pérdida incipiente del recubrimiento.
Fuerte	Agrietamiento apreciable, pérdida del recubrimiento en la superficie.
Severo	Degradación y aplastamiento del material, agrietamiento severo.



a) Daño leve



b) Daño severo

Fotografías 3-21. Daño en entrepisos



3.9.8 Medidas de seguridad y recomendaciones

Las medidas de seguridad se deben especificar para cada uno de los tipos de elementos afectados (columnas, nudos, vigas o entrepisos) especificando la necesidad de repara, anclar, apuntalar o colocar barreras internas.

Las recomendaciones se han clasificado en cuatro categorías: barreras externas, no entrar, estudio de vulnerabilidad y posible demolición de la edificación. Normalmente en caso de daños severos, se deben aplicar las tres primeras. En casos de riesgo inminente para las edificaciones vecinas, o de edificaciones sobre cuya evaluación no existen dudas por la gravedad del daño, su imposibilidad de recuperación y la experticia de los evaluadores se debe recomendar la posible demolición.

Personas que no tengan experiencia en el diseño de edificaciones o en patología de estructuras no podrán recomendar la demolición de una edificación y por lo tanto, deberán solicitar la visita especializada de carácter estructural (Sección 9) y señalar la inminencia del peligro para que esta visita sea priorizada.

	Medidas de seguridad sugeridas:				Otras recomendaciones	Riesgo Estructural
	Reparar	Anclar	Apuntalar	Barreras		
Columnas o muros portantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Barreras externas <input type="checkbox"/> No entrar <input type="checkbox"/> Estudio de vulnerabilidad <input type="checkbox"/> Posible demolición <input type="checkbox"/>	Bajo <input type="checkbox"/>
Nudos o puntos de conexión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Bajo después de medidas <input type="checkbox"/>
Vigas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Alto <input type="checkbox"/>
Entrepisos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Muy Alto <input type="checkbox"/>

3.9.9 Riesgo estructural

De acuerdo con el sistema estructural de la edificación que se inspecciona, existen algunos elementos, cuya importancia dentro de la estructura es tan notable, que si estos han sufrido daños muy graves, aunque los demás elementos no presenten daños importantes, la edificación corre el riesgo de perder su estabilidad. Por lo tanto, puede ser necesario realizar la evacuación inmediata. Estos elementos según el sistema estructural que se evalúa se muestran en la Tabla 3-12. La calificación con daño severo de ciertos elementos “esenciales” puede comprometer todo la edificación y por lo tanto se dice hay una situación de saturación del daño global.

Tabla 3-12. Elementos que pueden saturar el daño a nivel global.

Sistema Estructural	Elementos de Saturación
Pórtico en concreto reforzado	Nudos o columnas
Pórtico con muros estructurales en concreto reforzado	Muros, nudos o columnas
Estructuras de Acero	Conexiones, columnas o riostras
Estructuras de Madera	Conexiones o columnas
Mampostería No Confinada	Muros de carga
Mampostería Reforzada	Muros
Mampostería Confinada	Muros (con columnetas y vigas de confinamiento)
Tapia, adobe o bahareque	Muros de soporte

En la Tabla 3-13 se hace una descripción del nivel de riesgo de acuerdo con los daños en los elementos estructurales, teniendo en cuenta una combinación de la severidad y extensión.

**Tabla 3-13. Clasificación del nivel de riesgo de acuerdo con la severidad y extensión del daño de los elementos estructurales**

Nivel de Riesgo	Descripción del daño
Muy Alto	<ul style="list-style-type: none"> Edificaciones que sufrieron daños permanentes (Nivel de daño severo) en sus elementos estructurales verticales (columnas) en sistemas estructurales a base de pórticos resistentes a momentos o en muros en sistemas a base de muros estructurales: <ul style="list-style-type: none"> Daños severos en más del 15% de los elementos verticales Daños severos en más del 20% de vigas o entrepisos Disminución significativa de la capacidad para resistir cargas verticales o laterales en tal proporción que existe inestabilidad potencial. <ul style="list-style-type: none"> Daños fuertes en más del 30% y daños moderados en más del 60% de los elementos verticales Daños fuertes en más del 40% de los elementos horizontales El sistema de piso que se apoya en estos elementos verticales presenta asentamientos o deformaciones verticales cercanas a un estado de desplome, la estructura no tendrá resistencia suficiente ante fuerzas laterales para soportar una réplica del evento principal. También en algunos casos en que el nivel de daño en columnas y muros estructurales reporte deformaciones permanentes en los mismos, hará pensar que la capacidad de estos elementos para soportar el sistema de piso está seriamente afectada.
Alto	<ul style="list-style-type: none"> Disminución de la capacidad para resistir cargas verticales o laterales pero no existe inestabilidad potencial. Edificaciones que sufrieron daños importantes en sus elementos estructurales verticales: <ul style="list-style-type: none"> Daños severos entre 5 y 15%, daños fuertes está entre 10 y 30% o daños moderados entre 30 y 60% Existe un riesgo asociado a la entrada, uso u ocupación del edificio, debido a la disminución de su capacidad sismorresistente, por la extensión de los daños o por la presencia de elementos en peligro de caer en las salidas principales y escaleras. El acceso a la edificación debe ser controlado y no se puede usar antes de ser reforzada. Hay que evaluar la necesidad de apuntalar la edificación.
Bajo después de medidas	<ul style="list-style-type: none"> Hay peligro puntual por daños en los elementos estructurales, (daños severos en menos de un 5%, fuertes en menos de un 10% y moderados en menos de un 30%), pero no reducen su capacidad global de resistencia ni ponen en peligro la estabilidad de la estructura. No existen claramente condiciones que hagan la ocupación de la edificación insegura, pero el daño observado impide que se tenga una ocupación total y debe ser restringido el acceso a algunos sectores, cuya ocupación puede estar condicionada a la reparación o apuntalamiento de aquellos elementos que ofrezcan peligro.
Bajo	<ul style="list-style-type: none"> Inmuebles que sufrieron daños leves muy puntuales en los elementos estructurales (en menos de un 30% de los elementos), que no ponen en peligro a los habitantes o a la estructura. Inmuebles que no evidencian ningún tipo de daños

3.10 SECCIÓN 5. DAÑOS EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

Generalmente, los daños no estructurales se deben a la unión inadecuada entre los muros de relleno o divisorios, las instalaciones y la estructura, o a la falta de rigidez de la misma, lo que se traduce en excesivas deformaciones que no pueden ser absorbidas por este tipo de componentes.



Los daños no estructurales más comunes son el agrietamiento de elementos divisorios de mampostería, el aplastamiento de las uniones entre estructuras y los elementos no estructurales, el desprendimiento de acabados y la rotura de vidrios y de instalaciones de diferente tipo. La falla o desprendimiento de elementos no estructurales puede representar un riesgo para la vida pero no genera normalmente el colapso de las edificaciones.

Para evaluar este tipo de daños se han considerado en este proceso aquellos elementos que aunque no ponen en peligro la estabilidad de la edificación si representan un riesgo para la vida y seguridad de los ocupantes. A cada una de las variables se le asigna una calificación dentro cinco niveles de daño posibles que se describen para cada tipo de elementos a continuación.

La calificación se asignará dependiendo de lo que el evaluador observe que predomina en la edificación, pues siempre será posible encontrar elementos con diferentes niveles de daño en diferentes pisos.

