

# GOBIERNO DE MÉXICO



**CENAPRED**

CENTRO NACIONAL DE  
PREVENCIÓN DE DESASTRES



# **EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS**

---

*Tipos de Daño en estructuras de edificación*

*Subdirección de Riesgos Estructurales  
Subdirección de Vulnerabilidad Estructural*

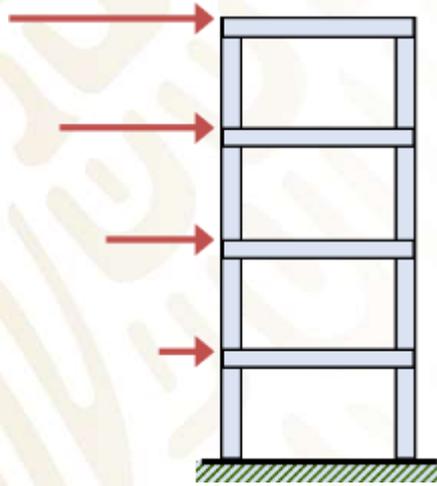


### **3 – Tipos de Daño en estructuras de edificación**

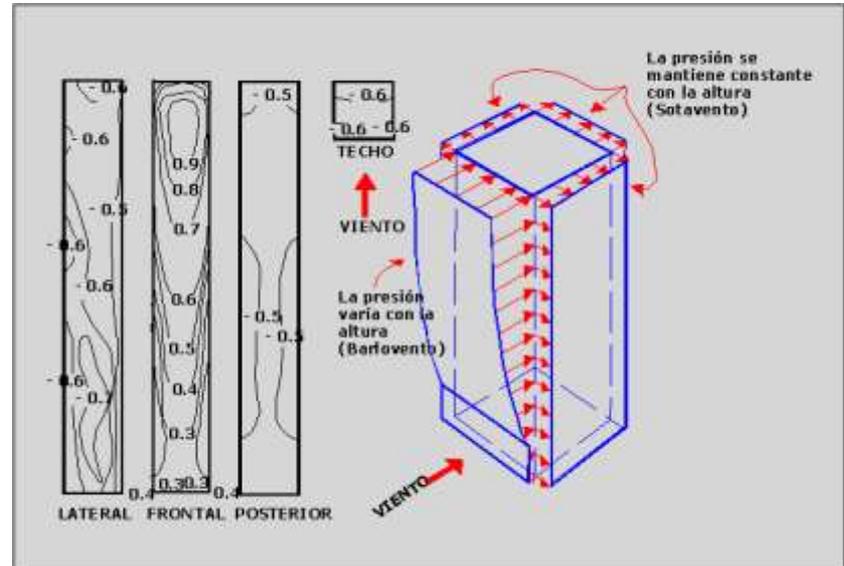


# Daño en las edificaciones

Las estructuras de las edificaciones siempre estarán sujetas a fuerzas y cargas, algunas de ellas estarán siempre actuando en la edificación, como son las cargas correspondientes a su mismo peso, el peso de los usuarios y los muebles que requieren; otras fuerzas o cargas aparecerán en las estructuras sólo cuando ocurre algún fenómeno natural, como un sismo o un ciclón



Fuerzas inducidas  
por sismo

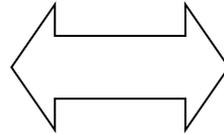


Fuerzas por viento



# Daño en las edificaciones

Determinación de materiales adecuados y tamaños mínimos de los elementos estructurales para que resulten resistentes



Determinación de las acciones o fuerzas máximas probables que provocaría el sismo más importante en la zona de interés

Si la resistencia de los elementos estructurales resulta menor a las fuerzas inducidas por la acción del sismo o viento, ya sea porque no se cumplió con los requisitos de seguridad que marca alguna norma o reglamento vigente, o no hubo una buena supervisión del proceso constructivo, será muy probable que la estructura sufra daño





# Importancia del elemento estructural



Consecuencias de falla

Mayores

Menores

Columnas

Muros estructurales

Trabes

Losas y rampas

Techumbres ligeras

Muros divisorios

Instalaciones



# Daño en las edificaciones

Daño en vivienda de material precario por el paso del huracán Odile en la península de Baja California, Septiembre 2014





**SEGURIDAD**  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**CENAPRED**  
CENTRO NACIONAL DE  
PREVENCIÓN DE DESASTRES

## Daño por viento sobre las edificaciones



# Daño por viento sobre las edificaciones

Los vientos fuertes originados por huracanes, tornados o temporales pueden causar daño a las construcciones (estructuras). Se puede establecer una lista de los efectos más comunes del viento sobre las construcciones:

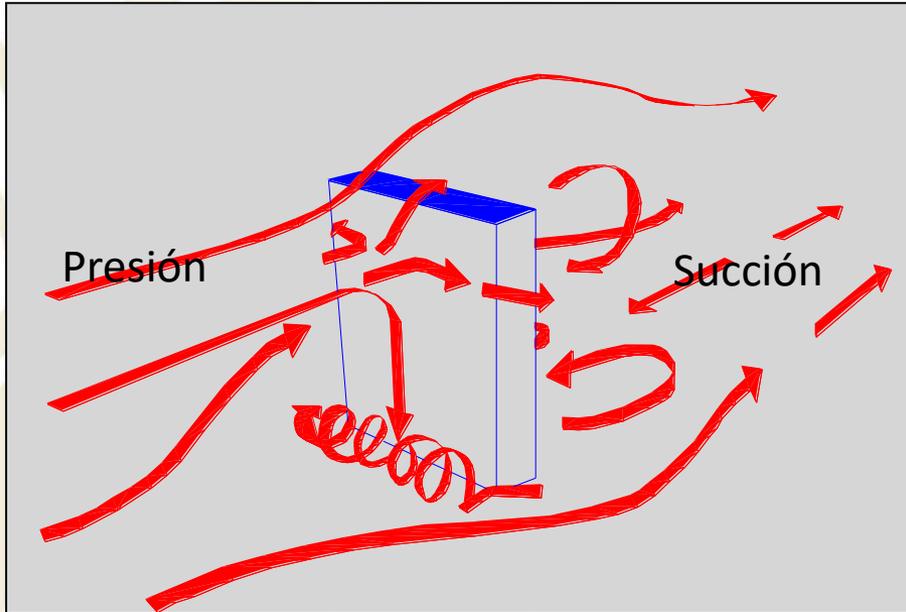
- Deformaciones excesiva
- Pérdida de estabilidad
- Fatiga
- Rotura de elementos estructurales
- Rotura de elementos no estructurales
- Voladura de techos
- Vibraciones que afectan el confort de los ocupantes



Entre las causas más comunes que producen daño por viento se encuentran:

