

CAPITULO 2

PARAMETROS DE VULNERABILIDAD Y DAÑOS EN ESTRUCTURAS.

2 PARAMETROS DE VULNERABILIDAD Y DAÑOS EN ESTRUCTURAS.

2.1 FACTORES QUE HACEN VULNERABLE UNA ESTRUCTURA.

La resistencia de las estructuras sujetas a sismos está influida por su diseño arquitectónico y su configuración, es decir, el tamaño, naturaleza y localización de sus elementos resistentes y de aquellos no estructurales que afectarán directamente su respuesta ante un sismo

Diseños asimétricos o con discontinuidades de rigidez, tanto en planta como en elevación, pueden hacer que la estructura se comporte de un modo inadecuado, ocasionando fallas e incremento de la vulnerabilidad de esas edificaciones. A continuación se presentan algunas de las configuraciones más comunes con relación a las irregularidades mencionadas anteriormente

2.1.1 IRREGULARIDADES EN PLANTA.

Estructuras con esquinas interiores.

Edificios con planta en forma de L, C, H, T o una combinación de éstas (ver figura 2.1) plantean dos problemas: tienden a producir variaciones de rigidez, provocando concentración local de esfuerzos en la esquina entrante, y, al mismo tiempo, provocan torsión al no coincidir el centro de masa de la edificación con el centro de rigidez. Los daños se producen generalmente en las proximidades de la arista interior (unión de las alas)

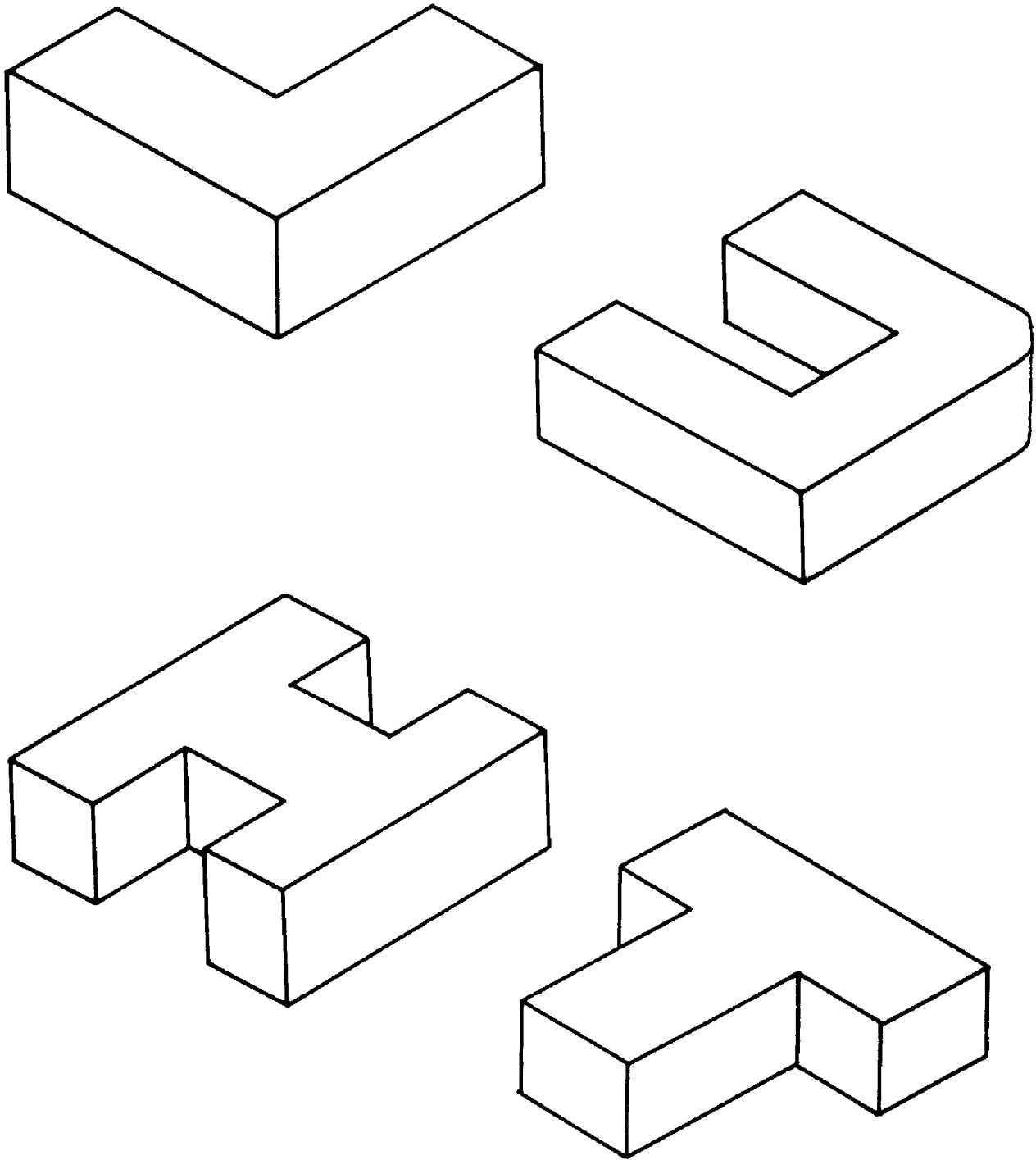


Figura 2 1
Ejemplos de plantas de edificaciones con esquinas interiores

Estructuras con fachadas abiertas.

Estas construcciones son usuales en almacenes, bodegas y estaciones de bomberos. La variación de resistencia y rigidez en el perímetro produce torsión y la estructura tiende a rotar, con posibilidad de causar daños en la parte débil de la estructura.

La figura 2.2 muestra una estructura con muros en tres de los cuatro lados y columnas (espacio libre y/o ventanerías) en el lado restante, las cuales posiblemente serán castigadas en mayor grado por un sismo, por lo que se recomienda observarlas.

