



# CONFIGURACION Y DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS

## REGULARIDAD ESTRUCTURAL s/INPRES CIRSOC 103

Ing E. Daniel Quiroga

# MOVIMIENTOS DURANTE TERREMOTOS

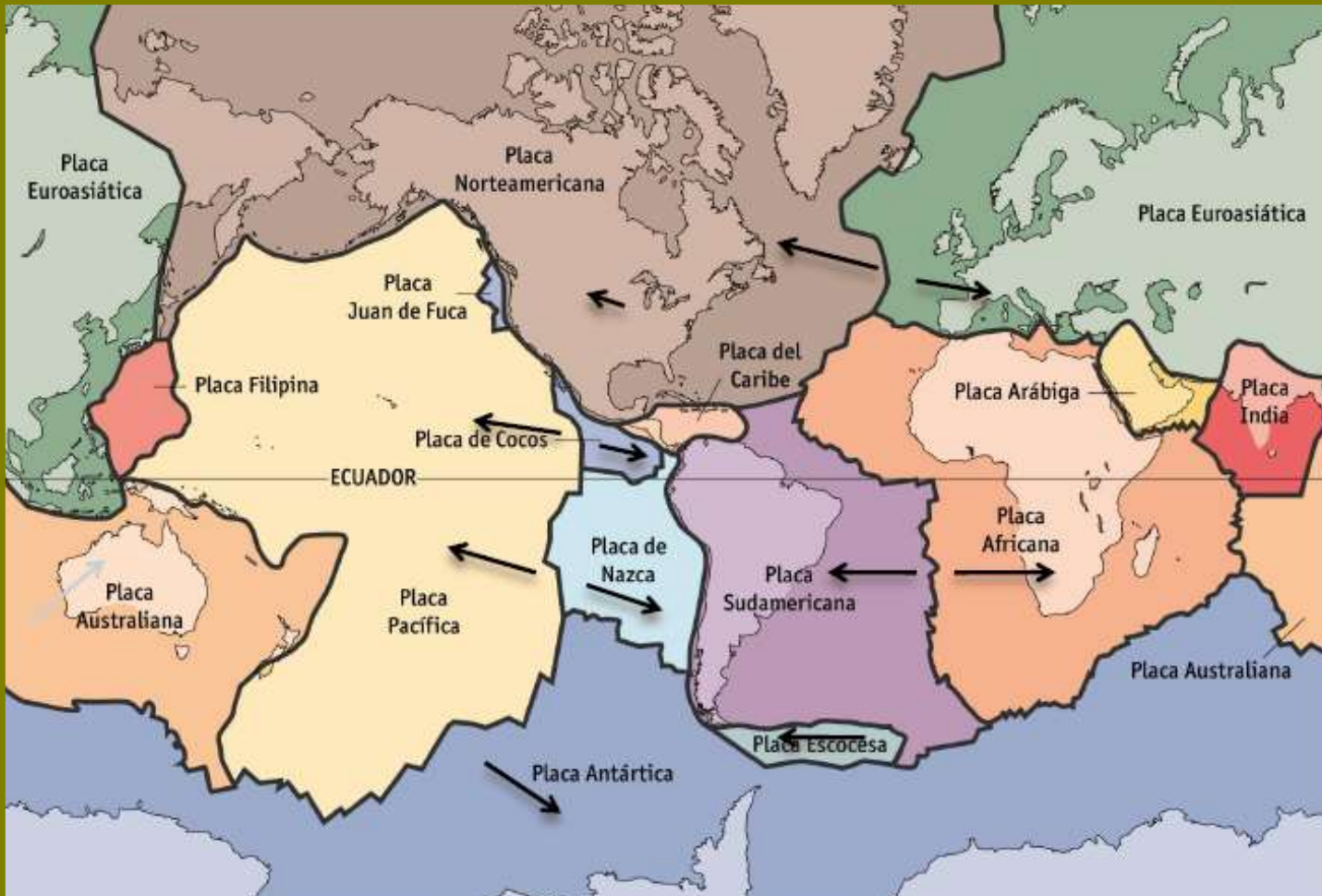


# MÉJICO



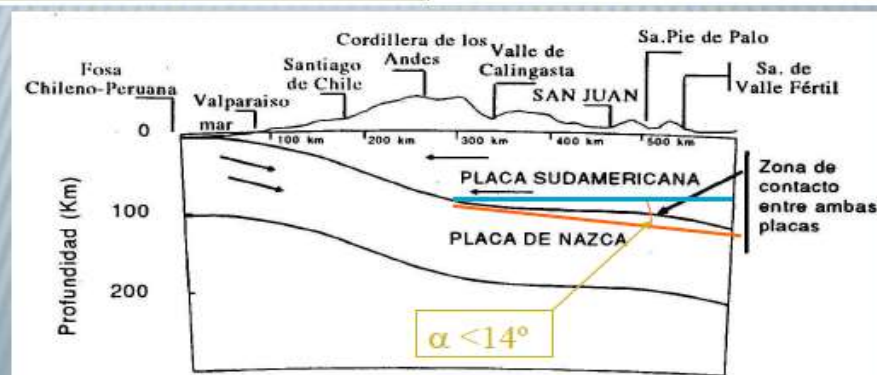
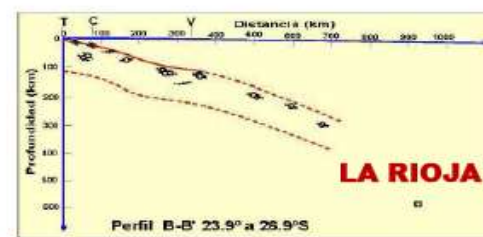
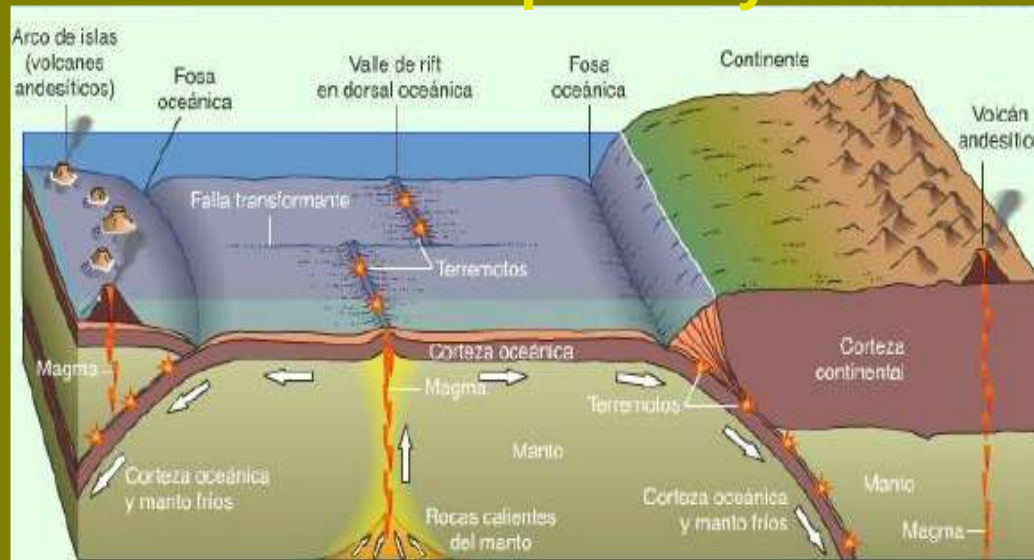
# SISMOLOGÍA

