

# DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Facultad de Ingeniería

## EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD POSTSÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES

Enrique Castrillón Trujillo

TRABAJO

PRESENTADO A LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE  
POSGRADO DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
COMO REQUISITO PARA OBTENER  
EL GRADO DE  
MAESTRO EN INGENIERÍA  
(ESTRUCTURAS)

CIUDAD UNIVERSITARIA

MÉXICO, D.F., 1992



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



DEPFI



DEPFI

T. UNAM  
1 9 9 2  
CAS

20216

## DEDICATORIA

A la generosidad del pueblo de México y sus instituciones.

A mi madre.

A mi familia, a quienes recuerdo con gran cariño.

Al Dr. Mario Rodriguez R., asesor del presente trabajo.

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.	1
2.	REVISIÓN DE LA LITERATURA EXISTENTE.	
2.1	INTRODUCCIÓN.	3
2.2	NORMA PARA INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE DAÑOS. (Japon, 1990).	
2.2.1	Introducción.	3
2.2.2	Riesgo asociado a la estructura.	7
2.2.2.1	Metodología de evaluación.	7
2.2.2.2	Criterios para la evaluación de seguridad de la estructura.	9
2.2.3	Riesgo asociado a la posible caída o volteo de objetos.	9
2.2.3.1	Metodología de evaluación.	9
2.2.3.2	Criterios para la evaluación de la seguridad por la posible caída o volteo de objetos.	10
2.2.4	Recomendaciones.	10
2.2.5	Ejemplo de aplicación.	11
2.3	PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN POSTSÍSMICA DE LA SEGURIDAD DE EDIFICACIONES ATC-20 (1989)	
2.3.1	Introducción.	14
2.3.2	Método de evaluación rápida.	16
2.3.3	Método de evaluación detallada.	19
2.3.4	Evaluación de ingeniería.	23
2.4	METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS PARA EVALUACIÓN DE DAÑOS POR SISMOS. YUGOSLAVIA (1984)	
2.4.1	Introducción.	28
2.4.2	Metodología de inspección y evaluación de daños	29
2.4.3	Ejemplo de aplicación.	35

<b>3.</b>	<b>MANUAL PARA EVALUACIÓN POSTSÍSMICA DE LA SEGURIDAD DE EDIFICACIONES.</b>	
3.1	INTRODUCCIÓN.	38
3.2	OBJETIVOS.	38
3.3	MÉTODOS DE EVALUACIÓN.	39
3.3.1	Introducción.	39
3.3.2	Clasificación del estado de la edificación.	40
3.4	EVALUACIÓN RÁPIDA.	44
3.4.1	Objetivos.	44
3.4.2	Inspectores.	44
3.4.3	Criterios y procedimientos para la evaluación Rápida.	44
3.4.4	Clasificación del estado de la edificación.	46
3.4.5	Pasos a seguir en la Evaluación Rápida.	47
3.5	EVALUACIÓN DETALLADA	58
3.5.1	Objetivos	58
3.5.2	Inspectores	58
3.5.3	Criterios y procedimiento para la Evaluación Detallada.	59
3.5.4	Criterios de clasificación	60
3.5.5	Forma para inspección postsísmica - Evaluación Detallada.	61
3.5.5.1	Descripción de la edificación.	62
3.5.5.2	Descripción de la estructura.	62
3.5.5.3	Evaluación de la seguridad de la estructura.	63
3.5.5.4	Evaluación de la seguridad de elementos no-estructurales.	63
3.5.5.5	Clasificación, recomendaciones y comentarios.	64
3.5.6	Pasos a seguir en la Evaluación Detallada.	64
3.6	Equipo para la inspección.	88
	<b>REFERENCIAS.</b>	<b>89</b>

## 1. INTRODUCCIÓN.

La posibilidad de terremotos y en consecuencia el peligro de derrumbe de edificaciones, son un riesgo latente en buena parte de la Republica Mexicana.

Muchas edificaciones se han construido en forma paralela al crecimiento económico y poblacional. El primero ha estimulado el avance de las técnicas de diseño sísmico, el cual está principalmente asociado a las nuevas estructuras que ocupan un pequeño porcentaje dentro del volumen de las edificaciones no-sísmicas existentes.

La existencia de un número importante de estructuras con poca capacidad resistente a sismos, así como la baja calidad de algunas nuevas estructuras ha ocasionado que un porcentaje importante de edificaciones sufra frecuentemente daños considerables por terremotos, con los consiguientes riesgos para la seguridad de sus ocupantes, y hace suponer que en futuros eventos sísmicos se esperen daños y pérdidas aún mayores.

Dada su importancia, la evaluación postsísmica del estado de las edificaciones ha recibido poca atención; pues no se cuenta con criterios claros en edificaciones con daño estructural lo que impide colocar estructuras en servicio antes de reparar el daño. Asimismo, no está definido un criterio de nivel de daño permisible, que permita ocupar edificaciones con fines de emergencia.

Por lo tanto, es necesario el desarrollo de criterios y procedimientos para evaluar daños y la seguridad de las edificaciones posterior a un movimiento sísmico. Es necesario evitar que la gente ocupe edificaciones inseguras.

Pretender desarrollar procedimientos y guías de inspección postsísmica en donde la revisión de solo unos cuantos aspectos determine la seguridad de una edificación es un objetivo casi imposible dada la complejidad de los factores que intervienen. Sin embargo, es posible proponer procedimientos de revisión que ayuden a los inspectores a observar los daños y comprender su impacto sobre la seguridad.

El presente trabajo tiene como objetivo principal el elaborar un procedimiento de evaluación rápida que facilite la labor de clasificación postsísmica de la seguridad de edificaciones; con este fin, en el capítulo segundo se revisa la literatura existente sobre el tema y se resumen algunas de las publicaciones más trascendentes. Asimismo, en el capítulo tercero se elabora un manual de criterios y procedimientos de inspección postsísmica para las edificaciones más comunes en el Distrito Federal.



## **2. REVISIÓN DE LA LITERATURA EXISTENTE**

### **2.1 INTRODUCCIÓN.**

La primera etapa del presente trabajo fue la revisión de la literatura existente. El propósito de esta recolección de información fue su uso como base inicial para el desarrollo de un manual de procedimientos y guías de inspección postsísmica.

La revisión de la literatura incluyó publicaciones de México y el extranjero. Sobre algunas de las más elaboradas y que tuvieron más influencia en el trabajo final se incluyen resúmenes abajo.

En México existen algunas publicaciones sobre el tema principalmente posteriores al terremoto de 1985, como "Dictamen técnico de la seguridad de edificaciones" (Ref 1), "Evaluación de edificios de concreto en la ciudad de México" (Ref 2), "Dictamen previo de escuelas" (Ref 3), "Criterios para evaluación de daños" (Ref 4), "Manual para evaluar daños causados por sismos en edificios de concreto reforzado" (Ref 5), entre otras, algunas de ellas adaptadas de publicaciones extranjeras y que no coinciden con los propósitos de evaluación de seguridad de emergencia del presente trabajo.

Entre las publicaciones extranjeras revisadas destacan "Norma para inspección y evaluación de daños" (Ref 6), "Procedimientos para la evaluación postsísmica de la seguridad de edificaciones - ATC 20" (Ref 7), "Metodología y procedimientos para evaluación de daños por sismo" (Ref 9) y "Rapid visual screening for buildings for potential seismic hazards - ATC 21" (Ref 11)

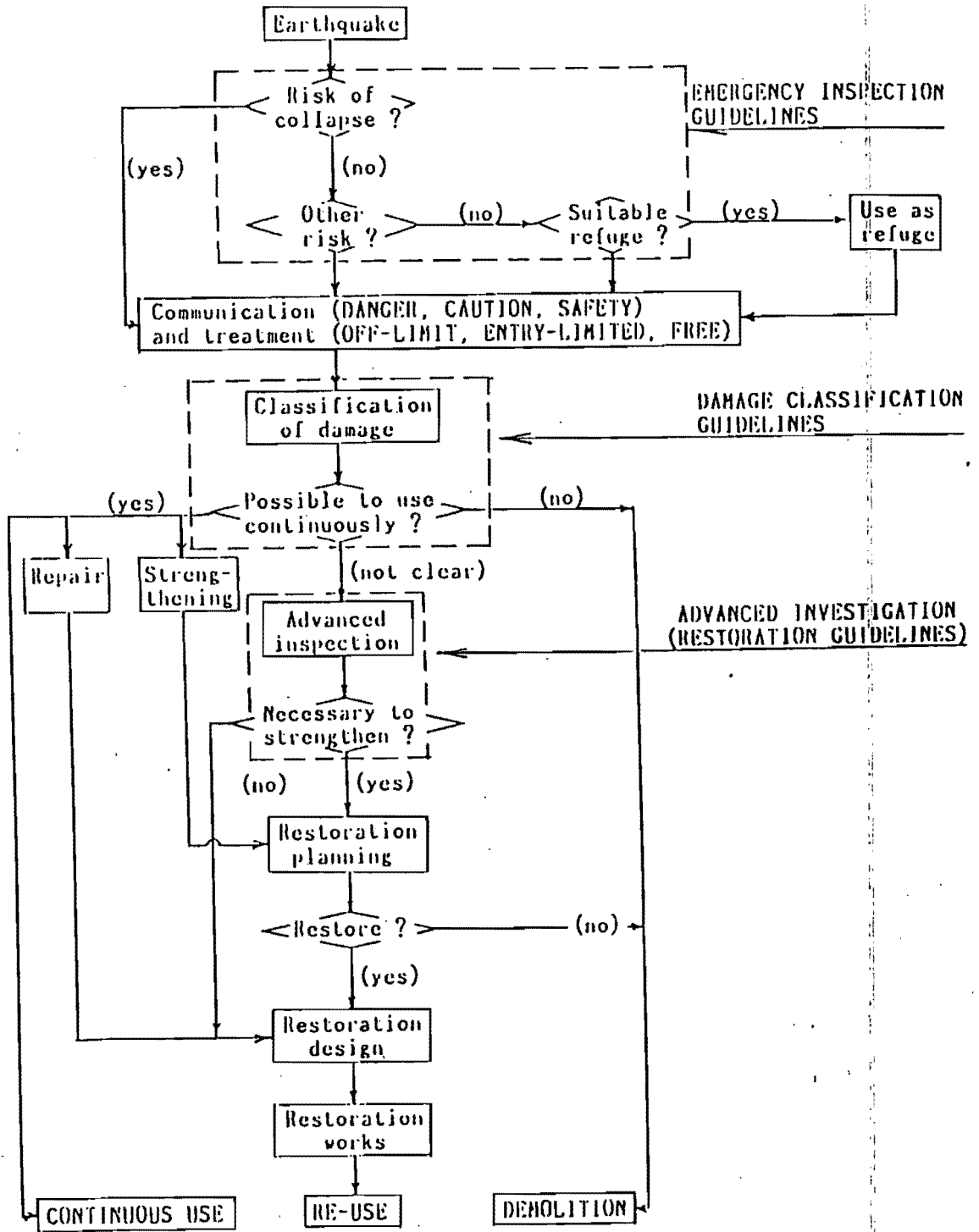
### **2.2 NORMA PARA INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE DAÑOS (JAPÓN, 1990)**

#### **2.2.1 Introducción.**

Esta guía para inspecciones de emergencia es parte de la norma de procedimientos de inspección, evaluación y técnicas de reparación de edificios afectados por sismos (Ref 6), como se observa en el diagrama de flujo de la figura 2.1.

Este procedimiento de evaluación tiene como objetivos la inspección

FIG 2.1 DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL PARA INSPECCION, EVALUACION Y RESTAURACION POSTSISMICA



inmediata de los daños en edificios después de un terremoto y evaluar el nivel de riesgo de edificios ante temblores secundarios ocasionado por el daño estructural existente, y la posible caída y volteo de objetos; así, como recomendar cualquier restricción acerca del uso del edificio a propietarios o residentes, correspondientes a los resultados de la evaluación de daño.

El procedimiento es aplicable en la inspección y evaluación de daños en edificios de: marcos de concreto reforzado, muros de rigidez o combinaciones de ambos que sufrieron daños por sismos. La norma también sugiere que puede aplicarse a: edificios de mampostería reforzada, edificios presforzados o edificios mixtos de concreto reforzado y acero.

La inspección debe ser realizada por ingenieros civiles o personas encargadas por parte de las autoridades locales para la revisión del diseño y/o construcción de edificaciones (no necesariamente especialistas en estructuras).

Los principales aspectos que cubre esta inspección son:

- El contorno de la edificación.
- Los valores máximos de asentamiento y inclinación.
- Los daños de la estructura.
- La posibilidad de caída de objetos.
- El posible volteo de elementos.

En este procedimiento de evaluación se considera que el nivel de riesgo del uso de una edificación, inmediatamente después de un terremoto, proviene principalmente de dos fuentes de riesgo. La primera asociada a la estructura del edificio y la segunda asociada a la posible caída o volteo de objetos. Para cada una de estas fuentes se evalúan los niveles de riesgo respectivos, los que se asocian de manera simplista a niveles de seguridad: segura (A), cuidado (B), y peligro (C). En la primera fuente, se evalúa de manera simplista el nivel de daño de los elementos estructurales afectados por el terremoto.

En la figura 2.2 se muestra la hoja de campo por emplear en la inspección postsísmica de emergencia.

A continuación se describen los pasos en que se basa esta

**FORM FOR POST-EARTHQUAKE EMERGENCY INSPECTION  
<FOR REINFORCED CONCRETE BUILDINGS>**

**TIME AND DATE OF INSPECTION**

TIME :  a.m.  p.m. DAY \_\_\_\_\_ MON \_\_\_\_\_ YEAR \_\_\_\_\_

NAME OF INSPECTOR : \_\_\_\_\_

**1. DESCRIPTION OF BUILDING INSPECTED**

1.1 NAME : \_\_\_\_\_  
 1.2 LOCATION : \_\_\_\_\_  
 1.3 OWNER : \_\_\_\_\_ TEL \_\_\_\_\_  
 1.4 CONTACT PERSON : \_\_\_\_\_ TEL \_\_\_\_\_  
 1.5 USE :

- PRIVATE USE :  RESIDENCE  APARTMENT  OFFICE  STORE  
 WAREHOUSE  FACTORY  
 OTHER \_\_\_\_\_  
 PUBLIC USE :  SCHOOL  NURSERY  CITY HALL  PUBLIC HALL  
 POLICE ST  FIRE ST  HOSPITAL  GYMNASIUM  
 ASSEMBLY HALL  BROADCAST ST  
 OTHERS \_\_\_\_\_

1.6 NUMBER OF FLOORS : ABOVE THE GROUND \_\_\_\_\_  
 BASEMENT \_\_\_\_\_ PENT HOUSE \_\_\_\_\_

1.7 STRUCTURAL SYSTEM :  MOMENT RESISTING FRAME  FLAT SLAB  
 WALL (BOX) TYPE STRUCTURE

1.8 CLADDING :  MORTAR  TILE  CURTAIN WALL  BRICK  
 SHEET METAL  NONE  OTHERS \_\_\_\_\_

**2. INSPECTION**

**2.1 INSPECTION FOR STRUCTURES**

**(EXTERIOR DAMAGE)**

	(A)	(B)	(C)
OVERALL INCLINATION (Deg)	<input type="checkbox"/> < 1	<input type="checkbox"/> 1 - 2	<input type="checkbox"/> > 2
OVERALL SETTLEMENT (a)	<input type="checkbox"/> < 0.2	<input type="checkbox"/> 0.2 - 1	<input type="checkbox"/> > 1.0

DAMAGE TO STRUCTURAL MEMBERS AT THE FLOOR NO. : \_\_\_\_\_  
 (a) IN CASE OF FRAME STRUCTURE / FLAT SLAB  
 TOTAL NUMBER OF EXTERIOR COLUMNS : \_\_\_\_\_  
 NUMBER / RATIO OF EXTERIOR COLUMNS TO DAMAGE RANK :  
 RANK-IV \_\_\_\_\_ /  < 10 %  10 - 20 %  > 20 %  
 RANK-V \_\_\_\_\_ /  < 1 %  1 - 10 %  > 10 %

(b) IN CASE OF WALL (BOX) TYPE STRUCTURES  
 TOTAL LENGTH OF EXTERIOR WALLS : \_\_\_\_\_ (a)  
 LENGTH / RATIO OF EXTERIOR WALLS TO DAMAGE RANK :  
 RANK-IV \_\_\_\_\_ /  < 10 %  10 - 20 %  > 20 %  
 RANK-V \_\_\_\_\_ /  < 1 %  1 - 10 %  > 10 %

**(INTERIOR DAMAGE)**

(a) IN CASE OF FRAME STRUCTURE / FLAT SLAB  
 TOTAL NUMBER OF INTERIOR COLUMNS : \_\_\_\_\_  
 NUMBER / RATIO OF INTERIOR COLUMNS TO DAMAGE RANK :  
 RANK-IV \_\_\_\_\_ /  < 10 %  10 - 20 %  > 20 %  
 RANK-V \_\_\_\_\_ /  < 1 %  1 - 10 %  > 10 %

(b) IN CASE OF WALL (BOX) TYPE STRUCTURES  
 TOTAL LENGTH OF INTERIOR WALLS : \_\_\_\_\_ (a)  
 LENGTH / RATIO OF INTERIOR WALLS TO DAMAGE RANK :  
 RANK-IV \_\_\_\_\_ /  < 10 %  10 - 20 %  > 20 %  
 RANK-V \_\_\_\_\_ /  < 1 %  1 - 10 %  > 10 %

**2.2 POSSIBLE RISK OF OVERTURNING OR FALLING OBJECTS**

	RISK LEVEL		
	(a) SAFETY	(b) CAUTION	(c) DANGER
<b>(EXTERIOR)</b>			
WINDOW GLASS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SIGN-TOWER	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SIGNBOARD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
STAIRCASE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CLADDING	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EAVES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
BALCONY	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PARAPET	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ELEVATED TANK	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
COOLING TOWER	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CHIMNEY	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PENTHOUSE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OTHERS : _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>(INTERIOR)</b>			
CEILING	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIGHTING APPARATUS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OTHERS : _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**3. RESULTS OF INSPECTION**

\* TOTAL NUMBER OF RISK LEVEL-(c) : \_\_\_\_\_  
 \* TOTAL NUMBER OF RISK LEVEL-(b) : \_\_\_\_\_

**4. DECISION AND SUGGESTION**

	BUILDING	BUILDING-SURROUNDINGS
SAFETY	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CAUTION (ENTRY LIMITED)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DANGER (OFF LIMITS)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

POST-EARTHQUAKE EMERGENCY INSPECTION FORM

metodología.

## 2.2.2 Riesgo asociado a la estructura.

### 2.2.2.1 Metodología de evaluación.

Para este riesgo se evalúan tres aspectos.

- a) Asentamiento.
- b) Inclinación.
- c) Daño en elementos estructurales.

Los niveles de riesgo para estos aspectos, se asocian a grados de daño A, B, C que a continuación se describen

#### a) Asentamiento.

El grado de daño de acuerdo al máximo asentamiento(S), se debe clasificar como.

$S < 0.2 \text{ m}$	$\implies$	Grado A
$0.2 \text{ m} < S < 1.0 \text{ m}$	$\implies$	Grado B
$S > 1.0 \text{ m}$	$\implies$	Grado C

#### b) Inclinación.

El grado de daño asociado a la máxima inclinación, se evalúa con base en el ángulo de inclinación  $\theta$  (Grados)

$\theta < 1^\circ$	$\implies$	Grado A
$1^\circ < \theta < 2^\circ$	$\implies$	Grado B
$\theta > 2^\circ$	$\implies$	Grado C

El ángulo  $\theta$  de máxima inclinación es igual a

$$\theta = \sqrt{\theta_x^2 + \theta_y^2}$$

donde  $\theta_x$ ,  $\theta_y$  son los ángulos de inclinación en cada dirección perpendiculares en la esquina de la edificación.

#### c) Daño en elementos estructurales.

El grado de daño de elementos estructurales se investiga en el piso más dañado, en donde se evalúan por separado columnas y muros exteriores, así como columnas y muros interiores; obteniéndose el porcentaje de elementos que tienen los rangos de daño IV y V en el piso.

Los niveles de daño I a V se describen en la tabla 2.1.

**TABLA 2.1 - CRITERIO PARA RANGO DE DAÑO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES**

RANGO	ESTADO DE DAÑO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES
I	Grietas estrechas, pero visibles, sobre la superficie de concreto. (Grietas con anchos menor de 0.2 mm).
II	Grietas claramente visibles sobre la superficie del concreto. (Grietas con anchos entre 0.2 - 1.0 mm.)
III	Agrietamiento local del recubrimiento de concreto. Grietas considerablemente grandes (anchos entre 1 - 2 mm.)
IV	Agrietamiento apreciable del concreto, se observan barras expuestas. Pérdida del recubrimiento del concreto.
V	Barras de refuerzo pandeadas. Núcleo del concreto agrietado. Deformación vertical de la columna/muro. Asentamiento o inclinación en el sistema de piso.