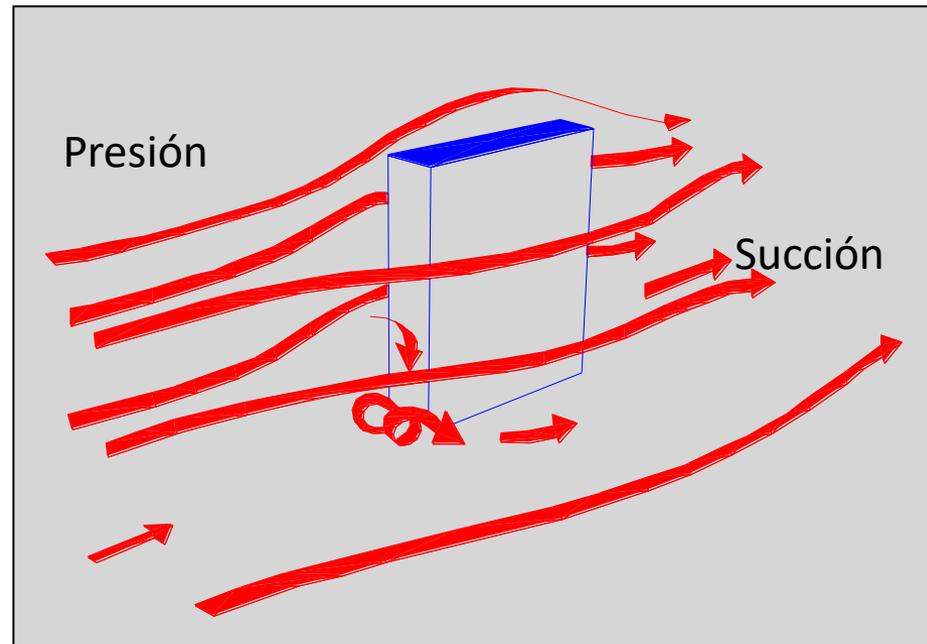
- Velocidad y dirección del viento mayores a las esperadas
- Efectos dinámicos por presiones fluctuantes
- Errores de proyecto
  - Coeficientes aerodinámicos mal elegidos
  - Error estimación de la presión interna
- Choque de objetos
- Errores Constructivos





Se deben tomar en cuenta los efectos del viento en las estructuras.

Muchas edificaciones son construidas sin la supervisión de un ingeniero o bajo los lineamientos de un reglamento de construcción.





# Daños en elementos de acero

Deformación de placa base y agrietamiento en soldadura





# Daño en elementos de acero

Desgarre de la placa base, causas posibles:

- Corrosión
- Espesor (t) insuficiente de placa





# Daños en elementos de acero

Falla por tensión en las anclas de la placa base, posibles causas:

- Diámetro insuficiente de los tornillos.
- Gran deterioro del diámetro de los tornillos por corrosión.





# Daños en elementos de acero

## Falla de conexiones



*Imágenes: Ismael Vázquez, SMIS, 2009*



# Daño en elementos no estructurales: Cancelería

## Posibles causas:

- Impactos por proyectiles debido a los grandes vientos.
- Insuficiencia en el diseño de tornillería y espesor de cristales.
- Aparte de daños al exterior (cancelería), los interiores se ven afectados parcial o totalmente.





## Daño en elementos no estructurales: Cancelería





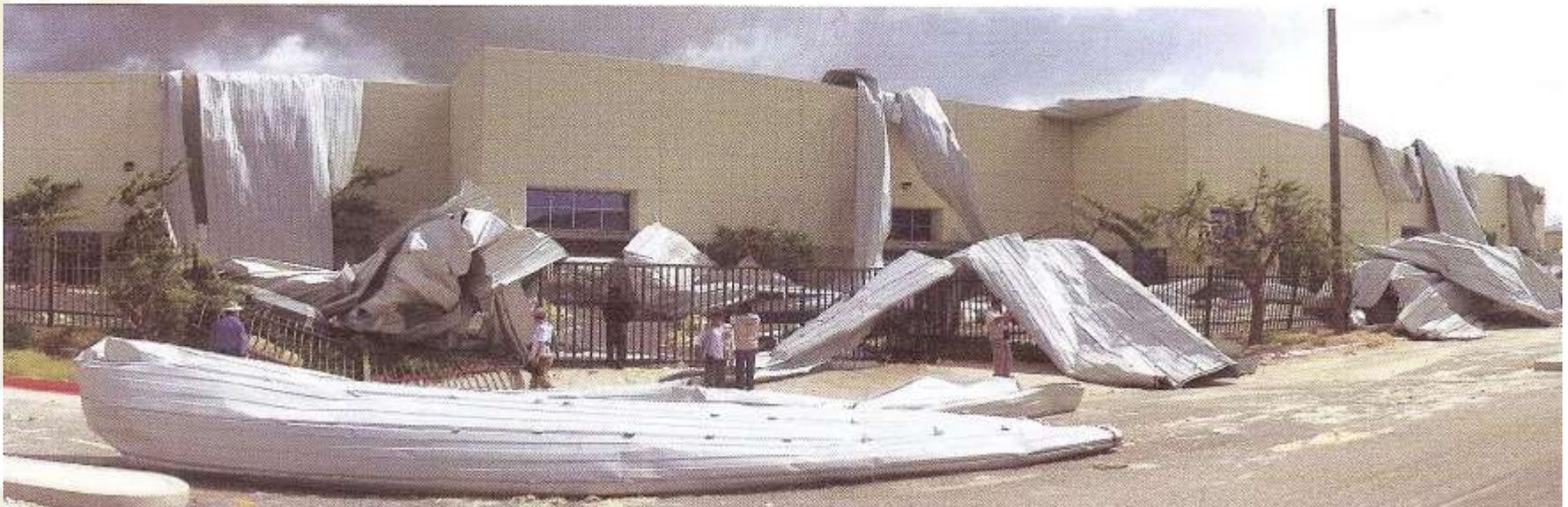
## ¿Falla en elementos no estructurales?: Cancelería





## Falla de estructuras ligeras.

Los fuertes vientos ocasionan fallas en estructuras ligeras, comúnmente usadas de techumbre ya sean permanentes o temporales.





Falla de estructuras ligeras.

Los fuertes vientos ocasionaron el aplastamiento del silo .





Daño edificaciones con techumbre ligera por la acción de vientos en San Cristóbal de las Casas 2014.

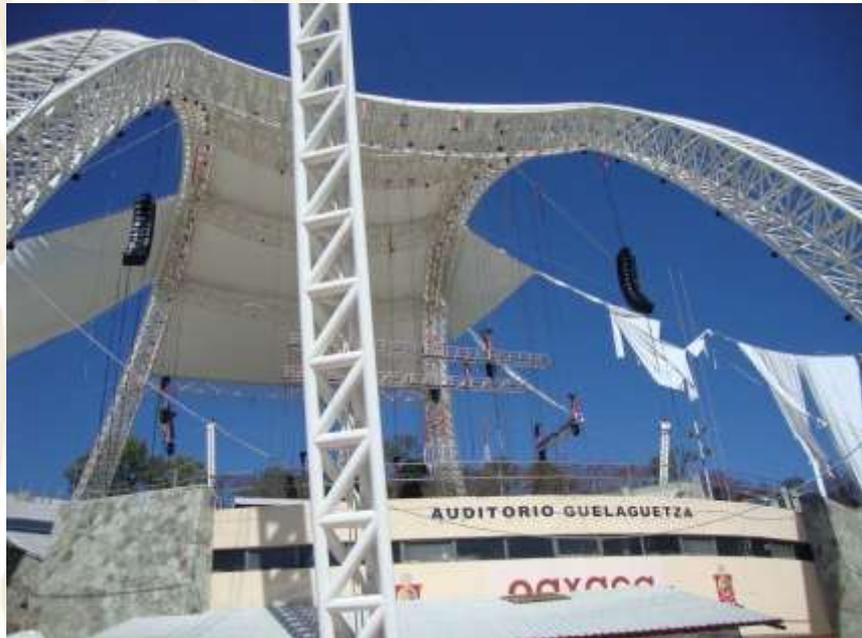




**SEGURIDAD**  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**CENAPRED**  
CENTRO NACIONAL DE  
PREVENCIÓN DE DESASTRES