SECCIÓN 5. ESTADO DE DAÑO DE LA EDIFICACION (Continuación)

5.4 Daños en Elementos No Estructurales
Indique con una X el grado de daño de los elementos no estructurales y las medidas de seguridad necesarias:

	Severo	Fuerte	Moderado	Leve	Ninguno	Medidas de seguridad sugeridas				Otras recomendaciones	
						Reparar	Andar	Remover	Barreras Internas		
Muros de fachada o antepechos										Barreras externas	
Muros divisorios o particiones										No entrar	
Cielo rasos y luminarias										Estudio de vulnerabilidad	
Cubierta										Demoler elementos en peligro de caer	
Escaleras											
Tanques elevados											
Derrame de químicos											
Instalaciones de gas											
Instalaciones eléctricas											
Acueducto y Alcantarillado											

Riesgo No Estructural

Bajo ☐

Bajo después de medidas ☐

Alto ☐

3.10.1 Muros de fachada o antepechos

Los daños en los elementos de fachada pueden variar dependiendo de los materiales y la forma como están anclados a la estructura, por lo tanto la decisión sobre los niveles de daño y lo que esto significa con relación a la seguridad para los transeúntes o los ocupantes de la edificación requiere de mucho criterio por parte del evaluador. Para esto se debe tener en cuenta que muchos de los elementos que no se cayeron durante el sismo principal pueden hacerlo en el caso de una réplica o como resultado de la desestabilización por su propio peso. En el caso de edificaciones de mampostería estructural las fachadas hacen parte del sistema estructural y por lo tanto se deberán evaluar como elementos estructurales. En la Tabla 3-14 se describen los diferentes niveles de daño y tipos de daño para estos elementos. En las Fotografías 3-22 se da un ejemplo de daños en muros de fachada y en las Fotografías 3-23 de daños en antepechos.

Tabla 3-14. Descripción de los niveles de daño en muros de fachada o antepechos

Niveles de Daño	Descripción del daño
Ninguno / muy leve	Grietas pequeñas difícilmente visibles con ancho menor a 0.2 mm sobre la superficie del muro.
Leve	Agrietamiento perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm sobre la superficie del muro.
Moderado	Agrietamiento diagonal incipiente. Grietas considerablemente grandes con anchos entre 1.0 mm y 3.0 mm en la superficie del muro.



Niveles de Daño	Descripción del daño
Fuerte	Se observa separación, desprendimiento y en algunos casos caída de algunas partes del acabado. Agrietamiento diagonal severo, con anchos de grietas mayores a 3.0 mm y dislocación de piezas de mampostería.
Severo	Desprendimiento y caída de gran parte de los acabados exteriores de muros. Desprendimiento de gran parte de los elementos metálicos de unión. Desprendimiento de piezas y/o aplastamiento local de la mampostería. Desplome o inclinación apreciable del muro.



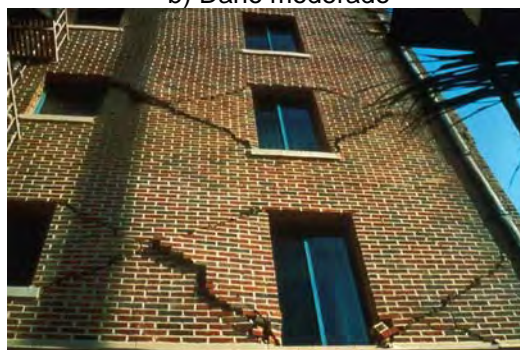
Daño moderado



b) Daño moderado



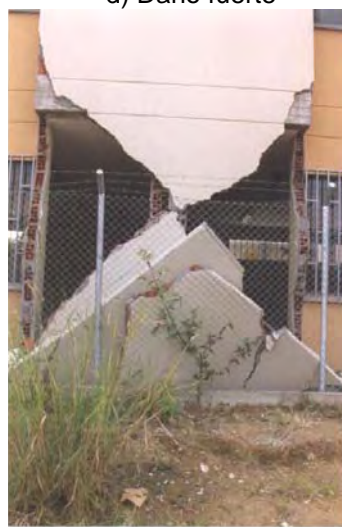
c) Daño fuerte



d) Daño fuerte



e) Daño severo



f) Daño severo

Fotografías 3-22. Daños en muros de fachada



a)



b)

Fotografías 3-23. Daño en antepechos (o parapetos)

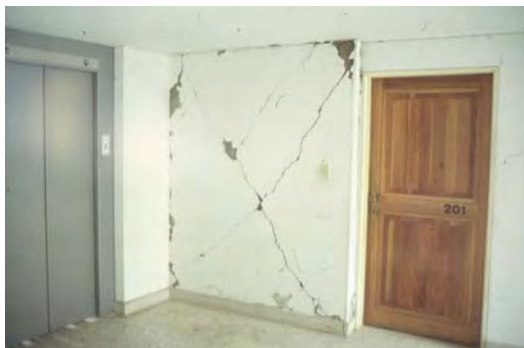
3.10.2 Muros divisorios

En los muros divisorios de mampostería, el cortante produce grietas diagonales usualmente en forma de equis. La tendencia de vuelco de los mismos y la flexión pueden producir grietas verticales en sus esquinas y en su zona central. Efectos de este tipo se producen durante casi todos los terremotos, particularmente cuando se trata de sistemas estructurales flexibles que contienen tabiques o muros que llenan parcial o totalmente con mampostería rígida de ladrillo el entramado de vigas y columnas. En las Fotografías 3-24 se presenta un ejemplo de daño en muros divisorios y en la Tabla 3-15 los criterios para la definición de los diferentes niveles de daños.

Es importante tener en cuenta que en el caso de edificaciones de mampostería estructural algunos de los muros divisorios hacen parte del sistema estructural y por lo tanto deberán ser evaluados como tales.

Tabla 3-15. Descripción de los niveles de daño en muros divisorios

Niveles de Daño	Descripción del daño
Ninguno / muy Leve	Grietas pequeñas difícilmente visibles con ancho menor a 0.2 mm sobre la superficie del muro.
Leve	Agrietamiento perceptible a simple vista, con anchos entre 0.2 mm y 1.0 mm sobre la superficie del muro.
Moderado	Agrietamiento diagonal incipiente. Grietas considerablemente grandes con anchos entre 1.0 mm y 3.0 mm en la superficie del muro.
Fuerte	Agrietamiento diagonal severo, con anchos de grietas mayores a 3.0 mm y dislocación de piezas de mampostería.
Severo	Desprendimiento de partes de piezas, aplastamiento local de la mampostería. Desplome o inclinación apreciable del muro.



a) Daño moderado



b) Daño fuerte



c) Daño severo

Fotografías 3-24. Niveles de daño en muros divisorios

3.10.3 Cielos rasos y luminarias

En la Tabla 3-16 se describen los niveles de daño y criterios para la clasificación de daños en cielo rasos y luminarias y en las Fotografías 3-25 se muestran algunos ejemplos.

Tabla 3-16. Descripción de los niveles de daño en cielos rasos y luminarias

Niveles de Daño	Descripción del daño
Ninguno / muy leve	No hay daño aparente.
Leve	No existe daño significativo y no hay riesgo aparente para las personas.
Moderado	Se observan daños pero no existe aparentemente peligro de inestabilidad.
Fuerte	Agrietamiento moderado o colapso parcial.
Severo	Pérdida del anclaje o apoyo del cielo raso y de las luminarias o lámparas.



Fotografías 3-25. Daños en cielos rasos y luminarias



3.10.4 Cubiertas

Se considera como objeto de esta inspección el conjunto de la estructura del techo y los materiales de acabados en cubierta (tejas, láminas de asbesto cemento, zinc, plástico, etc.). Se deberá observar con especial atención los daños o problemas que existan en los apoyos de las correas o cerchas y en las culatas o cuchillas que sirven de soporte a la cubierta, ya que las fallas en estos elementos pueden representar un gran peligro por la posible posterior caída de sectores de la cubierta. En la Tabla 3-17 se describen algunos criterios para la clasificación de los niveles de daño.

Tabla 3-17. Descripción de los niveles de daño en cubiertas

Niveles de Daño:	Descripción del daño
Ninguno / muy leve	Caída de muy pocas tejas o laminas por deslizamiento de las mismas. No se observa desnivel en el techo.
Leve	Caída y falla de varias tejas o laminas que sufren deslizamiento (entre el 15% y el 30%). No se observa desnivel en el techo o ninguna otra afectación en la estructura de cubierta.
Moderado	Deslizamiento, caída y falla de un número notable de tejas (entre el 30% y el 45%), sin presentar desnivel en el techo, daños leves en la estructura de cubierta.
Fuerte	Deslizamiento, caída generalizada de tejas (entre el 45% y el 60%), problemas en los apoyos de correas o cerchas generando desnivel menores en la estructura del techo.
Severo	Daño severo o falla total de la estructura de techo (correas, cerchas, vigas, etc); deslizamiento, caída y falla de prácticamente toda la teja de cubierta.