Una vez obtenido el porcentaje de elementos en el piso con rango de daño IV y V, los grados de daño se asignan como sigue:

	<10 %	Grado A
Rango IV	10% - 20%	Grado B
	>20 %	Grado C
	< 1%	Grado A
Rango V	1% - 10%	Grado B
	>10%	Grado C

Los rangos de daño I, II, III no influyen en la clasificación de seguridad de esta parte de la inspección.

La investigación se realiza en las dos direcciones principales y si el daño en las vigas del marco es más severo que el de columnas, el rango de daño de columnas debe ser reemplazado por el de las vigas vecinas.

#### **2.2.2.2 Criterios para la evaluación de la seguridad de la estructura.**

La seguridad de la estructura se asocia a niveles de seguridad de acuerdo a los aspectos anteriores con el siguiente criterio.

**PELIGRO:** Un edificio que se le asigne más de un grado de daño C o dos grados de daño B.

**CUIDADO:** Un edificio al que se le asignó más de un grado de daño B o que tenga más de un miembro estructural con rango de daño de elementos III.

**SEGURO:** Un edificio que no correspondio a las clasificaciones anteriores de "Peligro o cuidado"

#### **2.2.3 Riesgo asociado a la posible caída o volteo de objetos.**

##### **2.2.3.1 Metodología de evaluación.**

El nivel de riesgo por posible caída o volteo de objetos se investiga en cualquier aspecto que, por estos motivos, pueda poner en peligro a los ocupantes del edificio o peatones en la vía pública. Su grado de daño se evalúa como: (A) seguro, (B) cuidado, (C) peligro.

Algunos aspectos a inspeccionar en exteriores serían tales como:

- Ventanas de vidrio.
- Torres de anuncios.
- Anuncios.
- Escaleras.
- Recubrimientos de fachada.
- Aleros de tejados.
- Balcones.
- Antepechos, pretilas.
- Tanques elevados.

- Torres de enfriamiento.
- Chimeneas.
- Penthouses.
- Otros.

En interiores se inspeccionarían aspectos como:

- Cielorascos.
- Lámparas.
- Otros.

### **2.2.3.2 Criterios para la evaluación de la seguridad por la posible caída o volteo de objetos.**

La seguridad asociada a los aspectos anteriores se evalúa como sigue.

**PELIGRO:** Un edificio, que tiene más de un grado de daño C o más de dos grados de daño B.

**CUIDADO:** Un edificio que posee más de un grado de daño B.

**SEGURO:** Un edificio que no corresponda a las clasificaciones anteriores.

### **2.2.4 Recomendaciones.**

Las personas que realizan la inspección, basados en los niveles de riesgo, deben recomendar un tratamiento de emergencia para el edificio al propietario o a los residentes, tales recomendaciones deberían ser:

- Prohibir la entrada a las estructuras de los edificios, clasificadas con "Peligro" para la estructura.
- Prohibir la entrada a edificios, donde se considero con "Peligro" la caída o volteo de objetos alrededor de la entrada.
- Prohibir la entrada a áreas de edificios, donde se considero la posible caída o volteo de objetos con "Peligro".
- Sugerir precaución a las personas que entren a edificios juzgados con "Cuidado", para la estructura del edificio o por la posible caída de objetos.
- Permitir uso sin restricciones a los edificaciones juzgadas como "Segura".



Las recomendaciones para un edificio pueden cambiar, después de realizar la reparación y/o reforzamiento de emergencia o cuando la situación acerca de la seguridad/peligro cambie.

#### 2.2.5 Ejemplo de aplicación.

En el terremoto de Nihonkai-Chubu de 1983, el hospital de la ciudad de Namioka, un edificio de concreto reforzado, sufrió daños estructurales importantes.

El edificio, construido en los años de 1968-1970, es de planta estructural irregular consistente de un bloque norte de cinco pisos y sótano, un bloque este de dos pisos y el resto de un piso todos distribuidos alrededor de un patio central.

Los materiales empleados en el diseño fueron  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para el concreto y  $f'y = 3500 \text{ kg/cm}^2$  para el acero.

La revisión mostró que el edificio sufrió daños severos por el sismo. Los tres pisos inferiores, incluyendo el sótano, no sufrieron el mismo daño de los pisos superiores, posiblemente por la influencia de los bloques este, oeste y sur. Los daños más severos se observaron en el tercer piso (cuarto nivel incluyendo sótano) en la dirección del eje X.

La mayor parte de los vidrios de las ventanas, de los pisos situados arriba del tercer nivel se dañaron y rompieron. Los parapetos (pretilas) de concreto reforzado del techo, de los costados este y oeste, se inclinaron, al igual que la chimenea de concreto reforzado. Los acabados de baldosín y mortero, en las paredes exteriores del edificio norte, se desprendieron.

Casi todas las columnas del tercer nivel presentaron grietas por cortante un poco más importantes que las debidas a adherencia del acero o al desprendimiento del recubrimiento del concreto.

Al aplicar la norma japonesa de inspección de daños a esta estructura, el nivel de daño concerniente al asentamiento y inclinación del edificio fue juzgado con Rango A, al no observarse deformaciones visibles del suelo alrededor del edificio. El nivel de daño concerniente al daño de la estructura fue juzgado con

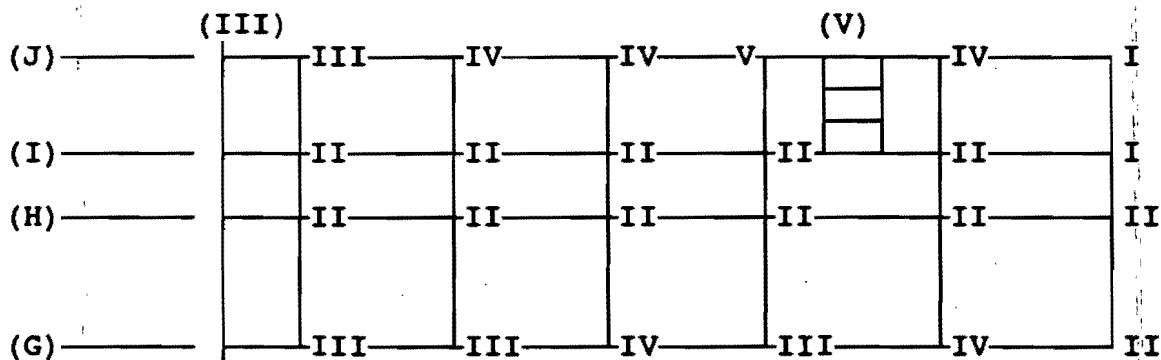
Rango C, por el deterioro severo de las columnas, algunas correspondientes a Rango IV y V, como se observa en la figura 2.3 correspondiente al tercer nivel.

El nivel de riesgo correspondiente a la caída y volteo de objetos, fue juzgado como Rango C para algunos aspectos, debido a los siguientes motivos:

- a) Muchos recubrimientos de las fachadas exteriores, de los lados este y oeste, se desprendieron.
- b) Los parapetos de concreto reforzado, en los lados este y oeste, se inclinaron hacia el exterior del edificio.
- c) El nivel de la chimenea se inclinó apreciablemente.

La forma de inspección de emergencia correspondiente al hospital de Namioka, se observa en la figura 2.4.

**FIGURA 2.3 - RANGO DE DAÑO DE COLUMNAS EN EL TERCER NIVEL**



Los niveles de riesgo asociados a los rangos de daño anteriores tuvieron la clasificación de:

"Peligro" para la estructura, por existir más de un aspecto concerniente a daño estructural en rango de daño C.

"Peligro" a la posible caída o volteo de objetos, por la existencia de varios aspectos juzgados con rango C como chimenea, parapetos y las paredes exteriores.

El tratamiento de emergencia a seguir fue prohibir la entrada porque el nivel de riesgo de la estructura estaba considerado como "Peligro". También la aproximación a los exteriores de los lados este y oeste fue prohibida, de acuerdo con las consideraciones de "Peligro" por posible caída o volteo de objetos.

**FORM FOR POST-EARTHQUAKE EMERGENCY INSPECTION**  
**<FOR REINFORCED CONCRETE BUILDINGS>**

**TIME AND DATE OF INSPECTION**

TIME :  a.m.  p.m. \_\_\_\_\_ DAY \_\_\_\_\_ MON \_\_\_\_\_ YEAR \_\_\_\_\_

NAME OF INSPECTOR : \_\_\_\_\_

**1. DESCRIPTION OF BUILDING INSPECTED**

1.1 NAME : NAMZOKA TOWN HOSPITAL

1.2 LOCATION : \_\_\_\_\_

1.3 OWNER : \_\_\_\_\_ TEL \_\_\_\_\_

1.4 CONTACT PERSON : \_\_\_\_\_ TEL \_\_\_\_\_

1.5 USE :

- PRIVATE USE :  RESIDENCE  APARTMENT  OFFICE  STORE  
 WAREHOUSE  FACTORY  
 OTHER \_\_\_\_\_

- PUBLIC USE :  SCHOOL  NURSERY  CITY HALL  PUBLIC HALL  
 POLICE ST  FIRE ST  HOSPITAL  GYMNASIUM  
 ASSEMBLY HALL  BROADCAST ST  
 OTHERS \_\_\_\_\_

1.6 NUMBER OF FLOORS : ABOVE THE GROUND 5  
 BASEMENT 1 PENT HOUSE 2

1.7 STRUCTURAL SYSTEM :  MOMENT RESISTING FRAME  FLAT SLAB  
 WALL (BOX) TYPE STRUCTURE

1.8 CLADDING :  MORTAR  TILE  CURTAIN WALL  BRICK  
 SHEET METAL  NONE  OTHERS \_\_\_\_\_

**2. INSPECTION**

**2.1 INSPECTION FOR STRUCTURES**

**(EXTERIOR DAMAGE)**

- \* OVERALL INCLINATION (Deg)  <1  1 - 2  >2  
 \* OVERALL SETTLEMENT (a)  <0.2  0.2 - 1  >1.0  
 \* DAMAGE TO STRUCTURAL MEMBERS AT THE FLOOR NO. : 3

(a) IN CASE OF FRAME STRUCTURE / FLAT SLAB  
 TOTAL NUMBER OF EXTERIOR COLUMNS : 12  
 NUMBER / RATIO OF EXTERIOR COLUMNS TO DAMAGE RANK :  
 RANK-IV 4 4/12  <10 %  10 - 20 %  >20 %  
 RANK-V 2 2/12  <1 %  1 - 10 %  >10 %

(b) IN CASE OF WALL (BOX) TYPE STRUCTURES  
 TOTAL LENGTH OF EXTERIOR WALLS : \_\_\_\_\_ (a)  
 LENGTH / RATIO OF EXTERIOR WALLS TO DAMAGE RANK :  
 RANK-IV \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  <10 %  10 - 20 %  >20 %  
 RANK-V \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  <1 %  1 - 10 %  >10 %

**(INTERIOR DAMAGE)**

(a) IN CASE OF FRAME STRUCTURE / FLAT SLAB  
 TOTAL NUMBER OF INTERIOR COLUMNS : 12  
 NUMBER / RATIO OF INTERIOR COLUMNS TO DAMAGE RANK :  
 RANK-IV 0 0/12  <10 %  10 - 20 %  >20 %  
 RANK-V 0 0/12  <1 %  1 - 10 %  >10 %

(b) IN CASE OF WALL (BOX) TYPE STRUCTURES  
 TOTAL LENGTH OF INTERIOR WALLS : \_\_\_\_\_ (a)  
 LENGTH / RATIO OF INTERIOR WALLS TO DAMAGE RANK :  
 RANK-IV \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  <10 %  10 - 20 %  >20 %  
 RANK-V \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  <1 %  1 - 10 %  >10 %

**2.2 POSSIBLE RISK OF OVERTURNING OR FALLING OBJECTS**

	RISK LEVEL		
	(a) SAFETY	(b) CAUTION	(c) DANGER
<b>(EXTERIOR)</b>			
* WINDOW GLASS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
* SIGN-TOWER	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
* SIGNBOARD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
* STAIRCASE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
* CLADDING	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
* EAVES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
* BALCONY	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
* PARAPET	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
* ELEVATED TANK	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
* COOLING TOWER	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
* CHIMNEY	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
* PENTHOUSE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
* OTHERS : _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>(INTERIOR)</b>			
* CEILING	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
* LIGHTING APPARATUS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
* OTHERS : _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**3. RESULTS OF INSPECTION**

\* TOTAL NUMBER OF RISK LEVEL-(c) : \_\_\_\_\_  
 \* TOTAL NUMBER OF RISK LEVEL-(b) : \_\_\_\_\_

**4. DECISION AND SUGGESTION**

	BUILDING	BUILDING-SURROUNDINGS
* SAFETY	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
* CAUTION (ENTRY LIMITED)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
* DANGER (OFF LIMITS)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

RESULTS OF EMERGENCY INSPECTION

FIG 2.4

## 2.3 PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACION POSTSISMICA DE LA SEGURIDAD DE EDIFICACIONES ATC-20 (1989)

### 2.3.1 Intoducción.

Los objetivos de los procedimientos propuestos en el manual de ATC-20 (Ref 7) son: servir de procedimiento y guía para la evaluación postsísmica de la seguridad de los tipos de edificaciones comunes en Estados Unidos de Norteamérica, y obtener una evaluación uniforme, razonable y congruente.

El manual ATC-20 define tres niveles de evaluación:

- 1) Evaluación rápida a realizar por inspectores de edificios, ingenieros civiles o estructurales y otras personas relacionadas con el diseño y construcción de edificios.
- 2) Evaluación detallada de estructuras dudosas a realizar por ingenieros estructurales.
- 3) Evaluación de ingeniería a realizar por ingenieros consultores de estructuras para los edificios cuya seguridad no puede ser definida por las evaluaciones anteriores.

Los procedimientos de evaluación de seguridad propuestos por el ATC-20 se describen esquemáticamente en el diagrama de flujo de la figura 2.5, donde se indica la secuencia para evaluación de daños y las categorías de seguridad de edificaciones a que se llega con estos procedimientos.

La metodología de inspección visual propuesta por el ATC-20 no se aplica a edificaciones especiales como hospitales, edificios de bomberos, policía, etc, que deberán someterse a evaluación detallada por ingenieros estructurales.

Para la aplicación en el campo de esta metodología, se dispone del Manual de campo ATC-20-1 (Ref 8) que contiene una breve descripción de los aspectos principales y ayudas del manual ATC-20.

Los resultados de las evaluaciones arriba mencionadas se asocian a la siguiente clasificación de seguridad mostrada en la tabla 2.2.

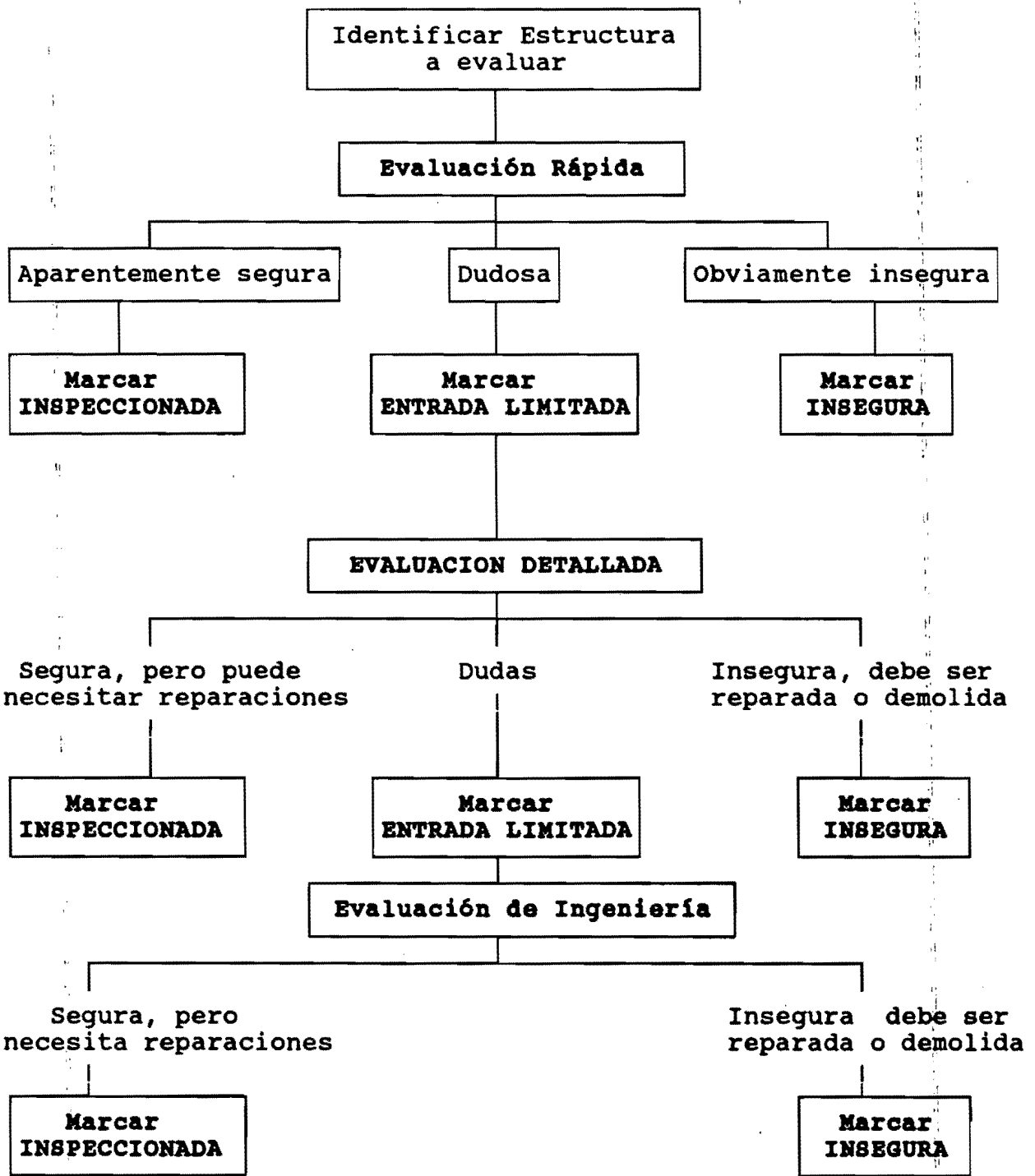


Figura 2.5

**TABLA 2.2**

CLASIFICACION	COLOR	DESCRIPCION
Inspeccionado	Verde	No se encuentra en peligro aparente, podría requerir posibles reparaciones. La capacidad original a resistir cargas laterales no presenta disminución significativa. Sin restricciones de ocupación o de uso.
Entrada limitada	Amarillo	Pueden presentarse situaciones peligrosas. La entrada de propietarios sólo es permitida con fines de emergencia y únicamente bajo su propio riesgo. No se permite uso continuo, ni entrada al público. Posibilidad de riesgos mayores por temblores secundarios.
Insegura	Rojo	Alto riesgo, posible colapso. Peligro inminente de colapso por temblores secundarios. Insegura para ocupar o entrar, excepto por las autoridades.

Adicional a la clasificación de edificaciones en general, es posible designar ciertas áreas del interior o del contorno de la edificación como inseguras.

A continuación se describen cada uno de los niveles de evaluación.

### **2.3.2 Método de evaluación rápida**

Su objetivo es la inspección y evaluación rápida de edificaciones en el área dañada, utilizando los conocimientos y experiencia de personas relacionadas con el sector de la construcción, no necesariamente ingenieros estructurales.

Después de inspeccionar los edificios del área afectada, los

aparentemente seguros o los obviamente inseguros son identificados mediante avisos visibles en el exterior del edificio, el resto de las edificaciones se clasifican como dudosas y son dejadas para una evaluación detallada por un ingeniero estructural.

El procedimiento de evaluación empieza recorriendo el contorno de la edificación, la inspección al interior sólo se realiza en el caso de dudas o cuando los ocupantes reporten la existencia de algún problema.

Cada edificio es evaluado usando los seis criterios básicos dados en la tabla 2.3 y los resultados de la evaluación se fijan en el exterior de la edificación por medio de placas como las de la figuras 2.10, 2.11 y 2.12. Para esta actividad se sugiere un tiempo de 10 a 20 minutos.

En la figura 2.6 se muestra la hoja de campo a emplear para aplicar el método de evaluación rápida.

**TABLA 2.3**

<b>CRITERIOS BASICOS PARA LA EVALUACION RAPIDA</b>	
Condición	Aviso
1- Colapso total o parcial de edificaciones, o separado con respecto a su cimentación.	Insegura
2- La edificación o cualquiera de sus pisos se encuentra apreciablemente desplomada.	Insegura
3- Daño severo en miembros estructurales principales, deformaciones severas en paredes, o presencia de otros signos de daño severo.	Insegura
4- Antepechos, chimenea, u otros elementos en peligro de caer.	Area insegura.
5- Grietas grandes en el terreno, movimiento masivo de suelo, o deslizamiento de talud.	Insegura
6- Presencia de otros tipos de riesgo (ej., derrames tóxicos, contaminación por asbesto, línea de gas rotas, líneas de energía caídas).	Insegura o área insegura.

