

GOBIERNO DE MÉXICO



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS

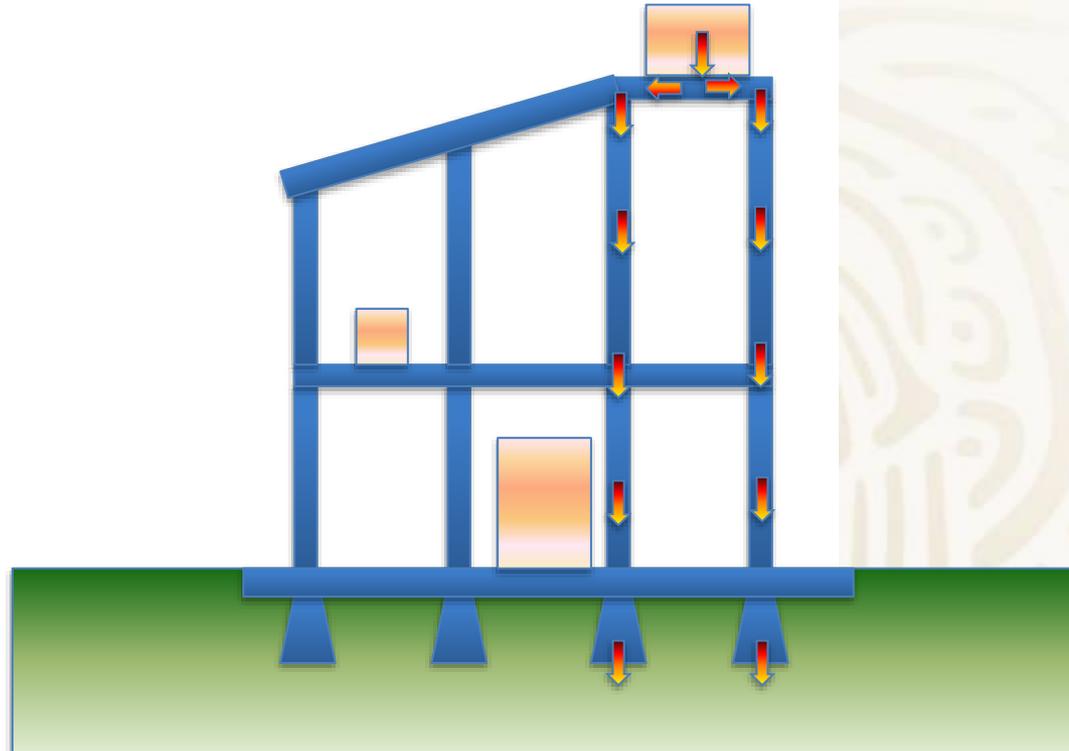
2 - Sistemas estructurales en edificaciones y fuerzas

*Subdirección de Riesgos Estructurales
Subdirección de Vulnerabilidad Estructural*



Sistema estructural

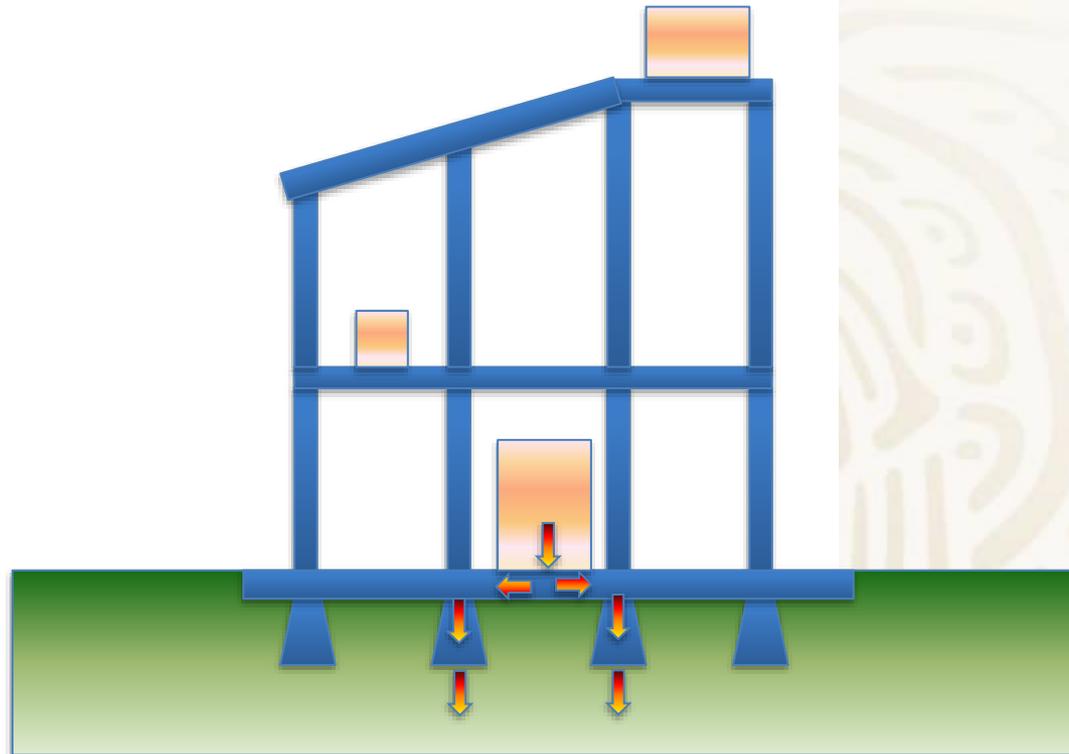
Conjunto de elementos estructurales (vigas, columnas, losas, armaduras, etc.) que transmiten la carga de un edificio a sus apoyos.



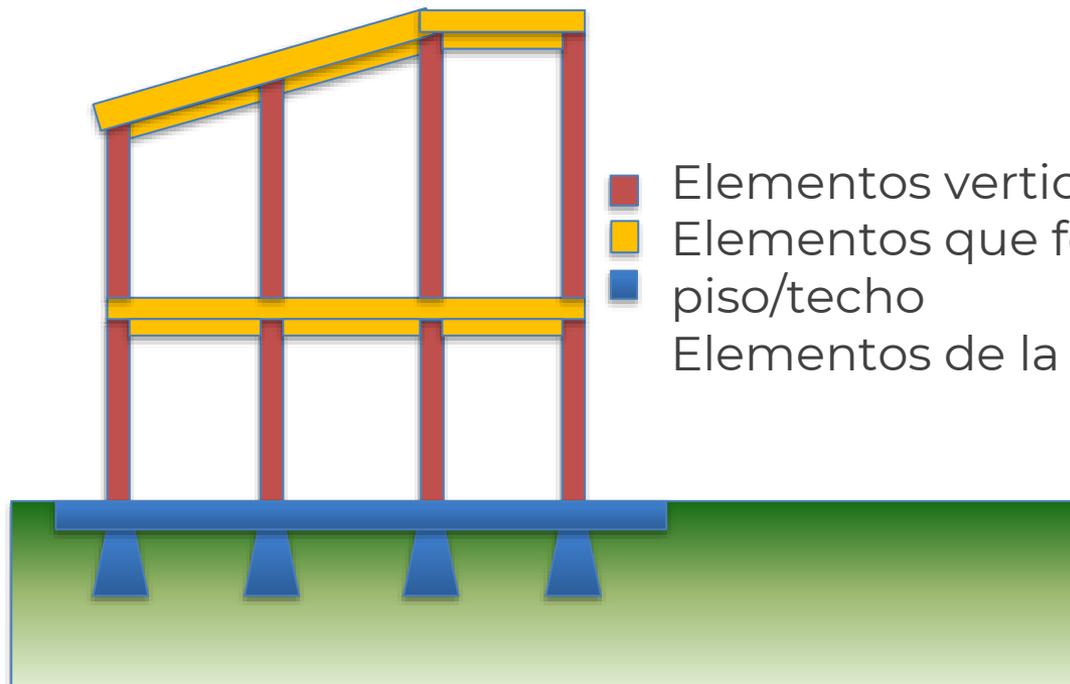


Sistema estructural

Conjunto de elementos estructurales (vigas, columnas, losas, armaduras, etc.) que transmiten la carga de un edificio a sus apoyos.

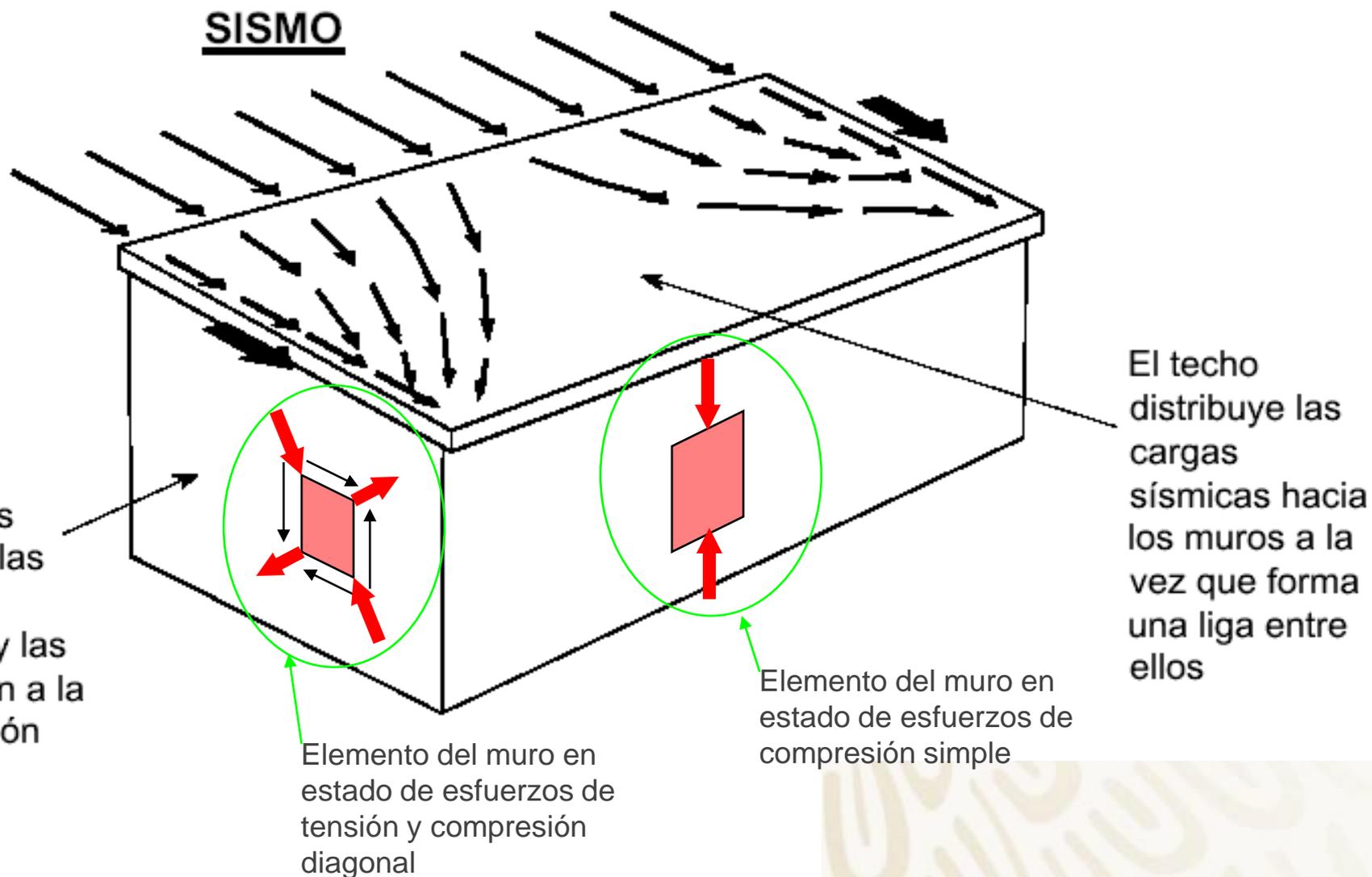


Pueden identificarse tres tipos de elementos estructurales:



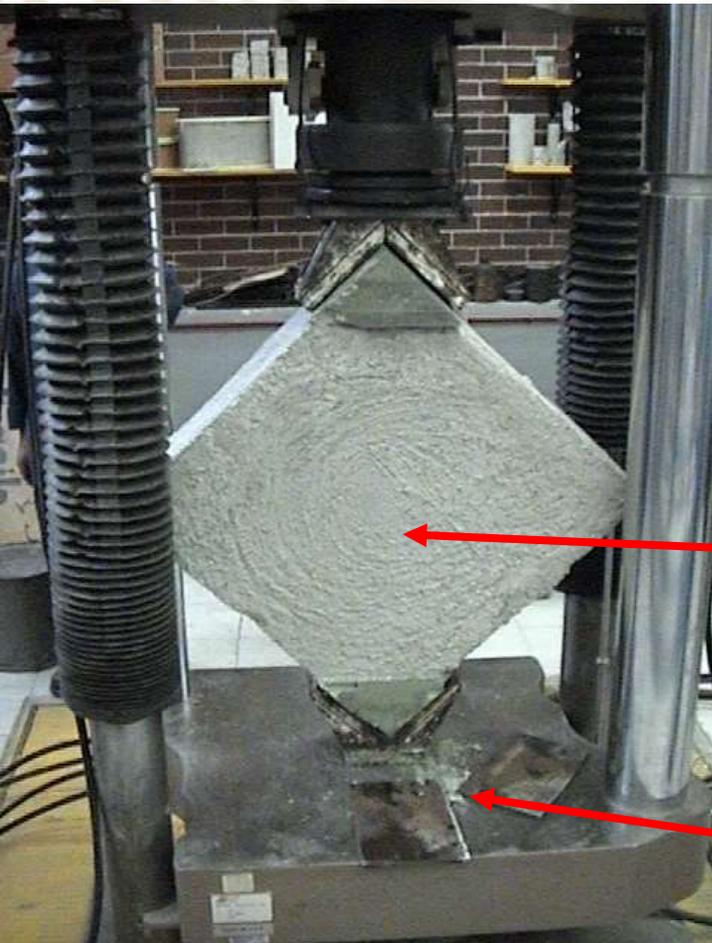
- Elementos verticales, o de soporte
- Elementos que forman el sistema de piso/techo
- Elementos de la cimentación

Transmisión de fuerzas laterales

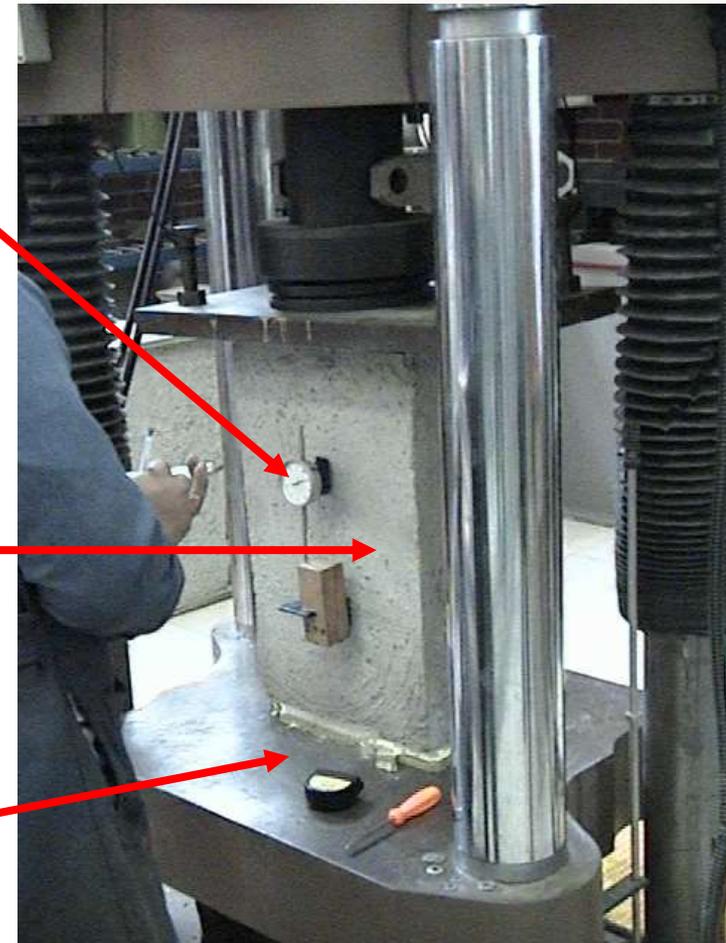


Transmisión de fuerzas laterales

Prueba de
cortante



Prueba de
compresión



Instrumentación
de Modelos

Espécimen de
prueba

Máquina
universal



Sistema de piso/techo Genérico

Ejemplos de sistemas de techo: vigas de madera y teja



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES





Sistema de piso

Se refiere a la combinación de elementos estructurales horizontales, losas y vigas, que contribuyen a la transmisión de las cargas hacia los elementos verticales, muros y/o columnas.