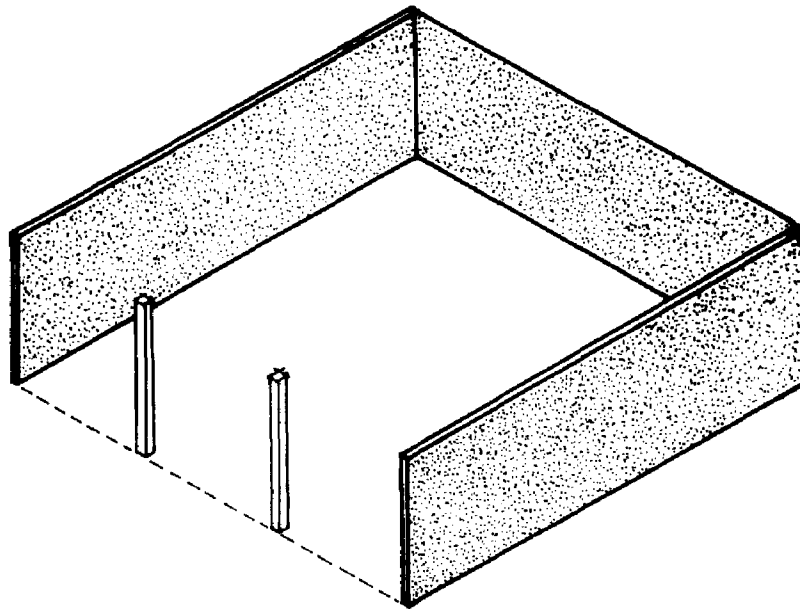


Figura 2.2
Estructura con un lado abierto (débil).

La figura 2.3 muestra una estructura con muros en dos lados contiguos y los otros dos con columnas (espacio libre y/o ventanerías), por lo que también es recomendable observarlos.

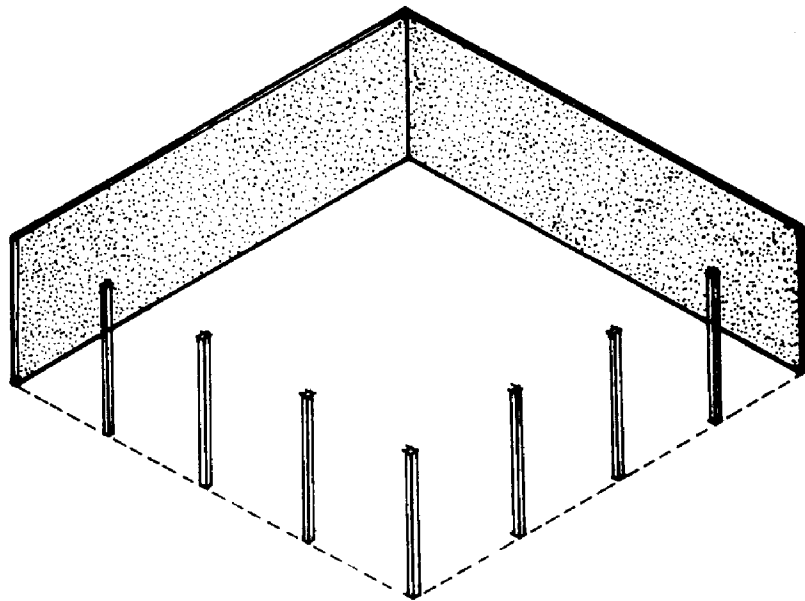


Figura 2.3

Estructura con dos lados abiertos (débiles) contiguos.

Estructuras de marcos con muros de cortante y falsa simetría.

Núcleos de gradas y/o elevadores construidos en puntos asimétricos en relación con la simetría de la estructura, producen grandes fuerzas de torsión las cuales pueden causar daños en la unión del diafragma con el núcleo y en las partes mas lejanas al núcleo (ver figura 2 4)

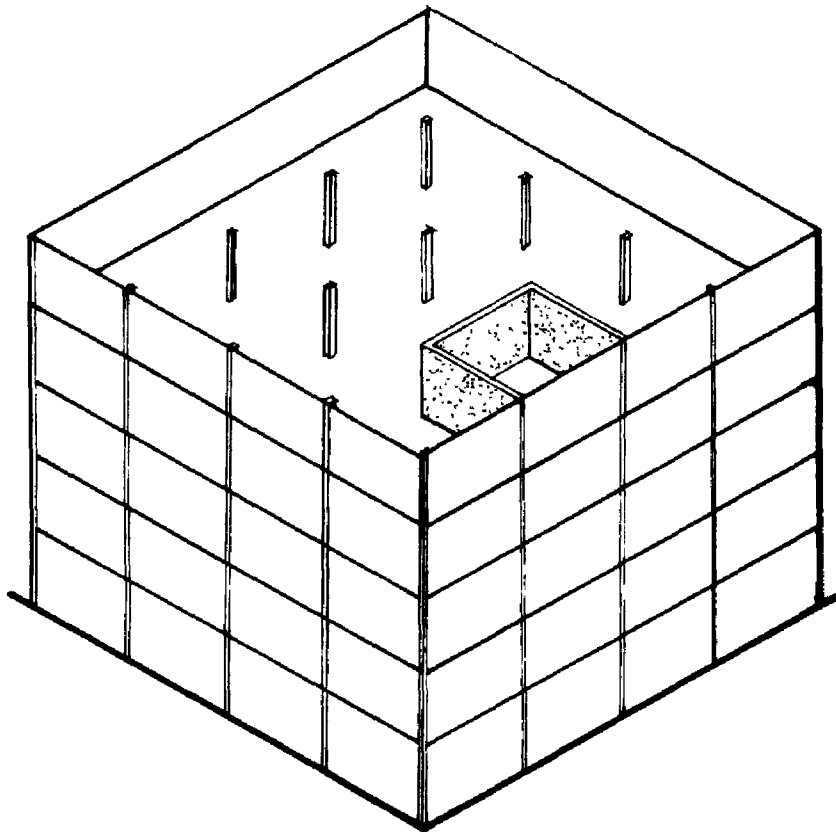


Figura 2.4

Edificación con falsa simetría, debido a un núcleo de muros de corte

Diafragmas con aberturas.

En los diafragmas que poseen grandes aberturas, se debilita la capacidad del diafragma e interrumpen la distribución de carga a elementos resistentes verticales (ver figuras 2.5 y 2.6)

Las aberturas reducen la capacidad no solo por el cambio de sección (menor cantidad de material resistente), sino por la torsión que se pueda producir por la excentricidad, debido a la asimetría en la posición o forma de las aberturas

Por la menor sección, se pueden manifestar los daños en los puntos adyacentes al cambio de sección; por la excentricidad, los daños se manifiestan en sectores opuestos y más lejanos a los elementos que la producen.