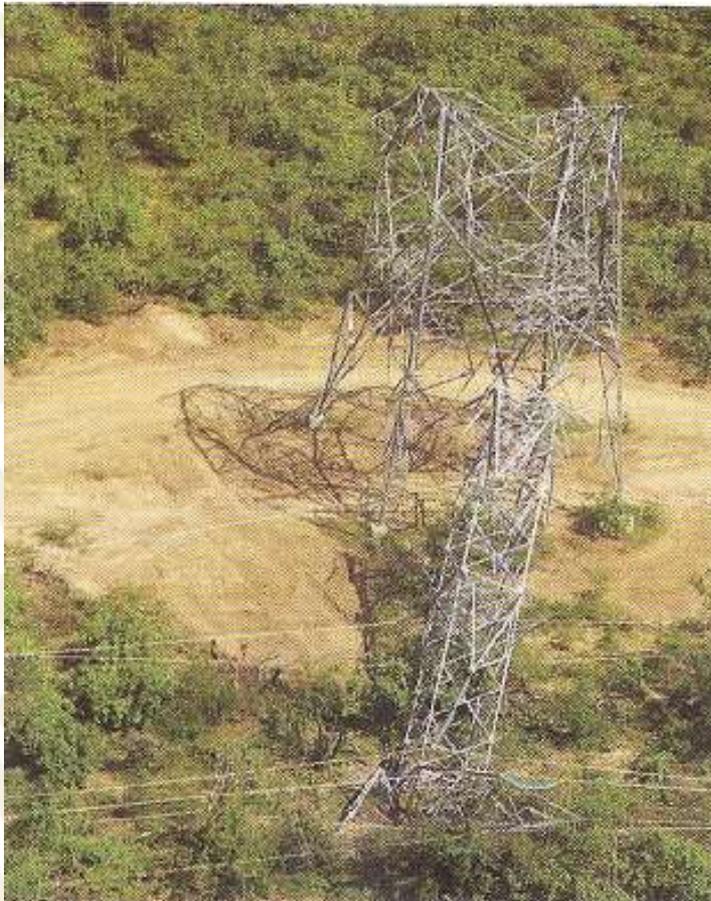
# Daño por viento sobre las edificaciones

Las causas principales de daño en estructuras ligeras tipo velaria:

- Poca comprensión del comportamiento de la estructura ante la sollicitación del viento.
- Reglamento resulta ser inapropiado o no tiene información para el análisis y diseño de este tipo de estructuras
- Estructuras atípicas y con escasa información sobre su comportamiento y diseño, hacen que sean mas vulnerables a las acciones de viento. Se recomienda hacer estudios en túnel de viento.



# Daños en infraestructura eléctrica





# Daño por viento sobre las edificaciones

Daño en estaciones de servicio



Falla por flexión en la base de las columnas metálicas.

Las estaciones de servicio en su mayoría son diseñadas bajo normatividad, aun así se ven afectadas por los fuertes viento.





# Daño por viento sobre las edificaciones

Daños en bardas o muros de colindancia en la península de Yucatán. huracán Isidore (2002)

Muros con refuerzo “pre-armado”





# Daño por viento sobre las edificaciones



Daños en la costa de Oaxaca provocados por el huracán Pauline (1999)

Daños en edificación de mampostería confinada, con losa y cimentación de concreto reforzado



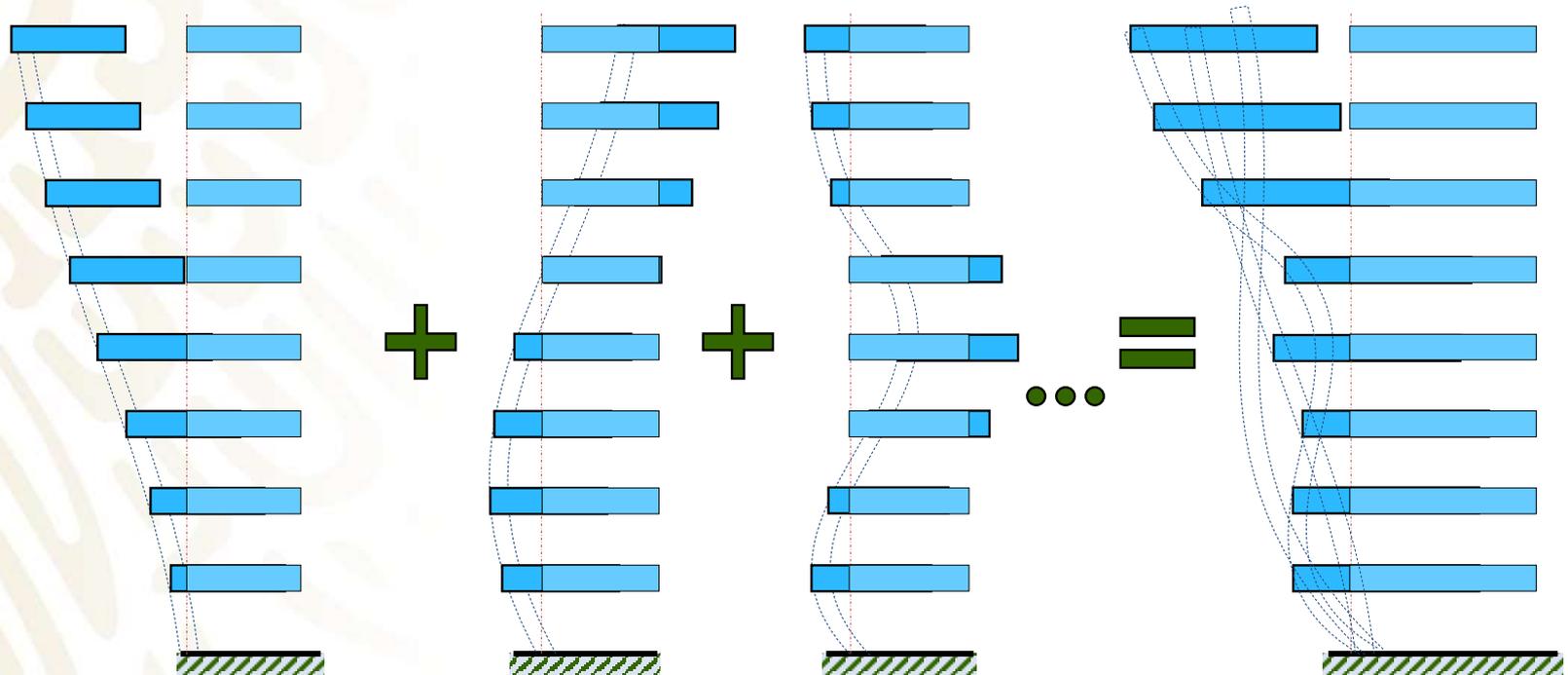


# Daño en edificaciones por sismo



# Daño en edificaciones por sismo

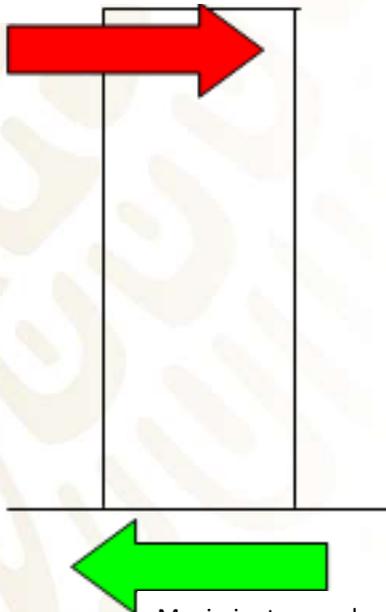
El comportamiento de las estructuras depende de varios factores entre los que están: aceleraciones máximas del terreno, periodo dominante del movimiento del suelo y del periodo de vibrar del edificio.