En las Fotografías 3-26 se da un ejemplo de daño nivel moderado, fuerte y severo en cubiertas.



Fotografías 3-26. Daños en el sistema de cubierta

3.10.5 Escaleras

En la Tabla 3-18 se describen los niveles de daño y criterios para la clasificación de daños en escaleras y en la Fotografía 3-27 se muestran algunos ejemplos.



Tabla 3-18. Descripción de los niveles de daño en escaleras

Niveles de Daño	Descripción del daño
Ninguno/ muy leve	Grietas pequeñas difícilmente visibles con ancho menor a 0.2 mm sobre la superficie de los peldaños.
Leve	Daños menores reflejados en pequeñas grietas pequeñas (ancho menor a 1.0 mm) que no afectan la seguridad y uso.
Moderado	Daños como agrietamiento del concreto o material de la escalera o de sus apoyos (grietas con anchos superiores a 1.0 mm), pero sin riesgo de inestabilidad ni caída de elementos.
Fuerte	Agrietamiento severo, con anchos de grietas mayores a 3.0 mm, escombros en los accesos y indicios de daños en los apoyos.
Severo	Daño significativo en los apoyos o desgarramiento de la escalera en sus apoyos, barras de refuerzo pandeadas, colapso parcial, asentamiento o inclinación con respecto a los pisos que vincula. Insegura para el ingreso.



Fotografía 3-27. Daño moderado y severo en escaleras

3.10.6 Tanques elevados

Es necesario evaluar el estado de los soportes, así como su posible movimiento con respecto a la posición original.

En la Tabla 3-19 se observa la descripción de algunos criterios para la clasificación de los diferentes niveles de daño en tanques elevados.

Tabla 3-19. Descripción de los niveles de daño en tanques elevados

Niveles de Daño	Descripción del daño
Ninguno / muy leve	Sin defectos visibles.
Leve	Daños menores reflejados en pequeñas grietas pequeñas (ancho menor a 1.0 mm) que no afectan la seguridad y uso. Deformación casi imperceptible del tanque.
Moderado	Daños como agrietamiento del concreto o de sus apoyos (grietas con anchos superiores a 1.0 mm), pero sin riesgo de inestabilidad.
Fuerte	Agrietamiento severo, con anchos de grietas mayores a 3.0 mm. Daños en los apoyos, deformación excesiva.
Severo	Barras de refuerzo pandeadas, colapso parcial, asentamiento o inclinación con respecto a la posición original. Representa un riesgo para los transeúntes o para el ingreso.



En la Fotografía 3-28 se muestra un ejemplo de daños severos en un tanque elevado.



Fotografía 3-28. Daño severo en tanque elevado

3.10.7 Derrame de químicos o sustancias peligrosas

Cuando exista la presencia de químicos o cualquier material clasificable como peligroso dentro de una edificación con daños se debe evaluar los riesgos que esto representa y recomendar un pronto aviso a las autoridades. La mezcla de algunos de estos químicos puede generar reacciones peligrosas, incendios, etc. como se observa en las Fotografías 3-29.



Fotografías 3-29. Derrames de químicos o sustancias peligrosas

3.10.8 Instalaciones de gas

En la Tabla 3-20 se describen algunos criterios generales para daños en instalaciones eléctricas, de gas o acueducto y alcantarillado. Es difícil establecer unas recomendaciones generales, pero a criterio de las personas que realizan la inspección establecer la peligrosidad y el riesgo que para la seguridad de los ocupantes representan estos daños.

Tabla 3-20. Descripción de los niveles de daño en instalaciones

Niveles de Daño	Descripción del daño
Ninguno / muy leve	Sin defectos visibles.
Leve	Deformación casi imperceptible del componente.
Moderado	Deformación perceptible a simple vista del componente.
Fuerte	Deformación excesiva y dislocación incipiente del componente.
Severo	Rompimiento y dislocación severa del componente.



Fotografía 3-30. Daños en instalaciones y subestaciones eléctricas



Fotografía 3-31. Daños severos en instalaciones de acueducto y alcantarillado

3.10.9 Medidas de seguridad y recomendaciones

Las medidas de seguridad que permiten reducir el riesgo que representa el daño en los elementos no estructurales, están directamente relacionadas con el tipo de daño y la severidad de los mismos. Con el fin de recuperar rápidamente el funcionamiento de aquellas edificaciones no afectadas de manera severa en su parte estructural se deberán recomendar las medidas necesarias, condicionado en algunos casos la habitabilidad de la edificación a la aplicación de dichas medidas.

Las recomendaciones se han clasificado en cuatro categorías: barreras externas, no entrar, estudio de vulnerabilidad y demoler elementos en peligro de caer. Normalmente en caso de daños severos, se deben aplicar las tres primeras. En casos de riesgo inminente por peligro de caída de algunos elementos sueltos se debe recomendar la posible demolición de estos elementos.

Cuando existan daños importantes en instalaciones de servicios públicos se deberá solicitar la visita especializada de las empresas de servicios públicos (Sección 9) y señalar la inminencia del peligro para que se priorice y el tipo de instalación afectada.



3.10.10 Riesgo no estructural

Los daños que se presentan en elementos no estructurales, por lo general no implican peligro para la estabilidad global de la vivienda, pero si pueden poner en peligro la vida de los ocupantes, aunque en algunos casos este peligro puede minimizarse con medidas de seguridad de fácil y rápida aplicación. Por lo anterior, sólo se consideran tres categorías de riesgo (bajo, bajo después de medidas y alto).

El riesgo en los elementos no estructurales se evalúa teniendo en cuenta si están desprendidos, tienen la posibilidad de caerse o volcarse afectando zonas estratégicas como las entradas a las edificaciones o apartamentos, circulaciones, etc o son daños que ponen en peligro la vida o integridad de los ocupantes.

Tabla 3-21. Definición del nivel de riesgo por daños no estructurales

Nivel de Riesgo	Descripción del daño
Alto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Existe daños severos o fuertes generalizados y se encuentran dispersos por todo la edificación 2. Elementos de fachada, balcones, antepechos, cielo rasos, tanques elevados u otros elementos en peligro de caer 3. Presencia de derrame de tóxicos, peligro por líneas de gas rotas o líneas de energía caídas
Bajo después de medidas	<ol style="list-style-type: none"> 4. Los daños están concentrados en un área pequeña y es probable restringir el acceso a las áreas inseguras mediante la colocación de barreras que restrinjan el paso de vehículos o peatones 5. Se pueden remover o anclar fácilmente los elementos que ofrecen peligro (puntos 2 y 3) o son fáciles de aplicar otras medidas
Bajo	<ol style="list-style-type: none"> 6. Los daños son leves y muy puntuales y no ofrecen peligro para la integridad de las personas 7. No existen daños en elementos no estructurales

3.11 SECCIÓN 6. EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE DAÑOS EN LA EDIFICACIÓN

En este campo el inspector debe estimar el porcentaje del área afectada con relación al área total de la edificación. Este porcentaje se estima teniendo en cuenta los daños estructurales y no estructurales de la edificación, sin considerarlos daños en los bienes o contenidos. Esta información se utilizará para realizar estimativos sobre las pérdidas económicas, multiplicando por el área total de la edificación y un valor estimado del precio de la reposición del metro cuadrado.