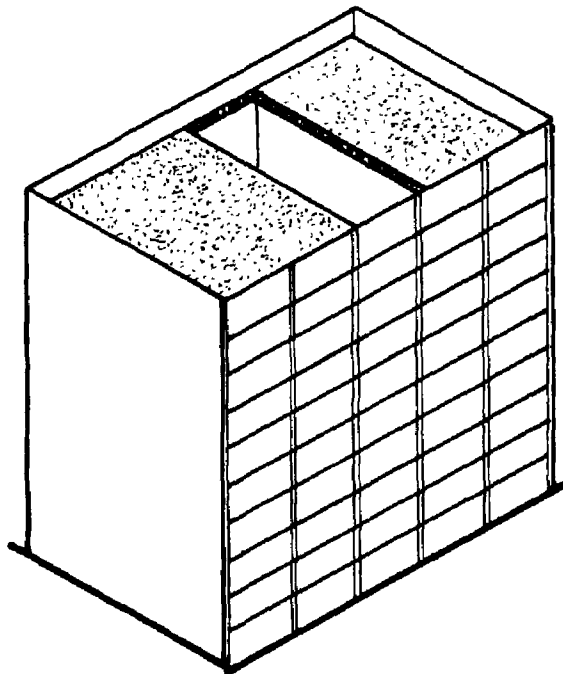


Figura 2.5

Abertura con forma y ubicación simétrica en un diafragma horizontal.

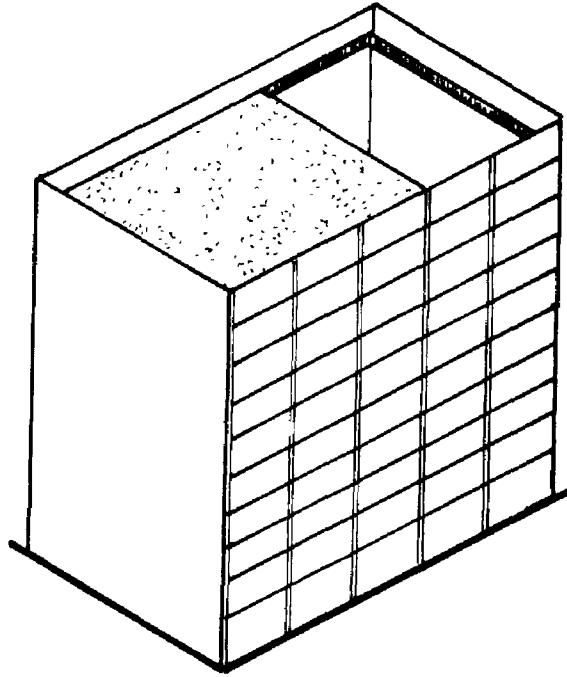


Figura 2 6

Abertura con forma simétrica y ubicación asimétrica en un diafragma horizontal

Falsa simetría en la distribución de masas.

Las masas excéntricas situadas en algún lugar de la edificación, tales como tanques de agua o cualquier material pesado colocado sobre la estructura asimétricamente, pueden provocar problemas de torsión, que frecuentemente se manifiesta en los elementos perimetrales de la estructura (ver figura 2.7)

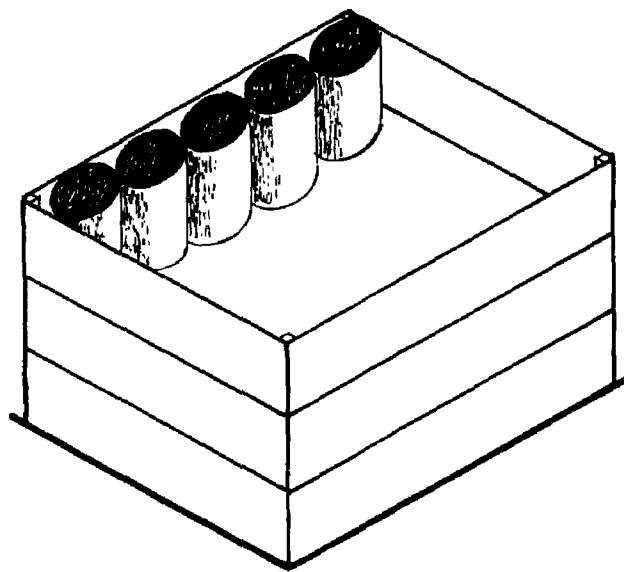


Figura 2 7

Masas colocadas asimétricamente provocan excentricidad en la estructura

2.1.2 IRREGULARIDADES EN ELEVACION.

Estructuras escalonadas verticalmente.

Estas estructuras presentan algunos problemas, tales como el cambio abrupto de resistencia y rigidez, produciendo concentración de esfuerzos y grandes fuerzas en el diafragma superior; además, presentan diferentes periodos de vibración para distintas partes del edificio. Todo lo anterior se manifiesta con posibles daños en los puntos donde se da el cambio brusco de sección vertical (ver figura 2.8)