## ATC-20 Rapid Evaluation Safety Assessment Form

**BUILDING DESCRIPTION:**  
 Name: \_\_\_\_\_  
 Address: \_\_\_\_\_  
 No. of stories: \_\_\_\_\_  
 Assessment: Yes  No  Unknown

**Primary Occupancy:** Dwelling   
 Other Residential  Commercial  Office   
 Industrial  Public Assembly  School   
 Government  Emer. Serv.  Historic   
 Other \_\_\_\_\_

**OVERALL RATING: (Check One)**

INSPECTED (Green)   
     \_\_\_ Exterior only  
     \_\_\_ Exterior and Interior

LIMITED ENTRY (Yellow)   
 UNSAFE (Red)

---

**INSPECTOR:**  
 Inspector ID \_\_\_\_\_  
 Affiliation \_\_\_\_\_

**INSPECTION DATE:**  
 Mo/day/year \_\_\_\_\_  
 Time \_\_\_\_\_ am pm

**Instructions:** Review structure for the conditions listed below. A "yes" answer to 1, 2, 3, or 5 is grounds for posting entire structure UNSAFE. If more review is needed, post LIMITED ENTRY. "yes" answer to 4 requires posting AREA UNSAFE and/or barricading around the hazard. Hazards such as a toxic spill or an asbestos release are covered by 6 and are to be posted and/or barricaded to indicate AREA UNSAFE.

Condition	Yes	No	<i>More Review Needed</i>
Collapse, partial collapse, or building off foundation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Building or story noticeably leaning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Severe racking of walls, obvious severe damage and distress	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chimney, parapet or other falling hazard	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Severe ground or slope movement present	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Other hazard present	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Recommendations:**

No further action required  
 Detailed Evaluation required (circle one) Structural Geotechnical Other \_\_\_\_\_  
 Barricades needed in the following areas: \_\_\_\_\_  
 Other: \_\_\_\_\_

Posted at this Assessment:  Yes  No

**Comments:** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



### 2.3.3 Método de evaluación detallada.

Este procedimiento se usa principalmente para evaluar la seguridad de edificios que como resultado de la evaluación rápida han sido clasificados como "Entrada limitada". Normalmente debe ser realizado por ingenieros familiarizados con el diseño de edificaciones, quienes deben observar el daño y evaluar su impacto sobre la seguridad de los ocupantes de las edificaciones; de preferencia dos ingenieros estructurales, quienes al realizar la evaluación deben considerar características específicas como, intensidad del movimiento sísmico experimentado, estado de la estructura antes del evento sísmico, así como las características de ductilidad del sistema estructural.

El equipo debe examinar con mucho cuidado toda la edificación, especialmente el sistema estructural y recomendar su clasificación de uso. Para la aplicación de este método el ATC-20 sugiere un lapso de 1 a 4 horas.

Los principales objetivos de la evaluación detallada son establecer si existe la posibilidad de colapso estructural y evitar el peligro de caída de elementos.

El colapso estructural puede presentarse por los daños de la estructura en sí misma o por posible colapso de edificaciones vecinas.

Si el sistema estructural no es visible para permitir una evaluación confiable y existen dudas sobre su capacidad, su clasificación debe ser "Entrada limitada o insegura".

El método presenta una guía general para la evaluación de edificios con daños, considerando aspectos tales como:

- 1- Daño general.
- 2- Sistema de carga vertical.
- 3- Sistema de cargas laterales.
- 4- Efectos P-delta.
- 5- Degradación del sistema estructural.
- 6- Riesgos de caída de objetos-elementos.
- 7- Inclinação o asentamientos de cimentaciones.
- 8- Otros riesgos.

El ATC-20 proporciona guías más específicas de evaluación de daños para diversas estructuraciones típicas como: marcos de concreto reforzado, madera, mampostería, acero, naves industriales y otras sobre peligros geotécnicos y no-estructurales. Las guías de inspección incluyen descripciones, por ejemplo para el caso del concreto de:

-los tipos de construcción más comunes: colado en el sitio o prefabricado.

-los sistemas resistentes de cargas laterales tales como: marcos resistentes de momentos, muros de cortante, marcos de mampostería.

-los tipos mas comunes de sistemas de pisos y techos.

-los tipos de fallas típicos y sugerencias sobre su clasificación.

Por ejemplo en el caso de columnas:

Columnas fracturadas o pandeadas Insegura.

Desprendimientos grandes del recubrimiento y exposición del refuerzo vertical Insegura.

Agrietamiento diagonal extendido Insegura.

Así como algunos esquemas de los sitios a buscar y las fallas típicas.

El ATC-20 recomienda seguir la siguiente secuencia de evaluación.

-Reconocimiento exterior.

-Examen del sitio por peligros geotécnicos.

-Inspección desde el interior de la edificación del sistema estructural.

-Inspección de peligros no-estructurales.

-Inspección de otros peligros.

-Recomendaciones y colocación de avisos visibles de los resultados de la evaluación por medio de placas como las de las figuras 2.10, 2.11 y 2.12.

En la figura 2.7 y 2.8 se muestran las hojas de campo, en las que se resumen las observaciones asociadas a la evaluación de seguridad de la edificación según el procedimiento de evaluación detallada.

En los edificios de instalaciones esenciales para una comunidad después de un desastre, que comúnmente incluyen a hospitales, centros de salud, estaciones de policía y bomberos, cárceles y

## ATC-20 Detailed Evaluation Safety Assessment Form

**BUILDING DESCRIPTION:**

Name: \_\_\_\_\_

Address: \_\_\_\_\_

No. of Stories: \_\_\_\_\_

Basement: Yes  No  Unknown

Approximate Age: \_\_\_\_\_ Years

Approximate Area: \_\_\_\_\_ Square feet

**Structural System:**

Wood Frame  Unreinforced Masonry

Reinforced Masonry  Tilt-up

Concrete Frame  Concrete Shear Wall

Steel Frame  Other \_\_\_\_\_

**Primary Occupancy:**

Dwelling  Other Residential  Commercial

Office  Industrial  Public Assembly

School  Government  Emer. Serv.

Historic  Other \_\_\_\_\_

**OVERALL RATING: (Check One)**

INSPECTED (Green)

LIMITED ENTRY (Yellow)

UNSAFE (Red)

**INSPECTOR:**

Inspector ID \_\_\_\_\_

Affiliation \_\_\_\_\_

**INSPECTION DATE:**

Mo/day/year \_\_\_\_\_

Time \_\_\_\_\_ am pm

**Instructions:** Complete building evaluation and checklist on next page and then summarize results below.

Posting:	<i>Existing</i>	<i>Recommended</i>
None	<input type="checkbox"/>	
Inspected ( <i>Green</i> )	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Limited Entry ( <i>Yellow</i> )	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unsafe ( <i>Red</i> )	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Posted at this Assessment:

Yes  No

Existing posting by: \_\_\_\_\_

**Recommendations:**

- No further action required
- Engineering Evaluation required (circle one) Structural Geotechnical Other \_\_\_\_\_
- Barricades needed in the following areas: \_\_\_\_\_
- Other (*falling hazard removal, shoring/bracing required, etc.*): \_\_\_\_\_

**Comments (Why posted Unsafe, etc.):** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



centros de detención, centros de comunicación y operación de emergencia, entre otros, la evaluación detallada de su seguridad incluye una revisión del funcionamiento del equipo fijo como plantas de emergencia, boilers, transformadores, tanques y bombas de agua, equipo de radiación, etcétera, como se indica en la figura 2.9.

#### *2.3.4 Evaluación de ingeniería.*

Este es el tercer nivel y el más riguroso respecto de la evaluación postsísmica propuesta por el ATC-20. Este nivel de evaluación se realiza cuando las características de los daños en una edificación son tales, que el solo uso de técnicas de inspección visual no permite evaluar confiablemente la seguridad postsísmica de una edificación. Esta evaluación debe ser realizada por especialistas en estructuras quienes probablemente tengan que poner al descubierto parte de las zonas dañadas de la edificación con el objeto de completar su evaluación.

Los procedimientos para análisis y evaluación deben ser seleccionados para cada caso específico, lo cual está fuera del alcance de los procedimientos propuestos por el ATC-20.

Se sugiere que los resultados de la evaluación sean revisados por los inspectores locales de edificios, antes de poner la estructura en servicio.

En el caso de edificaciones antiguas que han sido dañadas por un terremoto, el ATC-20 reconoce que está fuera de su alcance el definir criterios para rehabilitarlos. En estos casos existen dos alternativas: se repara la estructura para que mantenga su condición original o se repara y refuerza para cumplir con los reglamentos de construcción vigentes.

# ATC-20 Fixed Equipment Checklist

**FACILITY:**

Name: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 Address: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**INSPECTOR:**

Inspector ID \_\_\_\_\_  
 Affiliation \_\_\_\_\_

**INSPECTION DATE:**

Mo/day/year \_\_\_\_\_  
 Time \_\_\_\_\_ am pm

**CHECKLIST:**

Equipment Damaged

**General Items:**

	<i>No</i>	<i>Yes Operable</i>	<i>Yes Inoperable</i>	<i>Comments</i>
Main boilers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Chillers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Emergency generators	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Fuel tanks	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Battery racks	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Fire pumps	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
On-site water storage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Communications Equipment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Main transformers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Main electrical panels	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Elevators (traction)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Other fixed equipment:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

**Special Concerns for Hospitals and Other Health Care Facilities:**

Radiation equipment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Toxic chemical storage:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Liquid oxygen tanks	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Other: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

**Recommendations/Comments:** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

# INSPECTED

## NO RESTRICTION ON USE OR OCCUPANCY

This structure has been inspected (as indicated below) and no apparent structural hazard has been found. Report any unsafe conditions to local authorities; reinspection may be required.

**Exterior Only**

**Exterior and Interior**

Date \_\_\_\_\_

Time \_\_\_\_\_

This facility was inspected under emergency conditions for:

\_\_\_\_\_  
(Jurisdiction)  
on the date and time noted.

Facility Name and Address:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Inspector ID/Agency:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Do Not Remove this Placard until  
Authorized by Governing Authority.**

# LIMITED ENTRY

## OFF LIMITS TO UNAUTHORIZED PERSONNEL

### Warning:

This structure has been damaged and its safety is questionable. Enter only at own risk. Aftershocks or other events may result in death or injury.

Date \_\_\_\_\_

Time \_\_\_\_\_

This facility was inspected under emergency conditions for:

### Restrictions on use:

Entry for emergency purposes only

Other

\_\_\_\_\_  
(Jurisdiction)  
on the date and time noted.

Facility Name and Address:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Inspector ID/Agency:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Do Not Remove this Placard until  
Authorized by Governing Authority.**



# UNSAFE

**DO NOT ENTER OR OCCUPY**

**Warning:**

This structure has been seriously damaged and is unsafe. Do not enter. Entry may result in death or injury.

Date \_\_\_\_\_

Time \_\_\_\_\_

Comments:

---

---

---

---

---

This facility was inspected under emergency conditions for:

---

(Jurisdiction)

on the date and time noted.

Facility Name and Address:

---

---

---

---

Inspector ID/Agency:

---

---

---

---

**Do Not Remove this Placard until  
Authorized by Governing Authority.**

## 2.4 METODOLOGIA Y PROCEDIMIENTOS PARA EVALUACION DE DAÑOS POR SISMOS

Instituto de Ingeniería sísmica y sismología,  
University "Kiril and Metodij" Skopje, Yugoslavia (1984)

### 2.4.1 Introducción.

Este trabajo fue desarrollado en Yugoslavia (Ref 9), en donde la existencia de un número importante de estructuras con poca capacidad resistente a sismos, así como baja calidad en algunas nuevas estructuras, lleva a suponer que en futuros eventos sísmicos se esperen daños y pérdidas económicas importantes.

Esta metodología propone evaluar daños de edificios en áreas urbanas y rurales, y establecer una base de datos sobre los efectos de sismos, con el objeto de proveer información a las autoridades para reducir las consecuencias por sismos y mitigar el riesgo sísmico. Los objetivos detallados que se pretenden lograr con esta metodología se describen a continuación:

- En temblores secundarios, se pretende reducir la incidencia de lesiones y muertes a ocupantes de edificios dañados.
- Obtener información sobre la magnitud del desastre, asignando a las edificaciones las calificaciones de usable, dañado y peligroso; con el propósito de la protección inmediata de las vidas humanas.
- Proveer una base de datos para estimar pérdidas económicas, con el objeto de desarrollar los programas de rehabilitación correspondientes, así como asistencia en reconstrucción y desarrollo de la región afectada; asimismo, esta información pretende asistir en la predicción de las consecuencias por futuros sismos.
- La identificación por categorías de las principales características de los daños en edificios; con el propósito de planear y ejecutar acciones para reducir las consecuencias de los sismos, tales como: reglamentos de diseño - construcción, planeación física y urbana.

#### **2.4.2 Metodología de inspección y evaluación de daños.**

Esta metodología de inspección y evaluación de daños, señala como necesaria la planeación anterior a la inspección en el campo; para la preparación de mapas topográficos de cada sector a evaluar que incluya nombres de las calles, números de los edificios; organización y entrenamiento previo de los equipos; preparación de formas para presentación final y acumulada de los resultados de la inspección de evaluación de daños y clasificación de uso.

La metodología propone una forma a ser llenada en el campo por un equipo de inspección de daños; equipo que debe estar compuesto por un mínimo de tres miembros, consistente de: un ingeniero estructural, cabeza del mismo, un ingeniero civil o arquitecto y un ayudante técnico. Cada grupo debe contar como mínimo con el siguiente material básico: carpeta con mapas y formas de inspección, casco duro para cada miembro, cámara fotográfica con rollo, linterna eléctrica, libro de notas, martillo, cinta de medida, pincel y colores.

La forma de campo para inspección de daños por sismo, contiene los parámetros más importantes para una clasificación de daño y uso, divididos en los siguientes grupos.

- a- Identificación.
- b- Tipo de estructura y calidad de la construcción.
- c- Daños y clasificación de uso.
- d- Pérdidas de vidas humanas y medidas de emergencia.
- e- Fotografías.

Cada uno de estos grupos se asocia a los números correspondientes de la forma de evaluación de campo. (Figura 2.13)

Descripción de los diversos aspectos que se evalúan:

##### **a- Identificación (1-9)**

Incluye la localización del edificio, área, número de pisos, uso, período de la construcción, orientación, posición del edificio en la manzana, entre otros, que con el esquema del edificio completan la información básica.

La posición del edificio y su orientación, son importantes para

**FORMA PARA INSPECCION DE DAÑOS POR SISMO Y CLASIFICACION DE USO**

1. Ciudad (nombre-código)
2. Identificación del edificio:
  - 2.1 Código de la sección de la ciudad o del asentamiento:
  - 2.2 Código del equipo de trabajo:
  - 2.3 Número del edificio:
3. Orientación principal del edificio:
  1. NS. 2. EW 3. N45E. 4. N45W.
4. Posición del edificio en la cuadra:
  1. Esquina. 2. Medio. 3. Libre
5. Area del edificio: (m2)
6. Número de pisos:
  - 6.1 Sotano: No/0/, Si/1/
  - 6.2 Pisos:
  - 6.3 Mezanine: No/0/, Si/1/
  - 6.4 Apéndices: No/0/, Si/1/
7. Uso (ver descripción al reverso):
  - 7.1 Edificio:
  - 7.2 Planta baja:
8. Número de apartamentos:
9. Período de construcción:
 

(a definir para cada país):
10. Tipo de estructura:
 

(ver descripción al reverso):
11. Estructura del piso
  - 1.R.C. 2.Acero 3.Madera 4.Otro.
12. Estructura de techo:
  - 1.R.C. 2.Acero 3.Madera 4.Otro
13. Material de techar:
  - 1.Teja 2.Asbesto-Cemento 3.Teja metálica 4.Otro (especificar)
14. Sistema resistente a cargas:
 

(ver descripción al reverso):

  - 1.A base de muros 2.Marcos 3.Marcos con muros no-reforzados 4.Muros con castillos y dadas 5.Sistema mixto 6.Otro (especificar)
15. Calidad de la construcción:
  - 1.Buena 2.Regular 3.Pobre
16. Rigidez del primer nivel relativo a los otros:
  - 1.Mayor 2.Igual 3.Menor.
17. Reparaciones de terremotos anteriores:
  - 1.No 2.Si 3.No se sabe.
18. Daño de elementos estructurales:
  - 1.Ninguno 2.Pequeño 3.Moderado 4.Grave 5.Severo

(ver la descripción al reverso)

  - 18.1. Paredes de carga
  - 18.2. Columnas
  - 18.3. Vigas
  - 18.4. Nudos de marcos
  - 18.5. Muros de cortante
  - 18.6. Escaleras
  - 18.7. Pisos
  - 18.8. Cubierta
19. Daño de elementos no-estructurales y instalaciones:
  - 1.Ninguno 2.Pequeño 3.Moderado 4.Grave 5.Severo
  - 19.1 Paredes interiores
  - 19.2 Particiones.
  - 19.3 Fachadas
  - 19.4 Instalaciones eléctricas
  - 19.5 Plomería (agua, gas).

Esqueje del edificio	
Planta	Alzado
Dirección:	
Propiedad de:	

20. Daño del edificio como un todo:
  - 1.No hay. 2.Pequeño. 3.Moderado. 4.Grave. 5.Severo
21. Daños debidos al fuego despues de un terremoto:
 

No/0/, Si/1/
22. Suelo en el lugar:
  - 1.Roca. 2.Firme. 3.Medio. 4.Blando
23. Inestabilidad del suelo:
  - 1.Ninguna 2.Pequeño asentamiento. 3.Asentamiento severo 4.Licuefacción. 5.Derrumbes 6.Falla de rocas 7.Caidos 8.Otros (Especifique)
24. Clasificación de uso y avisos:
 

Avisos: 1.Verde 2.Amarillo 3.Rojo Sin aviso: 4.A ser colocada despues de remover peligro local. 5.A reinspeccionar problemas del suelo y geológicos. 6.Clasificación imposible reinspección. 7.La inspección no fue posible.

Explicar los motivos principales de clasificación y marcado:

25. Medidas de emergencia:
  - 1.Ninguna. 2.Eliminar peligro local. 3.Proteger al edificio contra el colapso. 4.Protección de calles y edificios vecinos. 5.Demolición urgente.
26. Fotografías:
 

No/0/, Si/1/
27. Personas atrapadas en los edificios:
 

No/0/, Si/1/ (Si hay, parar la inspección y informar a las autoridades)
28. Víctimas humanas:
 

No muertos, ni heridos/0/, Posibles muertos y heridos/1/. Si existen datos, indicar: Número de muertos: Número de heridos:
29. Fecha de inspección: Mes/día
 

Nombres de los inspectores: Firmas

  - 1.
  - 2.
  - 3.

distinguir la dirección dominante de la acción del sismo, los efectos de posible colisión o la falla de edificios vecinos. La descripción del uso se realiza de acuerdo a las categorías y subcategorías dadas en la tabla 2.4

b- Tipo de estructura y calidad de la construcción (10-17)

Describe el tipo de estructura, sistemas de piso y techo, calidad de la mano de obra de construcción, rigidez del primer nivel comparada con otros y la existencia de reparaciones ante daños ocasionados por sismos anteriores.

Todos estos parámetros son muy importantes para obtener funciones de vulnerabilidad y de costo asociadas a los tipos estructurales y las categorías de uso, con el fin de proveer requerimientos futuros de diseño y construcción.

Los tipos de estructura y sistemas resistentes a cargas básicos se describen en las tablas 2.5 y 2.6

c- Daños y clasificación de uso (18-24)

Describe el daño de elementos estructurales, no-estructurales y de todo el edificio en cinco categorías básicas (Tabla 2.7). Los daños por inestabilidad del suelo se describen en ocho categorías. Además se considera la posible existencia de daños por fuego.

Aspectos de especial importancia, por el posible derrumbe de elementos no-estructurales y de edificaciones dañadas ante la ocurrencia de temblores secundarios. Asimismo busca identificar daños en instalaciones de servicios como agua, gas, electricidad, sanitarios, entre otros, que pueden hacer una edificación inusable, tanto como el colapso del sistema estructural.

Finalmente, sobre estas bases de niveles de daño se llega a alguna de las clasificaciones de uso siguientes (Tabla 2.7): desalojar el edificio, si hay restricciones en su ocupación o si la edificación puede seguir siendo ocupada sin restricciones.

Medidas de emergencia y pérdidas de vidas humanas. (25,27,28)

Estas medidas permiten dar recomendaciones para eliminar riesgos principalmente de elementos no-estructurales, con el fin de permitir el uso de la edificación, así como proteger las calles y edificios vecinos.