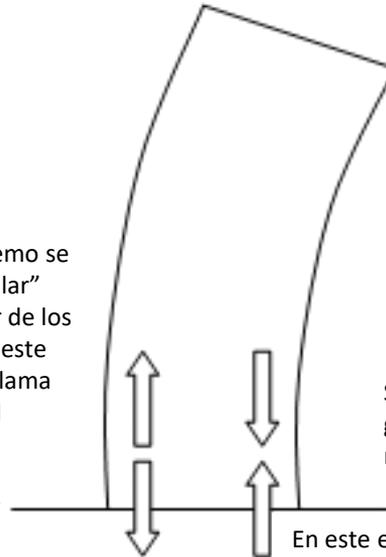
En el comportamiento de flexión los efectos de compresión y tensión en los materiales se presentan paralelamente dentro del elemento.

Fuerza lateral (de inercia)  
generada en la masa de la  
estructura



Movimiento y aceleración del  
terreno

En este extremo se  
tienden a "jalar"  
las partículas de los  
materiales a este  
efecto se le llama  
tensión en el  
material



Se presentan  
grietas en los  
materiales

En este extremo se  
tienden a "empujar"  
las partículas de los  
materiales a este efecto  
se le llama compresión  
en el material

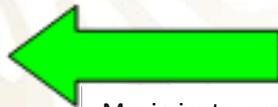
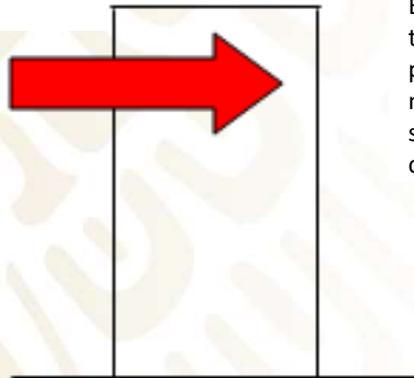


Se presenta  
aplastamiento  
o pandeo en los  
materiales



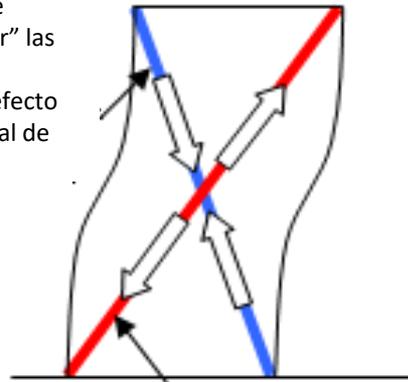
En el comportamiento de cortante los efectos de compresión y tensión en los materiales se presentan casi perpendicularmente uno del otro dentro del elemento.

Fuerza lateral (de inercia)  
generada en la masa de la  
estructura



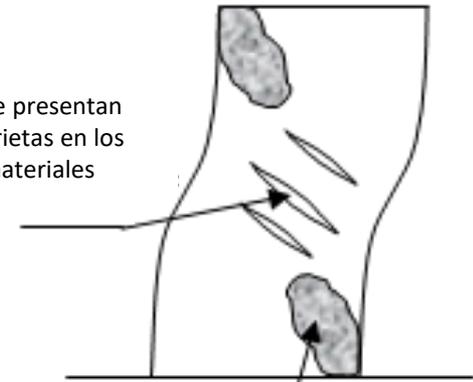
Movimiento y aceleración del  
terreno

En esta diagonal se  
tenden a “empujar” las  
particular de los  
materiales a este efecto  
se le llama diagonal de  
compresión



En esta diagonal se tienden a  
“jalar” las particular de los  
materiales a este efecto se le  
llama diagonal de tensión

Se presentan  
grietas en los  
materiales



Se presenta  
aplastamiento  
o pandeo en los  
materiales



## Tipo de falla en columnas de concreto



Compresión



Cortante



Adherencia



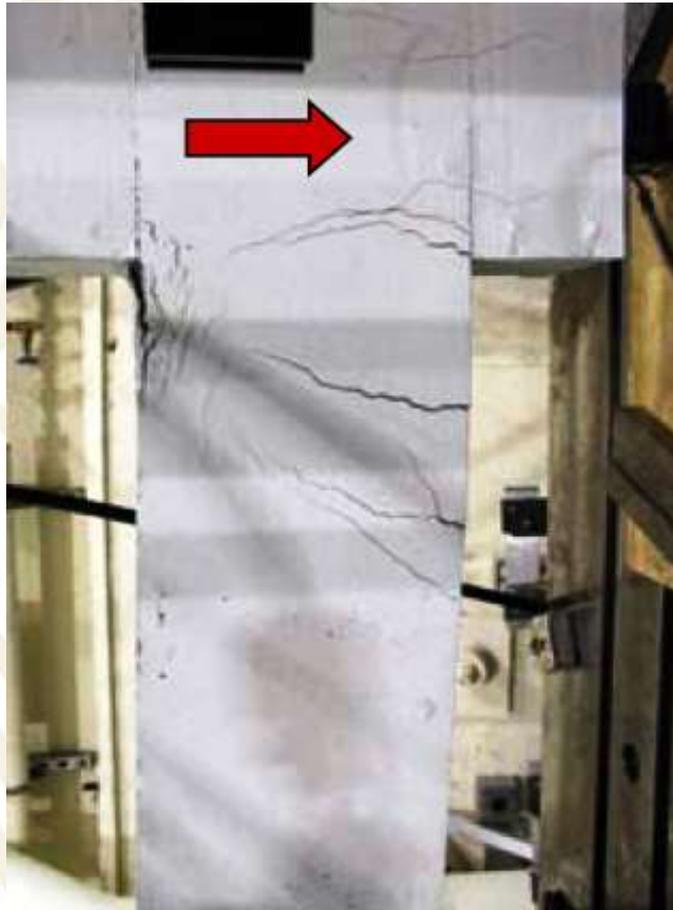
Flexión

Agrietamientos:

Forma, distribución  
Cantidad  
Ancho de grieta



## Falla en columnas



Por flexión



Por cortante



## Falla de columna por compresión y por flexocompresión



*Sismo de Turquía, 1999*



## Falla de conexiones viga-columna





# Falla por flexión; formación de articulación plástica en la base





# Daño en edificaciones por sismo

Mecanismo de colapso por articulación de columnas de la planta baja





# Daño en edificaciones por sismo



Sismo en Ecuador



**SEGURIDAD**

SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**CENAPRED**

CENTRO NACIONAL DE  
PREVENCIÓN DE DESASTRES

# Daño en muros de concreto: falla por deslizamiento en la base





## Daño en muros de concreto: falla por fuerza cortante sísmica





# Daño en muros de mampostería: muros sin refuerzo alrededor de aberturas



Sismo de Tecomán, Villa de Álvarez Col, 2003



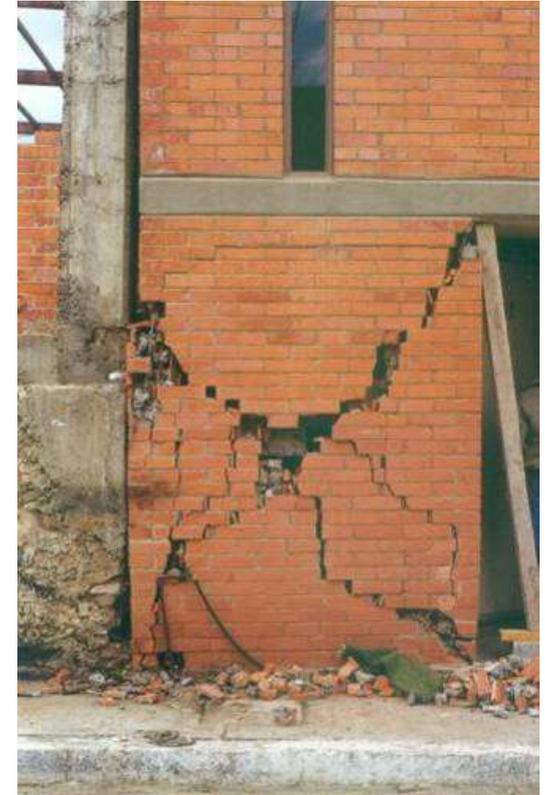
# Daño en muros de mampostería: muros sin confinamiento