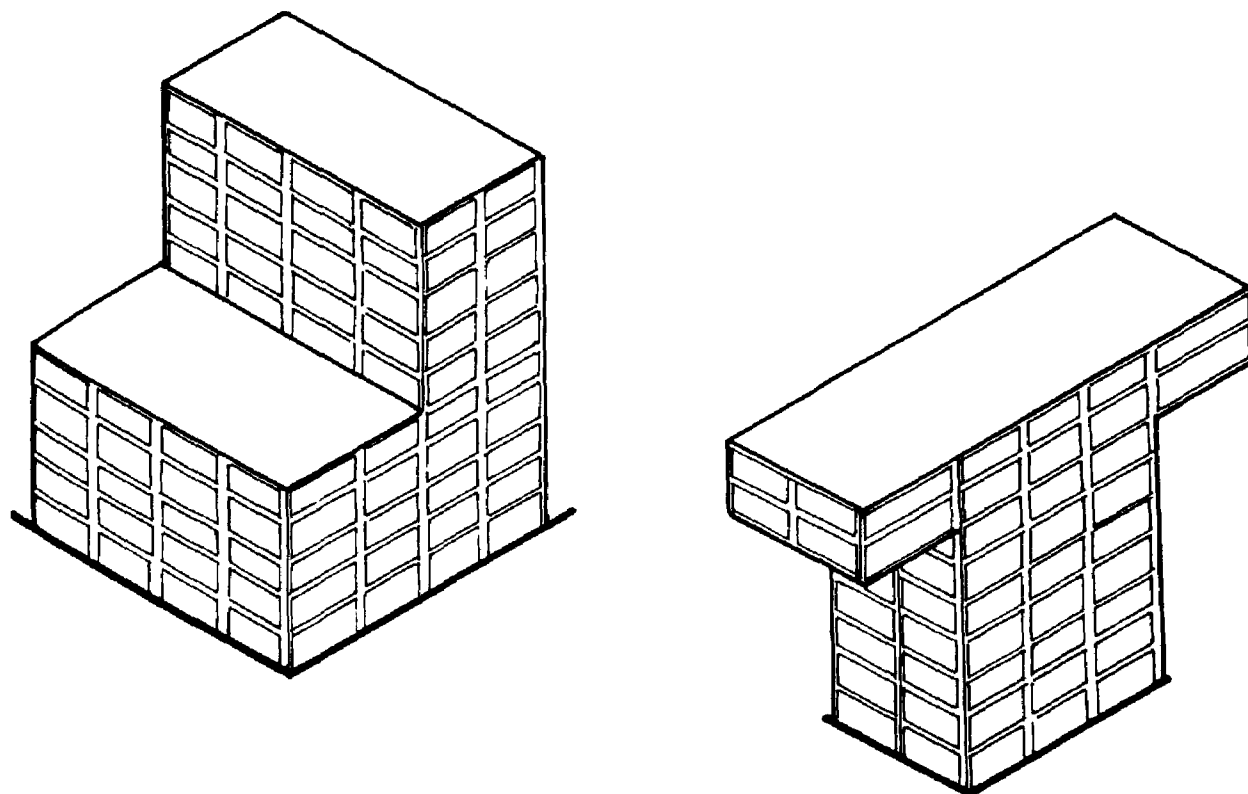


Figura 2.8

Estructuras con cambios bruscos en elevación

Estructuras con planta baja abierta o grandes espacios en cualquier piso.

El llamado "piso débil" causa problemas de discontinuidad de resistencia y rigidez. Las deformaciones tienden a concentrarse en el punto de discontinuidad y el piso experimentará altos esfuerzos y posibles daños mayores (ver figuras 2 9 y 2 10)

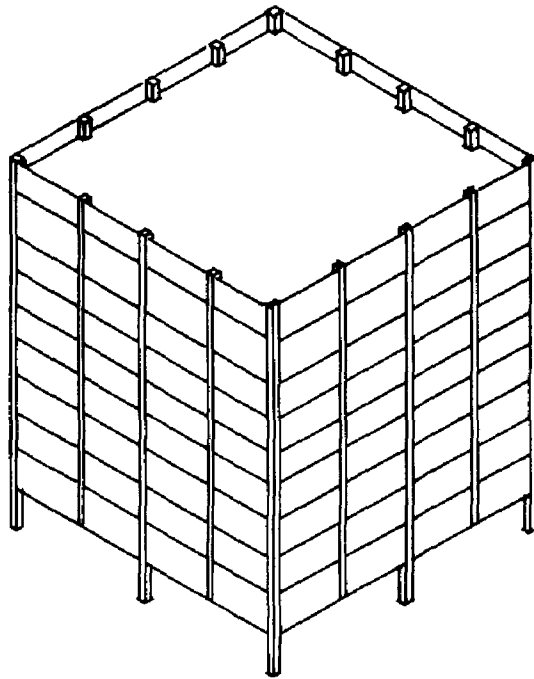


Figura 2 9

Edificio con menor número de columnas en el primer nivel o "piso débil"

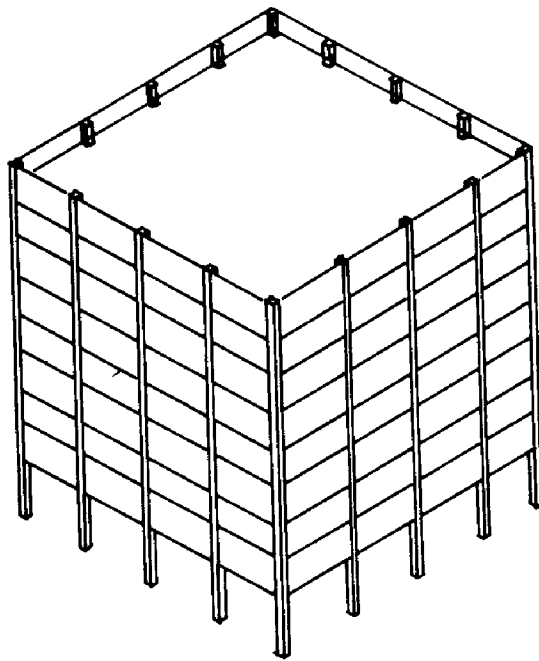


Figura 2.10

Edificio con columnas más largas en el primer nivel o “piso débil”.

Estructuras con columnas de rigidez variable en un mismo nivel.

Cuando se tienen edificios de marcos construidos en laderas o rellenos y/o edificios con cielo a diferentes alturas en un mismo piso (Ej un entrepiso discontinuo), puede variar la rigidez relativa de las columnas para un mismo piso, ocasionando que las columnas más cortas tengan más carga y sea donde se localice posiblemente mayor daño (ver figura 2 11).

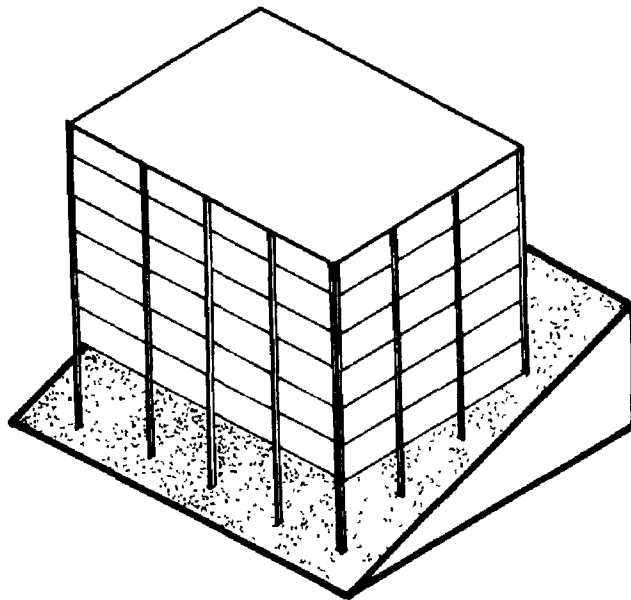


Figura 2 11

Edificio construido en una ladera con columnas de diferente altura en el primer nivel.

Estructuras con muros de cortante con grandes aberturas.