## Tectónica de placas y fallas



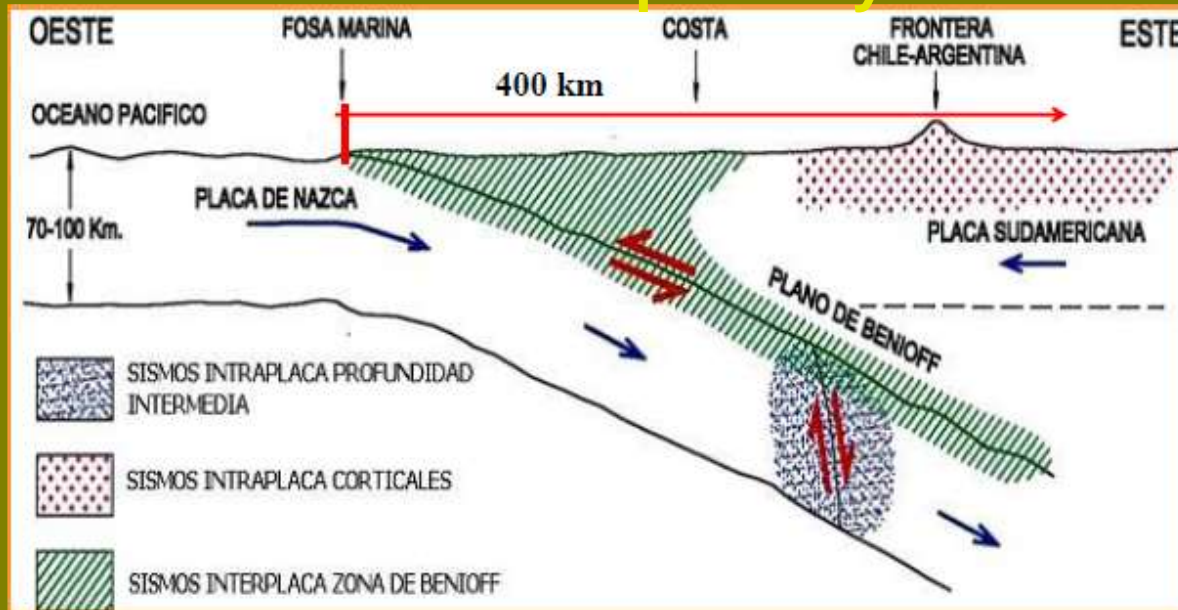
# SISMOLOGÍA

## Tectónica de placas y fallas

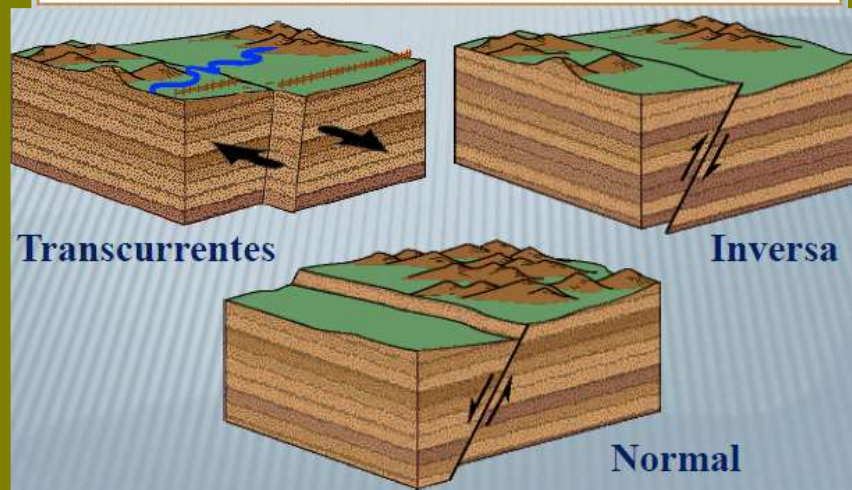


# SISMOLOGÍA

## Tectónica de placas y fallas



Las fallas geológicas son las principales fuentes de la actividad sísmica intraplaca cortical

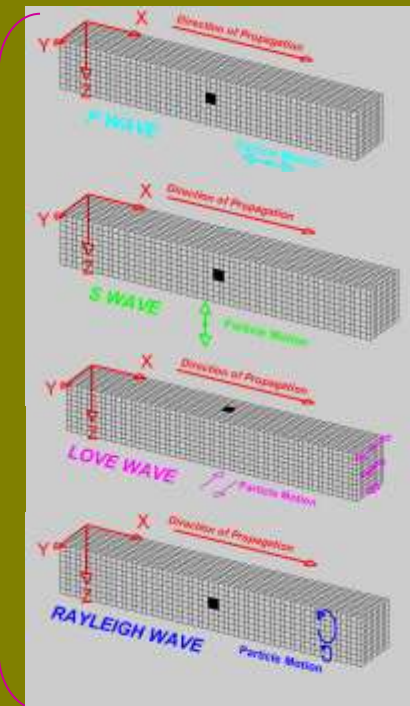


# ESTRATEGIAS DE DISEÑO SISMORRESISTENTE

Terremoto entrega → **Energía** al Edificio

¿¿Qué hacemos??

- ¿Cómo se **comporta** el edificio?.
- ¿Puede resistir **elásticamente** un terremoto?
- ¿Qué hacemos con **¡tanta!** energía?



## ESTRATEGIAS DE DISEÑO

• Energía **“Ingresa”** a la Estructura:

1. Resistir con la estructura
2. Disipar con la estructura
3. Disipar con dispositivos

→ Respuesta **Elástica**

→ Respuesta **Inelástica**

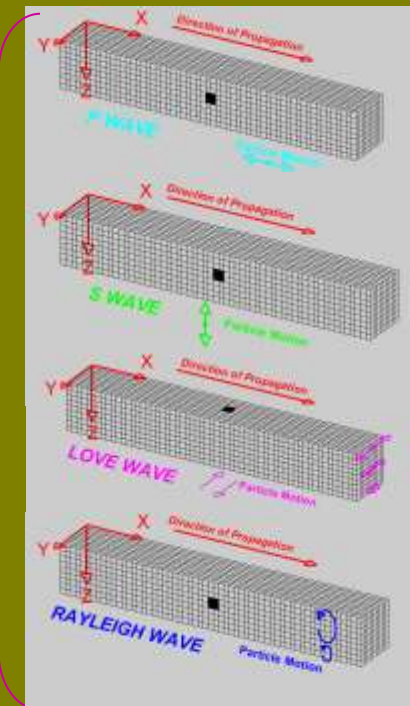
→ Aumentar **Amortiguamiento**

# ESTRATEGIAS DE DISEÑO SISMORRESISTENTE

Terremoto entrega → **Energía** al Edificio

¿¿Qué hacemos??