Sismo de Tapachula, Chiapas, 2014



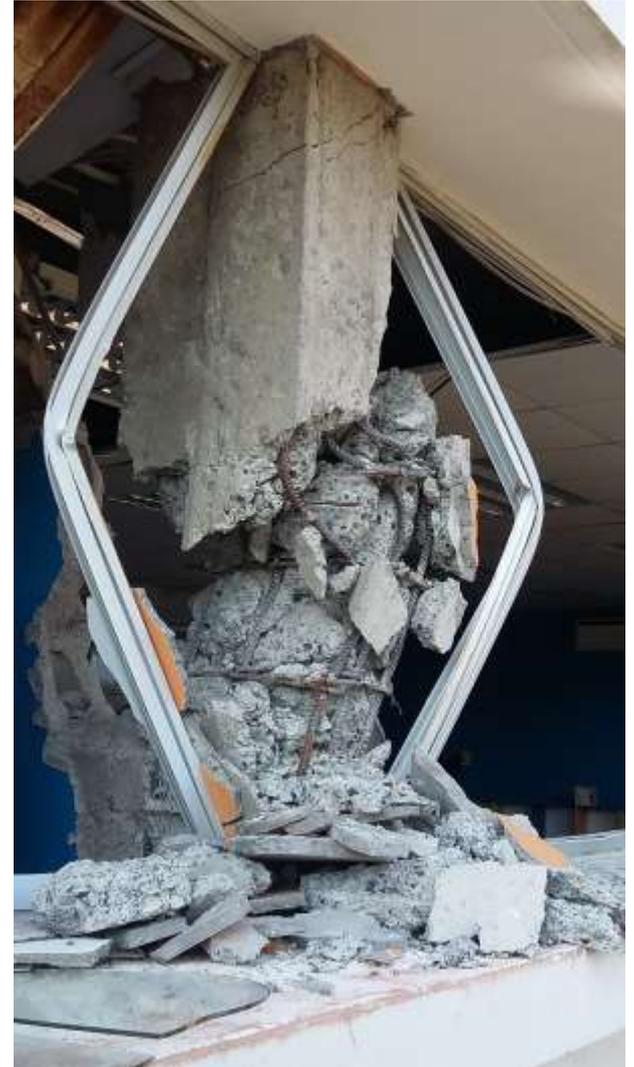
# Daño por cortante en muros de mampostería hueca mal reforzados



Sismo de Tehuacán Puebla 1999



# Daños en edificaciones por sismo: Daños por columna corta



Sismo en Ecuador 2016



# Daños en edificaciones por sismo: Daños por columna corta



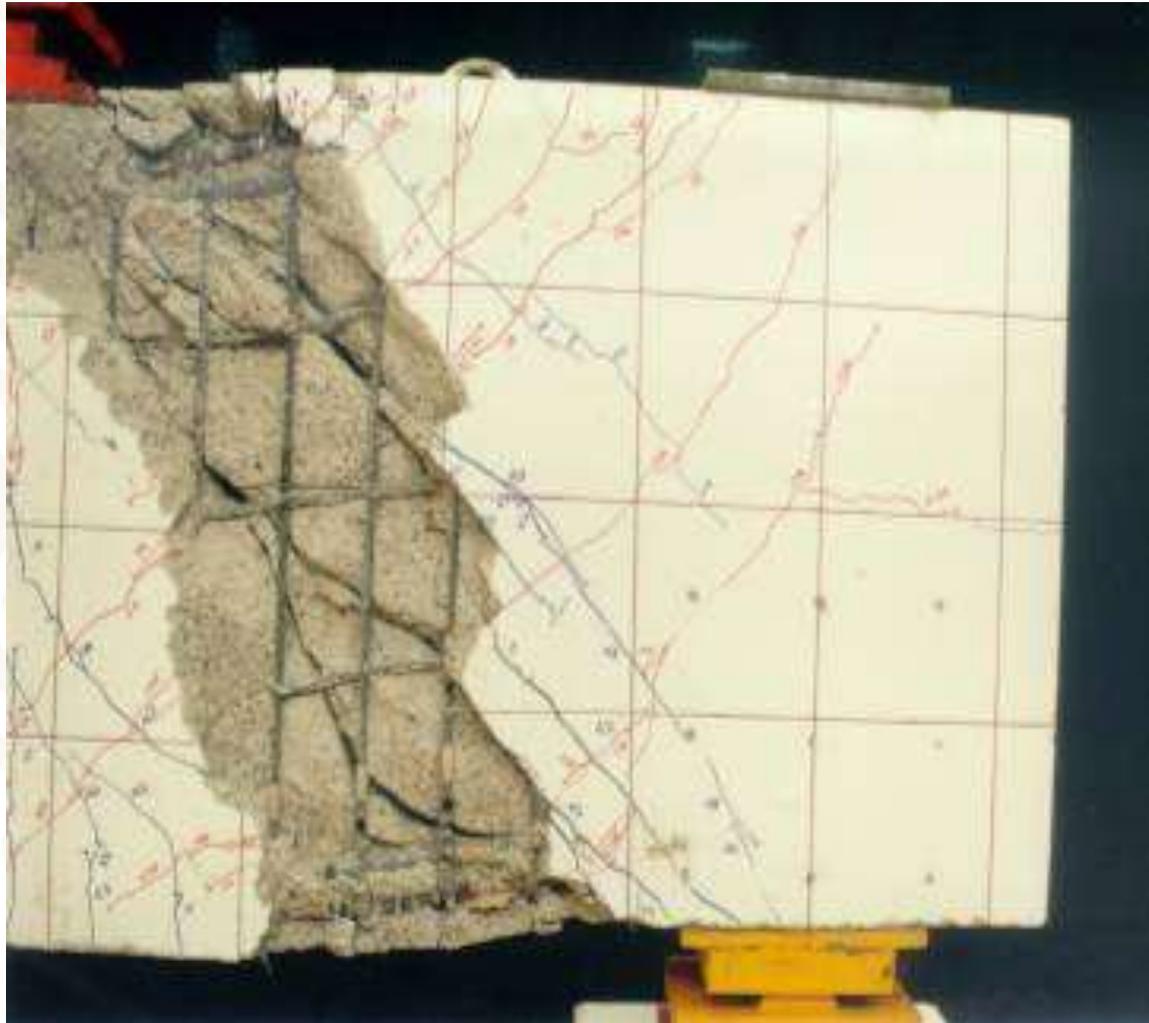


Daño en traves debido a la formación de articulación plástica por flexión y cortante en sus extremos





## Daño en trabes: falla por cortante en viga peraltada





## Daño por mal uso de la edificaciones: Concentración de masas en pisos superiores



Sismo de México, 1985



# Colapso por planta baja flexible



Sismo de Turquía, 1999



**SEGURIDAD**  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**CENAPRED**  
CENTRO NACIONAL DE  
PREVENCIÓN DE DESASTRES

# Colapso por planta baja flexible



Sismo de Ecuador, 2016



# Colapso por planta baja flexible



Sismo de Ecuador, 2016



# Colapso de piso intermedio



Sismo de Chile, 2010



Sismo de Ecuador, 2016



# Colapso de piso intermedio



Sismo de Ecuador, 2016



**SEGURIDAD**  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**CENAPRED**  
CENTRO NACIONAL DE  
PREVENCIÓN DE DESASTRES