Además de soportar las cargas gravitacionales, de mobiliario y de los usuarios, su función es conectar los elementos estructurales verticales y distribuir entre ellos las fuerzas horizontales generadas por sismo.



Ejemplos de combinaciones de tipo de losa y tipo de apoyo



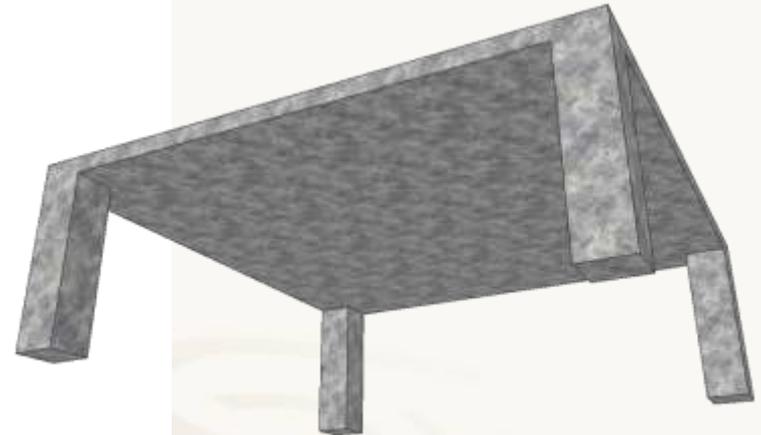
SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



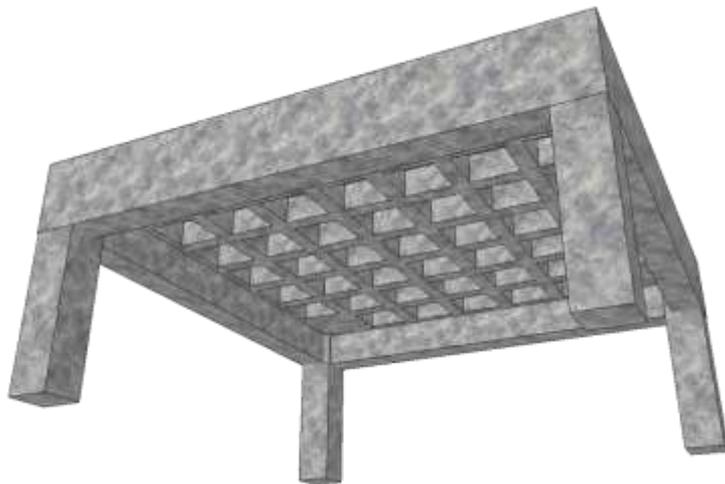
CENAPRED
COMITÉ NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTROS



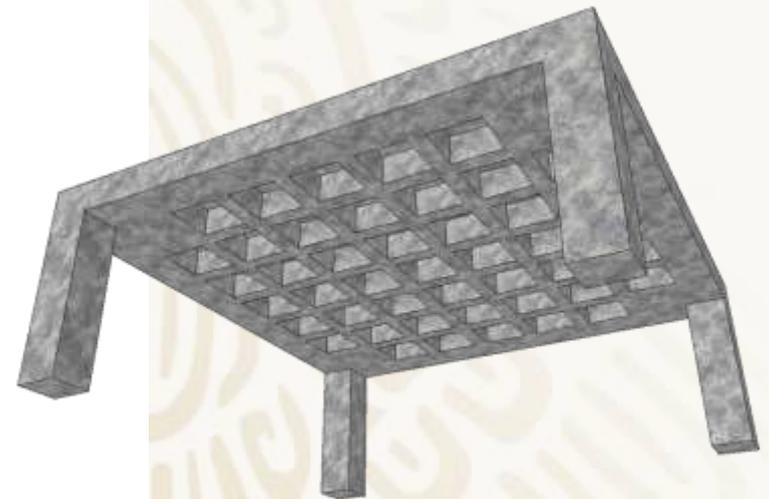
Maciza perimetralmente apoyada



Losa plana maciza



Reticular perimetralmente apoyada



Losa plana reticular

Ábaco y capitel en sistema de losa plana



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



Ejemplo de sistema de piso/techo: losa plana reticular



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
COMISIÓN NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE RIESGOS



Ejemplo de sistema de piso/techo: losa reticular sobre traves de acero estructural



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



Ejemplo de sistema de piso/techo: vigueta y bovedilla



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES





**Sistema de soporte
(vertical)
Genérico**

Sistema de soporte (vertical)

Columnas, generalmente formando parte de marcos



Sistema de soporte (vertical)

Columnas, generalmente formando parte de marcos



Sistema de soporte (vertical)

Columnas, generalmente formando parte de marcos





Sistema de soporte (vertical)

Muros

Este tipo de sistemas se identifica porque una de las dimensiones del elemento es mucho mayor que las otras dos, también se pueden definir como paneles



Sistema de soporte (vertical)

Muros



Sistema de soporte (vertical)

Muros





Estructuras de mampostería

Edificio de mampostería confinada



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

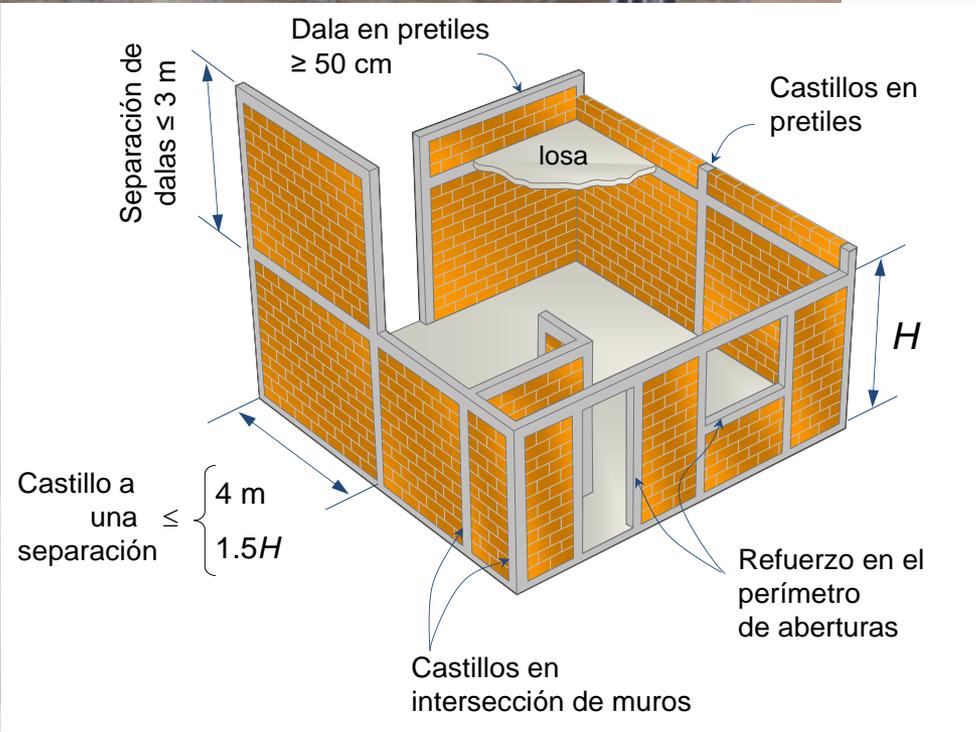
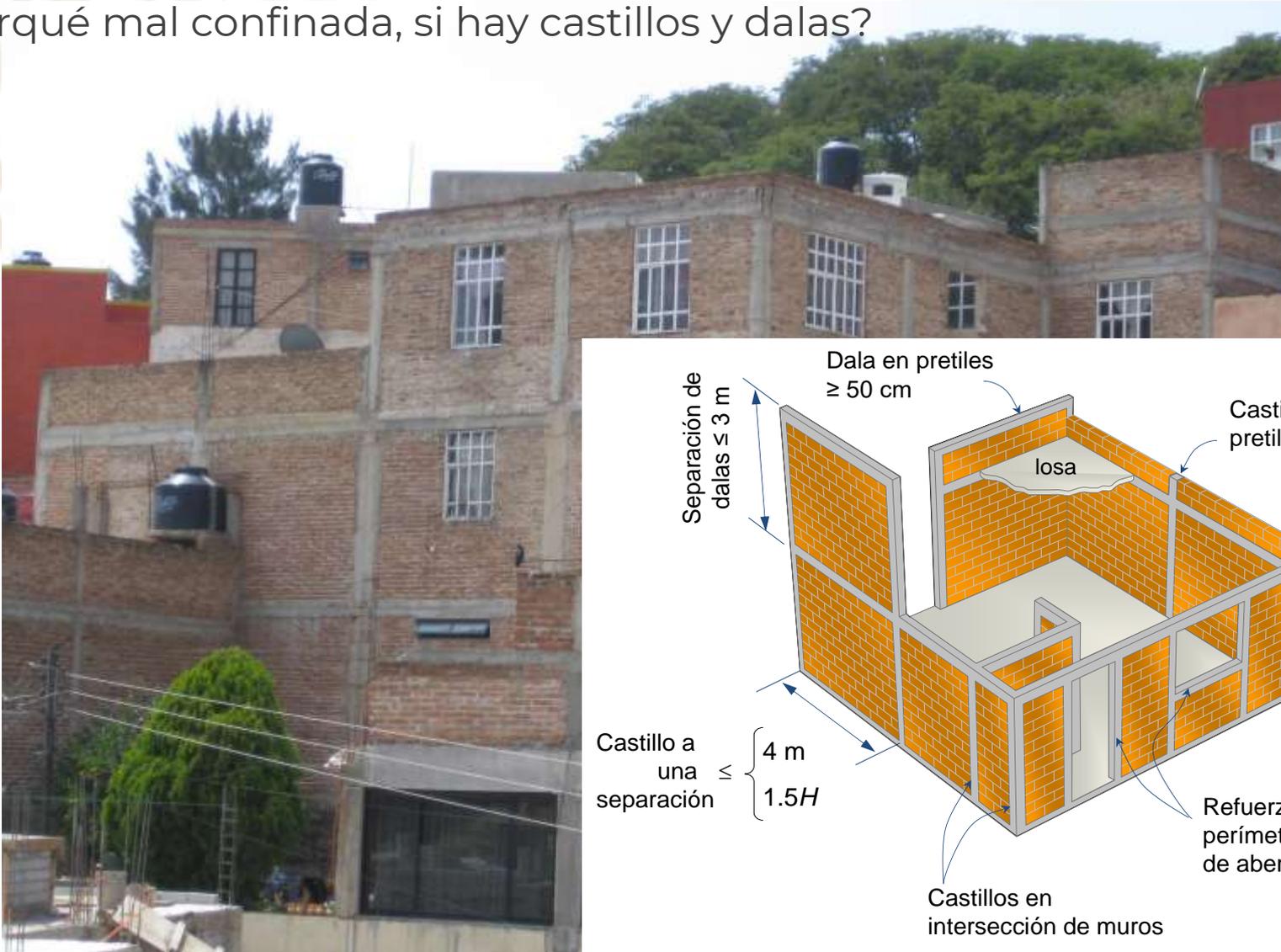
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



Edificio de mampostería mal confinada, sin refuerzo en los huecos de ventana



¿Porqué mal confinada, si hay castillos y dadas?



Edificio de mampostería hueca con refuerzo interior



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
COMISIÓN NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



Losas,
elementos
horizontales

Muros,
elementos
verticales

Estructura de muros:

- Algunas con castillos y dalas visibles
- Otras con castillos y dalas en el interior del muro (reforzado)

Edificio de marcos de concreto reforzado, con muros diafragma de mampostería



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES





Estructuras de acero

Edificio de marcos de acero estructural



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CONSEJO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTROS



Detalle de conexión atornillada en unión viga-columna de edificio de acero



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



Detalle de conexión soldada en unión viga-columna de edificio de acero



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
COMISIÓN NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE RIESGOS

La soldadura siempre deberá ser supervisada





Estructuras de Concreto

Edificio de marcos de concreto reforzado colado en sitio



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

Trabes,
elementos
horizontales



Columnas,
elementos
verticales

Estructura de marcos:

- Principalmente columnas y trabes
- Pueden ser de concreto reforzado, de acero, o una combinación de ambos

Edificio de marcos de concreto reforzado prefabricado



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CONSEJO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTROS



Elementos ESTRUCTURALES adicionales, no necesariamente verticales, ni horizontales

- Generalmente diagonales
- En diferentes configuraciones
- Permiten aumentar la rigidez de un marco al restringir sus desplazamientos laterales
- En la mayoría de los casos están colocados dentro del espacio de un marco
- Pueden ser de acero o tensores formados por cables
- Generalmente empleados como procedimiento de refuerzo