TABLA 2.4

**7. CATEGORIAS DE USO DE LAS EDIFICACIONES:**

- 10 *Residencial:* 11 Casas de familia, 12 Edificios de apartamentos.
- 20 *Oficinas:* 21 Edificio total, 22 Parte del edificio.
- 30 *Economía:* 31 Comercio, 32 Finanzas, 33 Pequeña industria, 34 Almacenes, 35 Agricultura, 36 Pescadería, 37 Forestal.
- 40 *Salud y protección social:* 41 Hospitales y clínicas, 42 Servicios de salud, 43 Protección social (Establecimientos para ancianos, minusválidos, etc).
- 50 *Servicios públicos:* 51 Administración central o local, 52 Policía y bomberos, 53 Transporte (carreteras, ferrocarriles, aire y mar), 54 Comunicaciones (correos, radios, T. V.).
- 60 *Educación y cultura:* 61 Escuelas, 62 Universidades y centros de investigación, 63 Dormitorios, 64 Históricos y religiosos, 65 Culturales y recreativos, 66 Deportes (estadios, gimnasios).
- 70 *Turismo y hotelería:* 71 Hoteles, 72 Restaurantes, cafés, 73 Cafeterías, pastelerías, y otros.
- 80 *Industrias y energía:* 81 Industria, 82 Energía (centrales eléctricas, subestaciones, otros).
- 90 *Otras construcciones:* Especificar.

TABLA 2.6

**14. TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL:**

*Sistema de transmisión de cargas verticales y laterales:* 1. Muros, 2. Pórticos, 3. Pórticos con tabique, 4. Entramado con tabique en el cual las vigas y columnas no forman pórtico, 5. Mixta de pórticos y/o muros de cortante y tabique, 6. Otros sistemas (describir).

## 10. TIPOS DE CONSTRUCCION

## 100 Edificios de mampostería:

- 110 *Adobe*: 111 sólo adobe, 112 adobe con fajas de madera.  
 120 *Ladrillo macizo*: 121 Con entramado horizontal de concreto reforzado, 122 Con entramado horizontal y vertical de C. R. (concreto reforzado).  
 130 *Ladrillos huecos*: 131 Con entramado horizontal de C. R., 132 Con entramado horizontal y vertical de C. R.  
 140 *Bloques de concreto*: 141 Con entramado horizontal de C. R., 142 Con entramado horizontal y vertical de C. R.  
 150 *Mampostería de piedra*: 151 Mampostería de piedra asentada en seco, 152 Piedra con mortero de mala calidad, 153 Piedra con mortero de buena calidad, 154 Piedra con fajas de madera, 155 Piedra con amarres de acero, 156 Piedra con vigas horizontales de C. R., 157 Piedra con vigas y columnas de C. R.

## 200 Construcciones de concreto reforzado:

- 210 *Pórticos monolíticos*: 211 Con muros de ladrillo macizo, 212 Con muros de ladrillo hueco, 213 Con bloques livianos de concreto o paneles, 214 Con muros de cortante.  
 220 *Sistemas de muros portantes*: 221 Con muros portantes en una dirección, 222 Con muros portantes ortogonales en las dos direcciones.  
 230 *Construcciones prefabricadas*: 231 Pórtico con muros de ladrillo hueco, 232 Pórtico con tabique ligero de concreto, 233 Pórtico combinado con muros de cortante, 234 Construcciones de paneles grandes, 235 Construcciones de paneles pequeños.  
 240 *Construcciones compuestas*: 241 Pórticos de C. R. con muros portantes de mampostería, 242 Combinación de pórticos de acero con muros portantes de mampostería.

## 300 Construcciones de acero:

- 310 *Construcciones de acero para la industria pesada*: 311 Sin grúas, 312 Con grúas.  
 320 *Construcciones de acero para la industria ligera*: 321 Sin grúas, 322 Con grúas.  
 330 *Construcciones de acero con varios pisos*: 331 Pórtico sin contraventeo, 332 Pórticos contraventeados, 333 Pórtico

---

de acero con núcleo de concreto reforzado, 334 Pórtico de acero con paneles de concreto reforzado.

## 400 Construcciones de madera:

- 410 *Entramado contraventeado con relleno de material*: 411 Con cimentación en mampostería de piedra, 412 Sin cimentación en mampostería de piedra.  
 420 *Prefabricadas*: 421 Pórticos de madera, 422 Elementos cortos y paneles pequeños de madera.

**TABLA 2.7 - DAÑOS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y CLASIFICACION:**

NIVEL DE DAÑO AVISO	DESCRIPCION
<p style="text-align: center;">*</p> <p>1-Ninguno Verde</p>	<p>Elementos estructurales sin daño visible. Es posible la existencia de pequeñas grietas en los muros y el cielo de mortero. No se observa daño estructural o no-estructural.</p>
<p style="text-align: center;">*</p> <p>2-Ligero Verde</p>	<p>Grietas en paredes y cielos de mortero. Desprendimiento de pedazos de mortero de cielos y muros. Grietas cuantiosas o falla parcial de chimeneas, áticos y antepechos de la cubierta. Distorsión, daños o caída de material de techo. Grietas en miembros estructurales.</p>
<p><b>* Nota:</b> Edificaciones clasificadas con categorías de daño 1 y 2 no presentan disminución de su capacidad sísmica y no poseen peligros para las vidas humanas. Puede usarse después de remover los peligros locales ( chimeneas agrietadas, áticos, etcétera).</p>	
<p style="text-align: center;">**</p> <p>3-Moderado Amarillo</p>	<p>Grietas diagonales u otras grietas en muros estructurales, muros con ventanas y en elementos estructurales similares. Grietas grandes en miembros estructurales de concreto reforzado: columnas, vigas, muros. Falla total o parcial de chimeneas, áticos y antepechos de la cubierta. Distorsión, daños o caída del material de techo.</p>
<p style="text-align: center;">**</p> <p>4-Fuerte Amarillo</p>	<p>Grietas grandes con o sin fractura de los muros, con trituración de material. Grietas grandes con trituración de material entre ventanas y elementos similares de muros estructurales. Grietas grandes con poca degradación de los elementos estructurales. Ligera degradación de los elementos estructurales y del edificio como un todo.</p>
<p><b>** Nota:</b> Las edificaciones clasificadas con categorías de daño 3 y 4 presentan una disminución significativa en su capacidad sísmica. El acceso a la edificación es controlado. Se debe reparar y reforzar antes de usar. Debe ser considerada la necesidad de apuntalamiento y protección del edificio y sus alrededores.</p>	



NIVEL DE DAÑO AVISO	DESCRIPCION
<p>*** 5-Severo Rojo</p>	<p>Los miembros estructurales y sus conexiones se encuentran severamente dañados y degradados. Un alto número de elementos estructurales aplastados. Daños importantes del edificio y de su nivel de cubierta. Falla parcial o total del edificio.</p>
<p>*** Nota: Las edificaciones clasificadas dentro de la categoría 5 son inseguras, con posibilidad de colapso (derrumbe) súbito. La entrada es prohibida. Es necesaria la protección de calles y edificios vecinos o demolición urgente. En el caso de edificios tipo o aislados la decisión de demolición podría estar basada en un estudio económico del costo de su reparación y reforzamiento.</p>	

Los datos sobre pérdidas de vidas humanas permiten desarrollar una base confiable de evaluación entre, las pérdidas de las vidas humanas con relación a los tipos estructurales y uso de los edificios.

#### e- Fotografías (26)

Se considera de especial importancia tomar fotografías sobre daños en elementos estructurales y no-estructurales, con el objeto de completar datos y evidencia, debido a que estas pueden desaparecer en un corto período de tiempo.

#### **2.4.3 Ejemplo de aplicación.**

Esta metodología de evaluación de daños y clasificación de uso fue implementada en el área urbana de Tlatelolco, localizada cerca al centro de la ciudad de México, en zona III (zona asentada sobre el suelo formado sobre el viejo lago de Texcoco), después del terremoto del 19 de septiembre de 1985, por una misión de expertos de la República de Yugoslavia en el marco de cooperación de este país con el pueblo de México (Ref 10).

La evaluación fue desarrollada sobre un área de 1'012,337 m<sup>2</sup> de edificios residenciales y 116,459 m<sup>2</sup> de edificios públicos y de servicios. De los procedimientos de evaluación se obtuvo como

resultados, que el 46% de las edificaciones revisadas en el área podían seguir siendo usadas, algunas con daños no-estructurales ligeros y fácilmente reparables; 42% estaban dañadas con daño reparable y un 10% tuvo daño severo.

En la página siguiente se presenta la implementación de la metodología en una edificación del área, el edificio J. Terán construcción de ocho (8) niveles que sufrió daños severos en sus columnas y fue considerada no usable de acuerdo a la evaluación de campo (Figura 2.14).



### **3. MANUAL PARA EVALUACIÓN POSTSÍSMICA DE LA SEGURIDAD DE EDIFICACIONES.**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN.**

Después de un terremoto es necesario evitar que la gente use o entre a edificaciones inseguras, así como encontrar refugios temporales seguros para quienes perdieron sus viviendas. Con este fin se deben efectuar inspecciones de emergencia de la seguridad estructural postsísmica, las que son llevadas a cabo por organismos técnicos para emergencias, quienes se ven sobrecargados por la tarea de realizar evaluaciones de seguridad en un período corto, que aun con la ayuda de voluntarios puede ser rebasado por la magnitud del terremoto.

La metodología que se propone a continuación reconoce la necesidad del uso racional de un número limitado de inspectores entrenados y ingenieros especialistas en estructuras, asimismo tiene en cuenta la necesidad de emplear voluntarios, generalmente relacionados con la construcción. En la fase inicial de esta evaluación estos inspectores no son necesariamente ingenieros especialistas en estructuras, por lo tanto se deberá contar con una serie de ayudas técnicas, recopiladas preferiblemente en un manual, para efectuar la inspección postsísmica con el objeto de determinar si la edificación es segura.

Esta metodología se basa primordialmente en los procedimientos desarrollados por el ATC y Japón (refs 6, 7), y trata de emplear un procedimiento uniforme y razonable. Con este procedimiento se trata que dos equipos diferentes que evalúen la seguridad de la misma edificación lleguen esencialmente a conclusiones semejantes.

#### **3.2 OBJETIVOS.**

Los objetivos que se pretenden alcanzar con esta metodología son los siguientes:

- Servir de procedimiento y guía para una evaluación rápida de

la seguridad postsísmica de edificaciones de concreto reforzado y/o mampostería.

-Reducir la incidencia de lesiones y muertes de ocupantes de edificaciones debilitadas o seriamente dañadas por la actividad sísmica. Esto puede ocurrir por el daño estructural existente, por la posible caída o volteo de objetos, ó por la posible ocurrencia de temblores secundarios después del temblor principal.

-Proveer información acerca de la magnitud del desastre evaluando el número de edificaciones usables, dañadas o peligrosas, con el propósito de la inmediata protección de las vidas humanas y alojamiento de los afectados. Asimismo, con el análisis de esta información se pretende, estimar pérdidas económicas y proveer asistencia en la reconstrucción y desarrollo de la región afectada; identificar las principales características de daños, con el propósito de mejorar criterios existentes de diseño sísmico de los reglamentos de construcción y también mejorar criterios de planeación urbana. Adicionalmente con esta información será posible estimar las probables consecuencias de terremotos futuros.

### **3.3 MÉTODOS DE EVALUACIÓN .**

#### **3.3.1 Introducción.**

El procedimiento de inspección propuesto aquí se aplica por medio de dos niveles de evaluación:

Evaluación Rápida: Es el procedimiento más simple y es el primer nivel de evaluación. Con este nivel de evaluación se selecciona rápidamente las edificaciones con seguridad aceptable, de las aparente y obviamente inseguras.

Evaluación Detallada: En esta evaluación se realiza una inspección visual más detallada de las estructuras designadas como "cuidado" o "insegura" en la *Evaluación Rápida*.

Existirán casos donde la extensión de los daños en una edificación es tal que el solo uso de las técnicas de inspección visual, arriba

señaladas, no permitirá llegar a una evaluación de seguridad y será necesario realizar una *Evaluación de Ingeniería* de la edificación. Esta evaluación normalmente debe ser realizada por ingenieros consultores de estructuras contratados por el propietario. Este estudio deberá incluir reconocimiento de daños, preparación de cálculos estructurales y evaluación cuantitativa de la estructura dañada. Los procedimientos de análisis y evaluación deben ser seleccionados para cada caso específico, y se encuentran fuera del alcance del presente manual.

El procedimiento de evaluación de seguridad propuesto se describe esquemáticamente en el diagrama de flujo de la figura 3.1, en donde se indica la secuencia a seguir y la clasificación de seguridad a que se llega.

Para edificaciones localizadas en suelos con problemas de inestabilidad, tales como fallas de taludes, asentamientos diferenciales u otros movimientos del suelo, el procedimiento de *Evaluación Detallada* debe ser realizado un equipo que incluya un ingeniero especialista en suelos.

#### Edificaciones esenciales.

Las edificaciones clasificadas como del Grupo A en el RDF-87 deben ser sometidas a *Evaluación Detallada* por parte de ingenieros estructurales inmediatamente después de ocurrido el terremoto.

#### 3.3.2 *Clasificación del estado de la edificación.*

Uno de los objetivos más importantes de la evaluación de seguridad es la selección de la clasificación de uso o nivel de seguridad asociado a la edificación, que se realiza después de inspeccionar la edificación. Los resultados de la inspección se asocian a tres niveles de seguridad "*Habitable*" (segura), "*Cuidado*" e "*Insegura*" (peligro).

Además de esta clasificación de seguridad de la edificación, es posible que sea necesario señalar ciertas áreas del interior y exterior de la edificación como "*Área Insegura*".

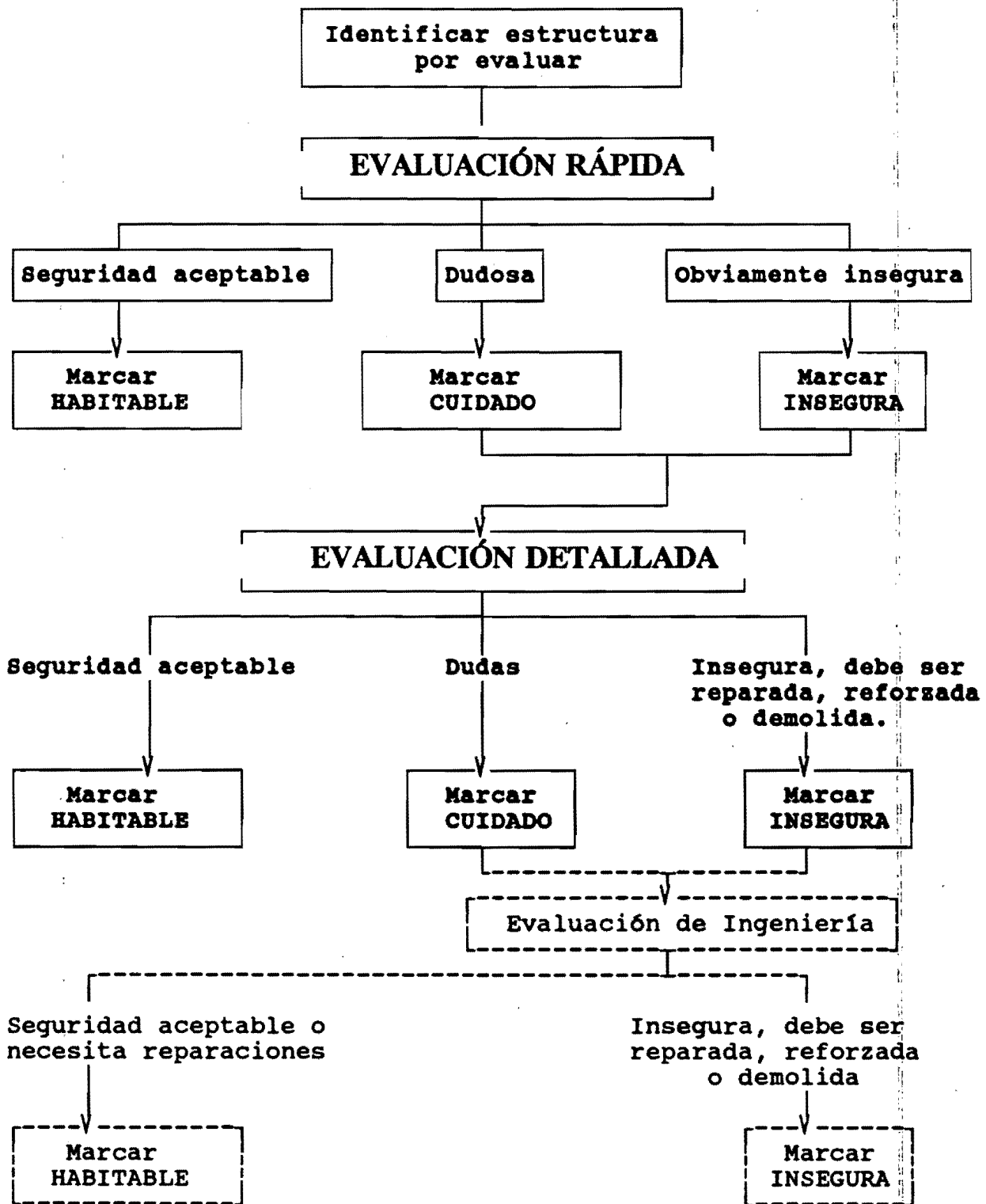


FIGURA 3.1

En la tabla 3.1 (Ref 7) se describen en detalle algunas de las características de la seguridad asociada a cada nivel y se indica en ella la simbología de colores que se sugiere relacionar a cada nivel. Los procedimientos para llegar a estas clasificaciones se describen en detalle en 3.4 y 3.5.



**TABLA 3.1**

<p><b>CLASIFICACION DE USO COLOR</b></p>	<p><b>DESCRIPCION</b></p>
<p>Habitable Verde</p>	<p>No se encuentra en peligro aparente. La capacidad original a resistir cargas no presenta disminución significativa. No posee peligro para las vidas humanas, se puede ocupar.</p>
<p>Cuidado Amarillo</p>	<p>Presenta una disminución significativa en su capacidad a resistir cargas. Pueden presentarse situaciones peligrosas. La entrada de propietarios sólo es permitida con fines de emergencia y únicamente bajo su propio riesgo. No se permite uso continuo, ni entrada al público. Debe ser considerada la necesidad de apuntalamiento y protección del edificio y sus alrededores.</p>
<p>Insegura Rojo</p>	<p>Alto riesgo, posible derrumbe ante réplicas del temblor principal. La entrada es prohibida, insegura para ocupar o entrar, excepto por las autoridades. Es necesaria la protección de calles y edificios vecinos o la demolición urgente.</p>
<p>Área insegura</p>	<p>El área designada es insegura. No se debe entrar o utilizar, excepto por las autoridades.</p>

### 3.4 EVALUACIÓN RÁPIDA.

#### 3.4.1 *Objetivos.*

Su objetivo es la inspección y revisión rápida del área dañada, se emplea para clasificar rápidamente las edificaciones seguras e identificar las edificaciones que requieren la *Evaluación Detallada*.

Después de un terremoto es usual la carencia de recursos humanos disponibles para efectuar las inspecciones de emergencia de edificaciones. La *Evaluación Rápida* está diseñada para utilizar el conocimiento y experiencia de voluntarios familiarizados con la industria de la construcción, sin que éstos sean necesariamente ingenieros especialistas en estructuras.

Una vez revisados los edificios de un área dada con el método de *Evaluación Rápida*, los aparentemente dudosos y los inseguros son sometidos a una *Evaluación Detallada* por parte de ingenieros estructurales o de inspectores de edificios. El procedimiento de *Evaluación Rápida* pretende conservar los escasos ingenieros estructurales para aquellas edificaciones que requieren inspección visual más extensa y conocimientos detallados de diseño estructural. Para este nivel de evaluación se sugiere una duración de 10-20 minutos aproximadamente.

#### 3.4.2 *Inspectores.*

Es deseable que el equipo de evaluación esté formado por dos personas relacionadas con aspectos estructurales de la construcción de edificios, como ingenieros civiles o estructurales, arquitectos, entre otros; con el fin de poder reconocer con facilidad daños estructurales o situaciones no usuales.

#### 3.4.3 *Criterios y procedimientos para la Evaluación Rápida.*

La *Evaluación Rápida* es realizada normalmente examinando solo el exterior de la estructura, a menos que la edificación no se pueda observar adecuadamente desde el exterior, que se presenten dudas o exista reporte de un problema. Esto se hace con el fin de maximizar

el número de inspecciones de emergencia en el período posterior al evento sísmico.

Si la edificación es claramente insegura o inestable, se sugiere no entrar en ésta.

El proceso de *Evaluación Rápida* se basa en observar las condiciones de daño externo o aspectos de daño que individual o colectivamente sean suficientes para que la edificación se clasifique como "cuidado" o "insegura". En los casos de peligro de caída, volteo de objetos u otros peligros, se debe clasificar la zona afectada como "área insegura".