# Choque entre edificios vecinos



Sismo de Ecuador, 2016



**SEGURIDAD**

SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**CENAPRED**

CENTRO NACIONAL DE  
PREVENCIÓN DE DESASTRES





**SEGURIDAD**  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**CENAPRED**  
CENTRO NACIONAL DE  
PREVENCIÓN DE DESASTRES

## Daño elementos no estructurales



Daño elementos no estructurales:  
Rotura de vidrios en escuela, Jalisco





**SEGURIDAD**

SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**CENAPRED**

CENTRO NACIONAL DE  
PREVENCIÓN DE DESASTRES

## Daño elementos no estructurales: Rotura de vidrios en escuela, Jalisco



Sismo de Tecomán, Colima, 2003

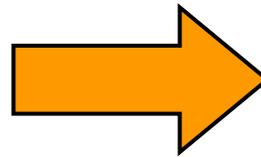


# Grietas en interfaz entre marcos y muros





# Grietas en el recubrimiento



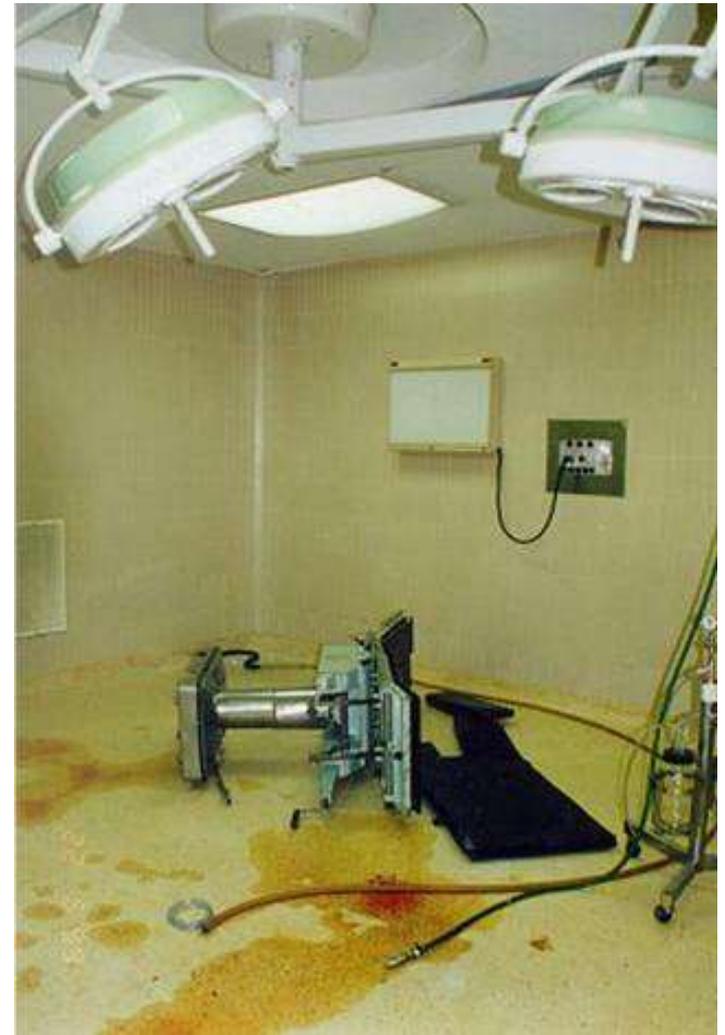


# Daño en el recubrimiento de una columna





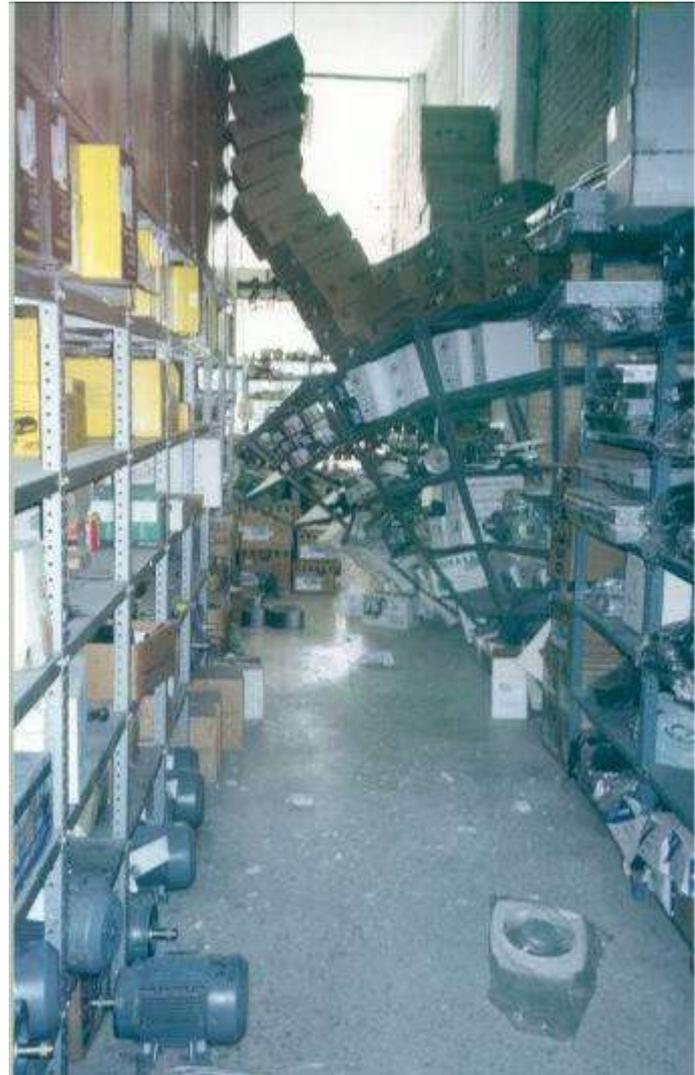
# Caída de recubrimientos de muros y daño en contenidos