Ejemplos de contravientos



- ✓ En X
- ✓ Con marco de acero
- ✓ Conexión en el plano
- ✓ Cubre un piso



Ejemplos de diagonales de rigidización

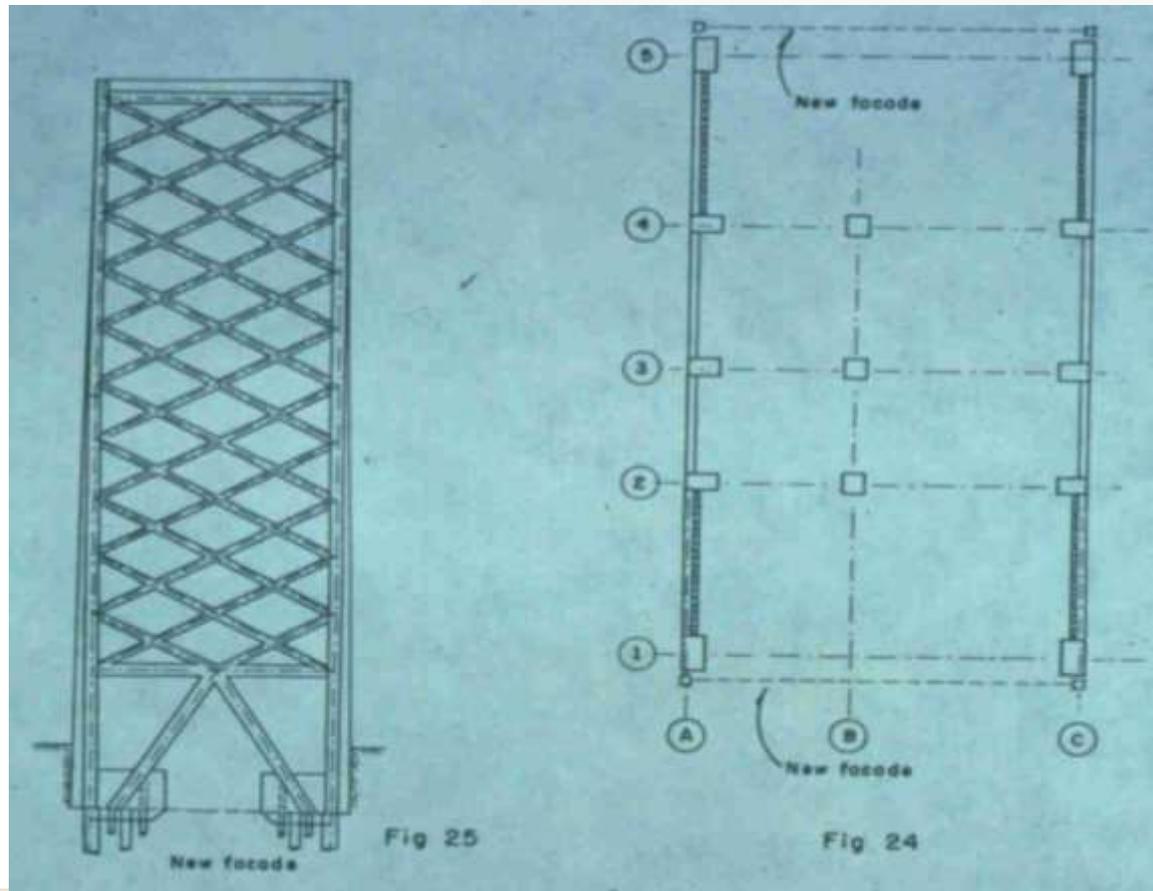


Preparación de los elementos de anclaje entre la estructura y los elementos metálicos del marco exterior



Ejemplos de diagonales de rigidización

Vista final del edificio reforzado, croquis del proyecto



Ejemplos de contravientos



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
COMISIÓN NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE RIESGOS



- ✓ En X
- ✓ Externo
- ✓ Conexión fuera del plano
- ✓ Cubre un piso

Ejemplos de contravientos

- ✓ En K
- ✓ En el plano del marco
- ✓ Cubre un piso



Es del tipo: Excéntrico

(se conectan a un tramo de viga con atiesadores para comportamiento plástico)



¿Cómo se mueven los edificios?

Edificios altos y bajos



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



Sismos de Periodo Largo vs Periodo Corto.mp4

Edificios flexibles y rígidos



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



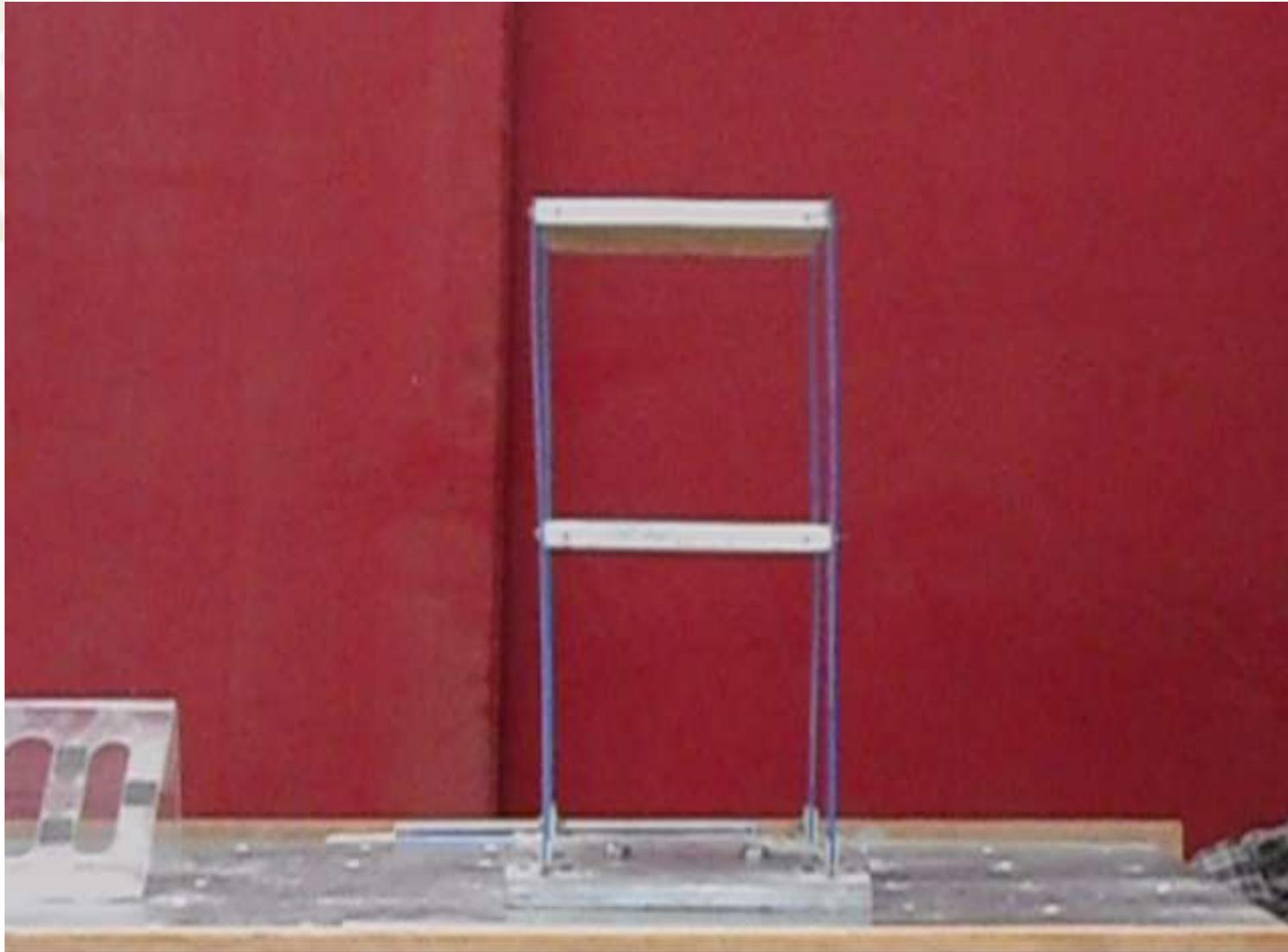
Edificios flexibles y rígidos



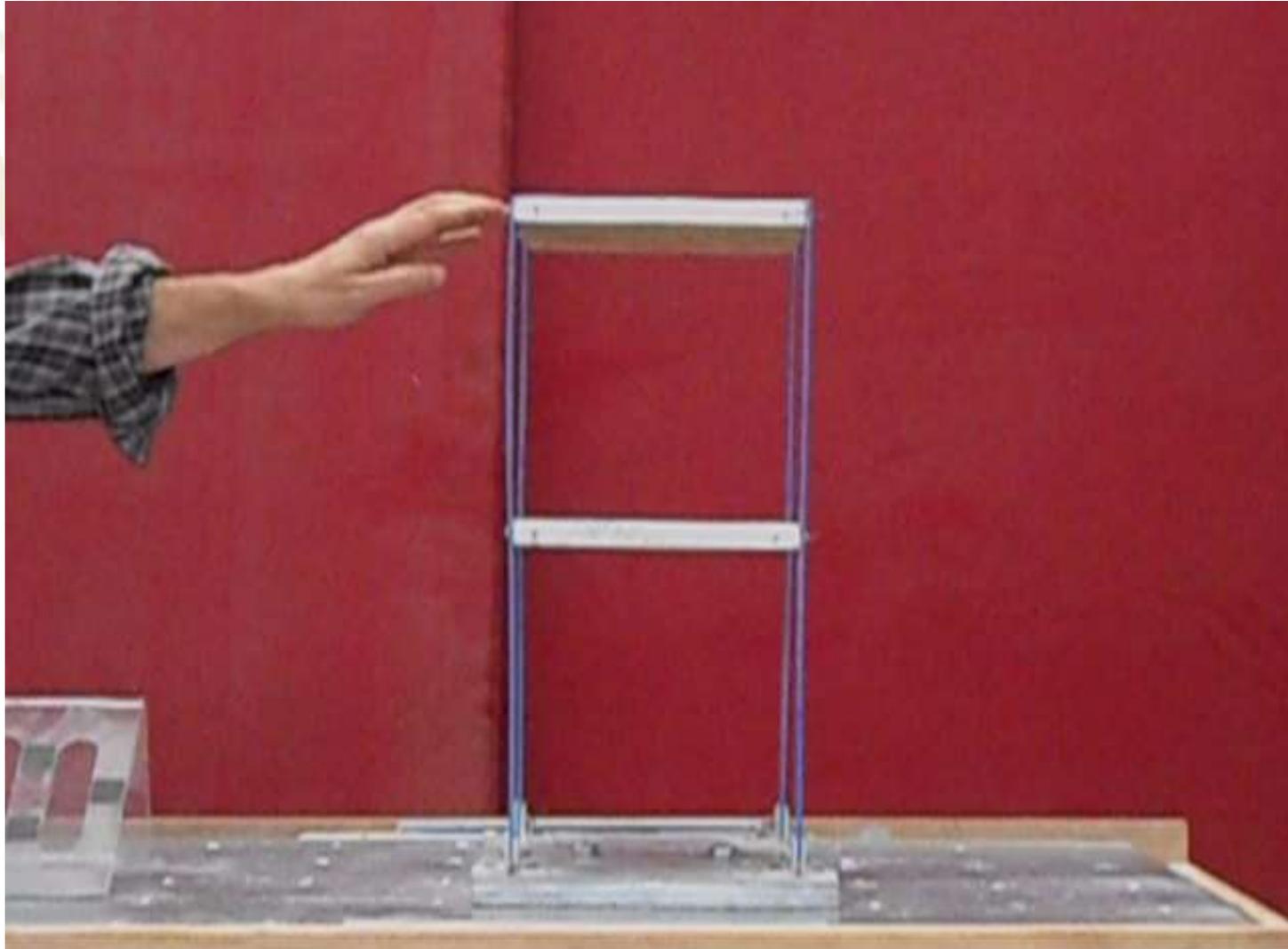
SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTROS



Edificios flexibles y rígidos



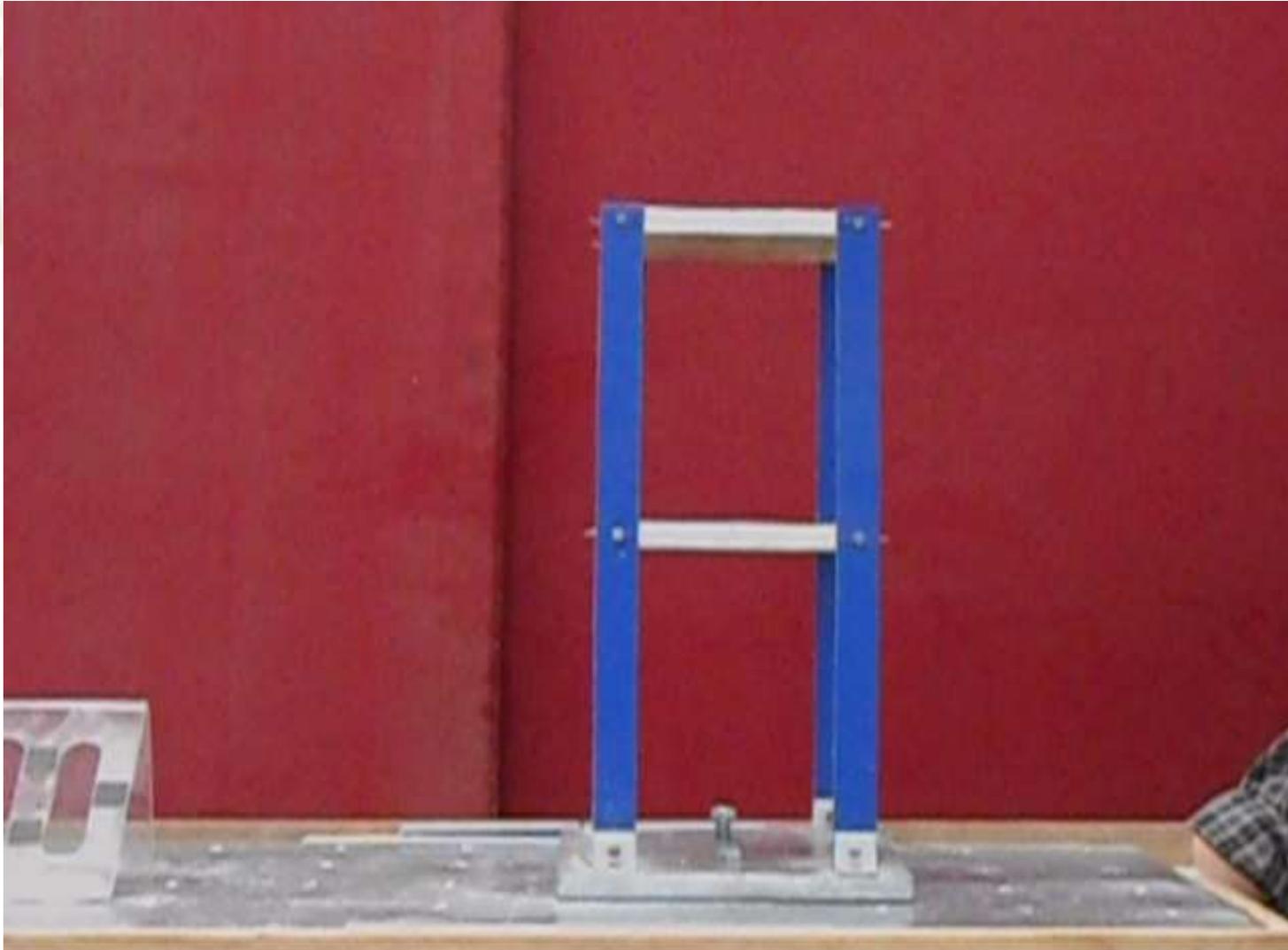
Edificios flexibles y rígidos



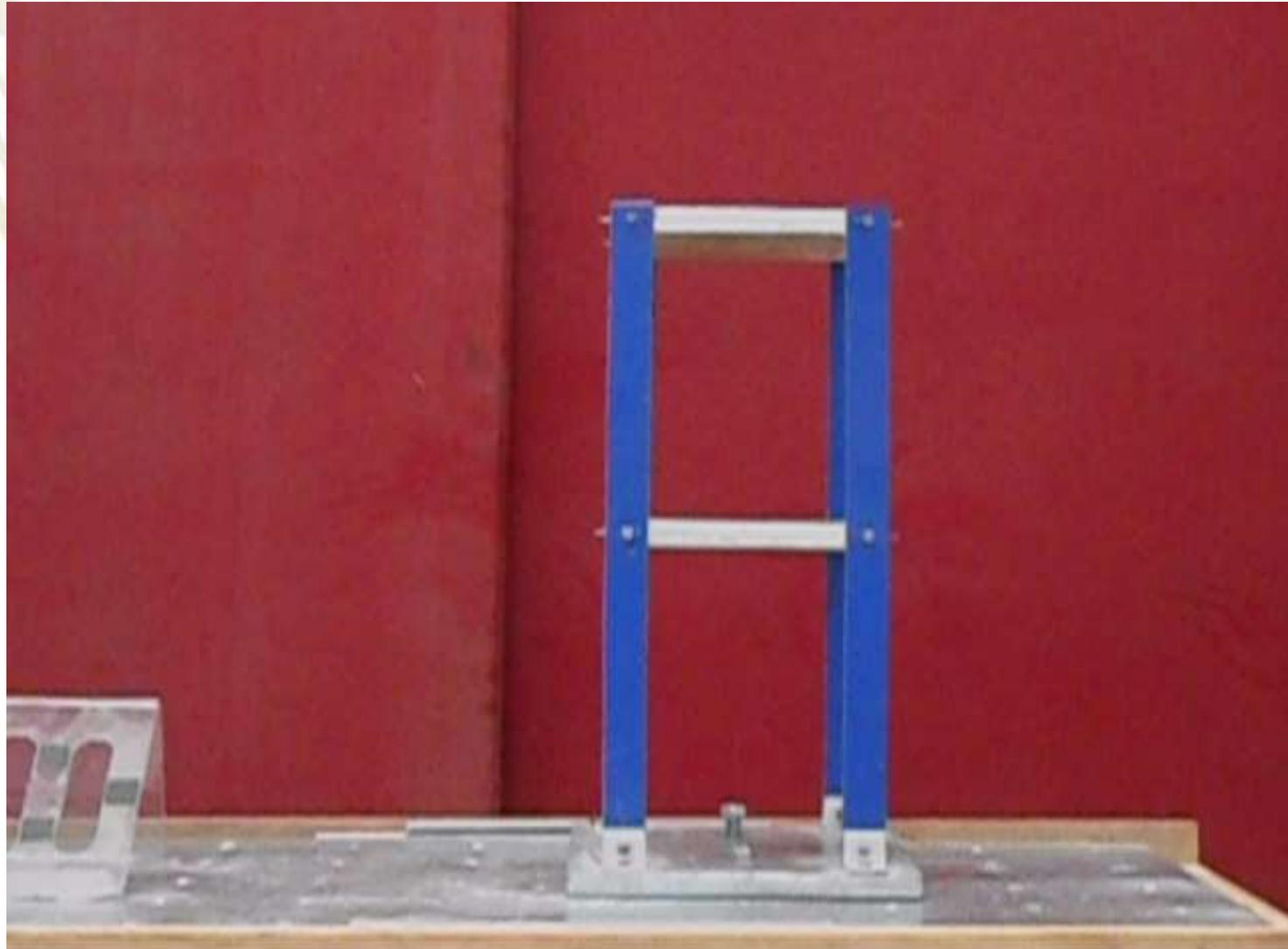
SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



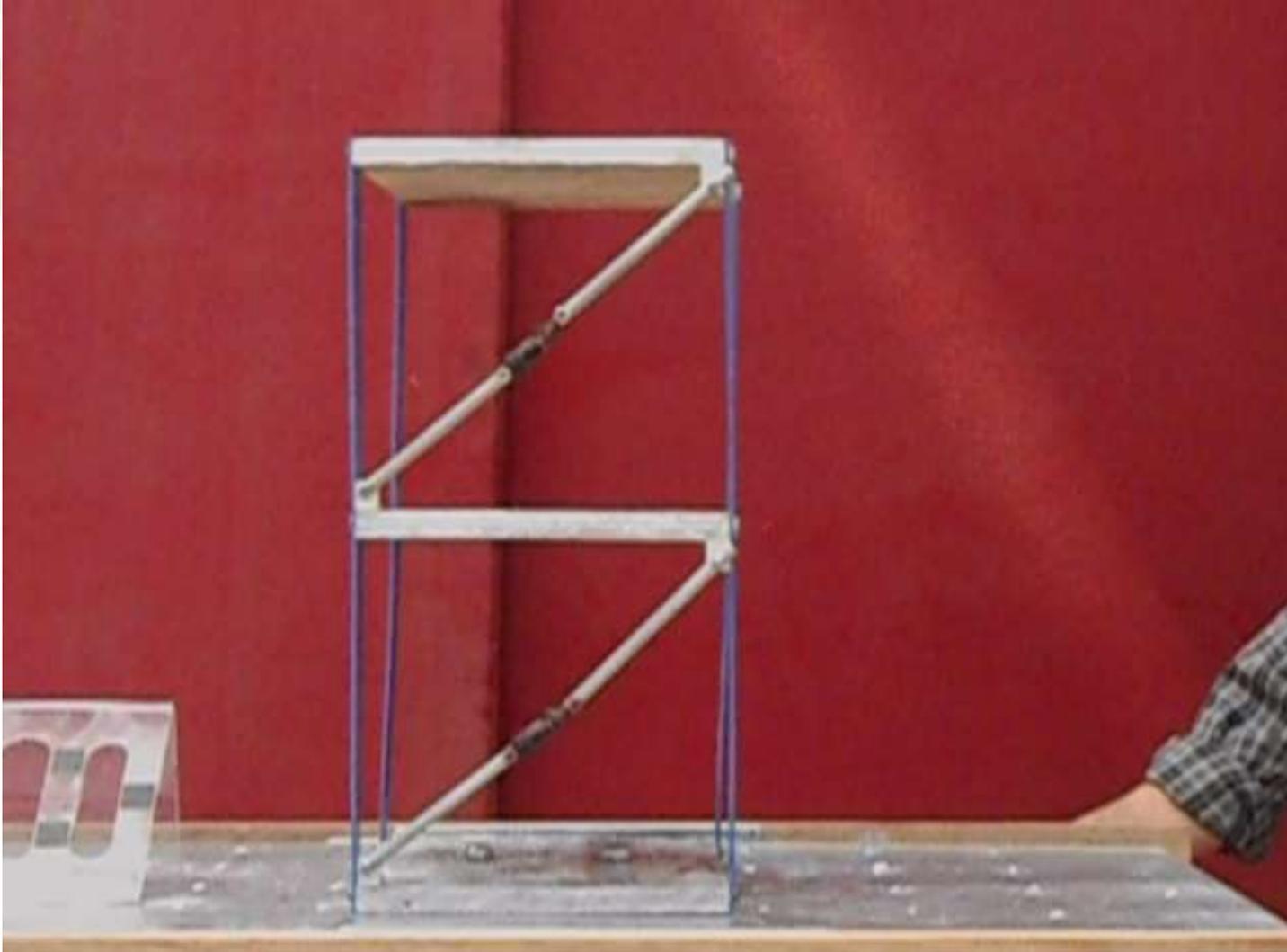
CENAPRED
COMITÉ NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



Edificios flexibles y rígidos



Edificios flexibles y rígidos





Problemas de estructuración

**(Posible generación de
vulnerabilidad)**

Aspectos físicos que causan problemas de comportamiento



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



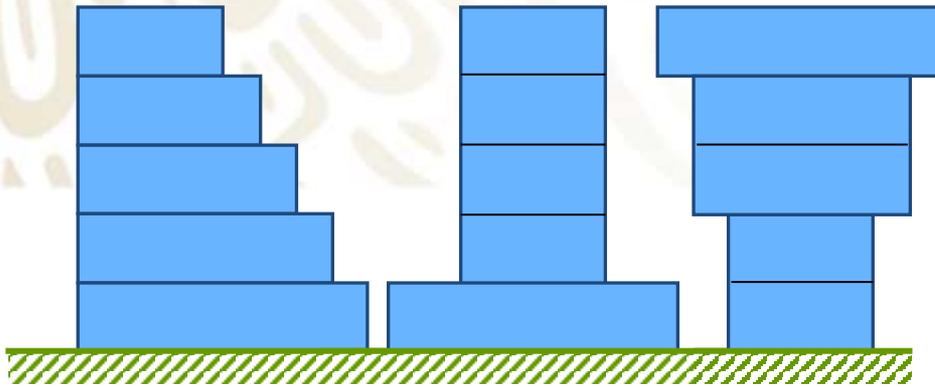
CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

- Piso débil
- Interacción de elementos no estructurales con la estructura
- Columna corta
- Impacto entre edificios adyacentes
- Exceso de masa

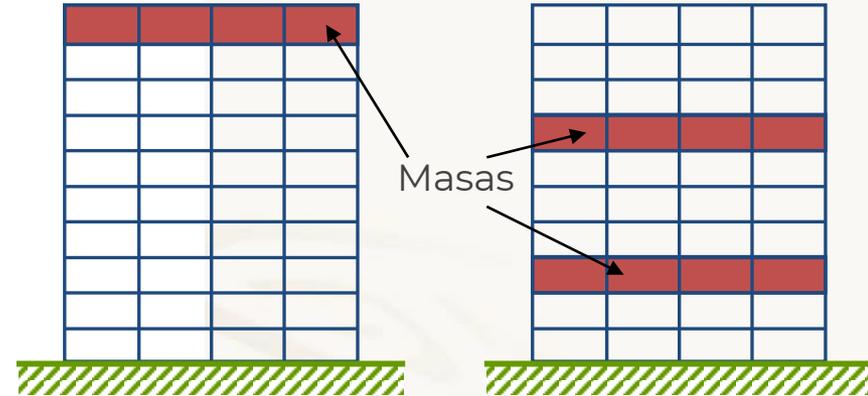
Algunos aspectos físicos evidentes que pueden generar condición de vulnerabilidad en las edificaciones:

- Piso débil
- Interacción de elementos no estructurales con la estructura
- Columna corta
- Impacto entre edificios adyacentes
- Exceso de masa
- Irregularidad en planta
- Irregularidad en elevación

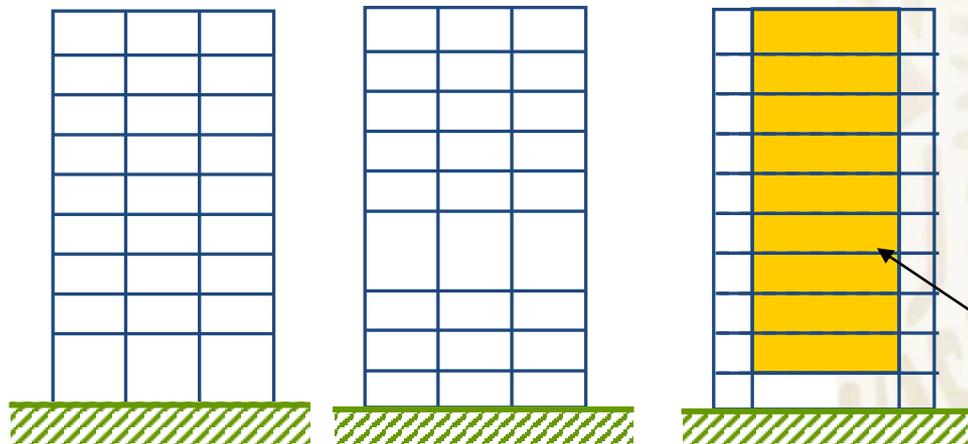
Estructuras con irregularidad en elevación