SECCION 6. PORCENTAJE GLOBAL DE DAÑO DE LA EDIFICACION

Estimar el porcentaje del área afectada con relación al total de la edificación:

Ninguno	<input type="checkbox"/>	0-10%	<input type="checkbox"/>	10-30%	<input type="checkbox"/>	30 - 60%	<input type="checkbox"/>	60 - 100%	<input type="checkbox"/>	100%	<input type="checkbox"/>
---------	--------------------------	-------	--------------------------	--------	--------------------------	----------	--------------------------	-----------	--------------------------	------	--------------------------

3.12 SECCIÓN 7 CLASIFICACIÓN DE LA HABITABILIDAD DE LA EDIFICACIÓN

La habitabilidad de una edificación puede ser definida de acuerdo a los requisitos de seguridad y confort que permitan considerar que el edificio es funcional a pesar de los daños. No existen definiciones claras de habitabilidad en la literatura, pero se considera pertinente incluir la propuesta italiana (Goretti, 2000) como definición de habitabilidad:

La clasificación de habitabilidad después de un sismo es una evaluación rápida y limitada temporalmente, basada en el criterio experto, en una inspección visual, en información fácil de



recolectar, con la intención de detectar, si durante la crisis sísmica ocurrida, los edificios dañados pueden ser usados, salvaguardando de manera razonable la vida humana.

Se deduce que pueden ocurrir más daños en caso de una réplica, pero con el fin de que se pueda declarar habitable se debe buscar que el edificio todavía siga siendo seguro para la vida. Es evidente que cualquier definición de habitabilidad tiene algún grado de responsabilidad sobre la supervivencia de los ocupantes, por eso algunos países utilizan la clasificación de “inspeccionado” en lugar de habitable.

Es importante considerar, que no es deseable provocar problemas innecesarios a los ocupantes al dictaminar la evacuación de una edificación con daños menores, pero por otro lado, es importante evitar exponerlos a riesgos innecesarios. Por lo tanto, a partir de un análisis del riesgo que el estado general de la edificación, los problemas geotécnicos, los daños estructurales y los daños en los elementos no estructurales representan se pretende definir su habitabilidad.

Después de realizada la inspección de la edificación y teniendo en cuenta su capacidad para resistir cargas, su ductilidad y redundancia y la posibilidad de caída o volcamiento de objetos que representen peligro para la vida y de evaluar si el peligro puede desaparecer al remover los elementos no estructurales, se clasifica la habitabilidad de la edificación en cuatro categorías: Habitable, Uso Restringido, No habitable y Peligro de colapso de acuerdo con los criterios establecidos en la Tabla 3-22 teniendo en cuenta:

- El riesgo por estabilidad global
- El riesgo por problemas geotécnicos
- El riesgo por daños estructurales
- El riesgo por daños no estructurales

Tabla 3-22. Clasificación de la habitabilidad con base en los niveles de riesgo

Habitabilidad	Descripción nivel de riesgo
Peligro de colapso	Si fueron asignadas una o más calificaciones de RIESGO MUY ALTO o dos o más de calificación de RIESGO ALTO
No habitable	Si fue asignada por lo menos una calificación de RIESGO ALTO
Uso restringido (parcialmente habitable)	Si fue asignada por lo menos una calificación de RIESGO BAJO DESPUÉS DE MEDIDAS
Habitable	Si las cuatro clasificaciones de riesgo fueron BAJAS

Es importante anotar que el criterio y la experiencia son esenciales para definir los daños y el nivel de riesgo que estos representan así como para definir la habitabilidad de una edificación. No todas las situaciones peligrosas están incluidas probablemente en este manual. En situaciones en que no se dé la explicación necesaria o que la existente no se considere apropiada para la situación, será necesario el juicio y experiencia de los evaluadores o si existen dudas por parte de estos será necesario obtener ayuda adicional de personas con más experiencia.

SECCIÓN 7. CLASIFICACIÓN DE LA HABITABILIDAD					
Riesgo Estabilidad Global	Riesgo Geotécnico	Riesgo Estructural	Riesgo No Estructural	Habitabilidad	
Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Habitable (Verde)	Si las cuatro clasificaciones de riesgo fueron BAJAS
Bajo después de medidas	Bajo después de medidas	Bajo después de medidas	Bajo después de medidas	Uso restringido (Amarillo)	Si fue asignada por lo menos una calificación de RIESGO BAJO DESPUÉS DE MEDIDAS
Alto	Alto	Alto	Alto	No habitable (Naranja)	Si fue asignada por lo menos una calificación de RIESGO ALTO
Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto		Peligro de colapso (Rojo)	Si fue asignada por lo menos una calificación de RIESGO MUY ALTO o más de dos de RIESGO ALTO

En las edificaciones se deberán colocar los avisos de habitabilidad a la entrada de acuerdo con la calificación. Ver Figura 3-14.



HABITABLE		USO RESTRINGIDO HABITABILIDAD CONDICIONADA	
<p>ALCALDIA DE MANIZALES</p> <p>Esta edificación ha sido inspeccionada (como se indica en la parte inferior) y no se encontró ninguna amenaza aparente de la estructura.</p> <p><input type="checkbox"/> Inspección en el Edificio Entero <input type="checkbox"/> Inspección Parcial <input type="checkbox"/> Inspección Completa (edificar el interior)</p> <p>Favor informar a las autoridades cualquier condición insegura, una nueva inspección puede ser requerida.</p> <p>Comentarios: _____</p>		<p>ALCALDIA DE MANIZALES</p> <p>Cuidado: Esta edificación ha sido inspeccionada y se encontraron los daños que se describen a continuación:</p> <p>Nombre de la edificación y/o dirección: _____</p> <p>INSPECTORES: _____</p> <p>Fecha (d-m-a): _____</p> <p>Hora (24:00): _____</p> <p>(Cuidado: Las réplicas ocurridas después de la inspección pueden incrementar los daños y los riesgos)</p>	
<p>Nombre de la edificación y/o dirección: _____</p> <p>INSPECTORES: _____</p> <p>Fecha (d-m-a): _____</p> <p>Hora (24:00): _____</p> <p>(Cuidado: Las réplicas ocurridas después de la inspección pueden incrementar los daños y los riesgos)</p>		<p>La entrada, ocupación y uso están condicionados a la aplicación de las siguientes medidas:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Fecha (d-m-a): _____</p> <p>Hora (24:00): _____</p> <p>(Cuidado: Las réplicas ocurridas después de la inspección pueden incrementar los daños y los riesgos)</p>	
<p>No remueva, altere o cubra este aviso hasta que sea autorizado por una autoridad del gobierno municipal</p>		<p>No remueva, altere o cubra este aviso hasta que sea autorizado por una autoridad del gobierno municipal</p>	

NO HABITABLE		PELIGRO DE COLAPSO	
<p>ALCALDIA DE MANIZALES</p> <p>NO ESTÁ PERMITIDA LA ENTRADA</p> <p>Esta edificación ha sido inspeccionada, se encontraron daños severos y es insegura por lo tanto no puede ser ocupada, como se describe a continuación:</p> <p>Nombre de la edificación y/o dirección: _____</p> <p>INSPECTORES: _____</p> <p>Fecha (d-m-a): _____</p> <p>Hora (24:00): _____</p> <p>(Cuidado: Las réplicas ocurridas después de la inspección pueden incrementar los daños y los riesgos)</p> <p>No entre, excepto si tiene una autorización por escrito de las autoridades municipales. Al entrar pone en peligro su vida.</p>		<p>ALCALDIA DE MANIZALES</p> <p>NO ESTÁ PERMITIDA LA ENTRADA (NO ES UNA ORDEN DE DEMOLICIÓN)</p> <p>Esta edificación ha sido inspeccionada, se encontraron daños severos en la estructura, es insegura y por lo tanto no puede ser ocupada. Descripción o recomendaciones:</p> <p>Nombre de la edificación y/o dirección: _____</p> <p>INSPECTORES: _____</p> <p>Fecha (d-m-a): _____</p> <p>Hora (24:00): _____</p> <p>(Cuidado: Las réplicas ocurridas después de la inspección pueden incrementar los daños y los riesgos)</p> <p>No entre, por ningún motivo. Al entrar pone en peligro su vida.</p>	
<p>No remueva, altere o cubra este aviso hasta que sea autorizado por una autoridad del gobierno municipal</p>		<p>No remueva, altere o cubra este aviso hasta que sea autorizado por una autoridad del gobierno municipal</p>	

Figura 3-14. Avisos de habitabilidad

3.13 SECCIÓN 8. CONDICIONES PREEXISTENTES

Estos aspectos pueden ser o no incluidos dentro de la evaluación de daño según el criterio del evaluador, ya que en algunos casos el daño en elementos estructurales es tan grave, que la presencia de unas buenas condiciones preexistentes no ayudan a mejorar la valoración de la edificación.