Debido a que la Evaluación Rápida está diseñada para conservar el personal especializado, la inspección de daños es superficial.

Los inspectores deben revisar las evidencias de fallas en la estructura, como derrumbe parcial, inclinación, daño severo en muros, etc, así como las condiciones del suelo alrededor de la edificación que podrían llevar a clasificarla como insegura.

En la tabla 3.2 (Ref 7) se indican los criterios básicos con los que se debe revisar la edificación.

**TABLA 3.2**

CRITERIOS BÁSICOS PARA LA EVALUACIÓN RÁPIDA Condición	Aviso
1- Derrumbe total o parcial de edificaciones, edificación separada con respecto a su cimentación o falla de ésta.	Insegura
2- La edificación o cualquiera de sus pisos se encuentra apreciablemente inclinada.	Insegura
3- Daños en elementos estructurales (columnas, vigas, muros, losas, etc).	Insegura
4- Daño severo en muros no-estructurales	Insegura
5- Grietas grandes en el terreno, movimiento masivo del suelo, o deslizamiento de talud.	Insegura
6- Elementos de fachada, vidrios, chimeneas u otros elementos en peligro de caer.	Área insegura.

**CRITERIOS BÁSICOS PARA LA EVALUACIÓN RÁPIDA**  
**Condición** **Aviso**

7- Presencia de otros tipos de riesgo (ej., derrames tóxicos, peligro de contaminación, líneas de gas rotas, líneas de energía caídas).

Insegura o  
 área  
 insegura.

Ejemplos de los criterios de evaluación señalados arriba serían múltiples; en las fotografías ( 1-9 ) se presentan algunos casos ilustrativos.

**3.4.4 Clasificación del estado de la edificación.**

Las edificaciones con seguridad aceptable son clasificados como "habitable" y se debe colocar un aviso del resultado de inspección en el exterior de la edificación (fig 3.3).

Se debe colocar avisos a las edificaciones inseguras lo mas pronto posible (fig 3.5), é informar a sus ocupantes que deben desalojarlas inmediatamente y prohibir la entrada.

Como muchas estructuras no pueden ser clasificadas claramente dentro de las categorías de "habitable" o "insegura" se debe usar en ellas la clasificación de "cuidado". Esta es usada cuando existen dudas concernientes a la condición de seguridad estructural existente.

Los avisos de "cuidado" y el de "insegura" (figs 3.4 -3.5) deben ser colocados en todas las entradas y los ocupantes deben ser informados de la condición de daño.

En las edificaciones clasificadas con "cuidado" la entrada generalmente solo es permitida con propósitos de emergencia.

En los casos de peligro de caída, volteo de objetos u otros peligros se debe clasificar la zona afectada como "área insegura". Estas edificaciones clasificadas como "cuidado" o "insegura" deben ser sometidas a una "Evaluación Detallada"; este requisito y el tipo de inspección necesaria (estructural, geotécnica, eléctrica, otra) debe ser señalado en la forma de inspección.

### 3.4.5 Pasos a seguir en la Evaluación Rápida

Se sugiere la siguiente secuencia en la realización de la inspección:

- 1- Examinar el exterior de la estructura.
- 2- Examinar el suelo alrededor de la estructura, para ubicar la posible presencia de grietas, deslizamiento de talud o expansión del terreno.
- 3- Se debe entrar en la edificación cuando ésta no pueda ser observada adecuadamente desde el exterior, cuando existan dudas o se tenga conocimiento de problemas como caída de cielosrasos, muros dañados, elementos estructurales, etc. No se debe entrar en edificaciones obviamente inseguras.
- 4- Evaluar la estructura para los siete criterios básicos dados en la tabla 3.2. Se debe recordar que el peligro de derrumbe puede presentarse por el mal estado de edificaciones vecinas. Se sugiere revisar si las salidas de la edificación son seguras.
- 5- Llenar la "Forma para inspección postsísmica - Evaluación Rápida" (fig 3.2). Indicar en ella la profesión de los evaluadores o inspectores.  
Clasificar a la edificación de acuerdo con los resultados de la evaluación. Usar los avisos de inspección e indicar en ellos si la revisión fue "exterior e interior" o si se realizó en el "exterior" únicamente (figs 3.3, 3.4 y 3.5). Colocar avisos de la inspección en cada una de las entradas si la edificación fue clasificada con "cuidado" o "insegura".
- 6- Explicar verbalmente el significado de "cuidado" e "insegura" a los ocupantes del edificio y avisar que deben desocuparlo inmediatamente. También se debe restringir el acceso a las áreas designadas como inseguras.

# FORMA PARA INSPECCIÓN POSTSÍSMICA - EVALUACIÓN RÁPIDA

**IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO:** Zona: \_\_\_\_\_  
 Dirección: \_\_\_\_\_ Colonia: \_\_\_\_\_  
 Número de niveles sobre el terreno (incluyendo azoteas y mezanines): | \_ | \_ |  
 Sótanos: Si  No  N°  Desconocido   
 Uso: Casa habitación  Departamentos  Comercios  Oficinas Públicas   
 Industrias  Estacionamientos  Bodegas  Oficinas Privadas   
 Educación  Recreativo  Otro: \_\_\_\_\_  
 Información adicional: \_\_\_\_\_

**INSTRUCCIONES:**

Revisar la edificación para las condiciones señaladas abajo. Con una respuesta "Si" a las preguntas 1,2,3,4,5, se debe marcar la edificación como "Insegura". Con una respuesta "Si" a las preguntas 6,7 se debe marcar "Área insegura" y colocar barreras alrededor de la zona en peligro. Si existen dudas y es necesaria alguna revisión adicional se debe marcar "Cuidado".

**ESTADO DE LA EDIFICACIÓN:**

	SI	NO	NECESITA REVISIÓN ESPECIAL
1)-Derrumbe total, parcial, edificación separada con respecto a su cimentación o falla de ésta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2)-Desplome de la edificación o de entrepiso.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3)-Daño en miembros estructurales(columnas, vigas, muros)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4)-Daño severo en muros no-estructurales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5)-Grietas, movimiento del suelo o deslizamiento del talud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6)-Pretilos, balcones, y otros objetos en peligro de caer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7)-Otros peligros (Derrames tóxicos, líneas rotas, etc).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**CLASIFICACIÓN GLOBAL:**

**INSPECCIONADA**   
 Inspección exterior únicamente  
 Inspección interior y exterior

**CUIDADO**   
**INSEGURA**

**INSPECTORES:**

1- \_\_\_\_\_  
 2- \_\_\_\_\_  
 3- \_\_\_\_\_

**FECHA DE INSPECCIÓN:**  
 dd-mm-aa: \_\_\_\_\_

**RECOMENDACIONES:**

-No se requiere revisión futura.  
 -Es necesaria Eval. Detallada (señalar): Estructural , Geotécnica , otra: \_\_\_\_\_

-**ÁREA INSEGURA** - Colocar barreras en la siguientes áreas: \_\_\_\_\_

-Otros (remover elementos en peligro de caer, apuntalar, etc.): \_\_\_\_\_

**COMENTARIOS:** (Explicar los motivos principales de la clasificación.)

# HABITABLE

(REVISION RAPIDA)

ESTA EDIFICACION HA SIDO  
INSPECCIONADA Y SE PUEDE  
OCUPAR. FAVOR INFORMAR  
A LAS AUTORIDADES CUALQUIER  
CONDICION INSEGURA.

COMENTARIOS: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

DIRECCION:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

INSPECTORES:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Fecha (dd-mm-aa): \_\_\_\_\_

Se efectuó revisión interior.

# CUIDADADO

(REVISION RAPIDA)

ESTA EDIFICACION SE ENCUENTRA  
DAÑADA Y SU SEGURIDAD ESTA  
EN DUDA. PROHIBIDA LA ENTRADA  
DE PERSONAS NO AUTORIZADAS.  
ENTRE UNICAMENTE CON FINES DE  
EMERGENCIA, BAJO SU PROPIO RIESGO.

DIRECCION:

---

---

COMENTARIOS: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

INSPECTORES:

---

---

Fecha (dd-mm-aa): \_\_\_\_\_

Se efectuó revisión interior.

Figura 3.4



# INSEGURA

(REVISION RAPIDA)

ESTA EDIFICACION SE ENCUENTRA  
SERIAMENTE DAÑADA, ES INSEGURA.  
PELIGRO DE LESIONES O MUERTE.  
NO ENTRAR U OCUPAR.

COMENTARIOS: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Se efectuó revisión interior.

DIRECCION:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

INSPECTORES:

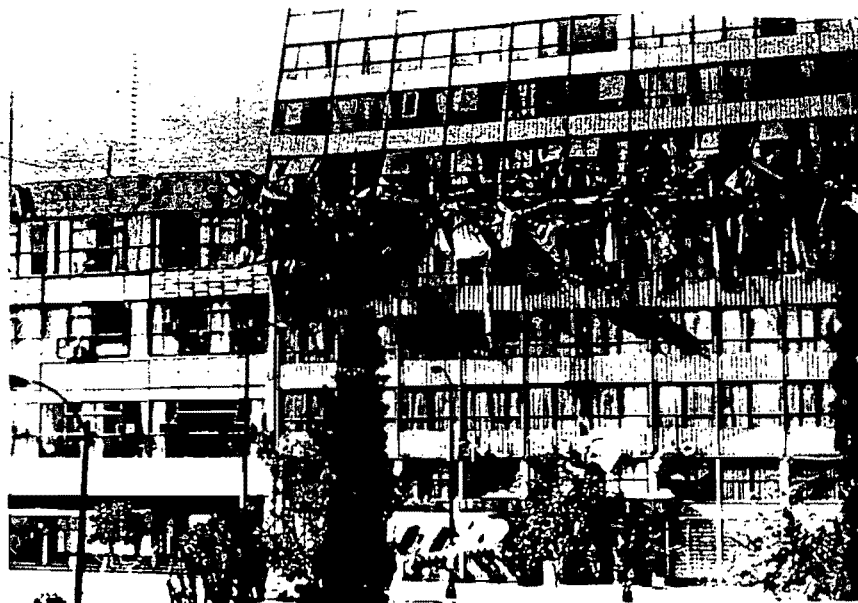
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Fecha (dd-mm-aa): \_\_\_\_\_

Figura 3.5



A



B

Foto 1 A - B  
Criterio 1: Derrumbe total o parcial de edificaciones



Foto 2 A - B  
Criterio 1: Derrumbe parcial o total de edificaciones.



Foto 3. Falla de pilote de control

Criterio 1

Falla de cimentación

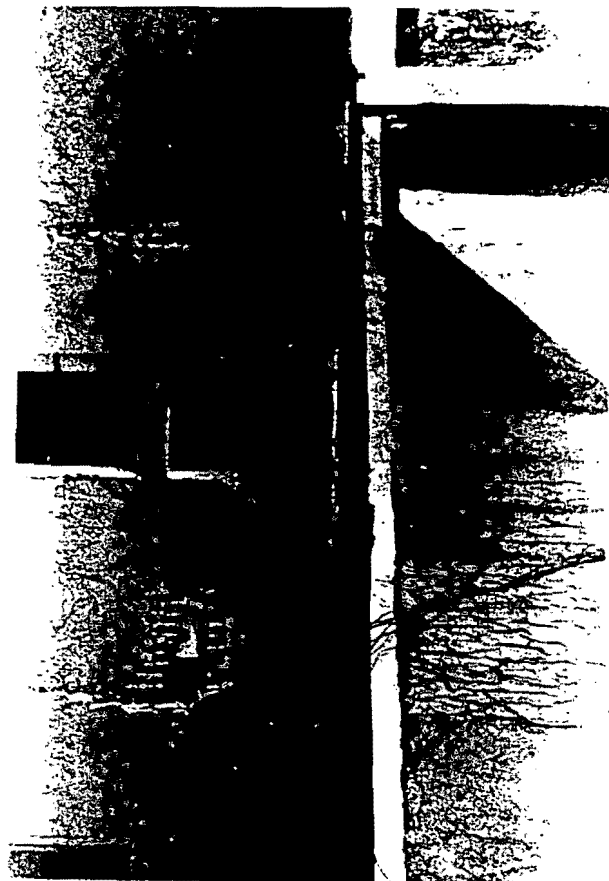


Foto 4. Edificio desplomado

Criterio 2:

La edificación o cualquiera de sus pisos se encuentra apreciablemente inclinado



Foto 5

Criterio 3:

Daños en elementos estructurales  
(columnas, vigas, muros, losas,  
etc.)

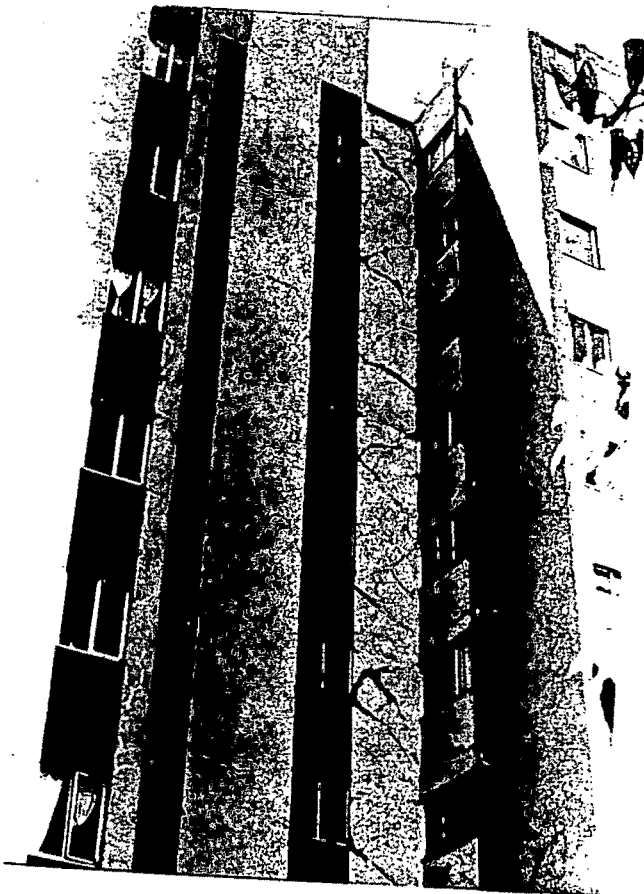


Foto 6

Criterio 4:

Daño severo en muros no-estruc-  
turales.



Foto 7  
Asentamiento



Foto 8  
Asentamiento  
Grietas en el terreno

Criterio 5. Grietas grandes en el terreno, movimiento masivo del suelo, o deslizamiento de talud.



Foto 9

Criterio 6: Elementos de fachada, chimenea u otros elementos en peligro de caer.

### 3.5 EVALUACIÓN DETALLADA

#### 3.5.1 Objetivos.

Este procedimiento tiene como objetivo evaluar con una aproximación razonable y en un tiempo corto la seguridad de edificaciones clasificadas como "cuidado" e "insegura" en la "Evaluación Rápida". Se sugiere también emplear este procedimiento como primera evaluación en edificaciones esenciales.

Con este procedimiento se intenta establecer que tanto el sistema estructural como los elementos estructurales y no-estructurales del edificio son lo suficientemente seguros para el uso normal de la edificación.

#### 3.5.2 Inspectores.

Se sugiere que la evaluación sea efectuada por un equipo de dos ingenieros con experiencia en diseño estructural y comportamiento sísmico de edificaciones o un ingeniero especialista en estructuras y un ingeniero civil. El ingeniero especialista en estructuras debe estar familiarizado con el diseño de edificaciones similares a la inspeccionada. Estos inspectores, al realizar la evaluación, deben considerar características específicas como intensidad del movimiento sísmico experimentado, estado de la estructura antes del sismo, así como las características de resistencia, rigidez y ductilidad del sistema estructural.

Es deseable que la evaluación sea efectuada por ingenieros con experiencia en diseño estructural y comportamiento sísmico de edificaciones. Por ejemplo, en el caso de un agrietamiento considerable en los marcos de un edificio de concreto reforzado, un ingeniero familiarizado con el diseño de tales estructuras puede visualizar mejor el problema. Similarmente, las dudas acerca de fallas del suelo son mejor detectadas por un ingeniero especialista en geotecnia.

Un camino para obtener voluntarios para realizar el procedimiento de *Evaluación Detallada* sería el desarrollo de planes en conjunto con la Asociación de Ingeniería Estructural y la Sociedad de



Ingeniería Sísmica.

Estos voluntarios serían temporales y no tendrían remuneración por su trabajo, pero deben recibir las compensaciones de ley por accidentes ocurridos durante el desempeño de su labor.

La evaluación efectuada generalmente se basa en criterios ingenieriles burdos, ya que no se trata de una evaluación completa; por este motivo, es deseable que cuando los voluntarios efectúan revisiones ordenadas por las autoridades, no sean responsables ante la ley por las heridas o la muerte de cualquier persona, o daños a la propiedad resultantes de las conclusiones de esta evaluación. Un criterio como éste es sugerido en el procedimiento de evaluación postsísmica propuesto para las zonas sísmicas de EUA elaborado por ATC (Ref 7).

### **3.5.3 Criterios y procedimiento para la Evaluación Detallada.**

La evaluación consiste en examinar detalladamente la edificación, en el interior y exterior, en particular su sistema estructural. Con el fin de poder observar el sistema estructural se sugiere en general no efectuar exploración destructiva, como remover recubrimientos, cielo rasos, etc. Sin embargo, cuando existen dudas y el sistema estructural no es lo suficientemente visible para permitir una evaluación confiable, se debe efectuar ese tipo de exploración o clasificar la edificación como "cuidado" o "insegura".

Con la *Evaluación Detallada* se pretende establecer si existe la posibilidad de derrumbe estructural o peligro de caída de elementos estructurales o no-estructurales. El derrumbe de la edificación puede presentarse por falla de la estructura en sí o por el derrumbe de edificaciones vecinas. En algunas circunstancias, el peligro proviene de otros riesgos como fugas del suministro de gas, líneas de energía eléctrica caídas, etc.

Como requerimiento mínimo de la evaluación se debe considerar que la estructura debe ser capaz de resistir, sin derrumbe y sin riesgos adicionales por la caída de objetos, al menos una repetición del evento que causó el daño inicial.

La experiencia es esencial en la evaluación de edificios dañados. No todas las situaciones peligrosas están cubiertas por las guías y procedimientos proporcionados aquí; para dichas situaciones donde este manual no dé guías de evaluación o éstas no sean apropiadas para la situación, el equipo de inspección debe fiarse del juicio y experiencia colectiva u obtener ayuda adicional.

Este procedimiento de evaluación requiere un tiempo de 1 a 4 horas aproximadamente.

#### **3.5.4 Criterios de clasificación.**

Adicional a la descripción de la condición general de la edificación, correspondiente a la clasificación de uso dada en la tabla 3.1, se deben usar los siguientes criterios de clasificación.

##### **Habitable:**

Esta clasificación indica que no existen restricciones para el uso de la estructura. Para que ésta caiga dentro de esta clasificación se deben satisfacer las siguientes condiciones:

- 1- El sistema resistente de cargas verticales no presenta reducción significativa en su capacidad resistente y no existe inestabilidad potencial.
- 2- La capacidad para resistir cargas laterales no presenta disminución importante.
- 3- No hay peligros de falla o caída de objetos, a menos que estos se encuentren adecuadamente marcados y con barreras (Área insegura).
- 4- No existe evidencia de daños importantes de la subestructura o asentamiento del terreno.
- 5- Las escaleras y salidas principales son accesibles y se encuentran en servicio.
- 6- No existe condición aparente de inseguridad.

##### **Cuidado:**

Una estructura cae dentro de esta clasificación si tiene alguna de las siguientes situaciones.

- 1- Existen dudas serias acerca de la seguridad estructural y

ésta únicamente puede ser resuelta por medio de una *Evaluación de Ingeniería*.

2- Existen incertidumbres acerca de la posibilidad de daños adicionales por peligros geotécnicos (Ejemplo: Inundación del sótano, deslizamiento del talud, entre otros.).

3- Existe incertidumbre acerca de la presencia de otros peligros (Ejemplo: Posibles líneas de gas rotas o liberación de material tóxico).

#### Insegura:

Una estructura cae en esta clasificación cuando se encuentra en alguna de las siguientes situaciones:

1- Es obviamente insegura.

2- Por la extensión de daños es posible el peligro de derrumbe por sólo carga gravitacional o por réplicas del terremoto.

3- Presencia de otra condición insegura (Ejemplo: líneas de electricidad caídas, deslizamientos de talud, entre otros).

#### **3.5.5 Forma para inspección postsísmica - Evaluación Detallada.**

El método de inspección detallada de emergencia se resume en la hoja de campo "*Forma para inspección postsísmica - Evaluación Detallada*" figura 3.6 desarrollada con base en la experiencia obtenida de terremotos y en las evaluaciones de daños desarrolladas en México y otros países (Refs 1 a 11).