Los muros de cortante con grandes aberturas, pueden comportarse como marcos, produciendo áreas localizadas de debilidad y posible falla en las partes más esbeltas

Los muros de cortante acoplados, son otro ejemplo de configuraciones vulnerables, los problemas que presentarán serán por flexión en las vigas de acoplamiento, especialmente si los muros son altos y esbeltos, en cuyo caso la falla ocurrirá en la viga

En la figura 2.12 se puede apreciar el esquema de una edificación con un muro de corte que tiene varias aberturas de diferentes tamaños

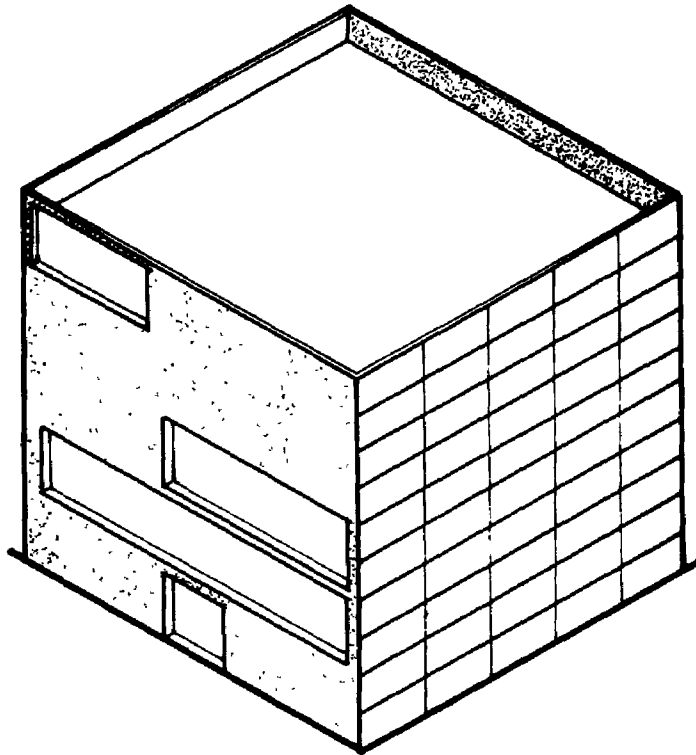


Figura 2.12

Edificio con aberturas de diferente tamaño en el muro de corte

Estructuras colindantes.

El problema de edificios adyacentes o de dos partes de un mismo edificio es que puedan golpearse entre sí durante un sismo. Los daños dependerán del período de vibración, altura, desplazamiento lateral y distancia entre los edificios. Los daños se manifiestan en los puntos de contacto (ver figura 2.13).

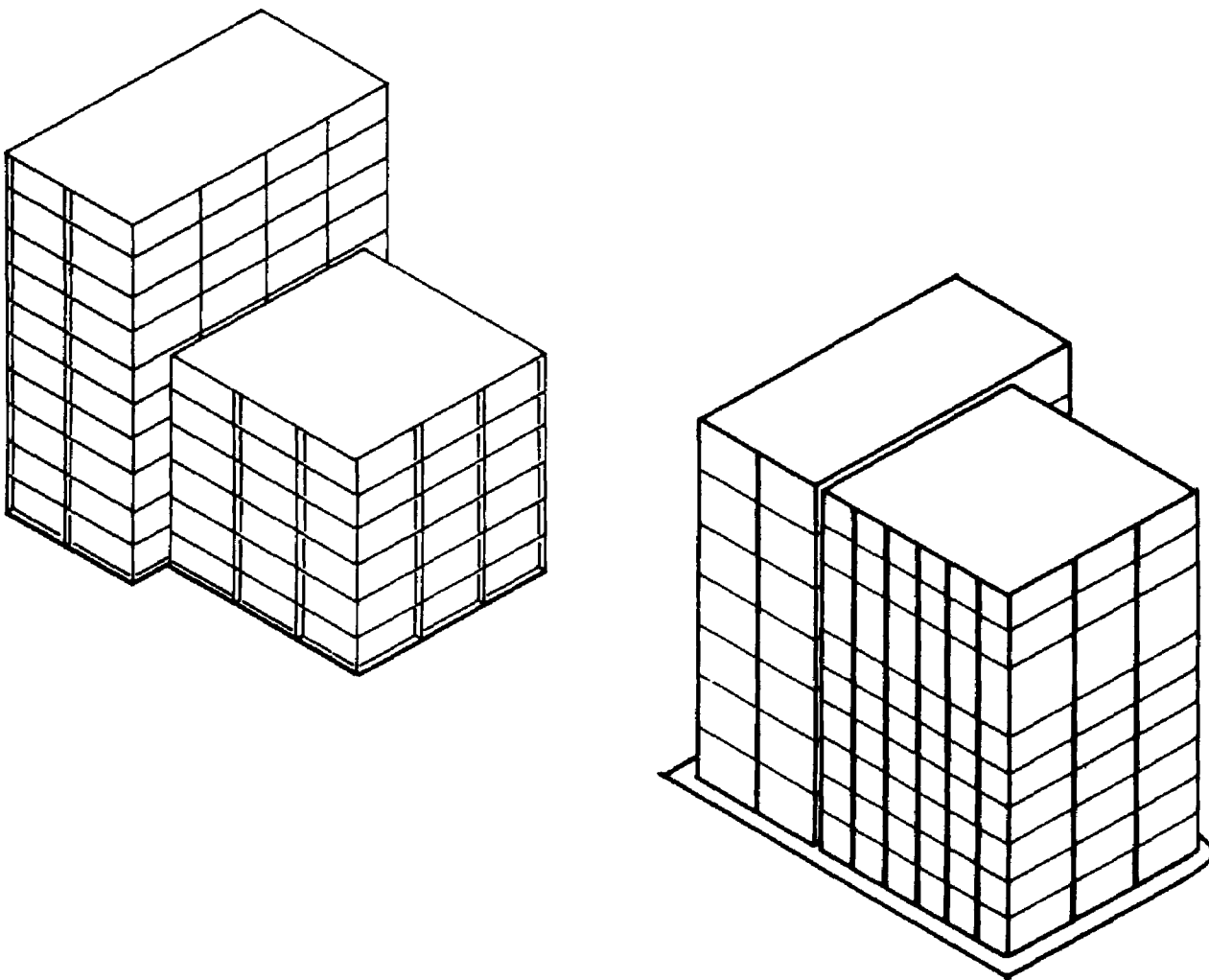


Figura 2.13
Estructuras adyacentes

2.2 TIPOS DE DAÑOS.

Toda estructura debe asegurar un comportamiento adecuado bajo las cargas que serán impuestas a ella, tanto gravitacionales como sísmicas, debe poseer una resistencia adecuada para soportar las cargas, rigidez para exhibir deformaciones tolerables y estabilidad al ser sometida a fuerzas verticales y horizontales.