El objeto de evaluar las condiciones preexistentes es conocer la vulnerabilidad sísmica de la edificación, es decir su susceptibilidad a sufrir daños adicionales en caso de un evento sísmico determinado. La vulnerabilidad sísmica depende de aspectos como la geometría de estructura, de aspectos constructivos y aspectos estructurales. Para este grupo de aspectos se da la posibilidad de calificarlos de acuerdo con tres niveles.

SECCION 8. CONDICIONES PRE-EXISTENTES	
A. Posición de la edificación en la manzana: 1. Esquina 2. Intermedia 3. Libre por un costado 4. Libre por dos costados	_____
B1. Irregularidad en Planta: 1. Buena 2. Regular 3. Mala	_____
B2. Irregularidad en Altura: 1. Buena 2. Regular 3. Mala	_____
C. Calidad de la Construcción: 1. Buena 2. Regular 3. Mala	_____
D. Configuración estructural: 1. Buena 2. Regular 3. Mala	_____
E. Condiciones (amarre y peso) de la cubierta: 1. Buenas 2. Regulares 3. Malas	_____
F. Hay indicios de daños por sismos anteriores: 1. Si 2. No 3. Existen dudas	_____
G. Hubo reparación de los daños por sismos anteriores: 1. Total 2. Parcial 3. No se reparó	_____
H. Tipo de Suelo: 1. Duro 2. Medio 3. Blando	_____
I. Pendiente: 1. Plana 2. Inclínada 3. Muy inclinada	_____



3.13.1 Posición de la edificación en la manzana

Esta variable es importante para conocer si hubo posibilidades de daño por golpeteo o fallas en edificios vecinos. Adicionalmente, es muy común que las edificaciones de esquina presenten daños importantes por golpeteo y por torsiones accidentales generadas por las irregularidades tanto en planta como altura.

3.13.2 Irregularidades en planta

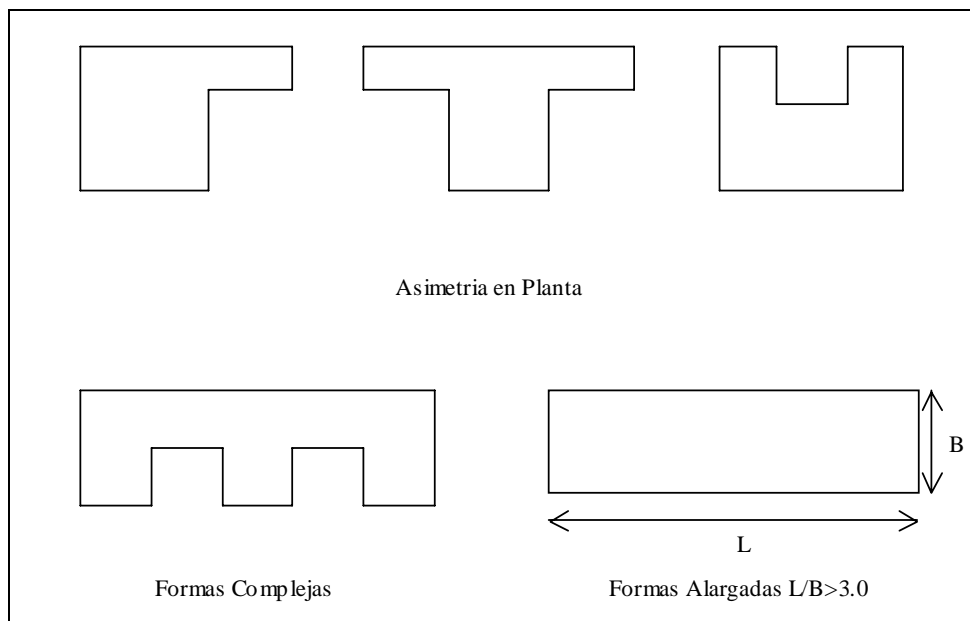
Con este aspecto se intenta que el evaluador valore las condiciones de irregularidad en planta de la edificación, las cuales pueden favorecer que la estructura sufra torsiones o generar concentraciones de esfuerzos en la estructura que son en general difíciles de resistir y puede ocasionar daños mayores o incluso el colapso.

Dentro de las irregularidades en planta que deben ser observadas se encuentran: los retrocesos excesivos en las esquinas, irregularidad torsional, discontinuidades en el diafragma, desplazamientos del plano de acción de elementos verticales y sistemas no paralelos. Algunas irregularidades de este tipo se ilustran en la Figura 3-15 y cómo evaluarlas en la Tabla 3-23.

Tabla 3-23. Criterios para evaluar regularidad en planta

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
BUENA	La distribución de masas con relación a los dos ejes ortogonales es aproximadamente simétrica en planta, así como muros y otros elementos resistentes. No tiene ninguna condición correspondiente a la clasificación de mala.
REGULAR	Entre la clasificación buena y mala.
MALA	En planta tiene entrantes y salientes cuya dimensión excede el 30% de la dimensión en planta, medida paralelamente a la dirección que se considera de la entrante o saliente. Aberturas en el diafragma mayores del 30% del área del piso. La relación de aspecto (largo a ancho) de la base es mayor que 3.

Fuente: Adaptado de Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica (1998)



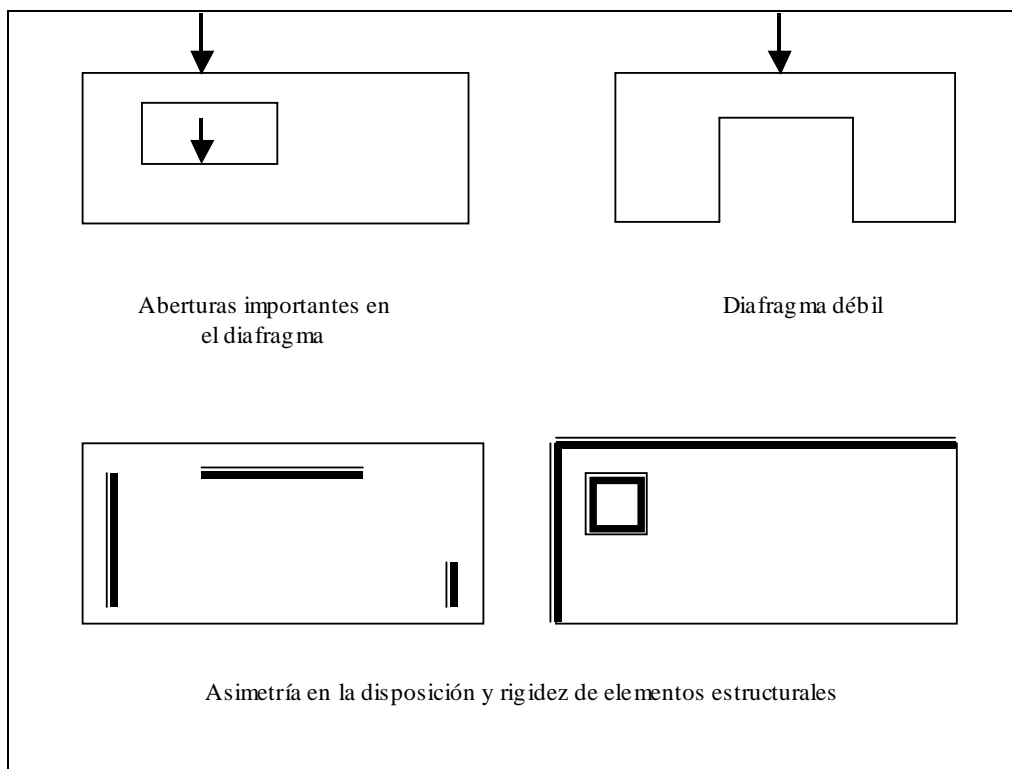


Figura 3-15. Irregularidades en planta
Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 1998)

3.13.3 Irregularidades en altura

En altura debe observarse si existe la condición de un piso débil, irregularidad en la distribución de las masas, irregularidad geométrica, desplazamientos dentro del plano de acción y discontinuidad en la resistencia. En la Figura 3-16 y en las Fotografías 3-32 se presentan dos ejemplos de irregularidades.



a) Piso débil con doble altura



b) Piso débil en la primera planta

Fotografías 3-32. Ejemplo de irregularidades



En la Tabla 3-24 se dan algunas sugerencias para evaluar las irregularidades en altura (Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 1998).