- ¿Cómo se **comporta** el edificio?.
- ¿Puede resistir **elásticamente** un terremoto?
- ¿Qué hacemos con **¡tanta!** energía?



## ESTRATEGIAS DE DISEÑO

• Energía **“Ingresa”** a la Estructura:

1. Resistir con la estructura
2. Disipar con la estructura
3. Disipar con dispositivos

→ Respuesta **Elástica**

→ Respuesta **Inelástica**

→ Aumentar **Amortiguamiento**

• Energía **“No Ingresa”** a la Estructura: → **Aislamiento** Sísmico





# LAS BUENAS NOTICIAS !!!



- Puedo diseñar la estructura para una acción mucho menor que la de Respuesta Elástica.

Por ejemplo 5 veces menos  $\rightarrow V = 5000/5 = 1000 \text{ t}$

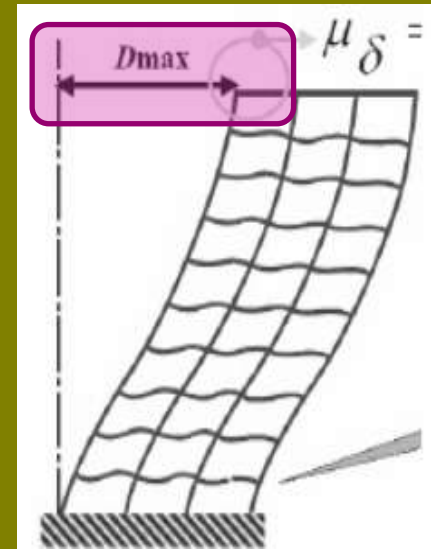
- Deberá soportar varios **ciclos** de carga (ida y vuelta)
- Deberá ser capaz de deformar 5 o 6 veces más allá de la deformación de **fluencia**
- No deberá perder resistencia. **Evitar** el colapso
- Puede quedar totalmente **dañado**, incluso para demolerse
- **Objetivo** primario: minimizar pérdida de vidas

**NECESITA DETALLES Y  
CONSTRUCCIÓN ADECUADOS**



# ☹️ LAS MALAS NOTICIAS !!! ☹️

- La Fuerza Sísmica **Real** será mayor que la de cálculo
  - **(Espectro Elástico Reducido)**
- La Estructura sufrirá grandes desplazamientos por deformaciones **inelásticas**
  - **(Disipación de Energía)**
- Habrá **daño** estructural y no estructural



## “NUEVAS” OBLIGACIONES DEL DISEÑADOR

→ **CONTROL DEL DAÑO** ←

1. **PROYECTO**  
Deformación

→ Regularidad. Detallado. Control

2. **CONSTRUCCIÓN** → Dirección Técnica. Control Ejecución

Las acciones sísmicas de diseño, procedimientos de análisis estructural, requisitos de resistencia, rigidez y estabilidad, disposiciones constructivas y previsiones generales se establecen con el propósito principal de evitar colapso total o parcial de la construcción y pérdidas de vida. No se establece como objetivo limitar los daños ni mantener las funciones de las construcciones luego de la ocurrencia de un terremoto.



**FIN**

**CONFIGURACION Y DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS**

Ing E. Daniel Quiroga

# REACCIÓN DEL EDIFICIO

- Configuración
- Movimiento del suelo

## •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## •Amortiguamiento

- No vibra libremente → Equilibrio
- Crítico → Evita la oscilación
- Depende de:
  - Conexiones
  - Material
  - E.N.Est.
  - Comportamiento no lineal

## •Ductilidad

- Material, Seccional, Global → Gráficos
- Recurrencia Acción Sísmica: probabilidad
- Espectros Elásticos e Inelásticos



# REACCIÓN DEL EDIFICIO

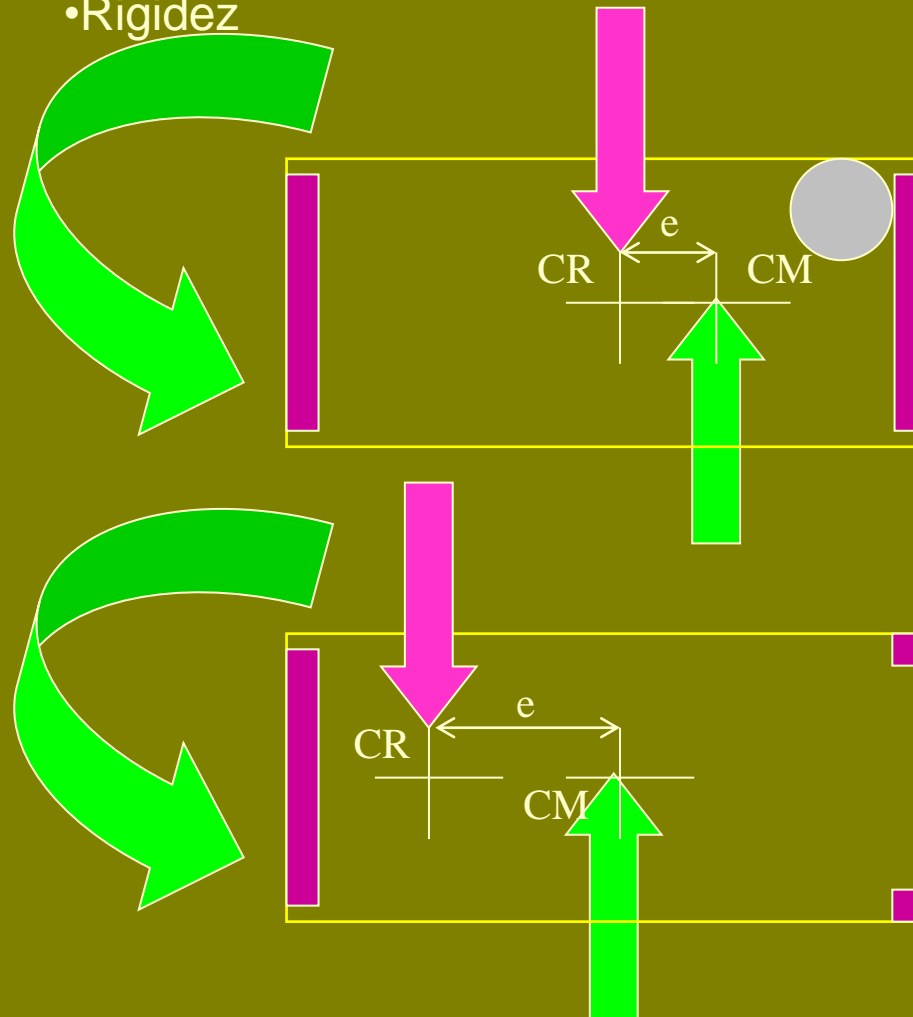
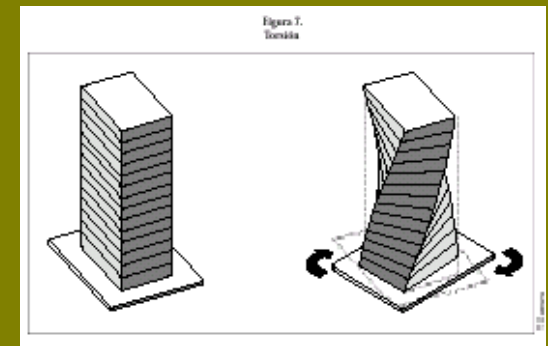
- Configuración
- Movimiento del suelo

## • Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## • Torsión

- Masa
- Rigidez



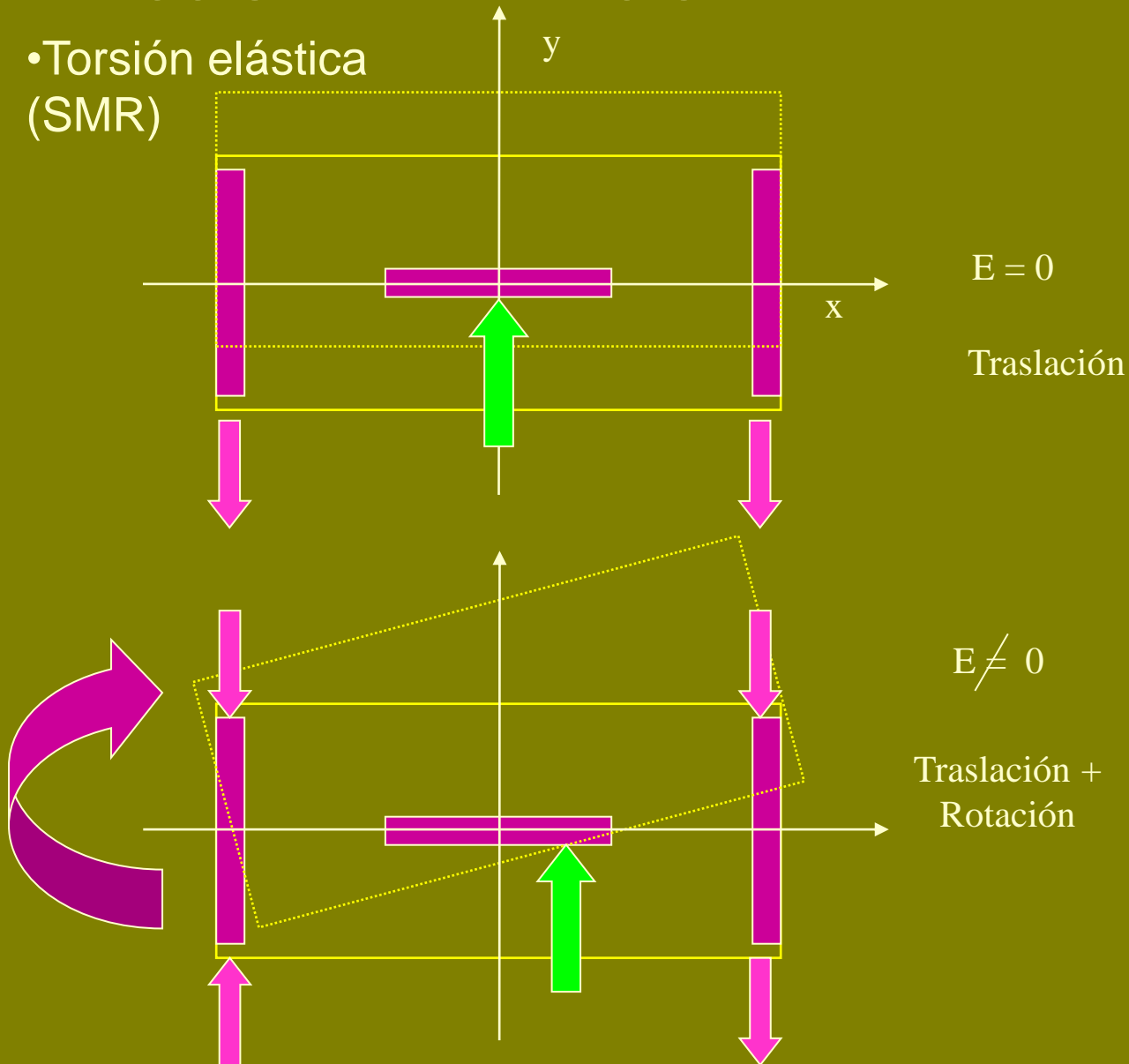
# REACCIÓN DEL EDIFICIO

## •Torsión elástica (SMR)

- Configuración
- Movimiento del suelo

### •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia



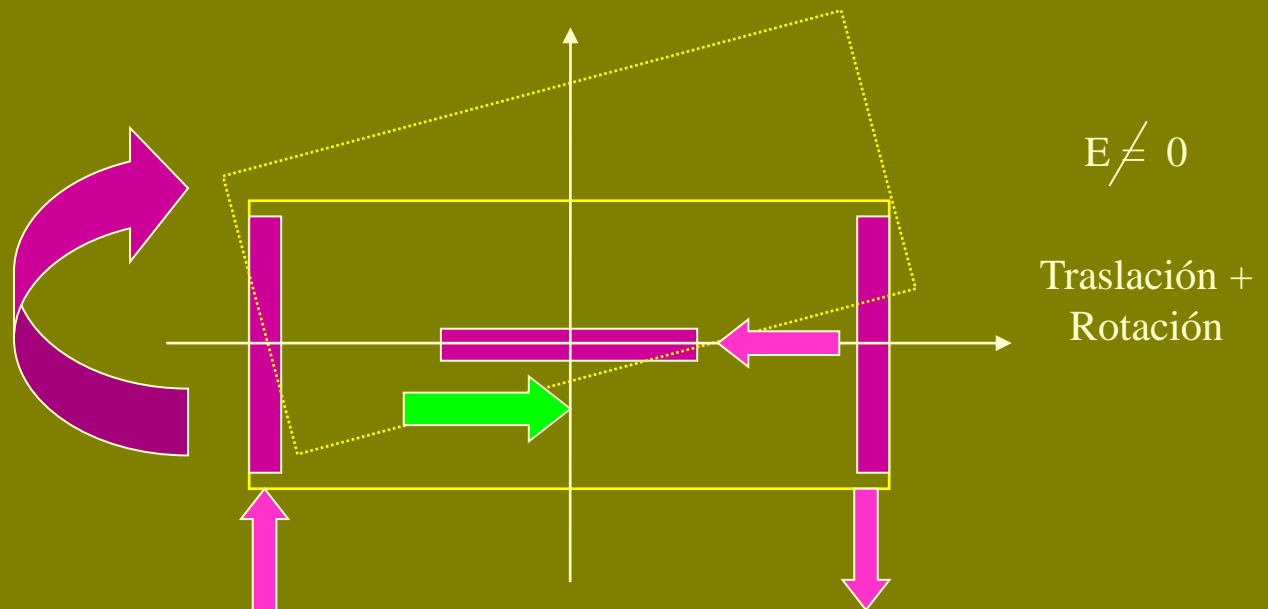
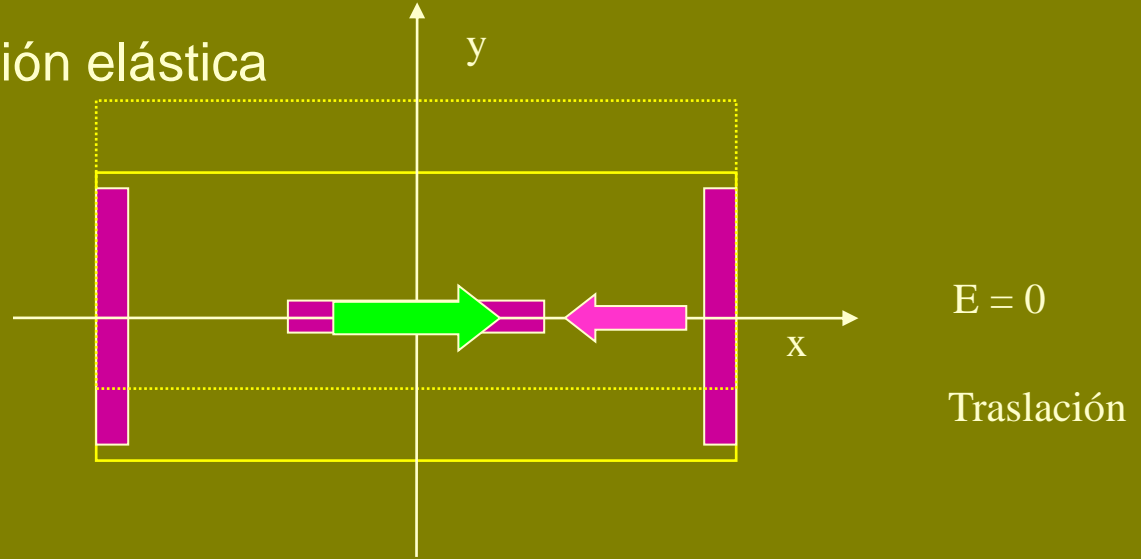
# REACCIÓN DEL EDIFICIO

## •Torsión elástica

- Configuración
- Movimiento del suelo