Cambio abrupto en la geometría



Grandes diferencias en la masa de los pisos



Muros de corte

Grandes diferencias en la rigidez de los pisos

Cambio brusco de dimensión de la planta en pisos superiores

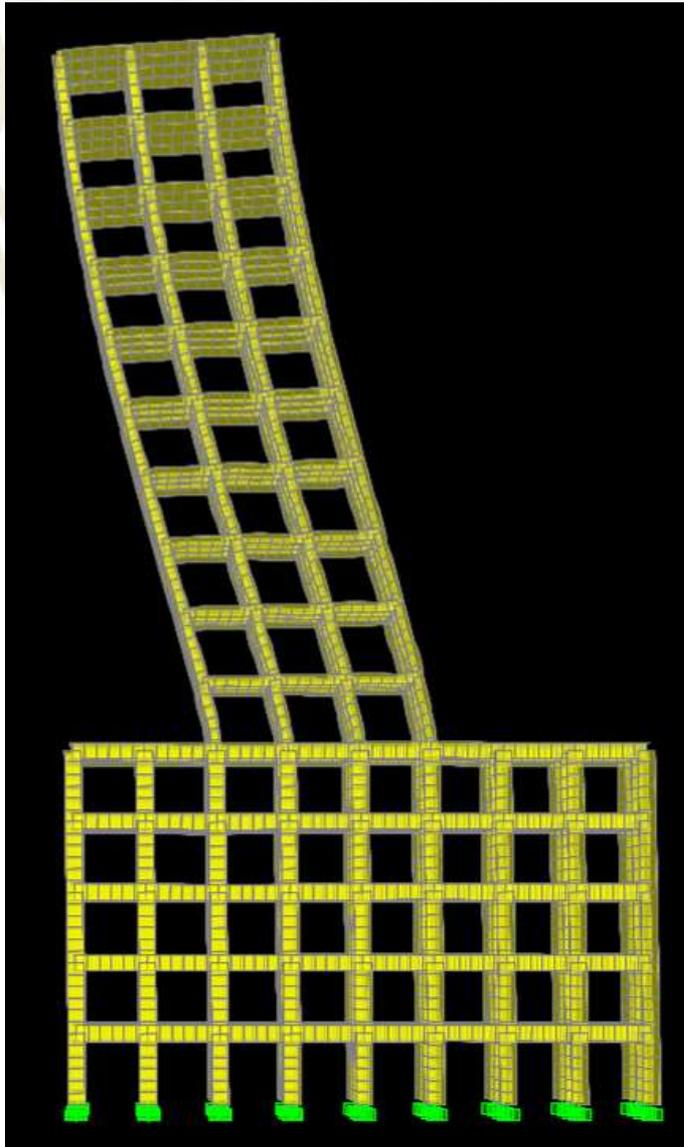
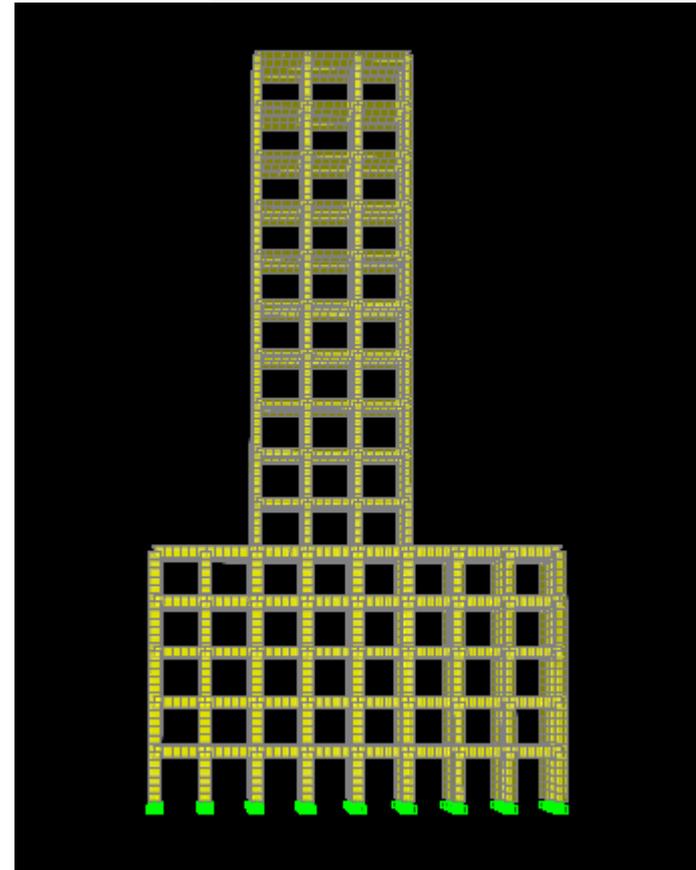
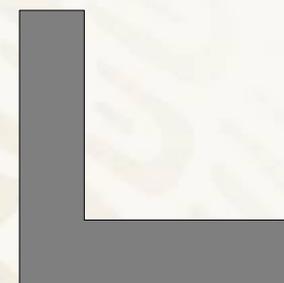
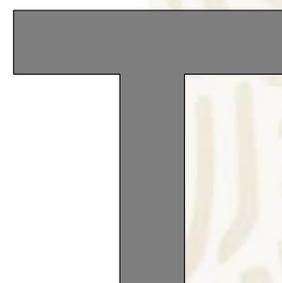
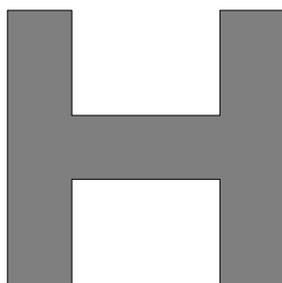
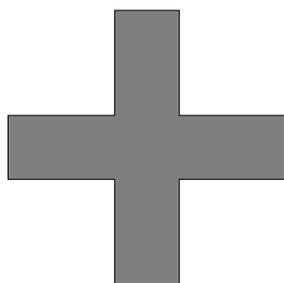
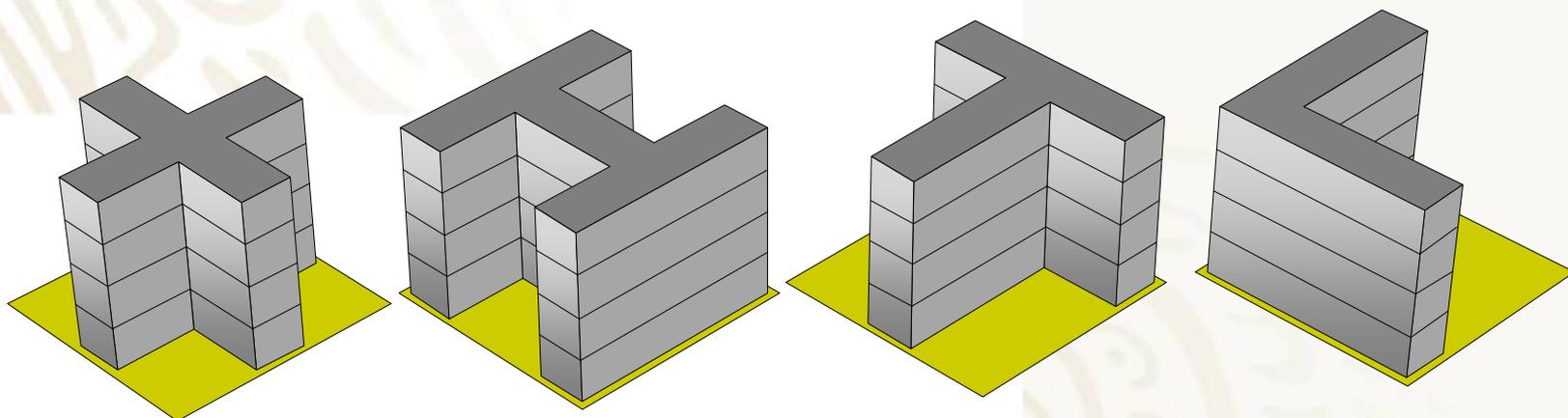


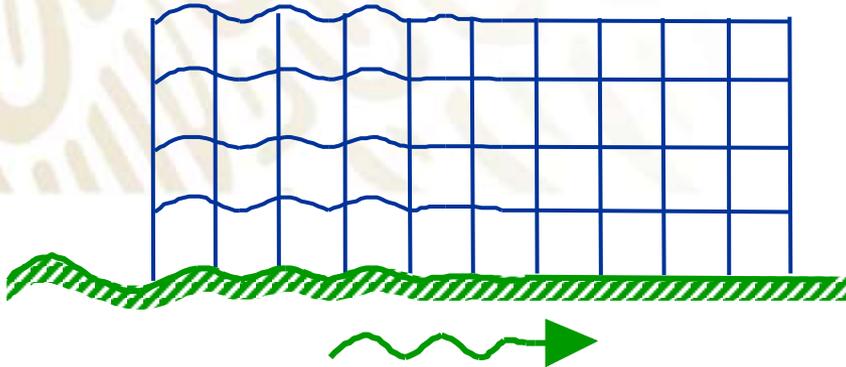
Ilustración animada del efecto de cambio brusco en elevación de la configuración estructural



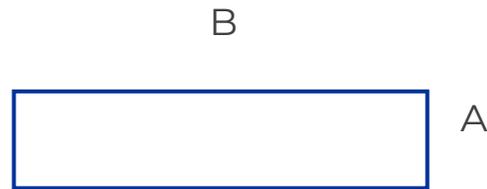
Irregularidad en planta



Algunos otros aspectos que generan irregularidad estructural en planta

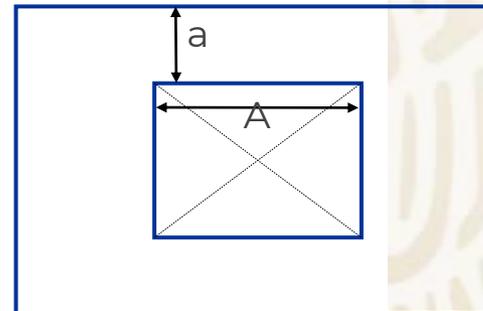


Problemas en edificios muy alargados en planta



Evitar $B/A > 4$

PLANTA



Evitar:

$$A/a > 1.0;$$

$$\frac{\text{Área hueco}}{\text{Área planta}} > 0.25$$

Límites recomendados para los lados de la planta de edificios

Irregularidad estructural en planta



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

COMISIÓN NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTROS

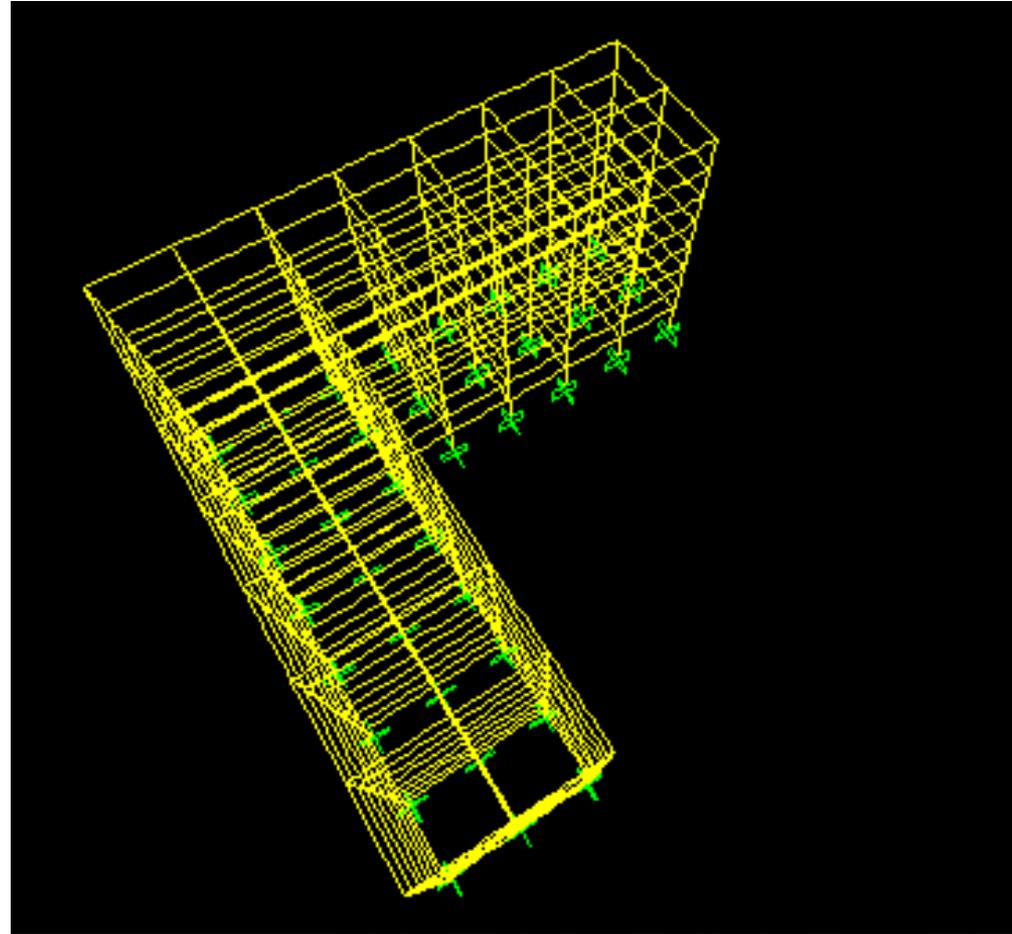
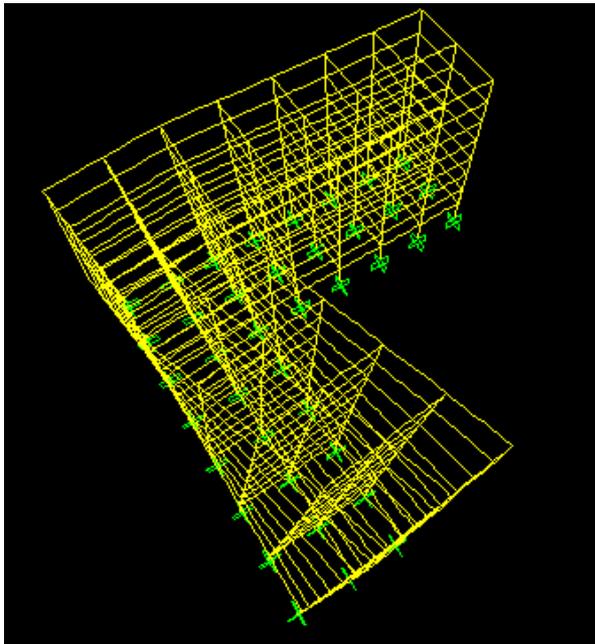
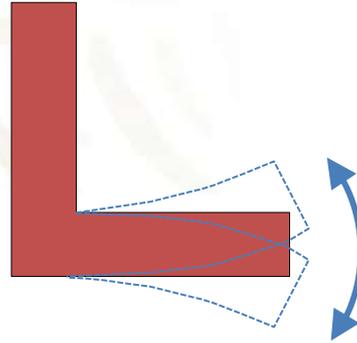
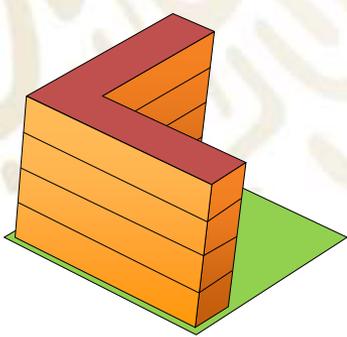
Algunos ejemplos



Irregularidad en planta: vibraciones de “salientes”, edificio en ‘L’



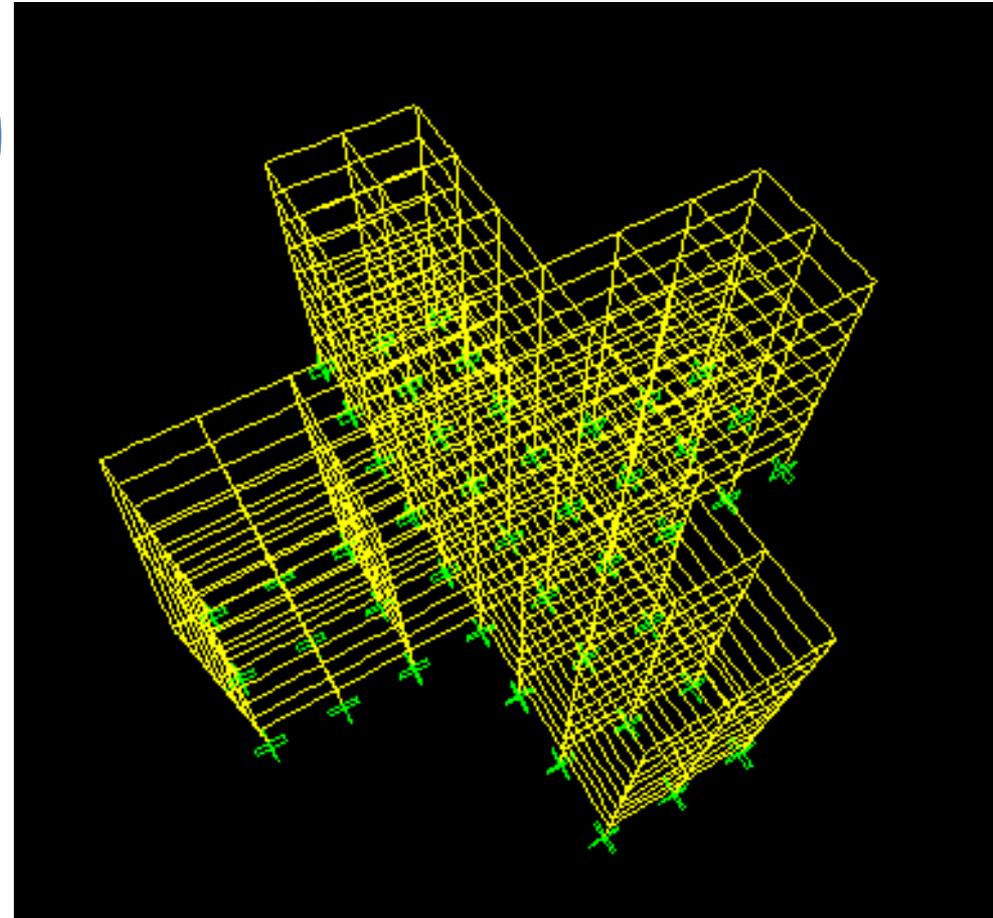
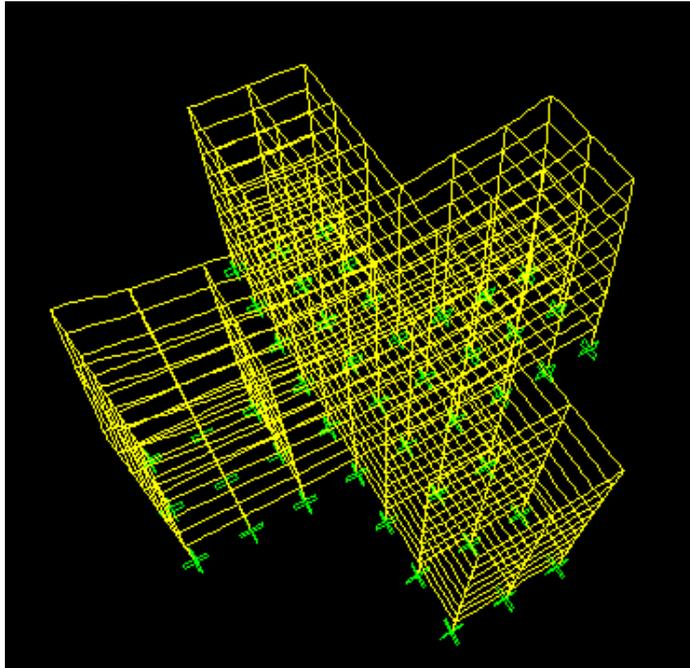
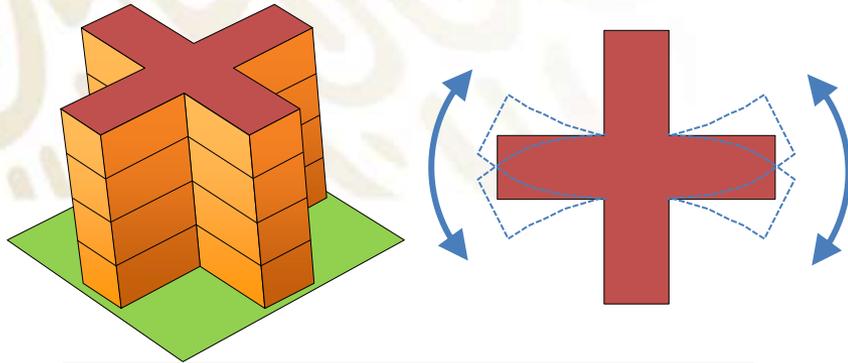
Algunos ejemplos