Tabla 3-24. Criterios para evaluar regularidad en altura o vertical

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
BUENA	$IE < 2.5$ No tiene ninguna condición correspondiente a la clasificación de mala.
REGULAR	Entre la clasificación buena y mala.
MALA	$IE > 4$ Existencia de pórticos y muros de cortante que no son continuos hasta la cimentación. Presencia de columnas cortas. Presencia de piso débil. Algún piso tiene un área mayor o menor en un 70% que la del piso inferior (delimitada por los elementos resistentes verticales). Se excluyen de este criterio los voladizos y el último piso de la edificación.

IE = Índice de esbeltez = Relación entre la altura de la edificación (H) y la dimensión de la base (B)

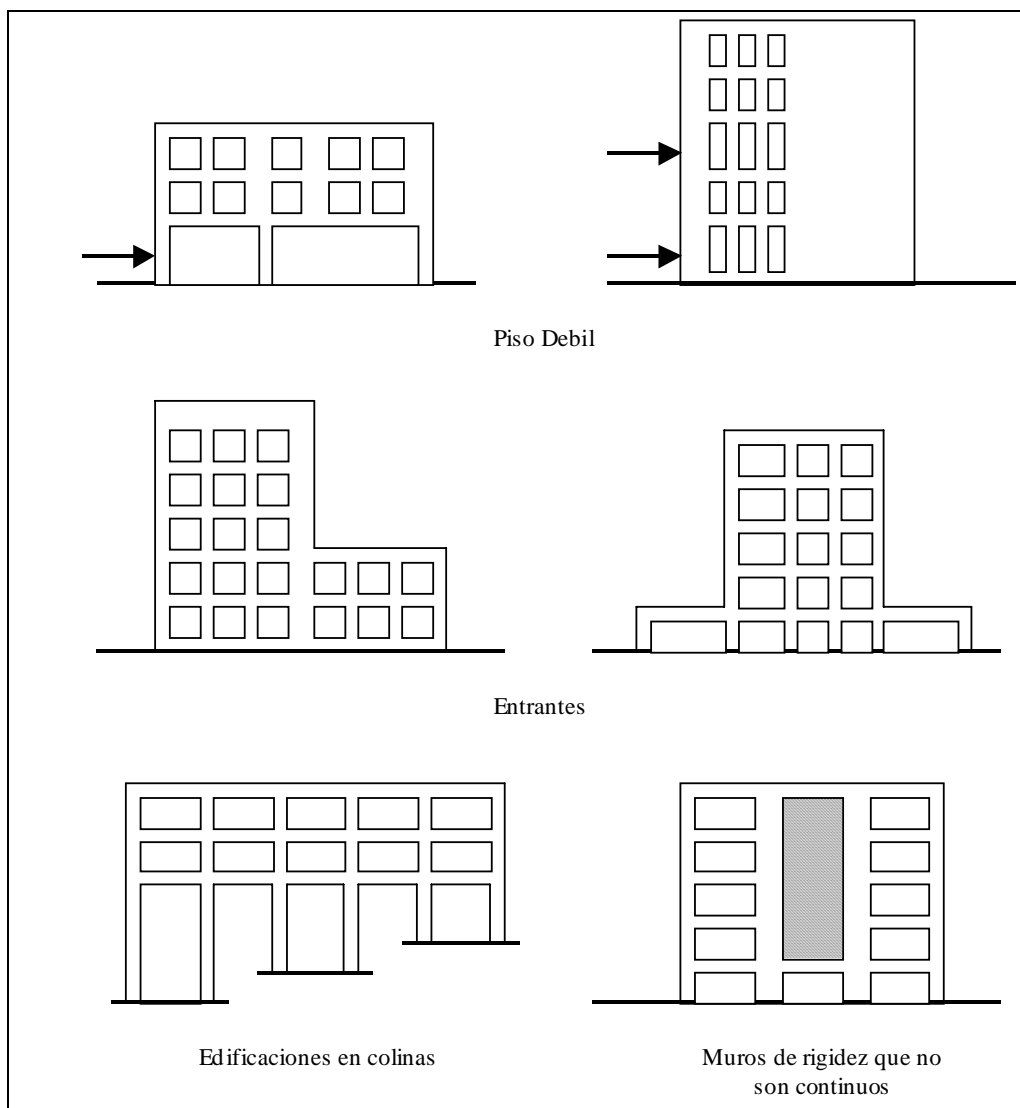


Figura 3-16. Irregularidades en altura
(Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, 1998).



3.13.4 Calidad de la construcción

Dentro de los aspectos constructivos o calidad de la construcción se definen tres categorías (1. Buena, 2. Regular, 3. Mala) para establecer si la edificación ha sido construida con requisitos de calidad y resistencia de los materiales y si se observa que se encuentra en buenas condiciones de mantenimiento, lo que debe evaluarse principalmente con base en la experiencia y criterio del evaluador.

Aquí se busca hacer una revisión de la calidad de los materiales utilizados, tales como concreto, refuerzo, acero, madera, mampostería, mortero de pega, dependiendo del sistema estructural con que cuenta la edificación.

En el caso de concreto reforzado se debe observar la presencia de un recubrimiento suficiente para el refuerzo y el estado de las barras de refuerzo. Debe tenerse en cuenta el estado de oxidación o degradación que presentan los materiales, ya que estos pueden ser indicios de una reducción significativa en la resistencia. Es posible que los materiales se encuentren en pésimas condiciones, lo cual haría más grave la presencia de un daño en la estructura.

En el caso de las edificaciones de mampostería se debe considerar la calidad, tipo y disposición de las unidades de mampostería, así como el espesor, continuidad y uniformidad de las juntas. Otro aspecto que se puede considerar es la presencia de tuberías e instalaciones que atraviesan muros portantes.

En las Fotografías 3-33 se muestran algunos ejemplos de situaciones que ilustran mala calidad en la construcción.



Fotografías 3-33. Ejemplos de mala calidad en la construcción

3.13.5 Configuración estructural

Con este aspecto se intenta identificar si existe o no redundancia estructural, efecto de columna corta, excentricidad y continuidad de los elementos estructurales. Todos estos detalles pueden ser indicativos de una buena o mala concepción estructural, la cual en caso de ser deficiente puede contribuir a un mal comportamiento de la edificación en un sismo. Puede ocurrir que un daño en una estructura mal concebida sea más grave de lo que se esperaría. Una mala configuración



puede favorecer la falla de los elementos estructurales e incluso el colapso. En las Fotografías 3-34 a y b, se presentan dos ejemplos de deficiencias en la configuración estructural como son a) columnas muy esbeltas en una de las direcciones y que algunas vigas no se conectan con las columnas, y b) no hay continuidad en las columnas, desplazándose de la vertical en el primer piso.



Fotografías 3-34. Fallas en la configuración estructural

Uno de los problemas más comunes de configuración estructural es el conocido efecto de columna corta, que se caracteriza porque la columna no está cautiva por los tabiques de relleno en toda su altura, usualmente para permitir una ventana en la parte alta del tabique. Dicha columna tiende a fallar en forma frágil al ser sometida a esfuerzos cortantes excesivos que se generan por estar impedida su deformación hasta la altura de los tabiques. Ver Fotografía 3-35.