Las estructuras sujetas a movimientos sísmicos pueden sufrir daños en los elementos que las componen, conocidos como daños estructurales, o bien ocasionar daños en elementos no-estructurales, tales como elementos arquitectónicos, sistemas eléctricos y mecánicos, instalaciones sanitarias, etc.

Una evaluación post-sismo pretende determinar el grado de seguridad que la estructura presenta ante la posibilidad de nuevos eventos sísmicos, tomando en cuenta el riesgo que representan posibles daños en elementos no estructurales y/o en el sistema estructural propiamente dicho

Toda edificación debe tener un sistema estructural que soporte las cargas verticales, incluyendo cargas de operación y funcionamiento, y un sistema de soporte para cargas laterales. Para considerar que una estructura es segura, ambos sistemas deben funcionar de manera correcta, es decir, que no presenten daños que pongan en peligro el funcionamiento adecuado de la edificación.

2.2.1 DAÑOS ESTRUCTURALES.

Daños estructurales son los que afectan la estabilidad y/o la resistencia de la estructura; pueden ser menores, moderados y mayores.

Daños menores.

Son daños que no implican debilitamiento significativo del elemento; generalmente no necesitan reparación. Ejemplo: pequeñas fisuras, cortas y muy delgadas.

Daños moderados.

Son daños significativos que han afectado la resistencia y/o la estabilidad del elemento; si se dan en forma aislada en algún elemento, la estructura total puede no ser peligrosa; si ocurre en forma generalizada la estructura debe repararse globalmente.

Daños mayores o severos.

Si el sistema estructural de un edificio ha sufrido daños mayores la estructura se debe clasificar como insegura. Entre los daños mayores se pueden mencionar el colapso parcial o total de la estructura, edificaciones inclinadas o con asentamientos, paredes severamente agrietadas y/o desplomadas, vigas o columnas falladas, pisos separados de su soporte vertical, juntas y conexiones que muestren fallas significativas, cimientos fracturados y cosas semejantes.

2.2.2 DAÑOS NO ESTRUCTURALES.

Son daños que sufren los elementos que no forman parte del sistema estructural de la edificación, pero que sí representan un riesgo para los ocupantes y áreas aledañas. La edificación puede ser clasificada como insegura.

Los daños no estructurales se pueden dar en elementos arquitectónicos, sistemas eléctricos, sistemas mecánicos, etc.

Dentro de los daños a elementos arquitectónicos se pueden encontrar daños en muros no estructurales, interiores (tabiques) y exteriores, severamente agrietados y/o colapsados parcialmente, cubos de escaleras y ascensores separados o agrietados, cielos falsos con peligro de caerse, tableros de concreto desplomados o agrietados, elemento que se ha corrido en su soporte vertical o se ha caído totalmente

En los sistemas eléctricos se pueden encontrar daños en la fijación de ductos y sistemas de iluminación que presenten riesgo de caerse, sistemas eléctricos de emergencia y comunicación dañados, etc.

En los sistemas mecánicos se pueden encontrar ascensores dañados o atrapados entre dos pisos, calderas y hornos dañados, tuberías caídas o separadas de su soporte, etc

BIBLIOGRAFIA.

Arnold, Christopher, Robert Reitherman, Configuración y diseño sísmico de edificios
Editorial Limusa, México, 1a edición, 300 páginas.

Salvadori, Mario, Structure in architecture, the building of building, Prentice-Hall, Inc
U S. A., 1975, 2a. edición, 414 páginas.

CAPITULO 3

EVALUACION DE DAÑOS EN ESTRUCTURAS.

3 EVALUACION DE DAÑOS EN ESTRUCTURAS.

3.1 METODO DE EVALUACION.

3.1.1 OBJETIVO.

El objetivo de la evaluación es establecer después de un sismo, de una manera eficaz y rápida, cuáles edificaciones están en condiciones de ser utilizadas y cuáles, por haber sufrido daños, son inseguras y no habitables. De ser necesario, la evaluación recomendará una inspección subsiguiente más especializada, más profunda y detallada por parte de especialistas, para llegar a conclusiones acerca de su estado.

Todo método de evaluación tiene que basarse en el conocimiento y criterio de los evaluadores. Por lo tanto, los evaluadores deben ser personas con conocimiento del comportamiento de las estructuras y de los materiales, y tener experiencia en el ramo de la construcción, tales como ingenieros civiles, arquitectos, ingenieros estructurales, estudiantes de grados avanzados de Ingeniería o Arquitectura experimentados en construcción.

Como resultado de la evaluación, cada edificación será clasificada según su estado y se le colocará una etiqueta de un color determinado, de acuerdo al estado en que se encuentre. Ver tabla mostrada en la sección 3.2.5.

3.1.2 CONOCIMIENTOS QUE DEBEN TENER LOS EVALUADORES DE DAÑOS.

El método de evaluación se ha diseñado para ser aplicado por ingenieros civiles, arquitectos o personas que tengan experiencia en el diseño, construcción y comportamiento de edificaciones de diversos materiales. Como los procedimientos son de tipo general, no es esencial la experiencia de un ingeniero estructural especializado. Los evaluadores podrían ser estudiantes de ingeniería o arquitectura que hayan completado los cursos del área de estructuras, materiales y construcción, y tengan experiencia práctica en construcción.

Será deseable que los evaluadores hayan recibido un entrenamiento previo en el uso de la metodología a emplear.

3.2 PROCEDIMIENTO Y CRITERIO PARA LA EVALUACION.

La evaluación se realizará inspeccionando primero el exterior de la edificación. Se caminará alrededor de toda la edificación, siempre y cuando sea posible. Si la edificación se presenta insegura no se deberá correr el riesgo de ingresar a ella. También se inspeccionará el suelo de los alrededores. Si se considera razonable se procederá entonces a evaluar la estructura interiormente.

Para la evaluación se utilizarán los criterios dados en capítulos posteriores para cada tipo de material. Los criterios se utilizarán para establecer la condición de la edificación, su seguridad y posibilidad de ocupación.

Para la evaluación se propone el uso del formato de "Evaluación de daños por sismo en estructuras", mostrado al final de este capítulo.