### •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia



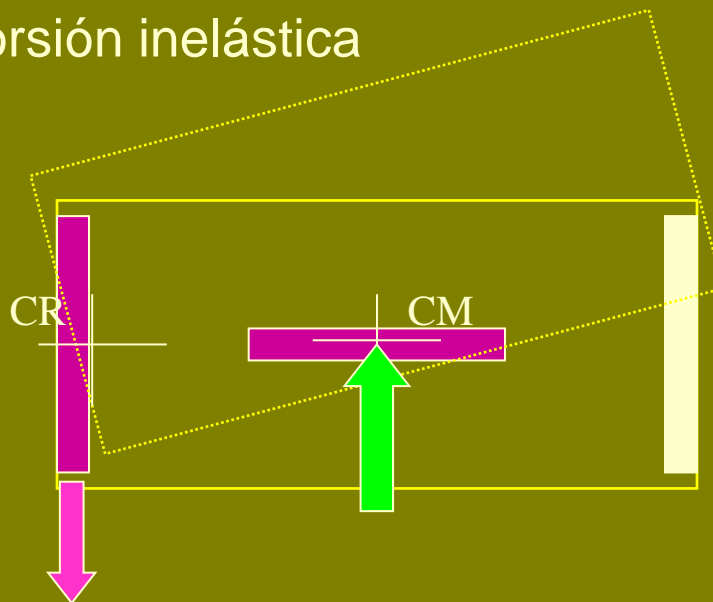
# REACCIÓN DEL EDIFICIO

## •Torsión inelástica

- Configuración
- Movimiento del suelo

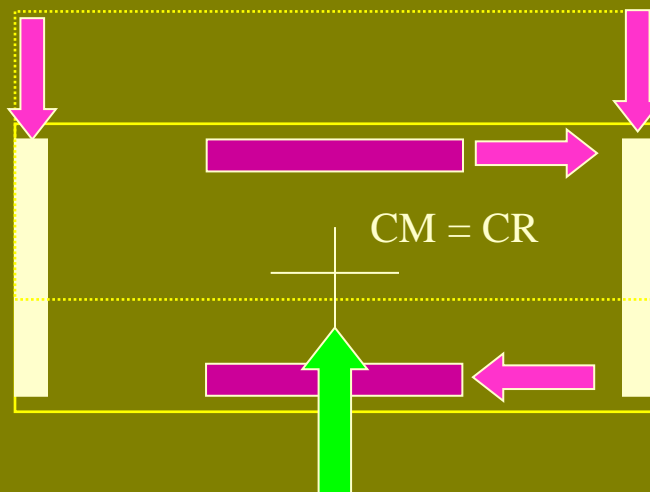
### •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia



Sistema  
Torsionalmente  
Libre

**Ductilidad  
restringida**



Sistema  
Torsionalmente  
Restringido

**Ductilidad Total**



# REACCIÓN DEL EDIFICIO

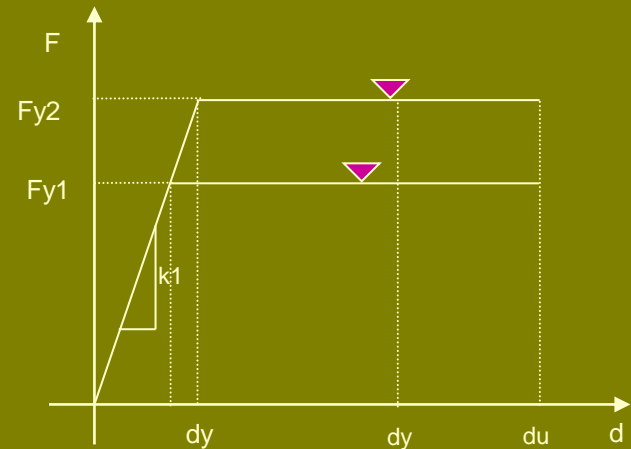
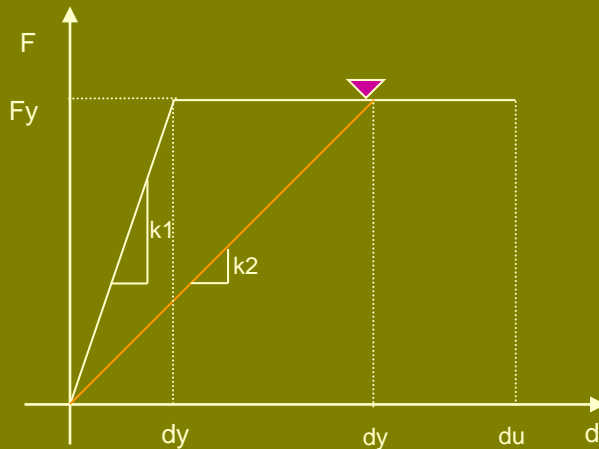
## Resistencia y Rigidez