Fotografía 3-35. Falla por efecto de columna corta

3.13.6 Configuración de cubierta

La forma como la cubierta esté amarrada a la estructura que la soporta y a su vez la forma como la estructura que soporta esté amarrada al resto de la estructura, al igual que el peso de la misma afectan determinan su vulnerabilidad. Cuando la cubierta de una edificación es muy pesada, esta se moverá como un péndulo invertido causando esfuerzos y tensiones muy severas en los elementos sobre los cuales está soportada.



Tabla 3-25. Criterios para evaluar la configuración de la cubierta

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
BUENA	La cubierta es liviana y está debidamente amarrada y apoyada a la estructura de soporte Existen conexiones o elementos similares que amarran el techo a los muros Hay arriostramiento de las vigas y la distancia entre vigas no es muy grande
REGULAR	Se cumplen parcialmente algunos de los requisitos anteriores
MALA	La mayoría de requisitos de anclaje de tejas, anclaje de la estructura que soporta la cubierta no se cumplen La cubierta es pesada y no está debidamente soportada o arriostrada

Fuente: Adaptado de AIS (2001 a)

3.13.7 Daños por sismos anteriores

La evaluación de los daños por sismos anteriores y la reparación o no de los mismos, permite determinar si la estructura ya se encontraba debilitada previamente o hubo intervenciones que no disminuyeron la vulnerabilidad de la misma y por el contrario, generaron problemas de rigidez o configuración estructural adicionales.

3.13.8 Suelo

Esta denominación incluye cualquier agregado de partículas sólidas, sueltas, no consolidadas o pobremente cementadas, constituidas por minerales o rocas naturales. En la Tabla 3-26 se establecen algunos criterios muy simples para poder clasificar el suelo de forma que se puedan sacar algunas conclusiones sobre su influencia en la vulnerabilidad de la edificación.

Tabla 3-26. Criterios para evaluar el suelo

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
DURO	El suelo de la cimentación es duro, no se evidencian grietas o asentamientos, no se siente vibración cuando pasa un vehículo pesado
MEDIO	El suelo de cimentación es de mediana resistencia. Se pueden presentar manifestaciones de hundimientos pequeños
BLANDO	El suelo es blando o es arena suelta. Se siente la vibración cuando pasan vehículos pesados y la vivienda ha presentado asentamientos considerables durante su existencia. La mayoría de las viviendas en la zona presentan agrietamientos o hundimientos.

Fuente: Adaptado de AIS (2001 a)

3.13.9 Pendiente

Por medio de rangos generales se establecerá de forma cualitativa, durante la inspección de campo, el grado dominante de pendiente para el sector donde se localiza la edificación.

Tabla 3-27. Criterios para evaluar la pendiente

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
PLANA	La topografía es muy poco inclinada menor a 20°
INCLINADA	Pendiente con un ángulo de inclinación entre 20° y 30°
MUY INCLINADA	Pendiente con una inclinación mayor de 30° con la horizontal

Fuente: Adaptado de AIS (2001 a)

3.14 SECCIÓN 9. RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD GENERALES

Se debe establecer si se requiere una visita posterior por parte de algún especialista: ingeniero estructural en caso de que la comisión no cuente con una persona con la debida experiencia y



existan dudas sobre la habitabilidad de la edificación y las recomendaciones a suministrar porque los daños estructurales son importantes o porque se cree que existen problemas de estabilidad de la edificación. De un ingeniero geotecnista en caso de problemas de estabilidad de taludes, asentamientos del suelo, licuación del suelo, etc., o representantes de las empresas de servicios públicos cuando existan fugas o cualquier tipo de daños importantes en este tipo de instalaciones.

Igualmente se debe señalar claramente el tipo de medidas de seguridad que deben ser tomadas por las diferentes autoridades (tránsito, control físico, obras públicas, organismos de socorro) y las medidas de seguridad generales necesarias.

SECCIÓN 9. RECOMENDACIONES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD GENERALES			
<i>Se necesita visita especializada por aspectos:</i>	<i>Se recomienda intervención de:</i>	<i>Medidas de seguridad:</i>	
Estructurales <input type="checkbox"/>	Planeación-Control físico <input type="checkbox"/>	Restringir paso de peatones <input type="checkbox"/>	Evacuar totalmente <input type="checkbox"/>
Geotécnicos <input type="checkbox"/>	Tránsito <input type="checkbox"/>	Restringir tráfico vehicular <input type="checkbox"/>	Evacuar parcialmente <input type="checkbox"/>
Servicios públicos <input type="checkbox"/>	Policía-Ejército <input type="checkbox"/>	Manejo de materiales peligrosos <input type="checkbox"/>	Evacuar edificaciones vecinas <input type="checkbox"/>
	Bomberos - Entidades de rescate <input type="checkbox"/>	Demoler elementos en peligro de caer <input type="checkbox"/>	Desconectar 1.Energía 2.Gas 3.Agua <input type="checkbox"/>
Amplie las recomendaciones y especifique en comentarios los lugares de la edificación que requieran la aplicación de las medidas de seguridad			

3.15 SECCIÓN 10. EFECTO EN LOS OCUPANTES

Aunque la recopilación de esta información es normalmente responsabilidad de los organismos de socorro, es importante consignar en el formulario los efectos en la salud y la vida de los ocupantes, ya que esta información sirve para evaluar parámetros de vulnerabilidad de las diferentes tipologías estructurales.

SECCIÓN 10. EFECTO EN LOS OCUPANTES	
Hubo muertos o heridos:	
1. No 2. Si 3.No se sabe	<input type="checkbox"/>
Número de personas fallecidas	<input type="checkbox"/>
Número de heridos	<input type="checkbox"/>

3.16 SECCIÓN 11. OCUPACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Para efectos de aplicación de las recomendaciones y medidas de seguridad, se debe conocer si la edificación está o no ocupada en el momento de la evaluación. En caso de estar ocupado y requerir evacuación debe quedar muy claro en las recomendaciones y en los comentarios.

El “número de unidades residenciales o comerciales existentes”, sirve para conocer cuántos apartamentos o locales existen y aproximadamente cuantas familias y negocios ocupan la edificación y el “número de unidades residenciales o comerciales no habitables” indica el número de apartamentos o locales gravemente afectados. Esto permite estimar posteriormente el porcentaje de la edificación que tuvo que ser evacuado. La información del número de unidades no habitables sirve para conocer aproximadamente el número de familias que quedaron desprotegidas y probablemente estén bajo la figura de auto-albergue o requieran alojamientos temporales.

SECCIÓN 11. OCUPACION DE LA EDIFICACION	
En el momento de realizar esta evaluación la edificación está habitada:	
1. Si 2. No	<input type="checkbox"/>
Número de unidades residenciales o comerciales existentes	<input type="checkbox"/>
Número de unidades residenciales o comerciales no habitables	<input type="checkbox"/>



3.17 SECCIÓN 12. PERSONA PARA CONTACTO

El nombre y teléfono de una persona para contacto en la edificación, sirve para cualquier diligencia posterior que se deba realizar, ya que se pueden requerir planos, autorización para futuras visitas, etc, por lo tanto se debe consignar el nombre del propietario del inmueble, inquilino o administrador de la edificación. Si es posible, también se debe registrar el número de cédula de dicha persona para facilidad en el registro y búsqueda en la base de datos.

SECCIÓN 12. PERSONA PARA CONTACTO		
Nombres y Apellidos	<input type="text"/>	Cédula No. <input type="text"/>
		Teléfono <input type="text"/>

3.18 SECCIÓN 13. COMENTARIOS

Tal como aparece en el formulario, en esta sección se debe ampliar la evaluación con observaciones que ayuden a darle claridad al formulario y a explicar los motivos principales de la clasificación global y posibles causas del daño. Se deben indicar en el lado izquierdo la sección a la cuál hace referencia el comentario o recomendación. Es importante que se haga referencia a los elementos que generan más riesgo para la estabilidad de la estructura o para la ocupación de la misma. Hacer énfasis en la recomendaciones y medidas de seguridad que condicionan la habitabilidad.