3.2.1 EVALUACION EXTERNA DE LA EDIFICACION.

Se examinará la edificación para detectar daños visibles exteriormente, pudiendo ser condiciones como las siguientes: colapso total, colapso parcial, inclinación de la edificación, daños severos en muros exteriores, desplazamiento de su cimentación, peligro de desplome de elementos o cualquier otro tipo de daño general importante obvio. Estas condiciones deberán indicarse en el cuadro E2 del formato de evaluación.

Si se presenta cualquiera de estas condiciones la edificación deberá considerarse insegura. Se recomienda no ingresar a la edificación. Se aconseja la colocación de la etiqueta roja.

Cuando la edificación representa peligro para áreas adyacentes, estas se acordonarán.

3.2.2 EVALUACION DE DAÑOS GEOTECNICOS.

Se deberá evaluar la posibilidad de que existan daños geotécnicos en áreas adyacentes y en la edificación (ver capítulo 4).

Se definirá cualquiera de las siguientes condiciones: asentamientos, corrimientos, grietas, deslizamientos, derrumbes y licuefacción, las cuales se anotarán en el cuadro E3.

Si se presenta cualquiera de estas condiciones, la edificación se deberá considerar insegura, al menos mientras no se haga una evaluación más profunda y se demuestre lo contrario. Se recomienda no ingresar a la edificación. La colocación de la etiqueta roja es recomendable, además, se colocará la etiqueta morada para indicar la existencia de daños geotécnicos.

3.2.3 IDENTIFICACION DE LOS MATERIALES DE LA ESTRUCTURA.

Se deberá determinar cuál es el material utilizado en la estructura, tanto en la estructura principal como en elementos secundarios, se anotará en el cuadro E4

3.2.4 EVALUACION INTERNA DE LA EDIFICACION.

Para evaluar los daños en los elementos de la estructura, se utilizará la información proporcionada en el capítulo correspondiente al material de construcción de que se trate, en la forma siguiente

MATERIAL	CAPITULO
ADOBE	5
MAMPOSTERIA	6
CONCRETO REFORZADO	7
CONCRETO PREFABRICADO	8
ACERO	9
MADERA	10

Se establecerán en la forma más cuidadosa posible los daños en el sistema estructural y se anotarán en el cuadro E5, indicando el tipo de daño y escribiendo el código correspondiente (ver capítulo correspondiente al material de la estructura)

Se examinará especialmente todos los elementos portantes de carga vertical y el sistema responsable de soportar cargas horizontales. Se verá si las columnas y/o muros de carga muestran señales de falla, si un entrepiso o un techo se ha desplazado en relación a su soporte vertical o si una losa o viga presenta signos de falla

3.2.5 CLASIFICACION DE DAÑO Y COLOCACION DE ETIQUETAS.

De acuerdo a la evaluación de la estructura en función de los daños observados, se clasificará la edificación en cuanto a su habitabilidad o su peligrosidad y se colocará la etiqueta correspondiente de acuerdo a la siguiente tabla. Se completará la parte E5 del formato de evaluación.

Las etiquetas deberán estar disponibles al momento de ser requeridas para su utilización, por lo que se presentan los formatos recomendados en el anexo 1

CLASIFICACION

Edificación cuya evaluación señala que no presenta peligro aparente. Es habitable en su totalidad. Sin limitaciones.

Edificación que presenta daños parciales y posible peligro en parte o en la totalidad de la estructura. Se recomienda permitir el ingreso solamente a personal calificado.
Se aconseja una evaluación adicional por un especialista.

Edificación con daños que significan peligro notable en una porción de la estructura; esa área debe ser acordonada y no se deberá ingresar a ella. Se recomienda un ingreso limitado solamente al área no acordonada.
Se requiere evaluación adicional por un especialista.

Edificación que presenta daño severo y representa peligro inminente. No se debe permitir el ingreso de ninguna persona.

Area que presenta peligro por daños geotécnicos aparentes. Se recomienda una evaluación por un especialista.

ETIQUETA

Color: VERDE
Leyenda: HABITABLE
Fecha de evaluación
Hora
Evaluador

Color: AMARILLO
Leyenda: NO HABITABLE
INGRESO LIMITADO
Requiere inspección
Fecha de evaluación
Hora
Evaluador

Color: AMARILLO CON
Leyenda: NO HABITABLE
PELIGRO
Requiere inspección
Fecha de evaluación
Hora:
Evaluador:

Color: ROJO
Leyenda: PROHIBIDO EL
Fecha de evaluación
Hora
Evaluador:

Color: MORADO
Leyenda: DAÑO GEOTECN
Fecha de evaluación
Hora:
Evaluador.

A todas las edificaciones se les colocará de inmediato la etiqueta(s) correspondiente(s), que deberá(n) ubicarse en cada una de las entradas a la edificación o instalaciones. A los ocupantes que estén en las edificaciones que se consideren inseguras se les recomendará desalojar lo antes posible.

Se anotará en la parte E7 cuál de las etiquetas se colocó.

3.2.6 RECOMENDACIONES.

En la parte E8 se podrá hacer un apunte de lo que se considere adecuado como acción inmediata para la seguridad de los moradores y/o de la edificación, tales como apuntalamientos, demoliciones totales o parciales, reparación de fugas, reparación de instalación eléctrica, u otra recomendación pertinente.

3.2.7 ESQUEMAS.

En la parte final del formulario de evaluación, E9, se elaborará un esquema de la planta de la edificación orientada al Norte y algún detalle de la elevación con la ubicación de los daños más significativos.

EVALUACION DE DAÑOS POR SISMO EN ESTRUCTURAS.

E1. DATOS GENERALES DE LA EDIFICACION

Nombre de la edificación (si tiene) _____

Dirección _____

Municipio _____ Departamento _____

Número de pisos _____ Uso principal de la edificación _____

Grupo de evaluación No _____ Nombre del evaluador _____

Fecha de la evaluación _____ Hora de la evaluación _____

E2. EVALUACION DE LAS CONDICIONES EXTERNAS

	CONDICION	SI	NO	COMENTARIOS
1	COLAPSO TOTAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
2	COLAPSO PARCIAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
3	INCLINACION DE LA EDIFICACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
4	DAÑOS SEVEROS EN MUROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
5	DESPLAZADA DE SU CIMENTACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
6	PELIGRO DE DESPLOME DE ELEMENTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
7	OTROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

E3. DAÑOS GEOTECNICOS.