Irregularidad en planta: vibraciones de “salientes”, edificio en cruz



Algunos ejemplos



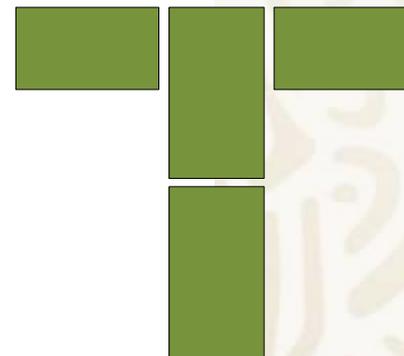
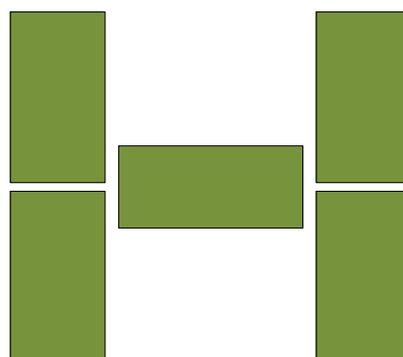
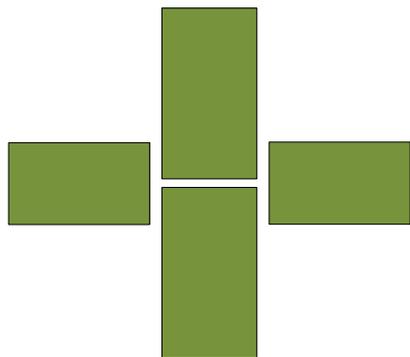
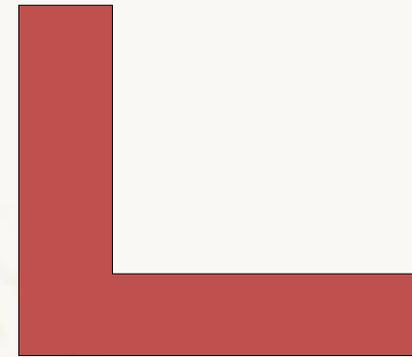
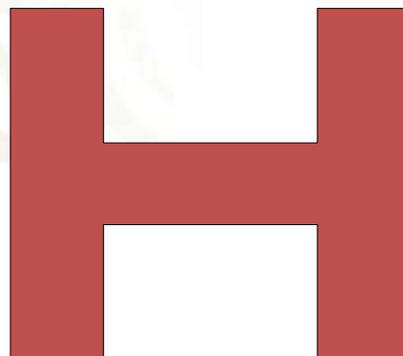
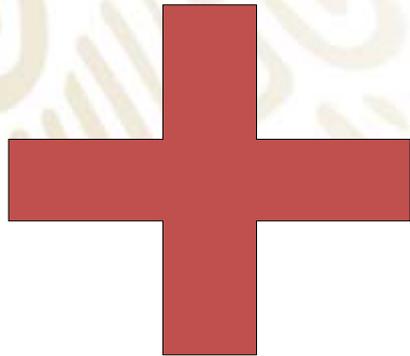
Solución a irregularidad en planta: Juntas constructivas



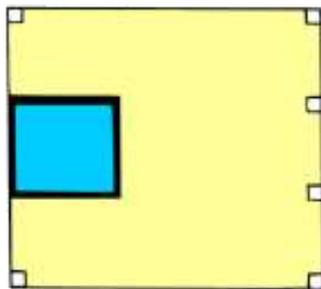
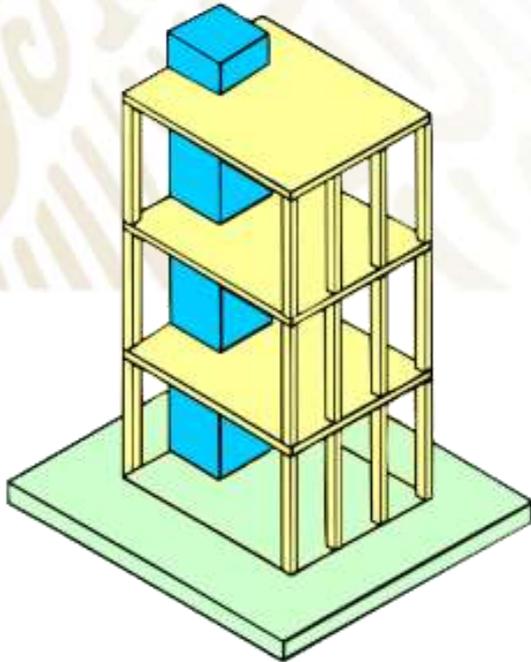
SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



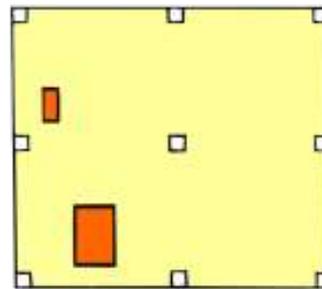
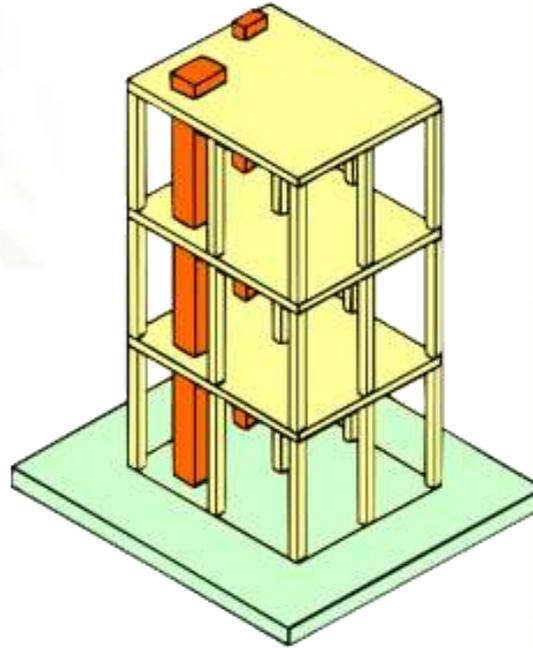
CENAPRED
COMITÉ NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



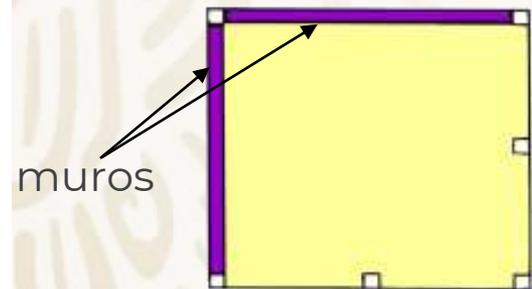
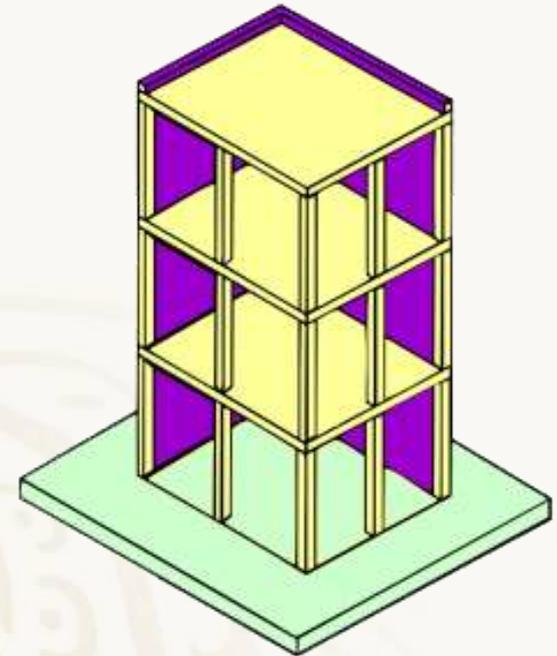
Irregularidad estructural en planta, por disposición asimétrica de elementos estructurales verticales



PLANTA



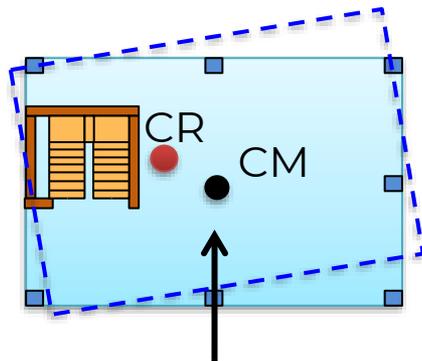
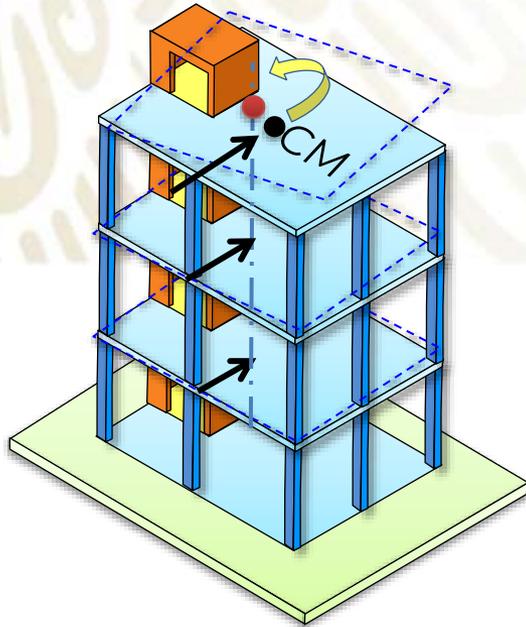
PLANTA



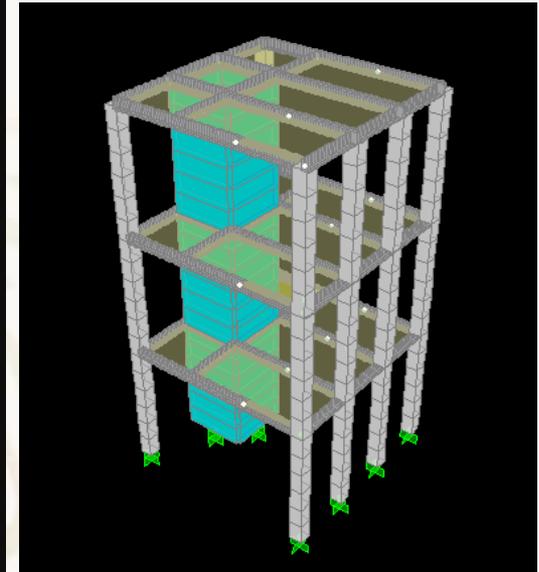
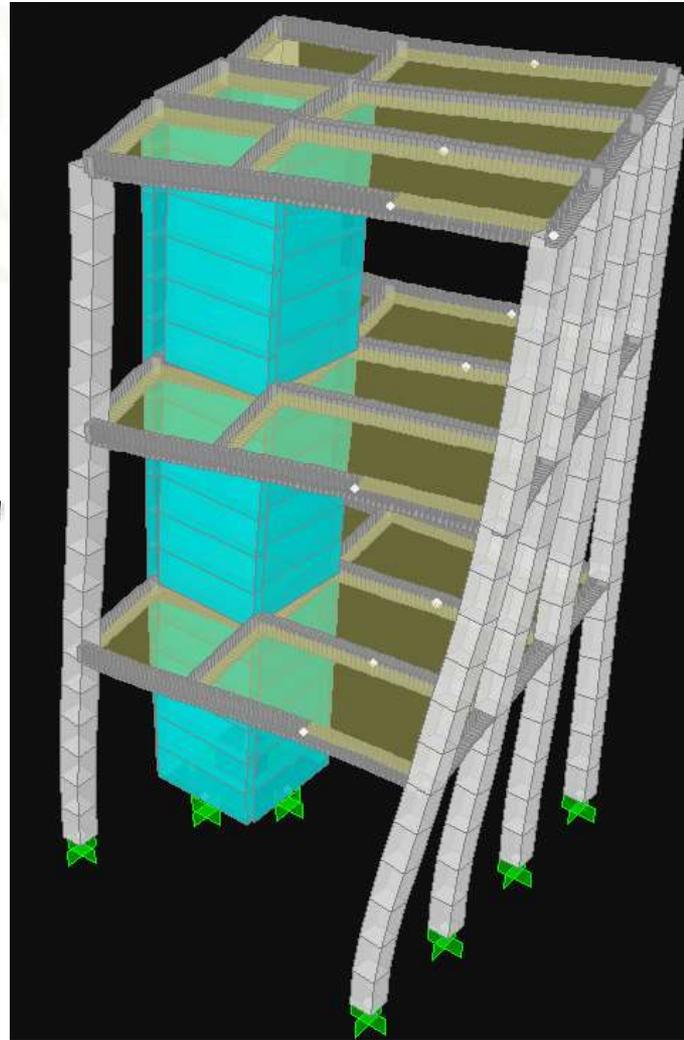
muros

PLANTA

Efecto de la irregularidad en planta: Torsión



PLANTA



Daño por torsión por irregularidad en planta (edificio de esquina)