- Resistencia → Control de Esfuerzos
- Rigidez → Control de deformaciones
- Vertical y Horizontal

- Configuración
- Movimiento del suelo

### • Reacción del Edificio

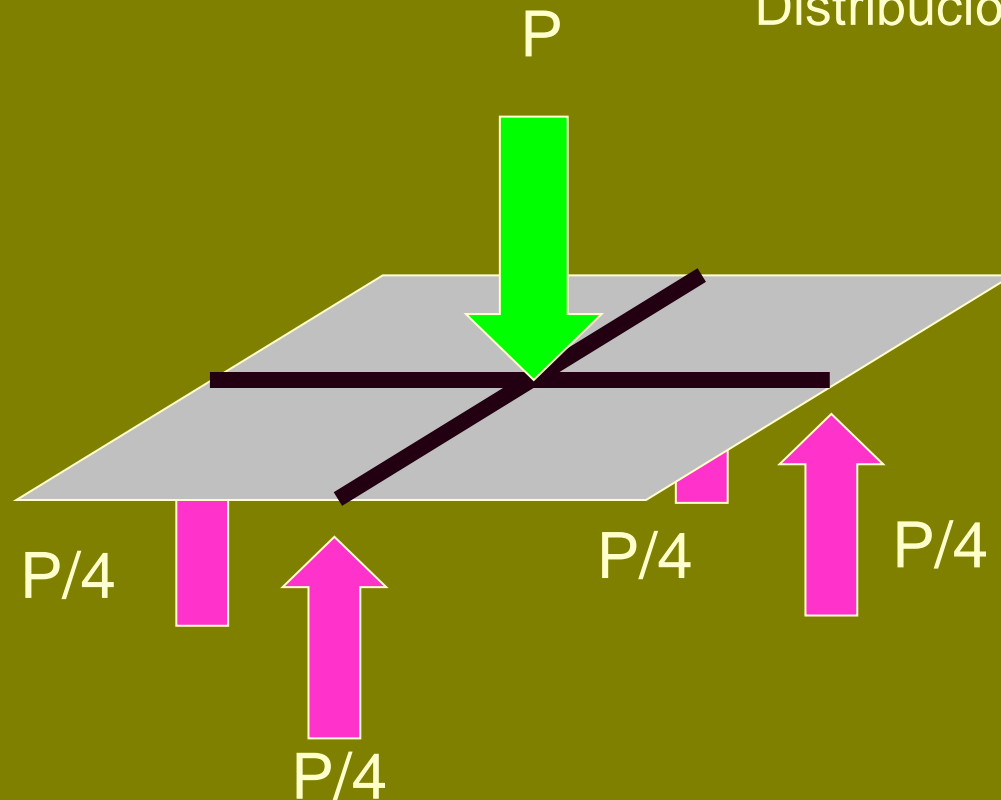
- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia



# REACCIÓN DEL EDIFICIO

## Resistencia y Rigidez

Distribución de Esfuerzos



- Configuración
- Movimiento del suelo

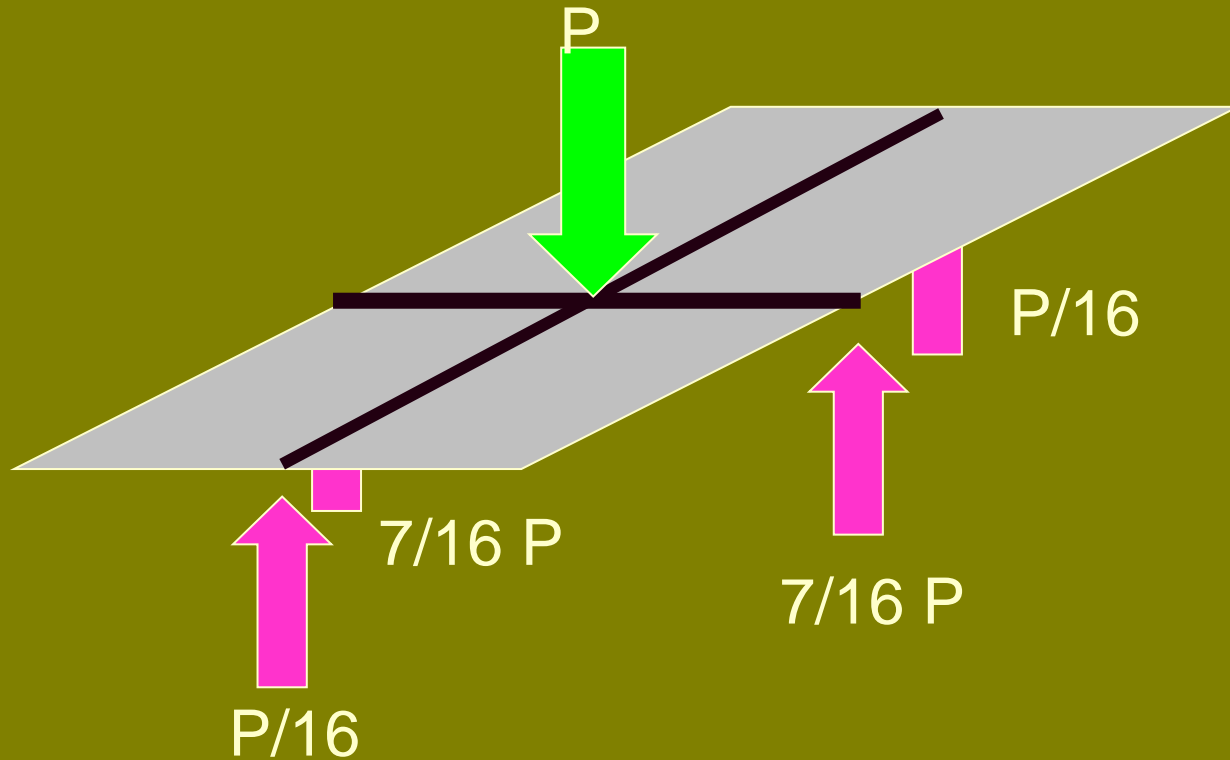
### •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