		SI	NO	COMENTARIOS
1	ASENTAMIENTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
2	CORRIMIENTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
3	GRIETAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
4	DESLIZAMIENTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
5	DERRUMBES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
6	LICUEFACCION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
7	OTROS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

E4. DESCRIPCION DEL SISTEMA ESTRUCTURAL												
ELEMENTO ESTRUCTURAL	MATERIAL DE CONSTRUCCION											
	Columnas	Muros de carga	Muros de corte	Tabiques interiores	Muros exteriores	Arrostramientos	Vigas	Entrepisos	Techos o cubiertas	Gradas	Otros	
Adobe												
Mamposteria no reforzada												
Mamposteria reforzada												
Concreto												
Concreto prefabricado												
Acero												
Madera												
Otros												

E5. DESCRIPCION DE DAÑOS ESTRUCTURALES			
ELEMENTOS	SI	NO	Comentarios
Columnas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Conexiones columnas-vigas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Muros de carga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Muros de corte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Tabiques interiores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Muros exteriores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Arrostramientos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Vigas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Entrepisos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Techos o cubiertas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Conexiones viga-techo, muro-techo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Gradas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Otros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

E6. COMENTARIOS _____

E7. COLOCACION DE ETIQUETA

CLASIFICACION

ETIQUETA

Edificación cuya evaluación señala que no presenta peligro aparente. Es habitable en su totalidad. Sin limitaciones.



Color VERDE
Leyenda HABITABLE
Fecha de evaluación
Hora
Evaluador

Edificación que presenta daños parciales y posible peligro en parte o en la totalidad de la estructura. Se recomienda permitir el ingreso solamente a personal calificado. Se aconseja una evaluación adicional por un especialista.



Color AMARILLO
Leyenda NO HABITABLE
INGRESO LIMITADO
Requiere inspección
Fecha de evaluación
Hora
Evaluador

Edificación con daños que significan peligro notable en una porción de la estructura; esa área debe ser acordonada y no se debiera ingresar a ella. Se recomienda un ingreso limitado solamente al área no acordonada. Se requiere evaluación adicional por un especialista.



Color AMARILLO CON ROJO
Leyenda NO HABITABLE
PELIGRO
Requiere inspección
Fecha de evaluación
Hora
Evaluador

Edificación que presenta daño severo y representa peligro inminente. No se debe permitir el ingreso de ninguna persona.



Color ROJO
Leyenda PROHIBIDO EL INGRESO
Fecha de evaluación
Hora
Evaluador

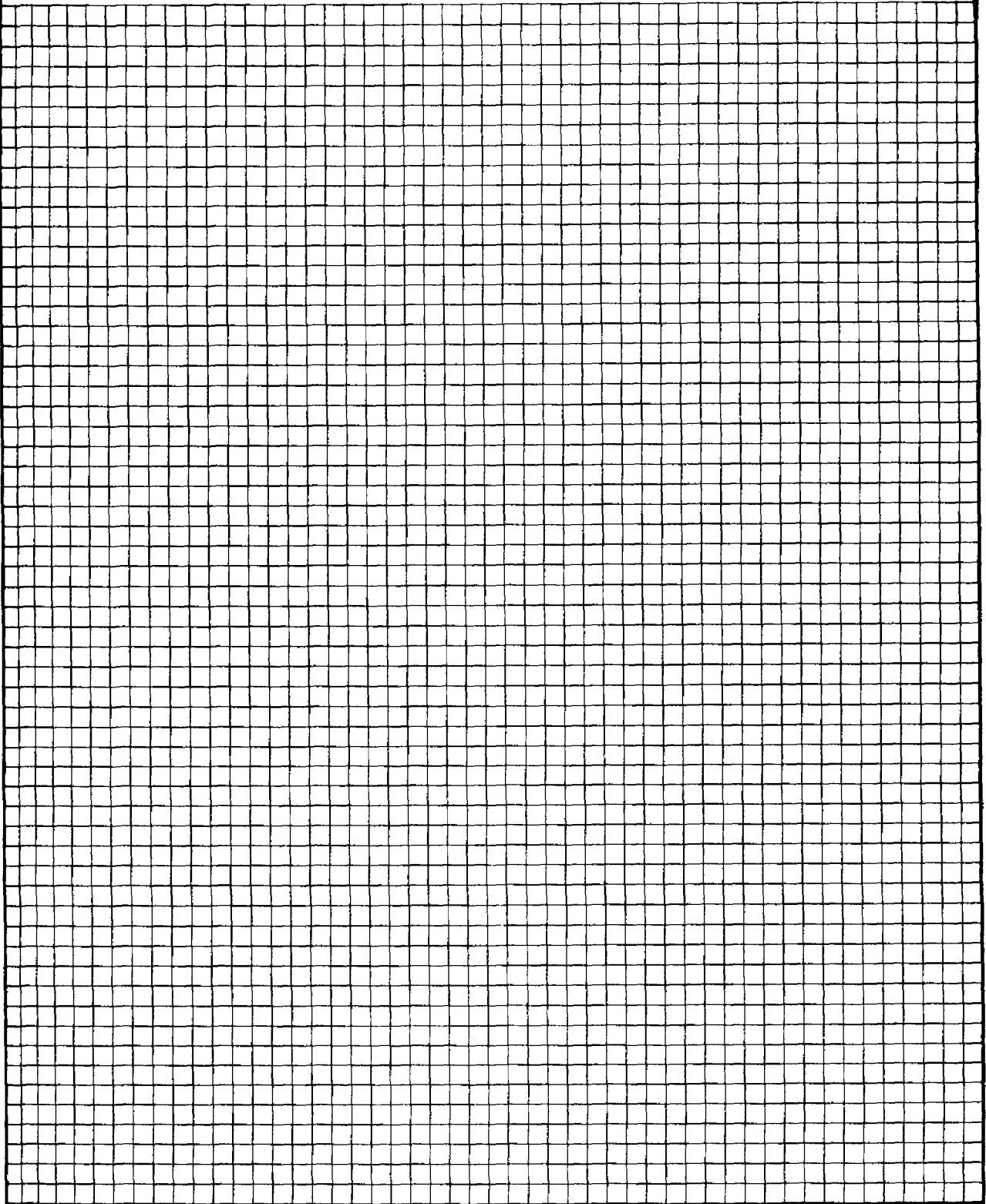
Área que presenta peligro por daños geotécnicos aparentes. Se recomienda una evaluación por un especialista.



Color MORADO
Leyenda DAÑO GEOTECNICO
Fecha de evaluación
Hora
Evaluador

E8. RECOMENDACIONES

E9 ESQUEMA



BIBLIOGRAFIA.

Applied Technology Council (ATC) ATC-20, Procedures for post-earthquake safety evaluation of buildings, California, 1989, 152 páginas.