SECCIÓN 13. COMENTARIOS	
En caso de ser necesario, ampliar la evaluación con observaciones que contribuyan a dar claridad sobre el daño y las recomendaciones	
SECCIÓN	

3.19 SECCIONES 14 Y 15. INSPECTORES Y FECHA DE INSPECCIÓN

Cada comisión de evaluadores debe tener un código el cual se coloca en el recuadro correspondiente a “código de la comisión”. Se debe colocar el número de evaluadores así como los nombres y sus firmas.

En la parte derecha del formulario se debe indicar el año (número de cuatro dígitos), el mes (dos dígitos) y el día (dos dígitos). Esta información se complementa colocando la hora en formato 24:00, por ejemplo 15:35. Cuando se presentan réplicas fuertes puede haber daños adicionales en la estructuras y la información sobre la hora de la evaluación permitirá conocer si ésta fue realizada antes o después de la ocurrencia de determinada réplica o de la realización de alguna intervención en la edificación.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arango, Jesús Humberto. 2003. Causas de fallas en las estructuras. Ingeniería del Concreto Ltda. En proceso de edición. Medellín.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. 2002. Guía técnica para inspección de edificaciones después de un sismo Manual de campo. Alcaldía Mayor de Bogotá – Fondo de Prevención y Atención de Emergencias. Bogotá D.C..
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. 2001 a. Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismorresistente de viviendas de mampostería. AIS. Bogotá D.C..
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. 2001 b. Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado. AIS. Bogotá D.C..
- Applied Technology Council, 1989. Procedures for postearthquake safety evaluation of buildings, ATC-20. Redwood City, CA.
- Applied Technology Council, 1989. Field manual: Postearthquake safety evaluation of buildings, ATC-20-1. Redwood City, CA.
- Applied Technology Council, 1995. Addendum to the ATC-20 postearthquake building safety evaluation procedures, ATC-20-2. Redwood City, CA.
- Applied Technology Council, 1996. Cases studies in rapid postearthquake safety evaluation of buildings, ATC-20-3. Redwood City, CA.
- Applied Technology Council, 1985. Earthquake damage evaluation data for California, ATC-13. Redwood City, CA.
- Applied Technology Council, 1996. Evaluating the seismic resistance of existing buildings, ATC-14. Redwood City, CA.
- Buelvas, Jorge, 2002. Metodología de evaluación de daños en edificaciones de concreto reforzado. Dirección General de Prevención y Atención de Desastres - Ministerio del Interior. Bogotá D.C.
- Campos Ana. 1999. Memoria técnica del censo de inmuebles afectados por el sismo del 25 de enero de 1999 en el eje cafetero. Ministerio de Desarrollo. Bogotá D.C.
- Campos, Ana, 2002. Manual para el diligenciamiento del formulario para evaluación geotécnica. Sociedad de Ingenieros del Quindío. Armenia.
- Campos, Ana, Guzmán, Jaime, 2002. Manual para el diligenciamiento del formulario para evaluación geotécnica. Sociedad de Ingenieros del Quindío. Armenia.
- Cardona, Omar D., 2000. Estimación Holística del Riesgo Sísmico Utilizando Sistemas Dinámicos Complejos. Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Cataluña – UPC – Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería – CIMNE, Barcelona.
- Cardona, Omar D., 1999. Vulnerabilidad sísmica de hospitales. Fundamentos para ingenieros y arquitectos. Monografías de ingeniería sísmica. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- Cardona, Omar D., 2003. Plan de Emergencias de Manizales. Alcaldía de Manizales – Oficina Municipal para la Prevención y Atención de Desastres - OMPAD. Manizales.
- Carreño, Martha L., 2001. Sistema experto para la evaluación del daño postsísmico en edificios, Tesis de Maestría, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los Andes. Bogotá, D.C.
- Coburn, Andrew y Spence, Robin, 1992. Earthquake Protection. Wiley, Londres.



- Federal Emergency Management Agency. 1999. Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Building. Basic Procedures Manual. FEMA 306. Washington.
- Federal Emergency Management Agency. 1999. Repair of Earthquake damaged concrete and masonry wall buildings. FEMA-308. Washington..
- Earthquake Engineering Research Institute – EERI. 1994. Ad Hoc Committee on Seismic Performance. Expected Seismic Performance of Buildings, Oakland.
- Earthquake Engineering Research Institute – EERI. 1996. Post-Earthquake Investigation Field Guide. Oakland.
- Federal Emergency Management Agency. 1992. NEHRP Handbook for the seismic evaluation of existing buildings. FEMA-178. Washington..
- Gómez S., C., Barbat, A. H., Oller, S. 2000. Vulnerabilidad de puentes de autopista. Un estado del arte. Monografías de Ingeniería Sísmica. Editor A. H. Barbat. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, Barcelona.
- Hose, Yael, Silva P., y Seible, F. 2000. Development of a Performance Evaluation Database for Concrete Bridge Components and Systems under Simulated Seismic Loads. Earthquake Spectra. EERI, Volume16, Oakland.
- Iglesias, Jesús. Reparación de estructuras de concreto y mampostería. Boletín técnico No. 42. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Bogotá D.C.
- Kircher, Charles A., Nassar, A., Kustu, O., y Holmes, W. 1997. Earthquake Spectra. The Professional Journal of the Earthquake Engineering Research Institute. Volume13, Number 4, EERI, Oakland. .
- Hammond David J. 1992. Patterns Structure collapse and Hazard Identification. Structural Engineer.
- López Oscar y Teshigawana Masaomi. 1997. Cuadernos de Investigación No 40: Informe de Daños en edificaciones durante el Sismo de Colima del 9 de Octubre de 1995 en la Zona Epicentral. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México, D.F.
- Maldonado R., E, Casas, J.R., Canas, J.A.. 2000. Utilización de los Conjuntos Difusos en Modelos de Vulnerabilidad Sísmica. Monografías de Ingeniería Sísmica. Editor A. H. Barbat. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, Barcelona.
- Oaks S.D y Kornfield L.M. 1991. Technical and Policy Related Issues in The application of ATC-20 Postearthquake Safety Evaluation Guidelines After The Loma Prieta Earthquake.
- Ramírez Armando. 1996. Formularios Para Evaluación Postsísmica. Elaborado para el Proyecto para la Mitigación del Riesgo Sísmico. CARDER, Pereira.
- Rodríguez, Mario y Castrillón, Enrique. 1995. Instituto Nacional de Ingeniería UNAM. Manual de Evaluación Postsísmica de la Seguridad Estructural de Edificaciones. Basado en investigaciones Realizadas para el Departamento del Distrito Federal. Series del Instituto de Ingeniería 569. México, D.F.
- Rodríguez Edgar. 1993. Plan de Evaluación Post-Sísmica PETS. INGEOMINAS.
- Singhal, Ajay y Kiremidjian, Anne. 1997. A method for earthquake motion-damage relationships with application to reinforced concrete frames. Stanford University.
- Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica – SMIS- 1998. Manual de Evaluación Postsísmica de la Seguridad Estructural de Edificaciones. Secretaría de Obras y Servicios Gobierno del Distrito Federal. México D.F.
- Sundararajan, C. (Raj), 1995. Probabilistic Structural Mechanics Handbook. Theory and Industrial Applications.



- Takeshi Jumonji. 1996. Norma Para la Evaluación del Nivel de Daño por Sismo en Estructuras y Guía Técnica de Rehabilitación (estructuras de concreto reforzado). Cuaderno de Investigación No 37. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México, D.F.
- Takeshi Jumonji. 1996. Cuaderno de Investigación No 36: Norma para la evaluación del nivel de daño por sismo en estructuras y Guía Técnica de Rehabilitación (estructuras de madera). Centro Nacional de Prevención de Desastres. México, D.F.
- Universidad de los Andes. 2002. Manual para la Rehabilitación de Viviendas Construidas en Adobe y Tapia Pisada. Corporación La Candelaria. Bogotá. Diciembre de 2002.
- Williams, Martin S., Sexsmith, Robert G. 1995. Seismic Damage Indices for Concrete Structures: A State-of-the-art Review. Earthquake Spectra. The Professional Journal of the Earthquake Engineering Research Institute. Volume 11, Number 2.