Esta forma de inspección postsísmica se ha preparado de manera que la recolección de los parámetros más relevantes del daño de la edificación permite a los evaluadores tener un conocimiento claro del estado de la edificación para realizar la clasificación de uso. En vez de emplear definiciones subjetivas, en algunos aspectos se proveen definiciones claras y ayudas de inspección, con el fin de mejorar la uniformidad de criterio.

La forma que se presenta en la figura 3.6 está agrupada en cinco partes principales:

1) Descripción de la edificación.

2) Descripción de la estructura.

3) Evaluación de la seguridad de la estructura.

4) Evaluación de la seguridad de elementos no-estructurales.

5) Clasificación, recomendaciones y comentarios

A continuación se describen en detalle estas partes:

#### 3.5.5.1 Descripción de la edificación.

Se describe brevemente la zona de inspección, la localización, la posición de la edificación en la manzana, el período de construcción, el área total de la edificación, el número de pisos, la zona de terreno en que se encuentra localizada y el uso.

La zona corresponde a la división de la ciudad para los fines de la evaluación. La posición de la edificación en la manzana es un parámetro importante para identificar los posibles efectos de golpeo o falla de edificaciones vecinas. El período de construcción es un aspecto usualmente asociado al tipo de estructura, su ductilidad y la calidad de la construcción. La zona del suelo donde la edificación se encuentra localizada es un factor que ha incidido en la magnitud de daños; particularmente en las localizadas en la zona del antiguo lago de la ciudad de México (Zona III de la clasificación del RDF-87).

El propósito de la clasificación de uso es identificar si existen modificaciones en las cargas de diseño originales por el cambio de uso en la edificación.

En el parámetro denominado "*Información Adicional*" se debe indicar cualquier otro aspecto que identifique la edificación, (ej: nombre, propietario, dependencia que tiene su sede en la edificación, entre otros.)

#### 3.5.5.2 Descripción de la estructura.

Identifica el material de la estructura, tipo de cimentación, sistema resistente a acciones horizontales y verticales, sistema de piso, material de estructura de techo, la presencia de configuraciones irregulares en planta y verticalmente (Tablas 3.3 - 3.4 y figs 3.7 - 3.8), evidencia de daños o reparación debidas a sismos anteriores. También se incluye en esta parte de la evaluación las pérdidas de vidas humanas en la edificación o heridos producto del terremoto. Esto se hace con el fin de obtener información de pérdidas de vidas humanas y número de heridos, en

función del tipo de estructura y uso de los edificios.

Todos estos aspectos son de importancia básica para la clasificación del estado de la edificación, asimismo para estudios de pérdidas económicas y mejora de los criterios existentes de diseño y construcción de edificaciones en zonas sísmicas. Además, la evaluación de daños y reparaciones por sismos es un parámetro por considerar en las decisiones de reparación, reforzamiento y en el análisis de la efectividad de reparaciones.

#### 3.5.5.3 Evaluación de la seguridad de la estructura.

Se describen las inestabilidades del suelo, la inclinación de la edificación y los daños de estructura en tres categorías básicas de riesgo: A (Aceptable), B (Intermedio), C (Alto).

Los daños que ocasiona un terremoto dependen del tipo de sistema resistente a acciones horizontales y verticales, la edad y calidad de la construcción, la duración y severidad del movimiento del terreno, además de otros aspectos asociados como inestabilidad del suelo o golpeo con edificaciones vecinas.

La incidencia de los daños en elementos estructurales sobre la seguridad de la edificación se evalúa por medio del cálculo de un índice de daños en el entrepiso más dañado. El cálculo se ilustra posteriormente en 3.5.6 "Pasos a seguir en la evaluación detallada".

Si la inestabilidad del suelo es clara, ésta puede ser clasificada por el equipo de inspección; en caso de dudas, se debe solicitar la inspección por parte de un ingeniero especialista en mecánica de suelos.

#### 3.5.5.4 Evaluación de la seguridad de elementos no-estructurales.

El daño de elementos no-estructurales se clasifica de manera similar al daño de estructura, por medio de tres categorías: A (Aceptable), B (Intermedio) y C (Alto).

Ejemplos de daño no-estructural son agrietamiento o rotura de particiones y muros exteriores o interiores, agrietamiento o caída de cielo-rasos, chimeneas, lámparas, daños del equipo eléctrico y mecánico, roturas en las líneas de servicio, etc.

El daño de elementos no-estructurales, mal funcionamiento o daños de los sistemas de servicio como gas, electricidad, sanitarios, entre otros, podrían hacer considerar una edificación como peligrosa o no adecuada para su uso.

#### 3.5.5.5 Clasificación, recomendaciones y comentarios.

La clasificación del estado de la edificación se realizara con base en los criterios de clasificación señalados en 3.5.4 y en la tabla 3.1.

Las recomendaciones del equipo de inspección abarcan las medidas necesarias para disminuir los riesgos y proteger el público. Los comentarios resumen los posibles motivos de los daños o aspectos concernientes a la aplicación de la evaluación.

Las fotografías tienen como objeto complementar la información de la edificación y conservar evidencia que podría desaparecer en un corto tiempo.

#### **3.5.6 Pasos a seguir en la Evaluación Detallada.**

Para examinar detalladamente la edificación dañada, en su exterior é interior, se sugiere seguir la siguiente secuencia:

##### Paso 1 - Examinar la edificación desde el exterior.

- Empezar examinando el exterior de la edificación. Llenar la forma de inspección (fig 3.6) con las descripciones de la edificación y de la estructura.
- Examinar si existen discontinuidades verticales. Estas son partes de la estructura donde ocurren cambios bruscos en rigidez tales como primer piso débil, edificios irregulares en elevación, etc. La experiencia de terremotos anteriores muestra que el daño se concentra frecuentemente en esos lugares. En la figura 3.7 y la tabla 3.3 se señalan algunas irregularidades verticales típicas.
- Examinar si la estructura tiene configuración irregular en planta. De manera análoga al caso de discontinuidades verticales, el daño tiende a producirse por la existencia de estas irregularidades. En la figura 3.8 y en la tabla 3.4 se dan algunas sugerencias y ayudas para evaluar este tipo de

irregularidad estructural.

-Examinar la máxima inclinación de la edificación, la clasificación de daño se evalúa con base en el porcentaje de inclinación (%).

$\% < a$	==>	Clasificación A
$a < \% \text{ inclinación} < 1.5 a$	==>	Clasificación B
$\% > 1.5 a$	==>	Clasificación C

En las expresiones anteriores  $a$  es la inclinación en porcentaje dada por la siguiente expresión:

$$a = \frac{100}{100+3H}$$

$H$  es la altura de la edificación en metros.

-Observar la presencia de agrietamiento en muros exteriores, marcos de ventanas, entre otros, que pueden indicar desplazamientos de entrepiso excesivos.

- Examinar el daño en elementos no-estructurales como muros, pretilas, balcones, anuncios, antes de entrar en la edificación.

-Examinar o estimar la fecha de construcción de la edificación. Se debe tratar de averiguar si la estructura fue construida por ejemplo antes de 1966, 1976 o 1987. Estos años corresponden a fechas de aparición de reglamentos de construcción para el Distrito Federal.

#### Paso 2 - Examinar el sitio de la edificación por peligros geotécnicos.

-Examinar el terreno y/o cimentación para evaluar la posible existencia de grietas, expansión, o movimientos verticales de asentamiento o emersión.

-Evaluar el grado de daño de acuerdo con el valor medio del asentamiento o emersión en la construcción; en el caso de edificaciones colindantes se debe considerar:

$S < 10 \text{ cm}$	====>	Clasificación A
Asentamiento (S) $10 \text{ cm} < S < 20 \text{ cm}$	====>	Clasificación B
$S > 20 \text{ cm}$	====>	Clasificación C

	$E < 20 \text{ cm}$	====>	Clasificación A
Emersión (E)	$20\text{cm} < E < 30 \text{ cm}$	====>	Clasificación B
	$E > 30 \text{ cm}$	====>	Clasificación C

En construcciones aisladas se sugiere tomar como valores límites los propuestos en el caso de emersión (Ref 12).

-En zonas de ladera, examinar el área para averiguar la existencia de posibles deslizamientos de talud.

-Aquellos edificios localizados en un área donde existen peligros geotécnicos, deberían ser clasificados con "inseguros" o "cuidado".

-Cuando existen sospechas acerca de peligros geotécnicos, se debe efectuar la *Evaluación Detallada* con un equipo de inspección que incluya un ingeniero especialista en mecánica de suelos.

### Paso 3 - Examinar el sistema estructural desde el interior.

-Antes de entrar, se debe examinar los elementos en peligro de caer y considerar el peligro de derrumbe de la edificación. No se debe entrar en edificaciones obviamente inseguras.

-Examinar, en el interior de la edificación, los elementos expuestos del sistema de cimentación para averiguar la posible existencia de daños estructurales, fracturas y asentamientos diferenciales. También se debe examinar los pisos y paredes para inspeccionar posibles grietas y expansiones del terreno. Observar la posible ocurrencia de inundación del sótano.

-Generalmente, el sistema estructural se encuentra oculto por cielosrasos, elementos divisorios, de recubrimiento ó otros elementos arquitectónicos. En los casos que estos elementos impidan observar el sistema estructural, se debe solicitar la aprobación del propietario para que sean removidos. Se debe examinar cada piso incluyendo sótanos, escaleras, cuartos de máquinas y otras áreas generalmente expuestas que permiten observar claramente el sistema.

-Examinar el sistema resistente a cargas verticales. Se debe buscar situaciones en las que las columnas muestran signos de falla (fig 3.9), los muros presentan agrietamientos (fig



3.10), las losas o vigas han fallado, empiezan a fallar o estar fuera de su soporte vertical.

-Examinar el sistema resistente a cargas horizontales. Cualquier desplazamiento residual de entrepiso es evidencia de la existencia de algún daño estructural.

-Examinar el grado de daño estructural de la edificación por medio del cálculo de un índice de daño estructural, que se comenta más adelante, en el entrepiso más dañado en las dos direcciones principales. Se debe evaluar por separado columnas, vigas y muros exteriores é interiores y calcular los porcentajes de elementos con rango de daño IV y V. Los niveles de daño I a V para elementos de concreto reforzado se describen en la tabla 3.5 y en las fotografías (11 a 16) se ilustran algunos ejemplos típicos. En la tabla 3.6 se describen los niveles de daños I a V para elementos de mampostería, la que de manera conservadora se aplica a muros con o sin refuerzo interior.

Si al evaluar el daño de entrepiso se encuentra que el daño de vigas adyacentes ( o losas planas en el caso que la estructura sea de este tipo) es más severo que el daño de la columna a la que concurren en la dirección de análisis, el rango de daño de la columna debe ser reemplazado por el de las vigas o losas. En este caso el nivel de daño de las vigas o losas adyacentes se debe definir como el menor de los niveles de daños individuales de estos elementos ó tomar el promedio de los niveles de daños de los dos elementos si la diferencia de estos niveles es mayor de dos. Un caso de daños más severo en vigas que en la columna se ilustra en la fotografía (10).

En los casos de edificaciones a base de marcos de concreto reforzado, muros de concreto reforzado o mampostería se evaluarán los porcentajes de elementos con rango de daño IV y V, y se procederá a asignar los grados de daño como se indica a continuación:

<10 %            ==>            Clasificación A

Rango IV	10% - 30%	==>	Clasificación B
	>30 %	==>	Clasificación C
	< 5%	==>	Clasificación A
Rango V	5% - 15%	==>	Clasificación B
	>15%	==>	Clasificación C

Se debe observar que en los casos de marcos, independiente de que los mayores daños ocurran en columnas o trabes, el porcentaje de daños anteriormente mencionado se debe relacionar siempre con el número total de columnas (exteriores o interiores) del entrepiso en estudio.

En estructuras híbridas como marcos de concreto reforzado ligados a muros de tabique o con muros de concreto, se deben considerar ambos tipos de sistemas estructurales, siempre y cuando en el caso de marcos con muros de relleno se verifique que éstos se construyeron ligados a los marcos.

-Examinar si existen reparaciones de la estructura por sismos anteriores e indicar el tipo de reparación. Ej: encamisado de concreto reforzado y/o acero estructural, adición de elementos de contraventeo de acero estructural, adición de muros de concreto y/o tabiques, entre otros.

-Llenar la forma de inspección (fig 3.6) con los resultados correspondientes a la dirección más dañada.

#### Paso 4 - Examinar la seguridad de elementos no-estructurales.

-Una vez dentro de la edificación, se debe examinar el nivel de seguridad de:

Muros divisorios.

Particiones.

Cielosrasos.

Lámparas.

Escaleras.

Tanques de agua.

Apéndices, etc.

-Se debe mencionar que el daño severo de elementos no-estructurales, no implica clasificar la estructura como

"insegura". En el caso de que seguridad de la estructura clasifique como "habitable", pero existan daños en elementos no-estructurales, en general solo se deben restringir las áreas inseguras; en el caso de que se presenten peligros alrededor de la entrada a la edificación, se debe clasificar el área como "área insegura" y prohibir la entrada a la edificación.

#### Paso 5 - Examinar la presencia de otros peligros.

- Observar si existe la presencia de derrames, escapes de gases tóxicos u otros materiales peligrosos.
- Examinar los elevadores antes de emplearlos nuevamente.
- Examinar escaleras y salidas de emergencia, para averiguar la posible existencia de obstrucciones a salidas.

#### Paso 6 - Completar la forma de evaluación.

-El paso final de esta evaluación es completar la forma de inspección (fig 3.6).

-Se sugiere definir la clasificación de seguridad la estructura de acuerdo con el siguiente criterio.

Insegura: Una edificación en la que después de evaluar el terreno y cimentación, asentamiento, inclinación y daños de miembros estructurales se asignó dos o más clasificaciones de daño C ó cuatro o más clasificaciones de daño B.

Cuidado: Una edificación a la que se le asignó una clasificación C o tres clasificaciones de daño B. También los casos de estructuras a base de marcos de concreto reforzado que clasificarían como "habitable", pero que tienen al menos una columna con rango de daño V (tabla 3.5).

Habitable: Una edificación que no correspondió a las clasificaciones anteriores de "insegura" y "cuidado".

-Se debe mencionar que esta evaluación da sólo una clasificación superficial de la seguridad postsísmica de la edificación; por tanto en la evaluación se debe tener en cuenta que es indeseable provocar problemas innecesarios al dictaminar la evacuación de ocupantes de edificaciones con daños menores. Por otro lado, es importante evitar exponerlos

a riesgos innecesarios.

-Clasificar y colocar el aviso respectivo en la edificación de acuerdo con los resultados de la evaluación (figuras 3.11, 3.12 y 3.13). Colocar este aviso en cada entrada de edificaciones clasificadas con "cuidado" e "insegura".

-Explicar a los ocupantes del edificio el significado de "cuidado" e "insegura". Las áreas designadas como "área insegura" también deben ser desocupadas.

-Señalar si es necesario el apuntalamiento u otra acción. Las recomendaciones de emergencia del equipo de inspección tienen como uno de sus objetivos eliminar los peligros locales, principalmente producidos por elementos no-estructurales, con el propósito de hacer posible el uso de la edificación a sus ocupantes, proteger a peatones y al público en general del peligro de derrumbes o caída de objetos.

-Indicar en los comentarios los motivos principales de la clasificación y resumir en ellos las causas más probables del daño existente.

-Es importante tomar fotografías de los daños con el objeto de completar datos y evidencia, debido a que ésta puede desaparecer en un corto tiempo.

**DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN:**

Zona: \_\_\_\_\_

-Dirección: \_\_\_\_\_

Colonia: \_\_\_\_\_

-Posición del edificio en la manzana:

Esquina  Medio  Libre

-Período de construcción:

Antes 1966  1967-1976  1977-1987  1988-  No se sabe

-Área total del edificio, todos los niveles (m<sup>2</sup>): \_\_\_\_\_

-Número de niveles sobre el terreno (incluyendo azoteas y mezanines): |\_\_|\_\_|

Sótanos  Mezanines  Apéndices

-Tipo de terreno:

Zona del lago  Transición  Lomas

-Uso principal:

Casa habitación  Departamentos  Comercios  Oficinas Públicas

Industrias  Estacionamientos  Bodegas  Oficinas Privadas

Educación  Recreativo  Salud y protección social

Serv. públicos y de emergencia  Otro: \_\_\_\_\_

-Información adicional: \_\_\_\_\_

(En la hoja N<sup>o</sup> 3 dibujar planta con rangos de daño y algún otro croquis de interés)

**DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA:**

-Material de la estructura:

≡ Concreto reforzado:

└ Colado en el lugar

└ Prefabricado

≡ Mampostería:

└ Ladrillo hueco  Ladrillo sólido

└ Concreto  Otro: \_\_\_\_\_

Acero  Madera  Otro: \_\_\_\_\_

-Cimentación: No se sabe

Zapatas  Losa corrida  Pilotes  Otro: \_\_\_\_\_

-Sistema estructural resistente a cargas:

Marcos  Muros de concreto  Marcos contraventeados

Marcos con muros de concreto  Marcos con muro de relleno de tabique

Losa plana reticular, columnas  Mampostería reforzada

Muros de tabique sin reforzar con castillos y dalas  Otro: \_\_\_\_\_

-Sistema de piso: Losa maciza con trabes  Losa plana

Losa plana reticular  Prefabricado  No se sabe  Otro: \_\_\_\_\_

-Estructura de techo (En caso de estructura especial):

Concreto reforzado  Acero  Madera  Otro: \_\_\_\_\_

-Regularidad planta: Buena  Intermedia  Mala  └ Ver descripción tablas 3.3 - 3.4

vertical: Buena  Intermedia  Mala  └ Figuras 3.7 - 3.8

-Daños previos por sismos: Si  Año |\_\_|\_\_| No  No se sabe

-Reparaciones anteriores: Si  Año |\_\_|\_\_| No  No se sabe

Tipo de reparación: \_\_\_\_\_

-Pérdidas humanas (Muertos/heridos): Si  No  No se sabe

Si existen datos: N<sup>o</sup> muertos |\_\_| N<sup>o</sup> heridos |\_\_|

Figura 3.6

**EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA:**

**Nivel de riesgo**

**A**                      **B**                      **C**  
**(ACEPTABLE)**    **(INTERMEDIO)**    **(ALTO)**

**DAÑO EXTERIOR**

- Grietas en suelo, desliz. talud, separac cimentac.
- Valor medio del asentamiento o emersión
- Inclinación de la edificación %
- Daño de miembros estructurales en el entrepiso N° \_\_\_\_\_ (En la dirección más dañada)
  - a) Estructura a base de marcos y/o losa plana reticular
    - Número total de columnas exteriores: \_\_\_\_\_
    - Relación del número de columnas (o trabes) con rango de daño entre el N° de columnas exteriores.
 

Rango IV _____	<input type="checkbox"/> <10%	<input type="checkbox"/> 10-30%	<input type="checkbox"/> >30%
Rango V _____	<input type="checkbox"/> <1%	<input type="checkbox"/> 1-15%	<input type="checkbox"/> >15%
  - b) Estructura a base de muros.
    - Longitud total de muros exteriores(mt): \_\_\_\_\_
    - Relación de la longitud de muros exteriores con rango de daño entre la longitud total:
 

Rango IV _____	<input type="checkbox"/> <10%	<input type="checkbox"/> 10-30%	<input type="checkbox"/> >30%
Rango V _____	<input type="checkbox"/> < 1%	<input type="checkbox"/> 1-15%	<input type="checkbox"/> >15%

**DAÑO INTERIOR**

- c) Estructura a base de marcos y/o losa plana reticular
  - Número total de columnas interiores: \_\_\_\_\_
  - Relación del número de columnas (o trabes) con rango de daño entre el N° de columnas interiores.
 