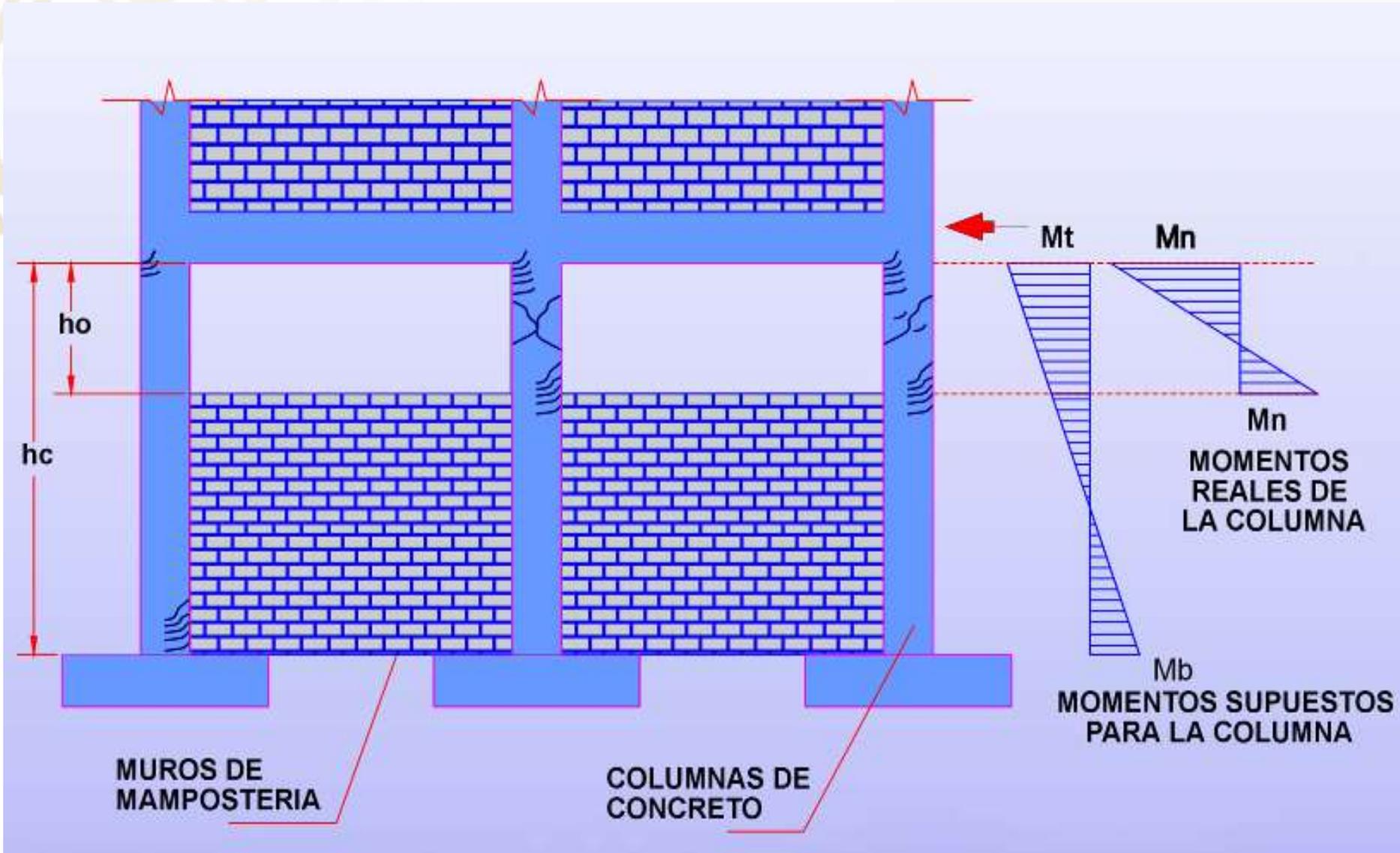
SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CONSEJO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



Fenómeno de acortamiento de columna, generador de vulnerabilidad estructural



Fenómeno de acortamiento de columna, generador de vulnerabilidad estructural

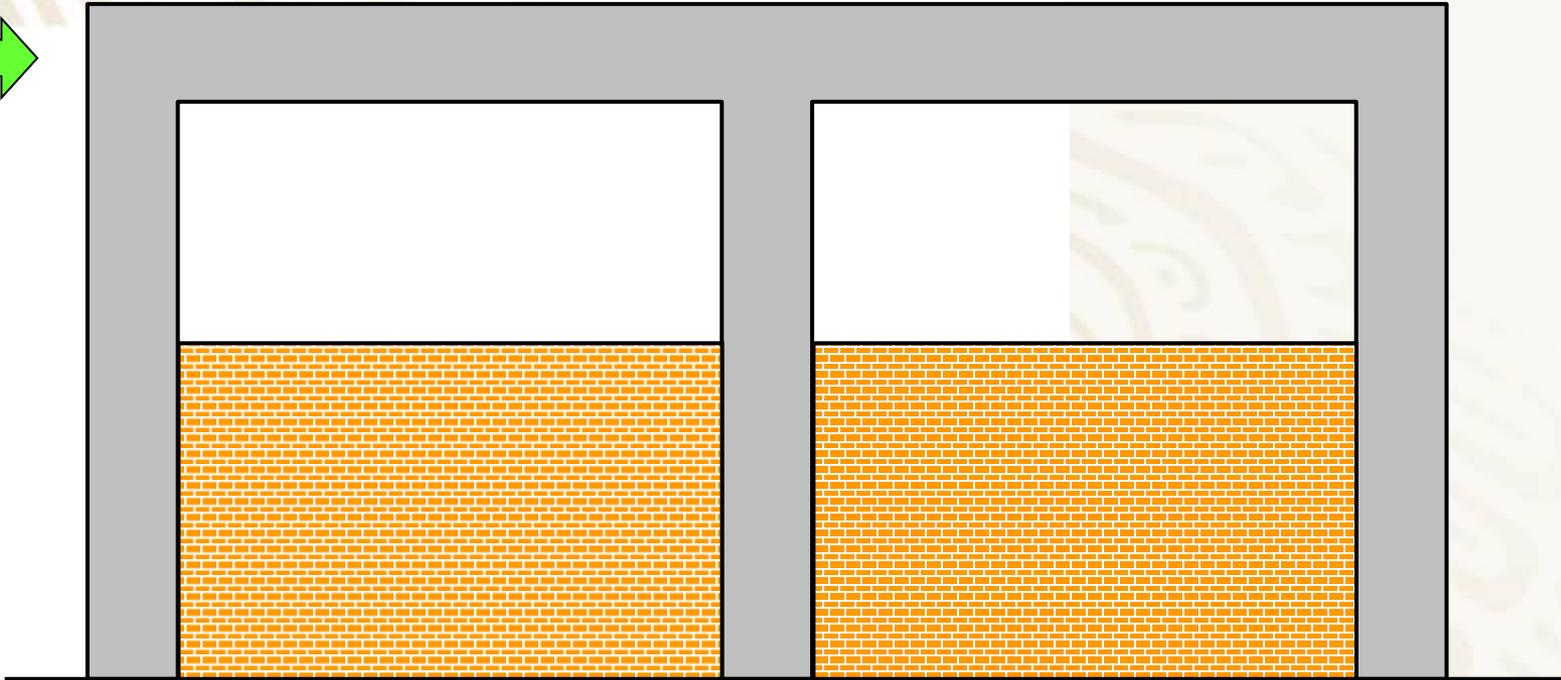


SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
COMITÉ NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

V



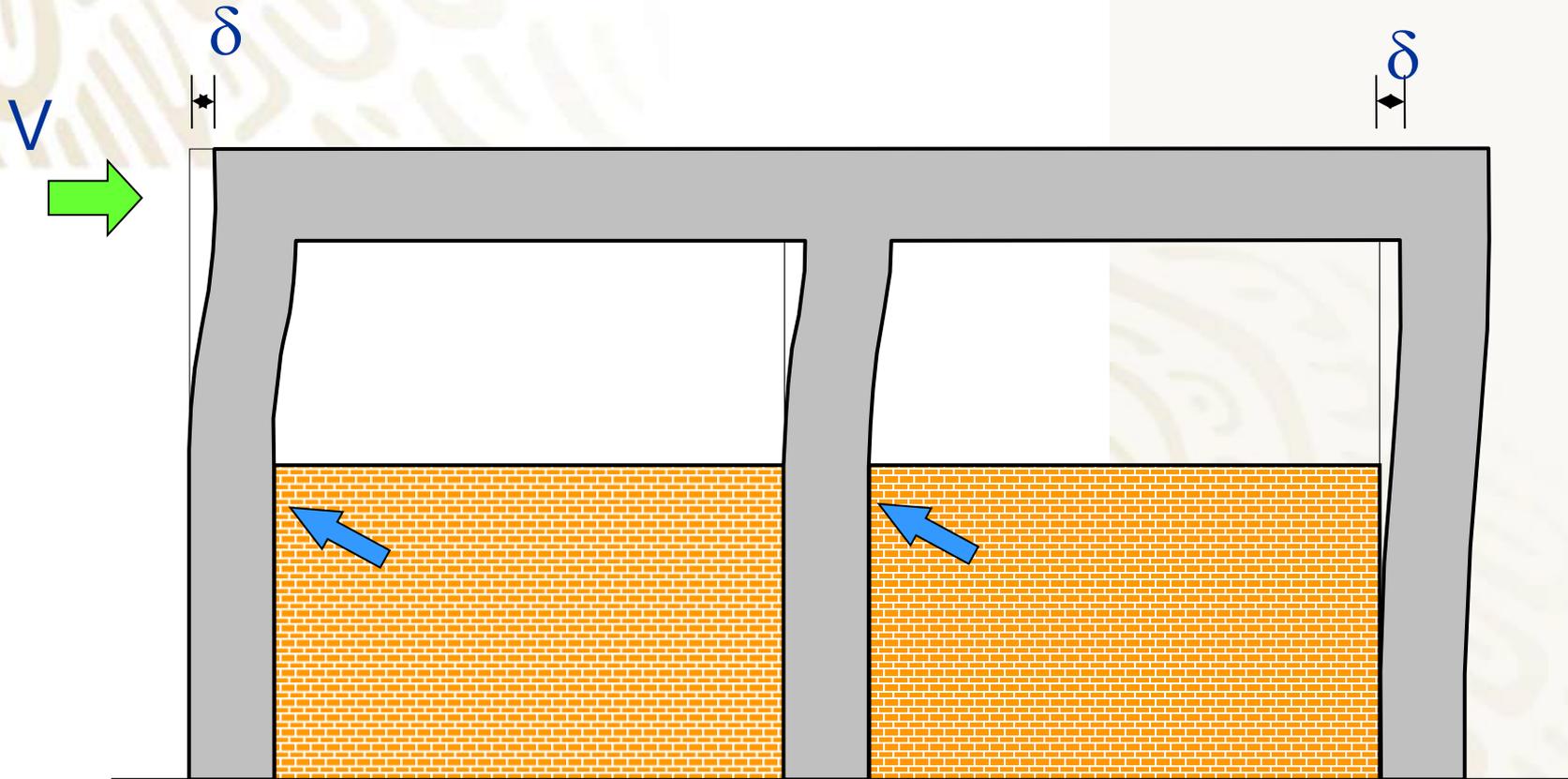
Fenómeno de acortamiento de columna, generador de vulnerabilidad estructural



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CONSEJO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



Prueba de edificio en mesa vibradora



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE TERREMOTOS



Prueba de edificio en mesa vibradora



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE TERREMOTOS



Prueba de edificio en mesa vibradora



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

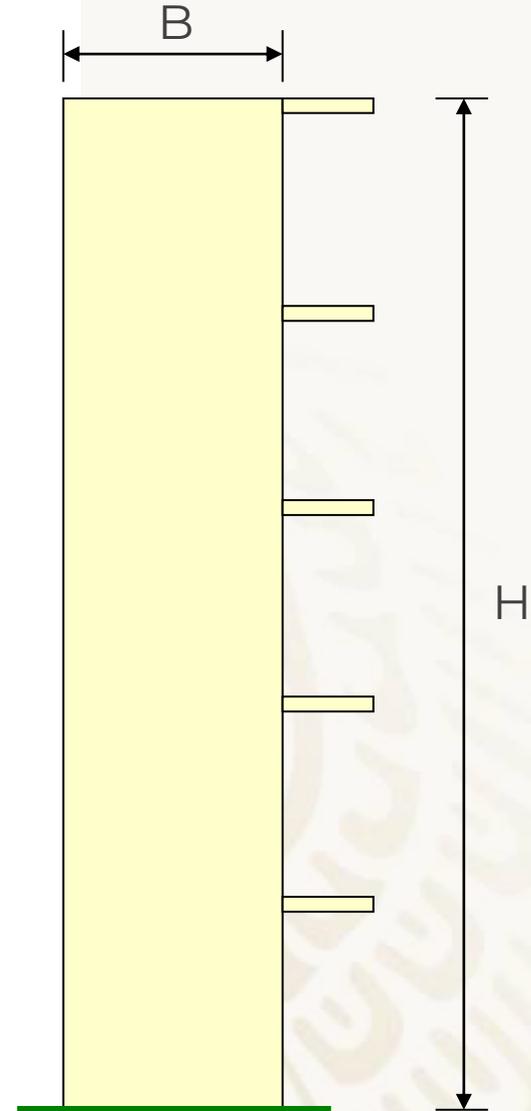


CENAPRED

COMITÉ NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



Esbeltez del edificio, generalmente se considera como un parámetro asociado a vulnerabilidad





Planta baja flexible

Edificio con planta baja “diferente” a las superiores (flexible), se considera como un parámetro asociado a la vulnerabilidad