Volteo de mobiliario y equipo



# Volteo de anaqueles y libreros





# Prueba de edificio en mesa vibradora





# Daño elementos no estructurales: Caída de plafones

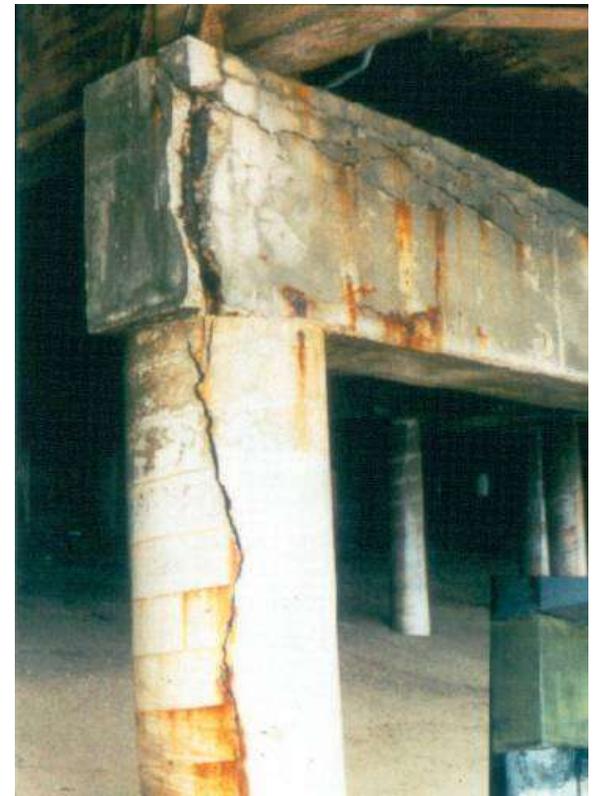




## **Daño elementos por deterioro de los materiales**



# Corrosión de acero y deterioro de materiales





# Corrosión de acero y deterioro de materiales



Sismo en Ecuador

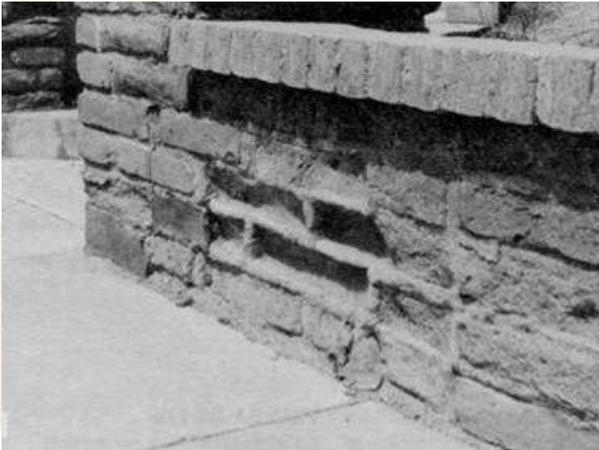


# Corrosión de acero en vigas y losas





# Degradación del material por su exposición a la intemperie





# Mala ejecución de obra y mala calidad de materiales de construcción





## Clasificación del daño



# Estudio experimental del daño



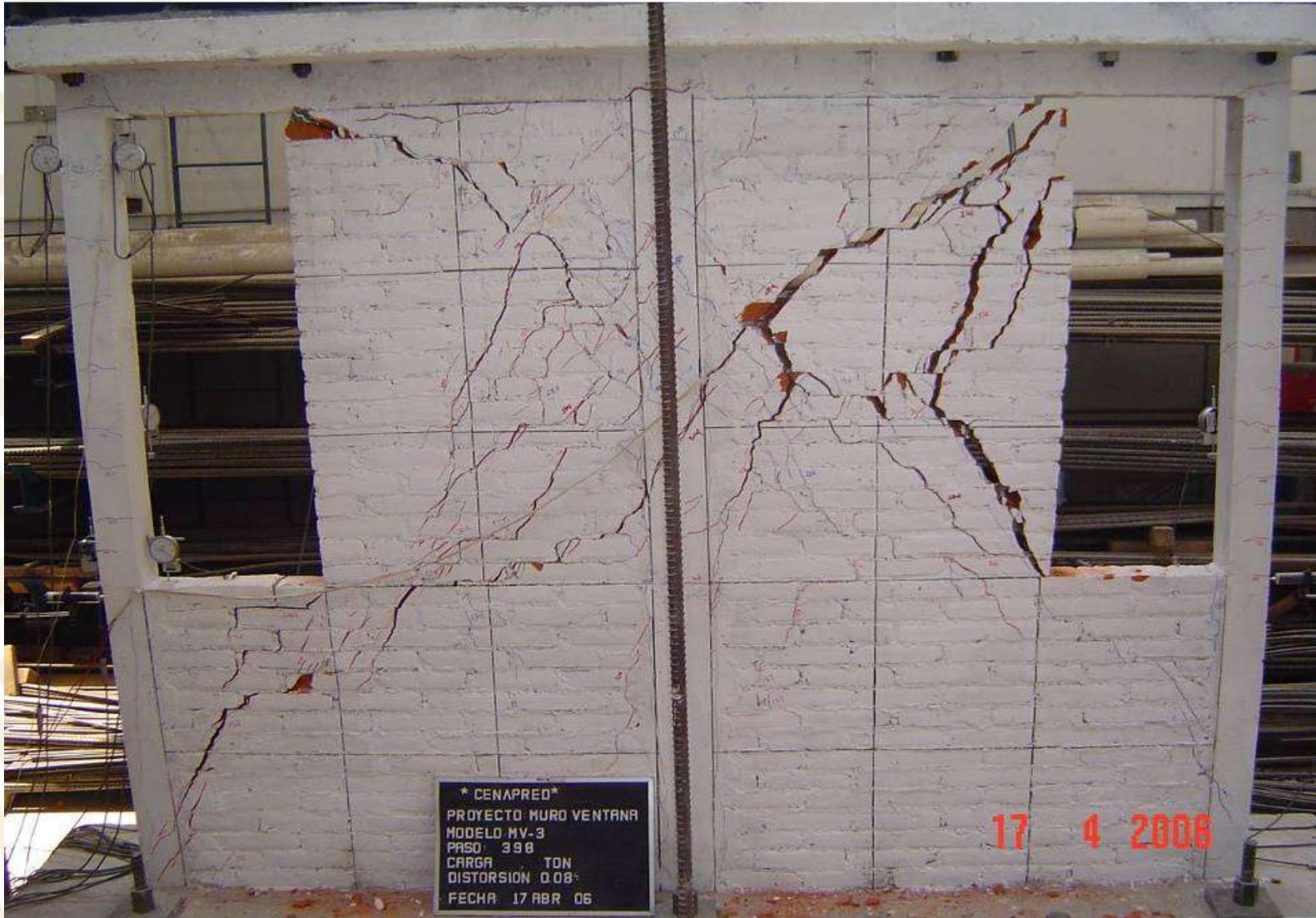


# Estudio experimental del daño





# Estudio experimental del daño





# Estudio experimental del daño



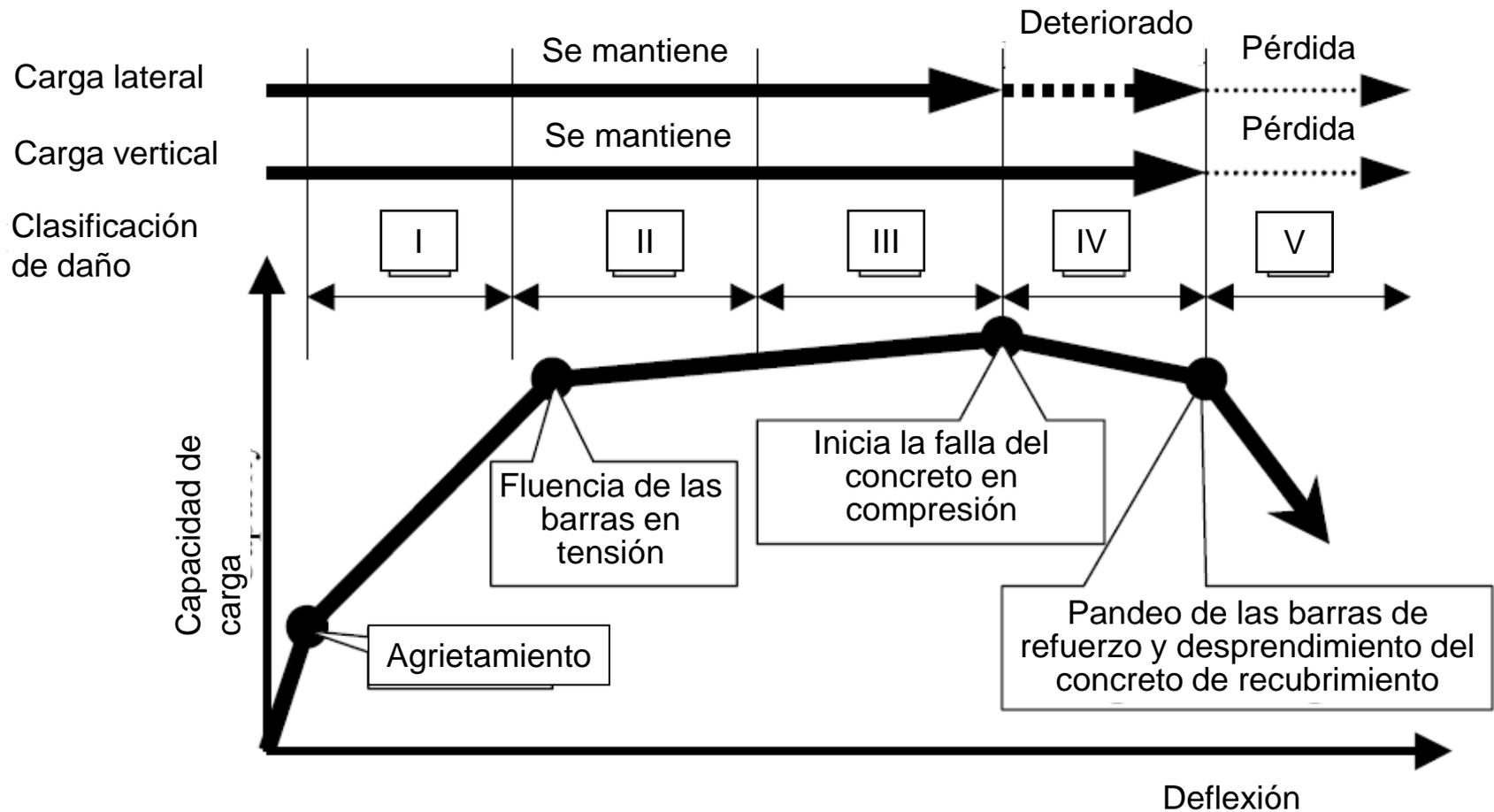
# Estudio experimental del daño

## CORRELACIÓN DAÑO – CAPACIDAD REMANENTE





# Estudio experimental del daño



(a) Elemento de comportamiento dúctil (viga, columna)



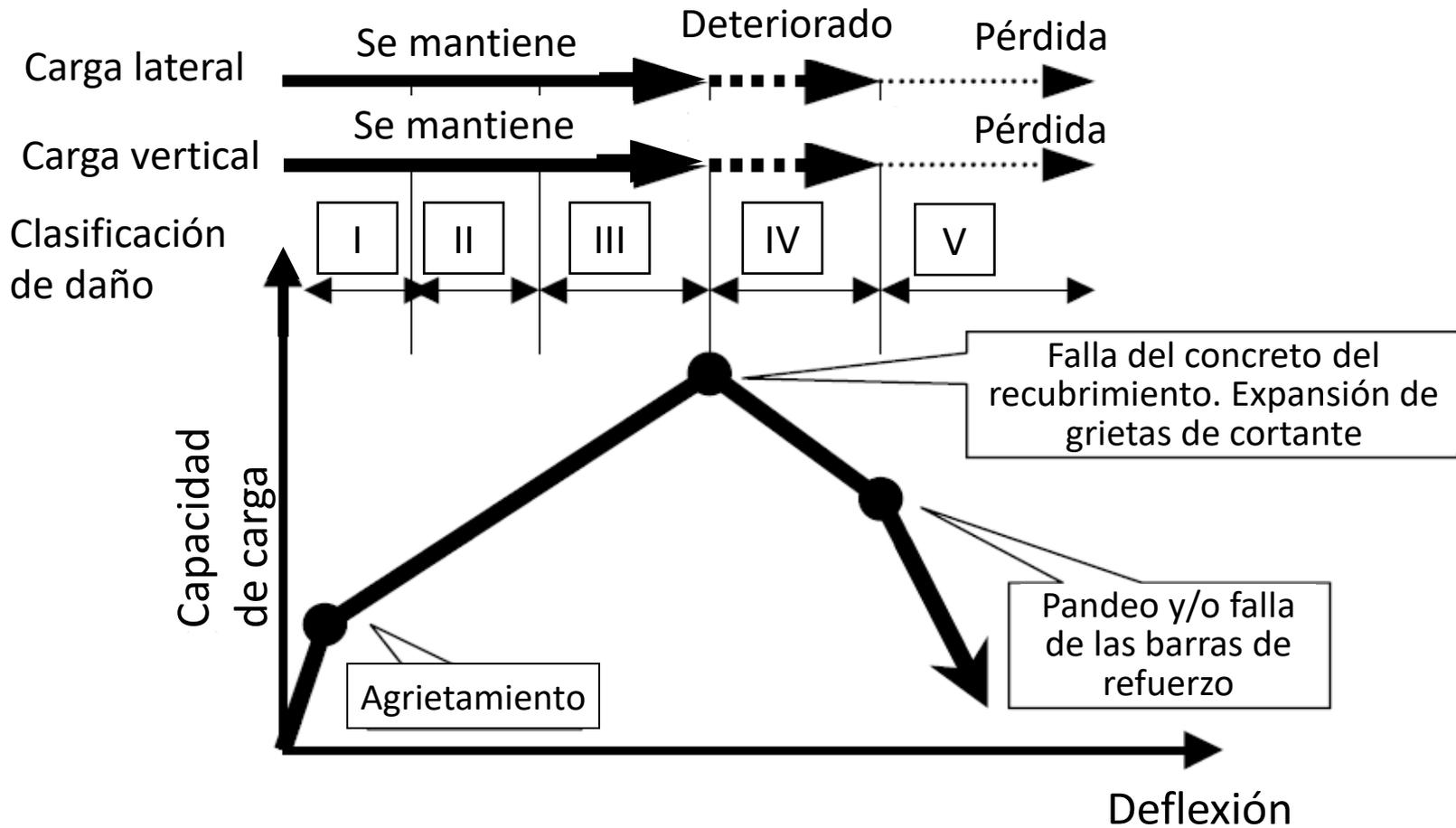
# Estudio experimental del daño

## a) Elementos de comportamiento dúctil (agrietamiento de flexión)

Clasificación del daño	Daño observable en elementos estructurales
I	Algunos agrietamiento se observan. Ancho de grieta menor de 0.5 mm
II	Se observan grietas con ancho entre 0.5 y 1.0 mm
III	Se observa agrietamiento severo con anchos de 1.0 a 5.0 mm. Se observa algún desprendimiento del concreto