Rango IV _____	<input type="checkbox"/> <10%	<input type="checkbox"/> 10-30%	<input type="checkbox"/> >30%
Rango V _____	<input type="checkbox"/> <1%	<input type="checkbox"/> 1-15%	<input type="checkbox"/> >15%
- d) Estructura a base de muros.
  - Longitud total de muros interiores(mt): \_\_\_\_\_
  - Relación de la longitud de muros interiores con rango de daño entre la longitud total:
 

Rango IV _____	<input type="checkbox"/> <10%	<input type="checkbox"/> 10-30%	<input type="checkbox"/> >30%
Rango V _____	<input type="checkbox"/> < 1%	<input type="checkbox"/> 1-15%	<input type="checkbox"/> >15%

<b>CLASIFICACIÓN:</b>	Evaluación Rápida	Evaluación Detallada
	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
INSPECCIONADA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CUIDADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
INSEGURA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**INSPECTORES:**

1- \_\_\_\_\_

2- \_\_\_\_\_

3- \_\_\_\_\_

**FECHA DE INSPECCIÓN:**

dd-mm-aa: \_\_\_\_\_

**FORMA PARA INSPECCIÓN POSTSÍSMICA - EVALUACIÓN DETALLADA** Hoja 3

**EVAL. DE LA SEGURIDAD DE ELEM NO-ESTRUCTURALES:** Nivel de riesgo

	A (ACEPTABLE)	B (INTERMEDIO)	C (ALTO)
<b>(EXTERIOR)</b>			
-Vidrios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Torres de anuncios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Acabados fachada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Balcones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Pretilos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Tanque elevado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Otros _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>(INTERIOR)</b>			
-Muros divisorios o particiones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Cielos rasos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Lámparas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Escaleras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Elevadores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Instalaciones (gas, eléctrica, etc)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Derrames tóxicos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**RECOMENDACIONES:**

- ÁREA INSEGURA: Colocar barreras en las siguientes áreas: \_\_\_\_\_
- Otros. (Remover elementos en peligro de caer, apuntalar, etc.) \_\_\_\_\_

**COMENTARIOS:** (Explicar los motivos principales de clasificación y posibles causas del daño, indicar si los daños fueron más importantes en columnas, vigas o losas planas.) \_\_\_\_\_

Fotografías: Si  No

ESQUEMA:

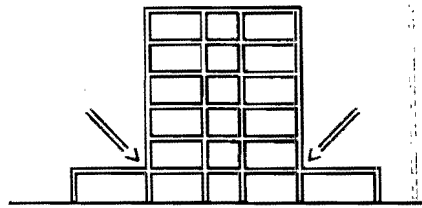
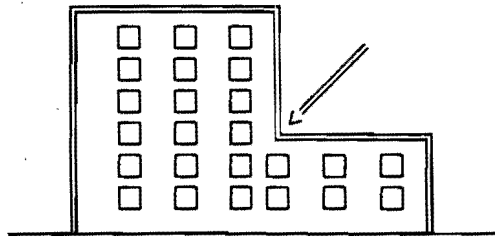
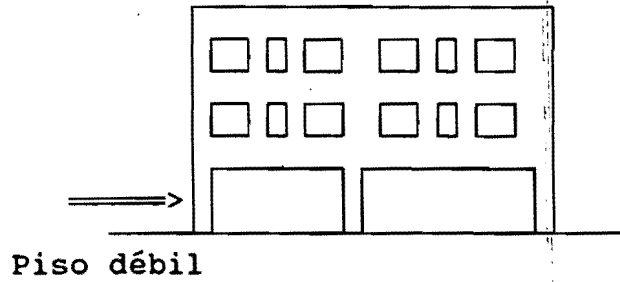
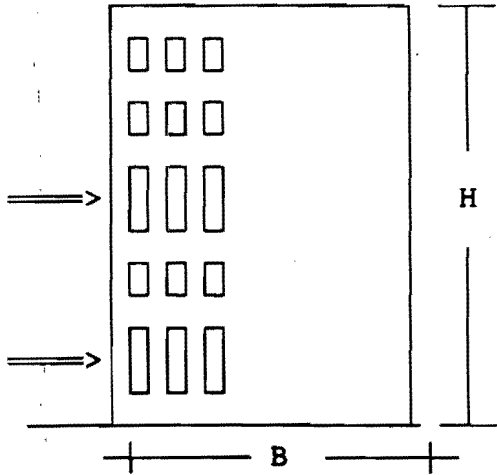
TABLA 3.3 - CRITERIOS PARA EVALUAR LA REGULARIDAD VERTICAL.

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Buena	IE $\leq$ 2.5.
Intermedia	2.5 < IE $\leq$ 4.0 -Existencia de marcos y muros de cortante que no son continuos hasta la cimentación. -Presencia de columnas cortas.
Mala	IE $\geq$ 4.0 -Presencia de piso débil. -Algún piso tiene un área, <u>delimitada por los paños exteriores de sus elementos resistentes verticales</u> , mayor que la del piso inmediato inferior, ni menor que 70% de ésta (Excluyendo cubiertas ligeras).

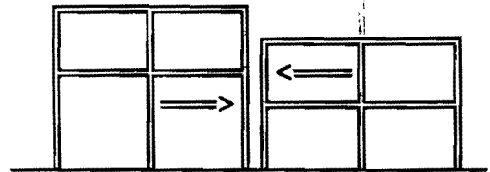
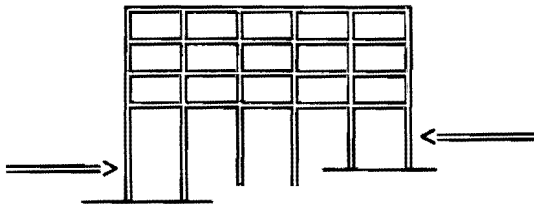
© IE = Índice de esbeltez: Relación entre la altura de la edificación (H) y la dimensión menor de la base (B), ver fig 7.



**Figura 3.7 - IRREGULARIDADES VERTICALES TÍPICAS**

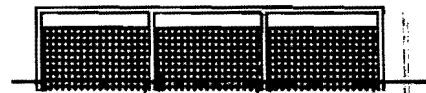
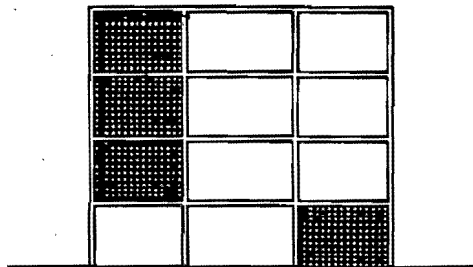


**Entrantes**



**Edificaciones en colinas**

**Golpeo**



**Columnas cortas**

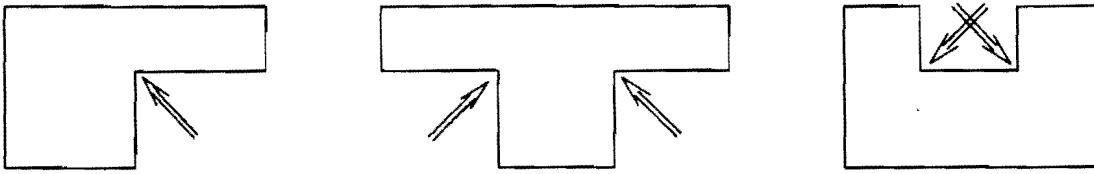
Muros de rigidez que no son continuos hasta la cimentación.

Señala algunas algunos puntos que se deben examinar.

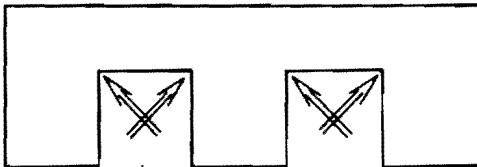
**TABLA 3.4 - CRITERIOS PARA EVALUAR LA REGULARIDAD EN PLANTA.**

CLASIFICACIÓN.	DESCRIPCIÓN.
Buena	-La distribución de masas con respecto a dos ejes ortogonales es aproximadamente simétrica en planta, así como muros y otros elementos resistentes.
Intermedia	-Cae entre la clasificación buena y mala.
Mala	<p>-En planta tiene entrantes y salientes cuya dimensión excede del 30% de la dimensión de la planta, medida paralelamente a la dirección que se considera de la entrante o saliente.</p> <p>-Aberturas en el diafragma mayores del 30% del área del piso.</p> <p>-Un piso tiene un área ( delimitada por los paños exteriores de sus elementos resistentes) mayor que el área del piso inmediatamente inferior o es menor que el 60% de ésta.</p> <p>-La relación largo a ancho de la base excede de 3.</p>

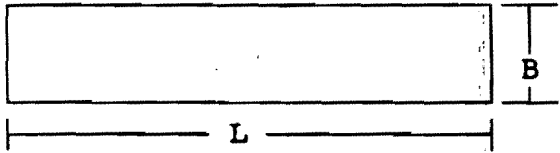
Figura 3.8- IRREGULARIDADES EN PLANTA



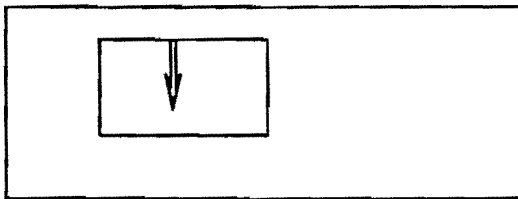
Asimetría en planta.



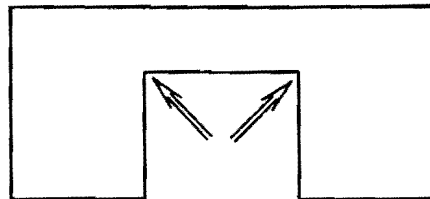
Formas complejas.



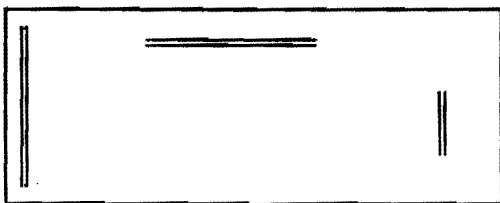
Formas alargadas  $L/B > 2.5$



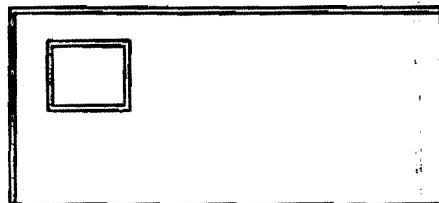
Aberturas importantes en el diafragma



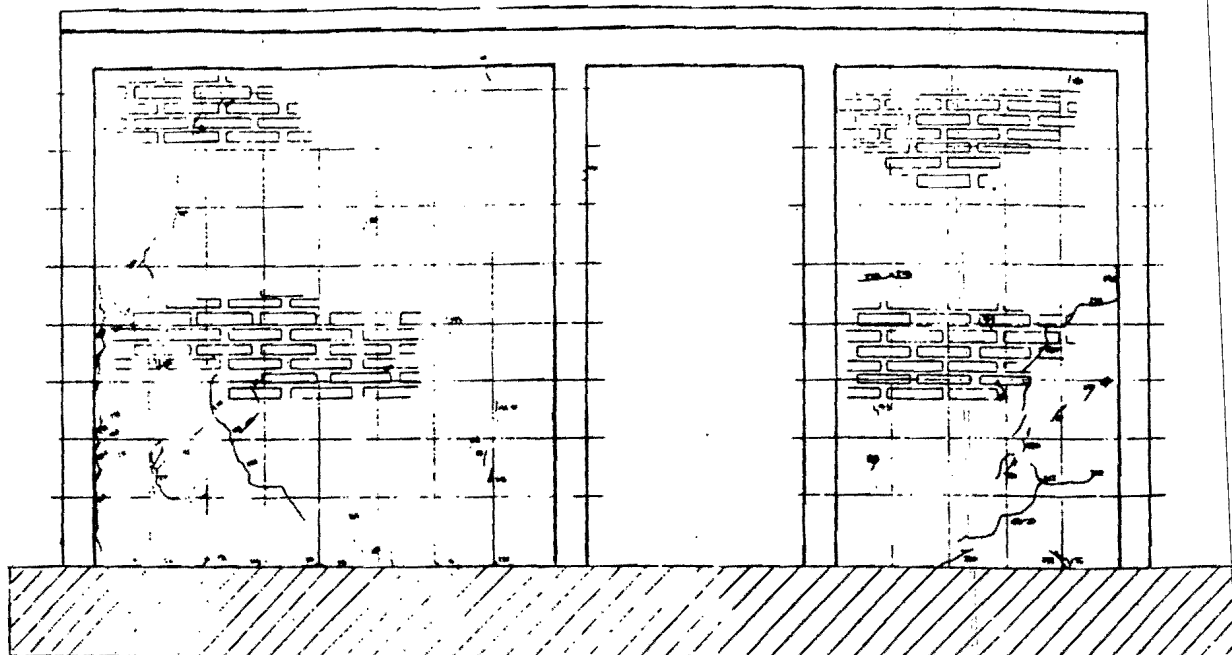
Diafragma débil



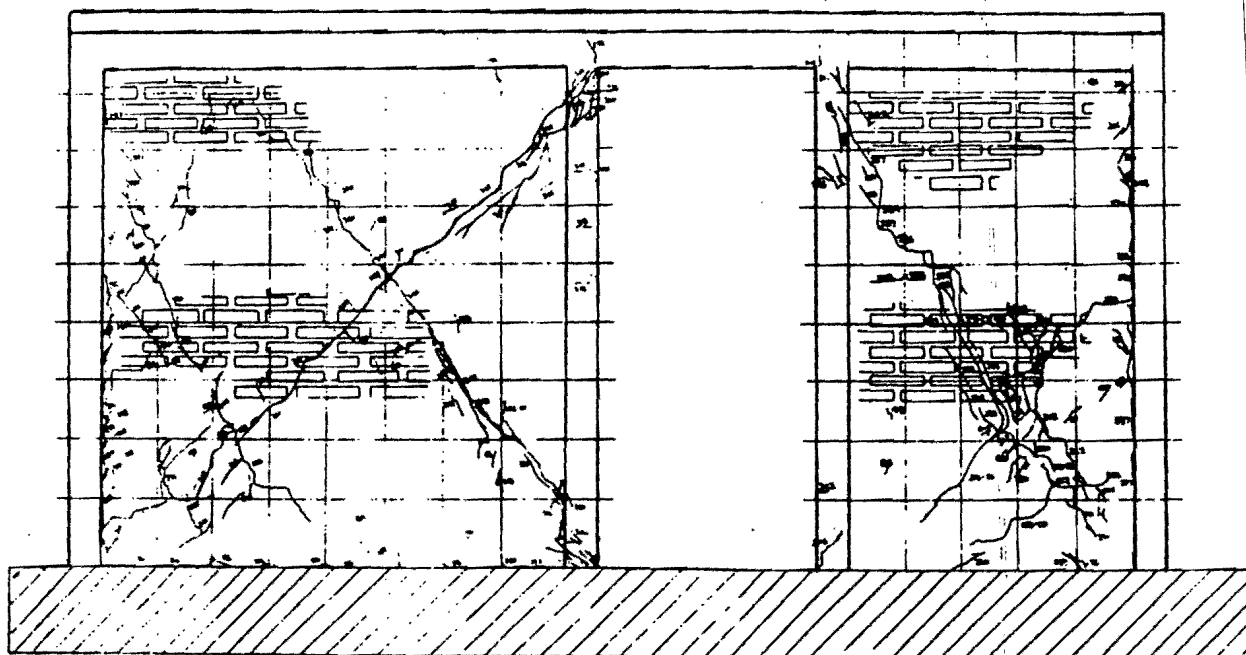
Asimetría en disposición y rigidez de los elementos estructurales.



Señala algunos puntos que se deben examinar.



GRIETAS VISIBLES SOBRE LA SUPERFICIE DEL MURO



AGRIETAMIENTO DIAGONAL

PATRONES DE AGRIETAMIENTO QUE HAN SIDO OBSERVADOS SOBRE LA SUPERFICIE DE MUROS DE MAMPOSTERIA

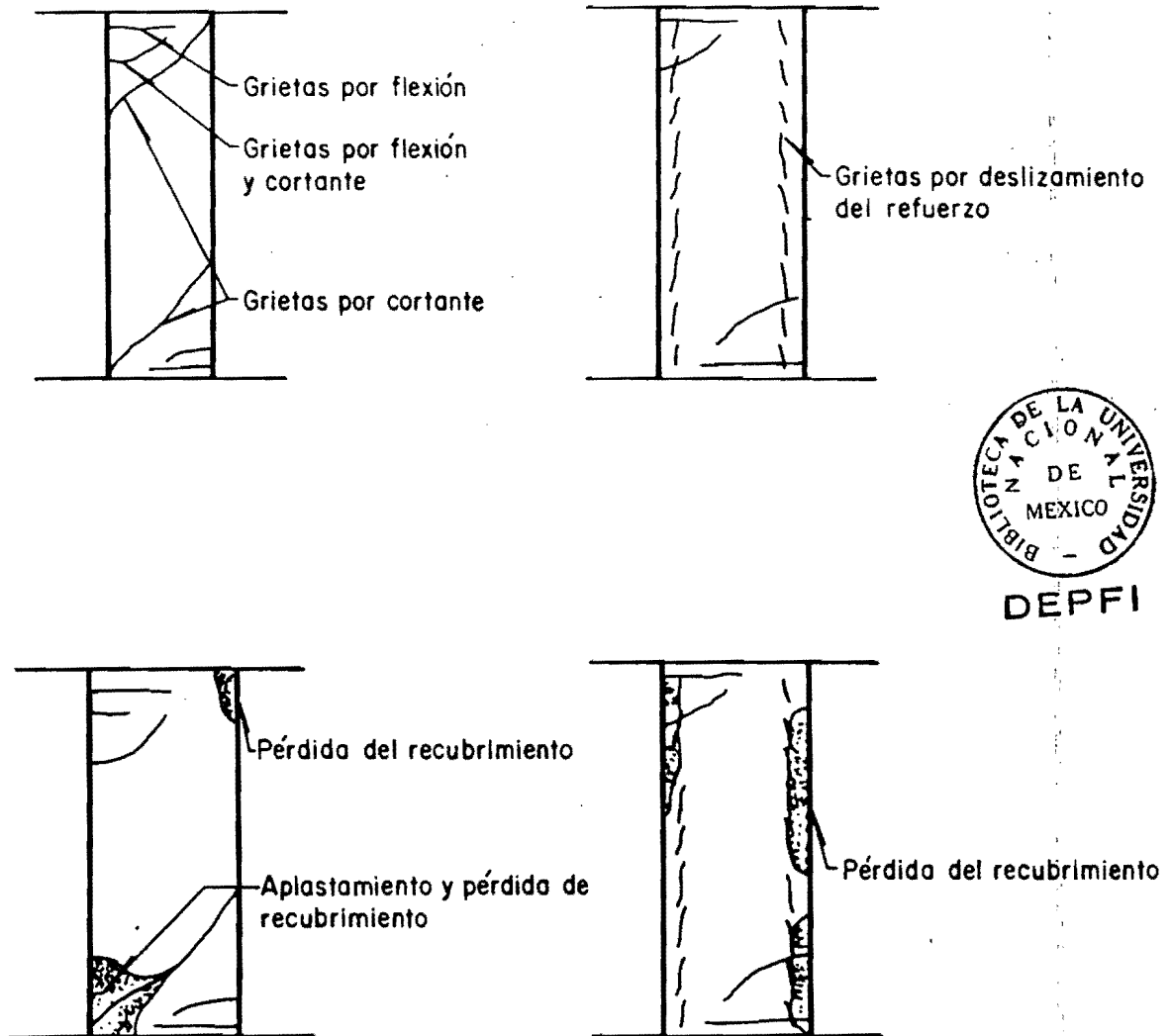


Fig 3.9 Ejemplos de patrones de agrietamiento de columnas de concreto reforzado

**TABLA 3.5 -CRITERIO PARA DETERMINAR EL RANGO DE DAÑO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE CONCRETO**

RANGO	ESTADO DE DAÑO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES
I	Grietas estrechas pero visibles sobre la superficie de concreto. (Grietas con ancho menor de 0.2 mm).
II	Grietas claramente visibles sobre la superficie del concreto. (Grietas con ancho entre 0.2 - 1.0 mm.)
III	Agrietamiento local del recubrimiento de concreto. Grietas considerablemente grandes (ancho entre 1 - 2 mm.)
IV	Agrietamiento apreciable del concreto. Pérdida del recubrimiento del concreto y presencia de barras expuestas.
V	Barras de refuerzo pandeadas. Núcleo del concreto agrietado. Aplastamiento de la columna/muro. Asentamiento o inclinación en el sistema de piso.

**TABLA 3.6 - CRITERIO PARA DETERMINAR EL RANGO DE DAÑO DE MUROS DE MAMPOSTERIA**

RANGO	ESTADO DE DAÑO DE MUROS DE MAMPOSTERIA
I	Grietas estrechas, difícilmente visibles sobre la superficie del muro. Grietas mínimas en castillos y dalas de confinamiento. (Grietas con anchos menores de 0.2 mm).
II	Grietas claramente visibles sobre la superficie del muro. (Grietas con anchos entre 0.2 - 1.0 mm).
III	Inicio de la formación de agrietamiento diagonal en muros confinados con castillos y dalas. Grietas considerablemente grandes en la superficie del muro (anchos entre 1 - 3 mm.)
IV	<p>Agrietamiento diagonal en muros confinados con castillos y dalas, ó en muros de relleno ligados a marcos de concreto reforzado. (Con grietas de más de 3 mm de ancho).</p> <p>Inicio de la formación de agrietamiento diagonal en muros sin castillos y dalas.</p>
V	<p>Desprendimiento de partes de piezas.</p> <p>Aplastamiento local de la mampostería.</p> <p>Prolongación del agrietamiento diagonal en castillos o en dalas. (Ancho de grietas entre 1 - 2 mm).</p> <p>Agrietamiento diagonal en muros sin castillos y dalas.</p> <p>Deformación, inclinación horizontal o vertical apreciable del muro.</p>



Foto 10. Ejemplo de daño en vigas más severo que en columnas.