Planta baja flexible



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



Japan collapse video.mp4

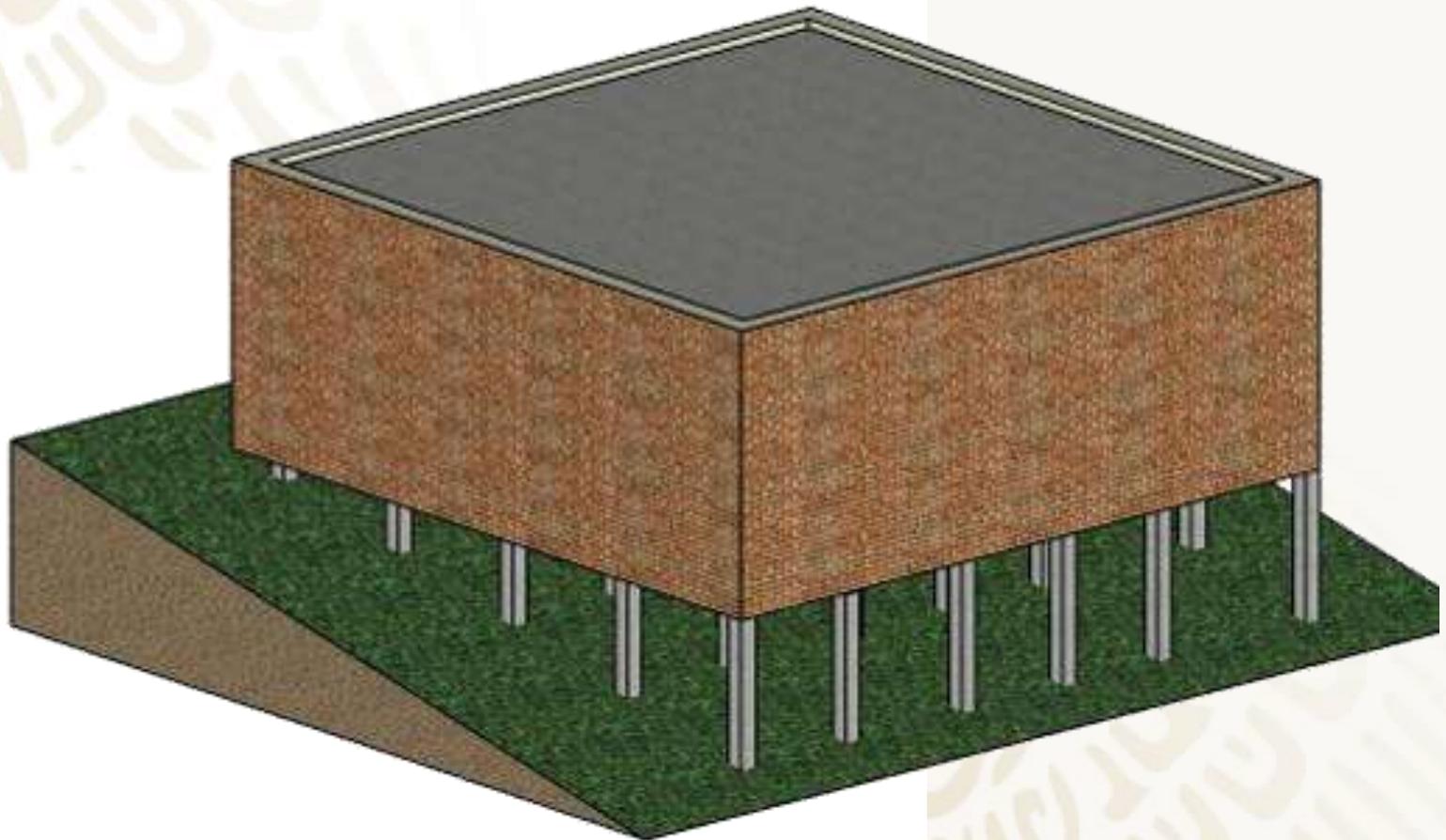
Columnas de diferente altura



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

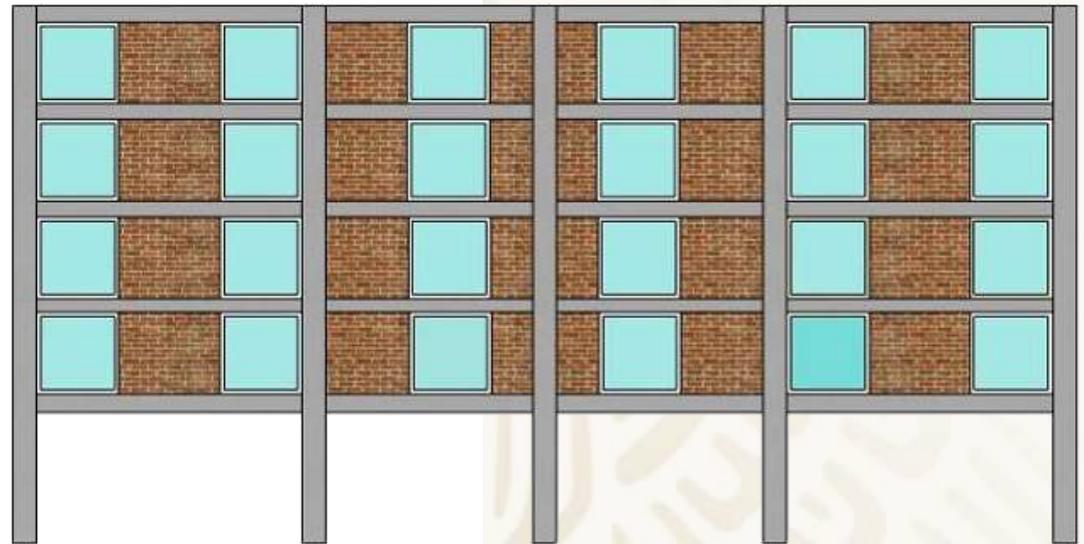
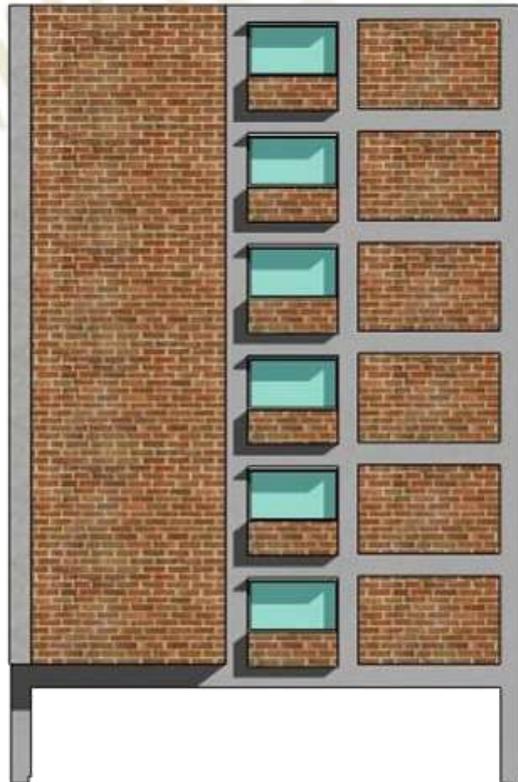


CENAPRED
COMITÉ NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES





Planta baja flexible



Irregularidad: columnas cortas



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CONSEJO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTROS



Otros problemas de estructuración



Estructuraciones que pueden generar vulnerabilidad en las edificaciones:

- Edificio con elementos estructurales no continuos horizontal y/o verticalmente
- Estructuras con vigas de mayores dimensiones que las columnas
- Muros diafragma sin refuerzo adecuado



- Importancia de conocer el año de diseño, o al menos de construcción del edificio (o época aproximada)
- Para asociarlo a un reglamento de construcción (si existía)
- Calidad de los materiales de la época
- Coeficiente sísmico (o espectro de diseño)
- Detallado para estructuras de concreto / acero / mampostería

Reglamentos: herramienta vital para prevención



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
COMITÉ NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTROS



Reglamentos: herramienta vital para prevención



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
COMITÉ NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



¿Existe una normatividad?

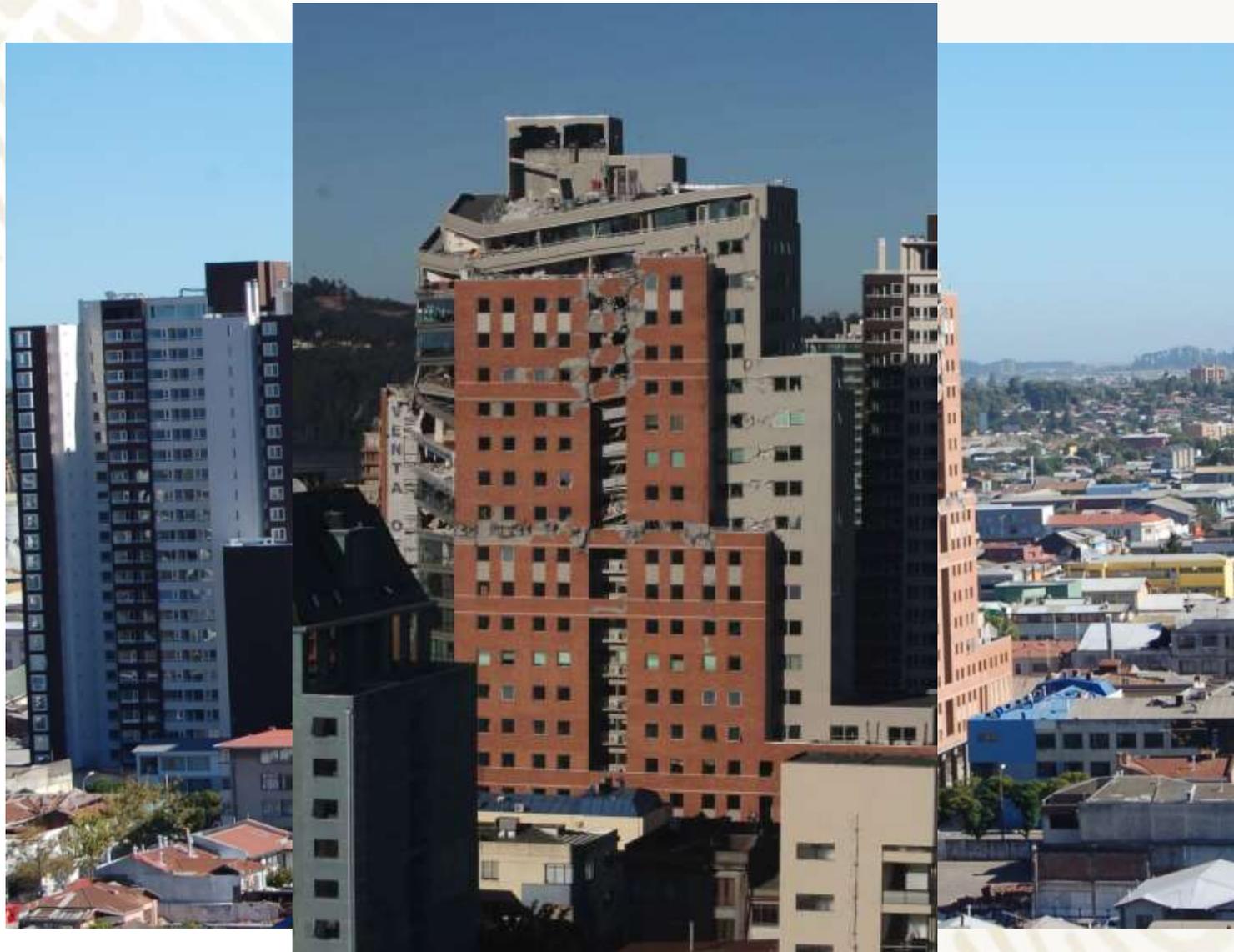
Reglamentos: herramienta vital para prevención



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

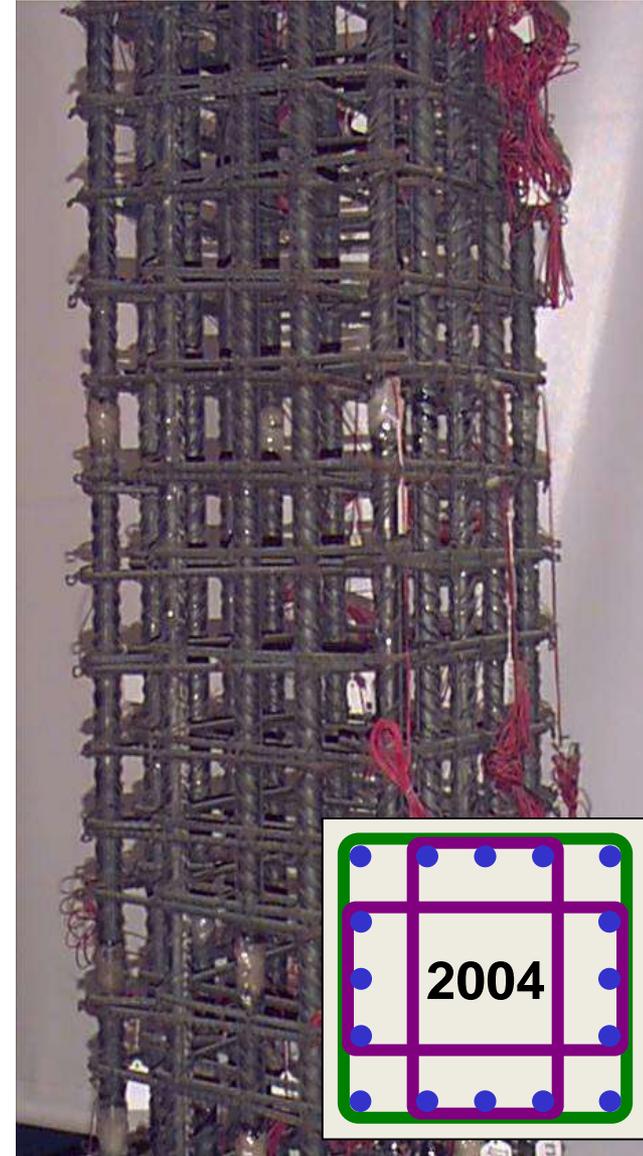
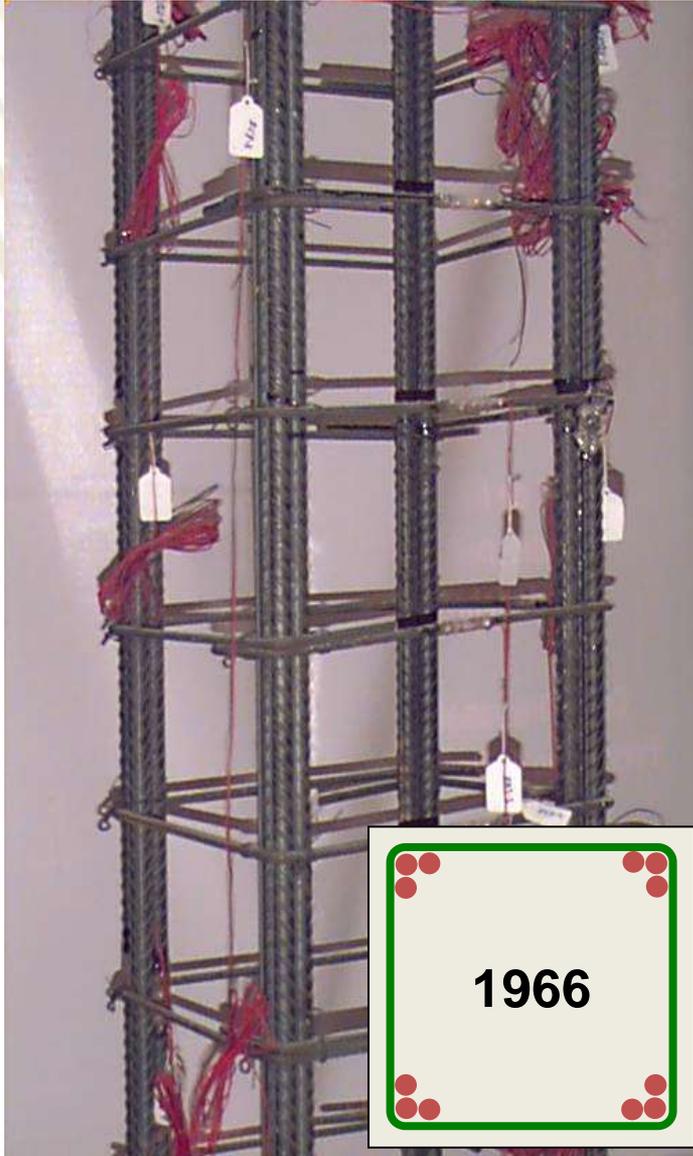


CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



Mejoramiento de requisitos reglamentarios

Reglamento del DF 1966



Reglamento del DF 1987-2004



Algunos comentarios sobre elementos no estructurales

Elementos no estructurales



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



Elementos no estructurales



SEGURIDAD
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIDADADANA



CENAPRED
COMITÉ NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



¿quién los diseña?



Elementos no estructurales

Elementos ornamentales (no estructurales), inadecuadamente fijados
Teatro Macedonio Alcalá, Oax. 1999



MAYOR INFORMACIÓN:

► **Riesgos Estructurales**
ocontreras@cenapred.unam.mx

www.cenapred.unam.mx

GOBIERNO DE
MÉXICO