IV	Se observan mucho agrietamiento severo. El ancho de grieta es mayor de 5.0 mm. Las barras de refuerzo se encuentran expuestas producto del desprendimiento del concreto de recubrimiento
V	Pandeo del refuerzo, aplastamiento del concreto y deformación vertical en columnas y/o muros estructurales. Exposición del acero de refuerzo por demanda de flexión y/o fractura de algunas de las barras



# Estudio experimental del daño



(b) Elemento de comportamiento frágil



# Estudio experimental del daño

## b) Elementos de comportamiento frágil (agrietamiento diagonal)

Clasificación del daño	Daño observable en elementos estructurales
I	Algunos agrietamiento se observan. Ancho de grieta menor de 0.2 mm
II	Se observan grietas con ancho entre 0.2 y 1.0 mm
III	Se observa agrietamiento severo con anchos de 1.0 a 2.0 mm. Se observa algún desprendimiento del concreto
IV	Se observan mucho agrietamiento severo. El ancho de grieta es mayor de 2.0 mm. Las barras de refuerzo se encuentran expuestas producto del desprendimiento del concreto de recubrimiento
V	Pandeo del refuerzo, aplastamiento del concreto y deformación vertical en columnas y/o muros estructurales. Exposición del acero de refuerzo por demanda de flexión y/o fractura de algunas de las barras

---

MAYOR INFORMACIÓN:

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

[www.cenapred.unam.mx](http://www.cenapred.unam.mx)

GOBIERNO DE  
**MÉXICO**