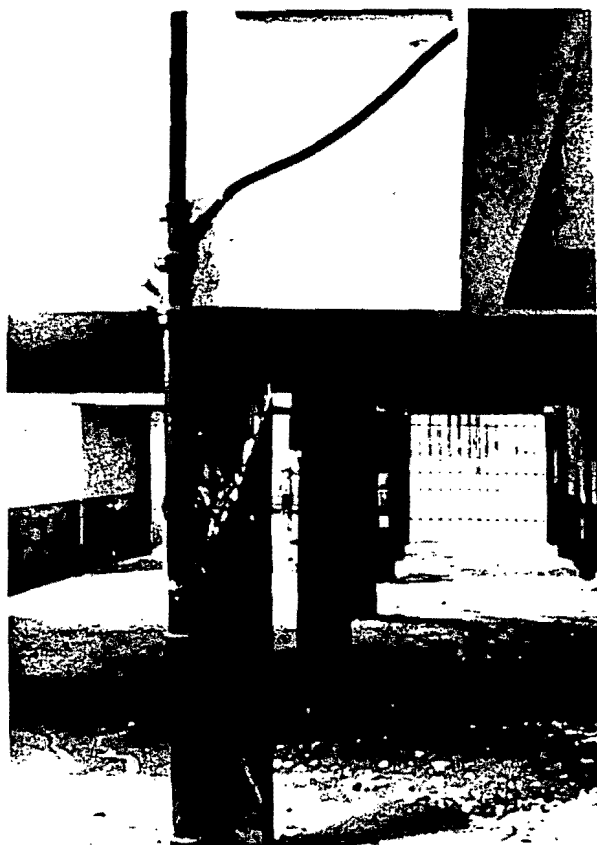
Foto 11. Rango III



Foto 12. Rango III



Foto 13. Rango IV



Fotos 14-15  
Rango V

# HABITABLE

(EVALUACION DETALLADA)

ESTA EDIFICACION HA SIDO  
INSPECCIONADA Y SE PUEDE  
OCUPAR. FAVOR INFORMAR  
A LAS AUTORIDADES CUALQUIER  
CONDICION INSEGURA.

DIRECCION:

---

---

---

COMENTARIOS: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

INSPECTORES:

---

---

Fecha (dd-mm-aa): \_\_\_\_\_

Figura 3.11

# CUIDADADO

(EVALUACION DETALLADA)

ESTA EDIFICACION SE ENCUENTRA  
DAÑADA Y SU SEGURIDAD ESTA  
EN DUDA. PROHIBIDA LA ENTRADA  
DE PERSONAS NO AUTORIZADAS.  
ENTRE UNICAMENTE CON FINES DE  
EMERGENCIA, BAJO SU PROPIO RIESGO.

COMENTARIOS: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

DIRECCION: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

INSPECTORES: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Fecha (dd-mm-aa): \_\_\_\_\_

Figura 3.12

# INSEGURA

(EVALUACION DETALLADA)

ESTA EDIFICACION SE ENCUENTRA  
SERIAMENTE DAÑADA, ES INSEGURA.  
PELIGRO DE LESIONES O MUERTE.  
NO ENTRAR U OCUPAR.

DIRECCION:

---

---

COMENTARIOS: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

INSPECTORES:

---

---

Fecha (dd-mm-aa): \_\_\_\_\_

Figura 3.13

### 3.6 EQUIPO PARA LA INSPECCIÓN.

Para el procedimiento de inspección es deseable contar con el siguiente equipo.

Artículos básicos para el equipo de inspección:

- Mapa de la zona a inspeccionar.
- Manual de inspección postsísmica de la seguridad de edificaciones.
- Formas de inspección, avisos de clasificación, grapas/cinta.
- Nombres y números telefónicos de las oficinas de emergencias.
- Libreta de notas, pluma/lapíz.
- Linterna, lámpara y baterías extras.

Artículos sugeridos para el equipo de inspección:

- Cámara fotográfica, flash y rollo.
- Medidor de grietas.
- Calculadora.
- Cinta de medida.
- Gemelos.
- Nivel.

Artículos personales básicos para la inspección:

- Identificación personal/licencia.
- Identificación oficial.
- Casco de seguridad.
- Botas.

## Ejemplo de aplicación.

Como consecuencia del terremoto del 19 de septiembre de 1985 en la ciudad de México, un determinado edificio de oficinas sufrió daños importantes. Con el propósito de dar un ejemplo de aplicación de la evaluación de seguridad postsísmica de acuerdo al manual que aquí se proporciona, a continuación se desarrolla este ejemplo.

La edificación fue construida en los años de 1980 - 1982, consta de 13 niveles (además de un sótano), con un sistema estructural a base de losa plana y columnas de concreto reforzado.

### a) *Evaluación Rápida.*

Al aplicar el método de *Evaluación Rápida* del manual, la revisión exterior reveló agrietamientos importantes en los muros de las fachadas, daños apreciables en columnas exteriores y evidencias de posible colisión con edificios vecinos.

La clasificación en este nivel de inspección fueron considerar esta edificación como "*Insegura*" y se recomendó colocar barreras alrededor de la edificación para evitar peligros de caída de vidrios y elementos de fachada.

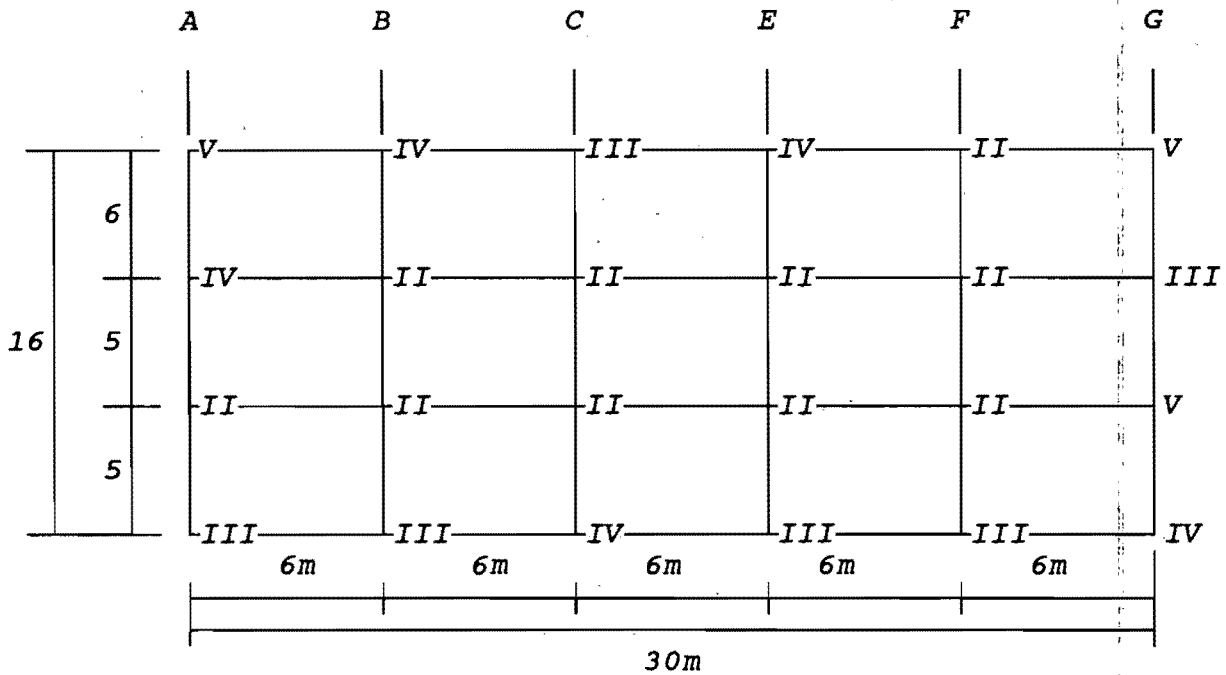
### b) *Evaluación Detallada:*

Al efectuar una *Evaluación Detallada* en la edificación, los ingenieros estructurales involucrados en la inspección observaron severos agrietamientos en las losas de entrepiso ocasionado por asentamientos del núcleo de elevador, falla incipiente en algunos capiteles de columnas exteriores, agrietamientos severos en los muros exteriores de tabique y distorsiones considerables de los niveles de estacionamiento.

La revisión del valor medio del asentamiento indicó que no había evidencia de éste y la máxima inclinación de la edificación fue menor del 1%. Por estos motivos, para estos aspectos la edificación fue considerada en la inspección con clasificación A.

La evaluación del daño de la estructura se realizó en el nivel 5<sup>o</sup> por ser este entrepiso el más dañado. En la planta anexa se indican los rangos de daño de las columnas de concreto reforzado en este nivel. Las columnas exteriores tuvieron rangos de daño IV y V en la proporción que se indica en la "*Forma para inspección postsísmica* -

RANGO DE DAÑO EN COLUMNAS DEL 5<sup>º</sup> NIVEL



"Evaluación Detallada" que se lleno para este ejemplo (figura ), para estas columnas la clasificación que se asigno fue de C. Las columnas interiores tuvieron rango de daño de IV o menores y la clasificación asignada fue B.

Según el procedimiento que se sugiere en el paso 6 de los "Pasos a seguir en la Evaluación Detallada", dado que esta edificación tiene dos calificaciones C y una B, a la edificación se le asigno la clasificación de uso de "Insegura". La entrada fue prohibida y se procedio a la protección de alrededores y edificaciones vecinas.



# FORMA PARA INSPECCIÓN POSTSÍSMICA - EVALUACIÓN RÁPIDA

**IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO:** Zona: 3  
 Dirección: Insurgentes norte N° 12 Colonia: Roma  
 Número de niveles sobre el terreno (incluyendo azoteas y mezanines): 13  
 Sótanos: Si  No  N°  Desconocido   
 Uso: Casa habitación  Departamentos  Comercios  Oficinas Públicas   
 Industrias  Estacionamientos  Bodegas  Oficinas Privadas   
 Educación  Recreativo  Otro: \_\_\_\_\_  
 Información adicional: \_\_\_\_\_

**INSTRUCCIONES:**  
 Revisar la edificación para las condiciones señaladas abajo. Con una respuesta "Si" a las preguntas 1,2,3,4,5, se debe marcar la edificación como "Insegura". Con una respuesta "Si" a las preguntas 6,7 se debe marcar "Área insegura" y colocar barreras alrededor de la zona en peligro. Si existen dudas y es necesaria alguna revisión adicional se debe marcar "Cuidado".

ESTADO DE LA EDIFICACIÓN:	SI	NO	NECESITA REVISIÓN ESPECIAL
1)-Derrumbe total, parcial, edificación separada con respecto a su cimentación o falla de ésta.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2)-Desplome de la edificación o de entrepiso.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3)-Daño en miembros estructurales (columnas, vigas, muros)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4)-Daño severo en muros no-estructurales	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5)-Grietas, movimiento del suelo o deslizamiento de talud	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6)-Pretilos, balcones, y otros objetos en peligro de caer	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7)-Otros peligros (Derrames tóxicos, líneas rotas, etc).	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<p><b>CLASIFICACIÓN GLOBAL:</b></p> <p><b>HABITABLE</b> <input type="checkbox"/></p> <p style="padding-left: 20px;"><input type="checkbox"/> Inspección exterior únicamente</p> <p style="padding-left: 20px;"><input type="checkbox"/> Inspección interior y exterior</p> <p><b>CUIDADO</b> <input type="checkbox"/></p> <p><b>INSEGURA</b> <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p><b>INSPECTORES:</b></p> <p>1- <u>Guillermo Hernandez (Ing)</u></p> <p>2- <u>Carlos Martinez (Arg)</u></p> <p>3- _____</p> <p><b>FECHA DE INSPECCIÓN:</b></p> <p>dd-mm-aa: <u>31-5-92</u></p>
--	---

**RECOMENDACIONES:**

-No se requiere revisión futura.

-Es necesaria Eval. Detallada (señalar): Estructural , Geotécnica , otra: \_\_\_\_\_

-**ÁREA INSEGURA** - Colocar barreras en la siguientes áreas: \_\_\_\_\_

Prohibir el paso frente a la fachada, elementos en peligro de caer.

-Otros (remover elementos en peligro de caer, apuntalar, etc.) \_\_\_\_\_

**COMENTARIOS:** (Explicar los motivos principales de la clasificación.)

Daños importantes en muros y acabados de fachada.

# FORMA PARA INSPECCIÓN POSTSÍSMICA - EVALUACIÓN DETALLADA Hoja 1

## DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN:

Zona: 3

-Dirección: Insurgentes Norte N° 12

Colonia: Roma

-Posición del edificio en la manzana:

Esquina  Medio  Libre

-Período de construcción:

Antes 1966  1967-1976  1977-1987  1988-  No se sabe

-Área total del edificio, todos los niveles (m<sup>2</sup>): 6250

-Número de niveles sobre el terreno (incluyendo azoteas y mezanines): 11

Sótanos  Mezanines  Apéndices

-Tipo de terreno:

Zona del lago  Transición  Lomas

-Uso principal:

Casa habitación  Departamentos  Comercios  Oficinas Públicas

Industrias  Estacionamientos  Bodegas  Oficinas Privadas

Educación  Recreativo  Salud y protección social

Serv. públicos y de emergencia  Otro: \_\_\_\_\_

-Información adicional: \_\_\_\_\_

(En la hoja N° 3 dibujar planta con rangos de daño y algún otro croquis de interés)

## DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA:

-Material de la estructura:

≡ Concreto reforzado:

└ Colado en el lugar

└ Prefabricado

Acero  Madera  Otro: \_\_\_\_\_

≡ Mampostería:

└ Ladrillo hueco  Ladrillo sólido

└ Concreto  Otro: \_\_\_\_\_

-Cimentación: No se sabe

Zapatas  Losa corrida  Pilotes  Otro: \_\_\_\_\_

-Sistema estructural resistente a cargas:

Marcos  Muros de concreto  Marcos contraventeados

Marcos con muros de concreto  Marcos con muro de relleno de tabique

Losa plana reticular, columnas  Mampostería reforzada

Muros de tabique sin reforzar con castillos y dalas  Otro: \_\_\_\_\_

-Sistema de piso: Losa maciza con trabes  Losa plana

Losa plana reticular  Prefabricado  No se sabe  Otro: \_\_\_\_\_

-Estructura de techo (En caso de estructura especial):

Concreto reforzado  Acero  Madera  Otro: \_\_\_\_\_

-Regularidad planta: Buena  Intermedia  Mala   Ver descripción tablas 3.3 - 3.4

vertical: Buena  Intermedia  Mala   Figuras 3.7 - 3.8

En los casos de clasificación "Mala" indicar en los comentarios (hoja 3) las características (tablas 3 y 4) asociadas a esta clasificación.

-Daños previos por sismos: Si  Año    No  No se sabe

-Reparaciones anteriores: Si  Año    No  No se sabe

Tipo de reparación: \_\_\_\_\_

-Pérdidas humanas (Muertos/heridos): Si  No  No se sabe

Si existen datos: N° muertos    N° heridos



EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE ELEMENTOS NO-ESTRUCTURALES:

	Nivel de riesgo		
	A (ACEPTABLE)	B (INTERMEDIO)	C (ALTO)
<u>(EXTERIOR)</u>			
-Vidrios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-Torres de anuncios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Acabados fachada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-Balcones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Pretils	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-Tanque elevado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Otros _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<u>(INTERIOR)</u>			
-Muros divisorios o particiones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Cielos rasos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Lámparas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Escaleras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Elevadores	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Instalaciones (gas, eléctrica, etc)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-Derrames tóxicos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

RECOMENDACIONES:

-ÁREA INSEGURA; Colocar barreras en las siguientes áreas: \_\_\_\_\_

*Fachada primer nivel*

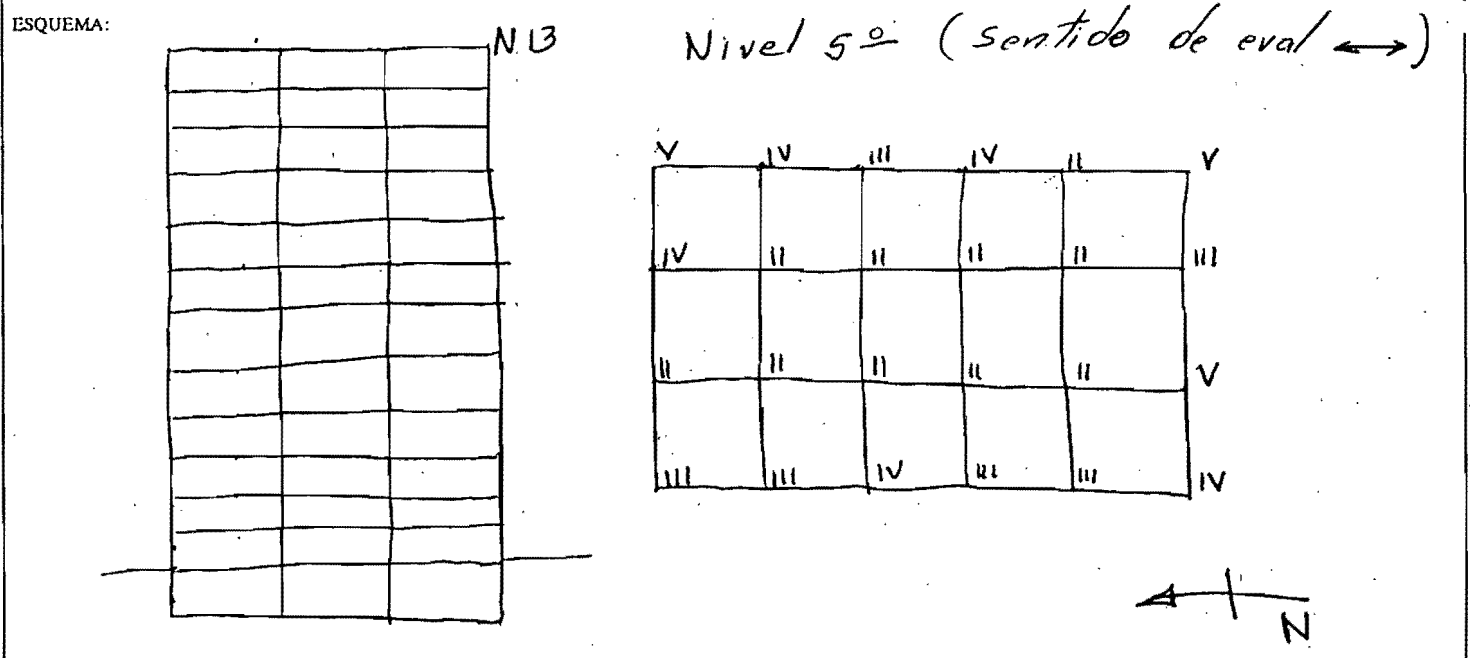
-Otros. (Remover elementos en peligro de caer, apuntalar, etc.) \_\_\_\_\_

*Remover de inmediato vidrios y acabados de fachada.*

Fotografías: Si  No

COMENTARIOS: (Explicar los motivos principales de clasificación y posibles causas del daño. Indicar si los daños fueron más importantes en columnas, vigas o losas planas.) \_\_\_\_\_

*El nivel de daño en columnas y losas fue semejante.*



## REFERENCIAS.

- 1- Secretaría general de obras del Departamento del Distrito Federal. Dictamen técnico para evaluación de edificios.
- 2- Iglesias Jiménez, Jesús. Evaluación de edificios de concreto en la ciudad de México.  
Revista Construcción y Tecnología, Agosto 1989.
- 3- Dictamen previo de escuelas  
Guía para la aplicación del método simplificado de análisis estructural.
- 4- Pérez Caballero, Javier. Criterios para la evaluación de daños.  
Revista IMCYC, Vol 23, Num 176/Dic-Ene 1986
- 5- Loera, Santiago. Manual para evaluar daños causados por sismos en edificios de concreto reforzado.  
Instituto de Ingeniería, UNAM, Proy 1533, Marzo 1982.
- 6- Ohkubo, Masamichi. Current Japanese systems on seismic capacity evaluation and retrofit techniques for existing buildings and post-earthquake damage inspection and restoration techniques. Kyushu Institute of design.  
Dic 1990. Shiobaru, Minamu-ku, Fukuoka, Japan.
- 7- ATC-20 Applied Technology Council  
Procedures for postearthquake safety evaluation of buildings.  
1989, Redwood City, California.
- 8- ATC-20 Applied Technology Council  
Field Manual: Postearthquake safety evaluation of buildings.  
1989, Redwood City, California
- 9- Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology. University "Kiril and Metodij" - Skopje  
Methodology and procedure for earthquake damage assesement. Publication N° 70/3. 1984, Skopje, Yugoslavia.
- 10- Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology. University "Kiril and Metodij" - Skopje

Yugoslav Government mission of experts preliminary report on earthquake damage and useability classification of building in the urban area of Tlatelolco, Mexico, D.F. after the catastrophic earthquake of september 19, 1985  
Octubre 1985.

11- ATC-21 Applied Technology Council

Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards.

April 1988, Redwood City, California

12- Gaceta Oficial del Departamento del D.F.

Normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de cimentaciones.

Marzo 1991, México, D.F.