# REACCIÓN DEL EDIFICIO

## Resistencia y Rigidez

### Distribución de Esfuerzos



- Configuración
- Movimiento del suelo

### •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

# REACCIÓN DEL EDIFICIO

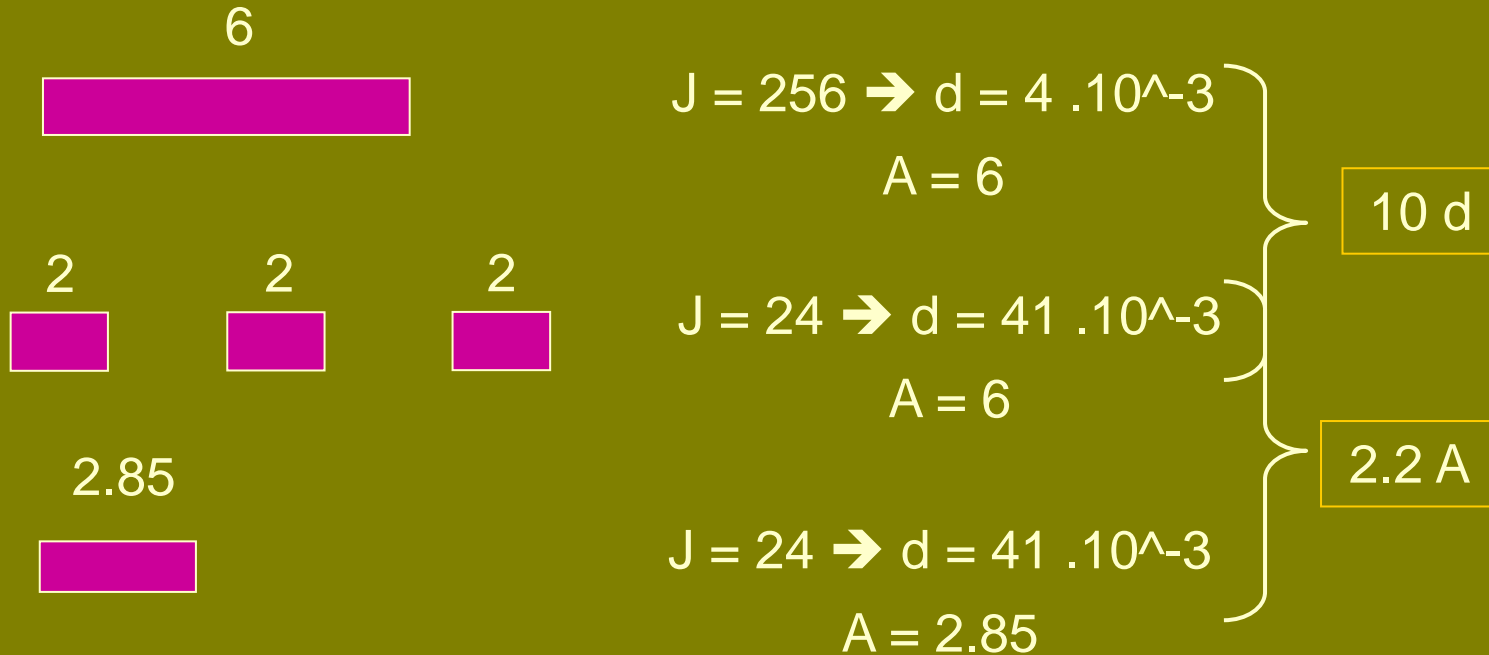
- Configuración
- Movimiento del suelo

## •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## Resistencia y Rigidez

- Concentración vs Dispersión



- Redundancia Estructural: Líneas resistentes = Líneas de defensa

# REACCIÓN DEL EDIFICIO

- Configuración
- Movimiento del suelo

## •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## Sistemas Resistentes



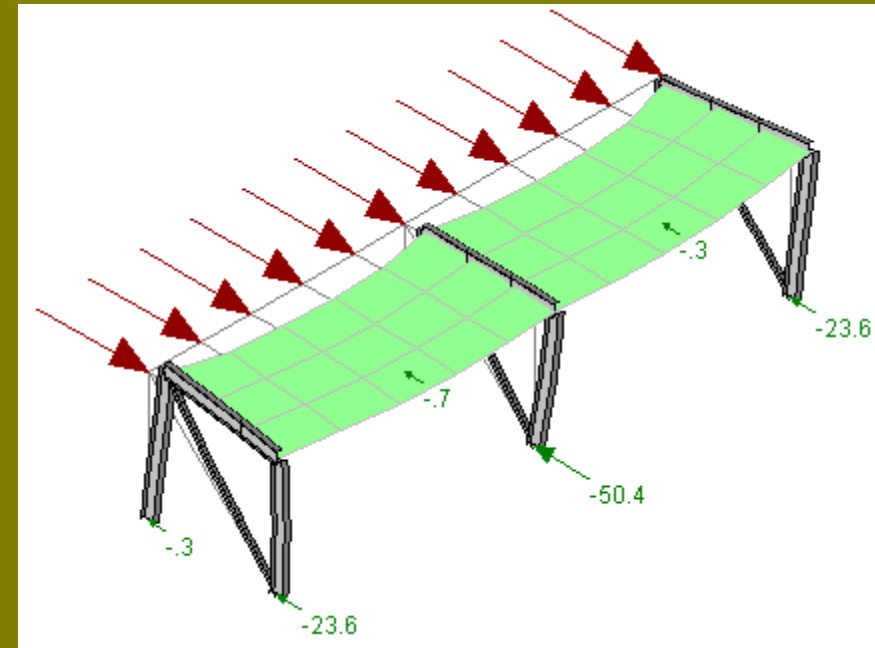
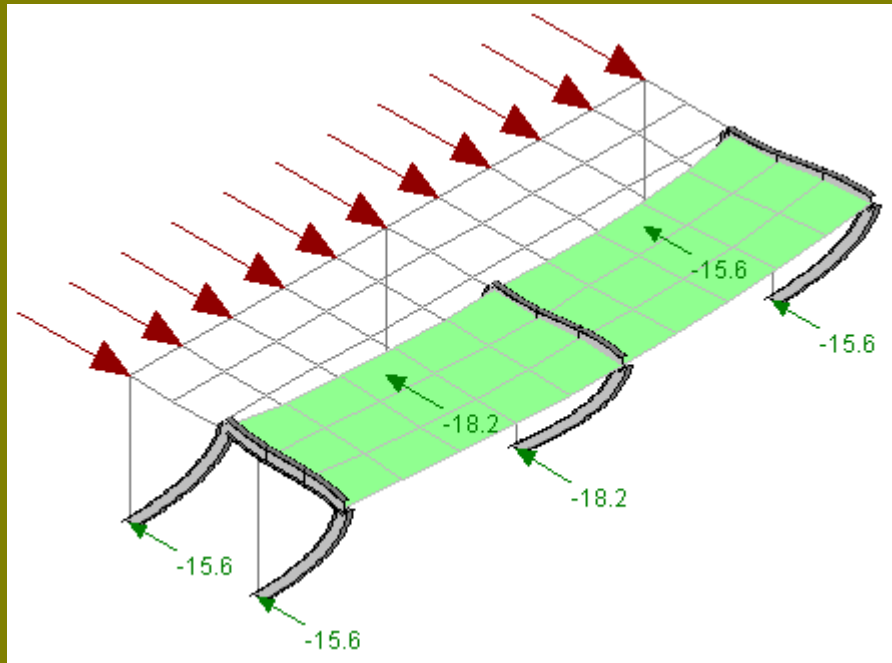
# REACCIÓN DEL EDIFICIO

## • Tabiques vs Pórticos

- Configuración
- Movimiento del suelo

### • Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia



# REACCIÓN DEL EDIFICIO

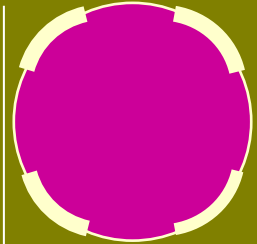
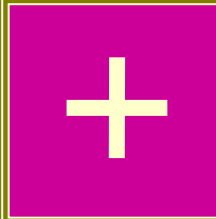
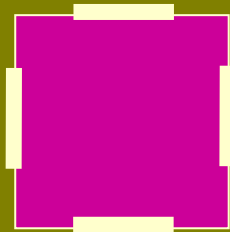
## •Tabiques y Triangulaciones: Disposición en planta

- Configuración
- Movimiento del suelo

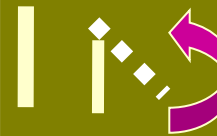
### •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

Trasl. X



Trasl. Y



Torsión



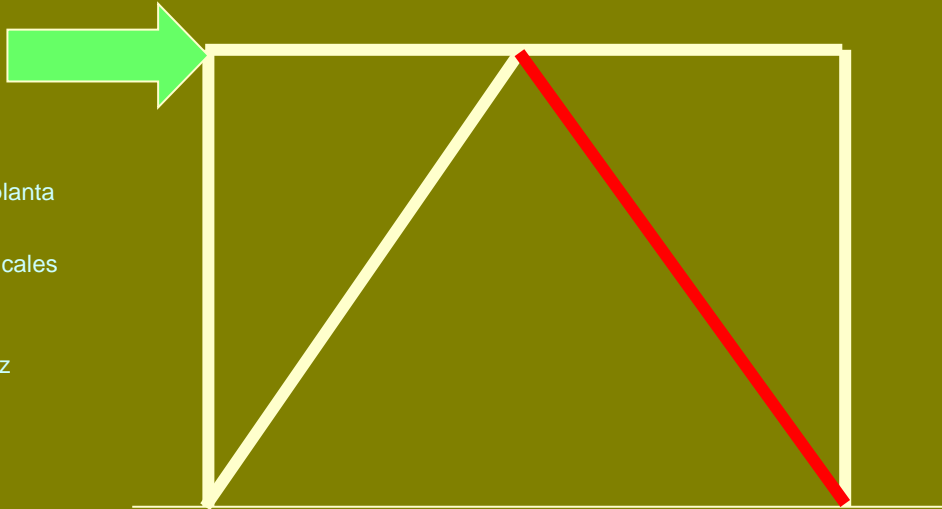
# REACCIÓN DEL EDIFICIO

## •Triangulaciones

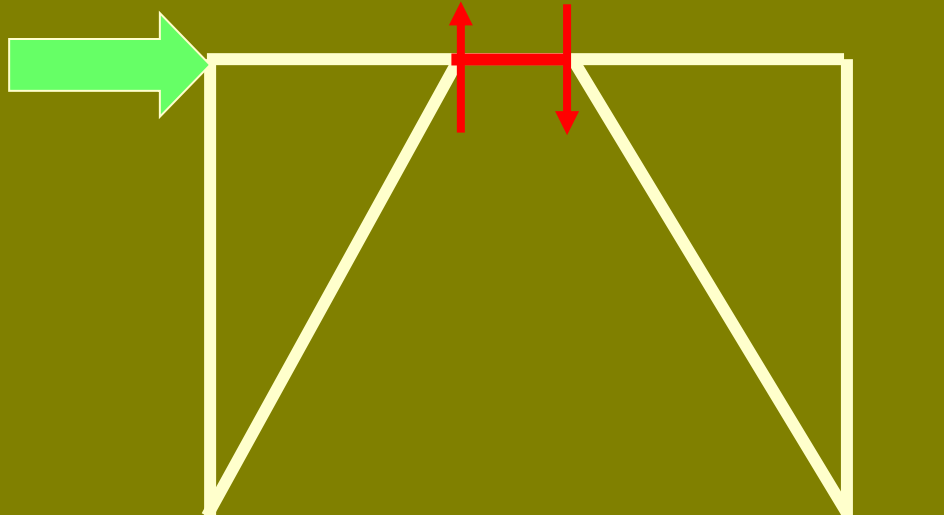
- Configuración
- Movimiento del suelo

### •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia



Centrada  
M de P: Compresión  
→ Baja Ductilidad



Excéntrica  
M de P: Flexión  
→ Alta Ductilidad



# REACCIÓN DEL EDIFICIO

## •Triangulaciones

- Configuración
- Movimiento del suelo

### •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia



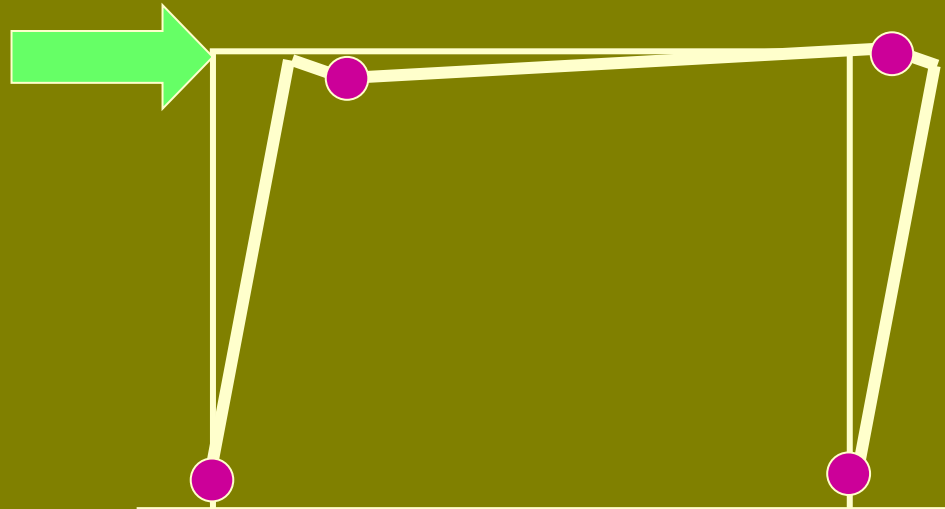
# REACCIÓN DEL EDIFICIO

## •Pórticos

- Configuración
- Movimiento del suelo

### •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia



M de P: Flexión + Corte

→ Alta Ductilidad

→ Rótulas en vigas

•Incertidumbre en la formación de “todas” las rótulas

•Detallado

•Más deformables

# REACCIÓN DEL EDIFICIO

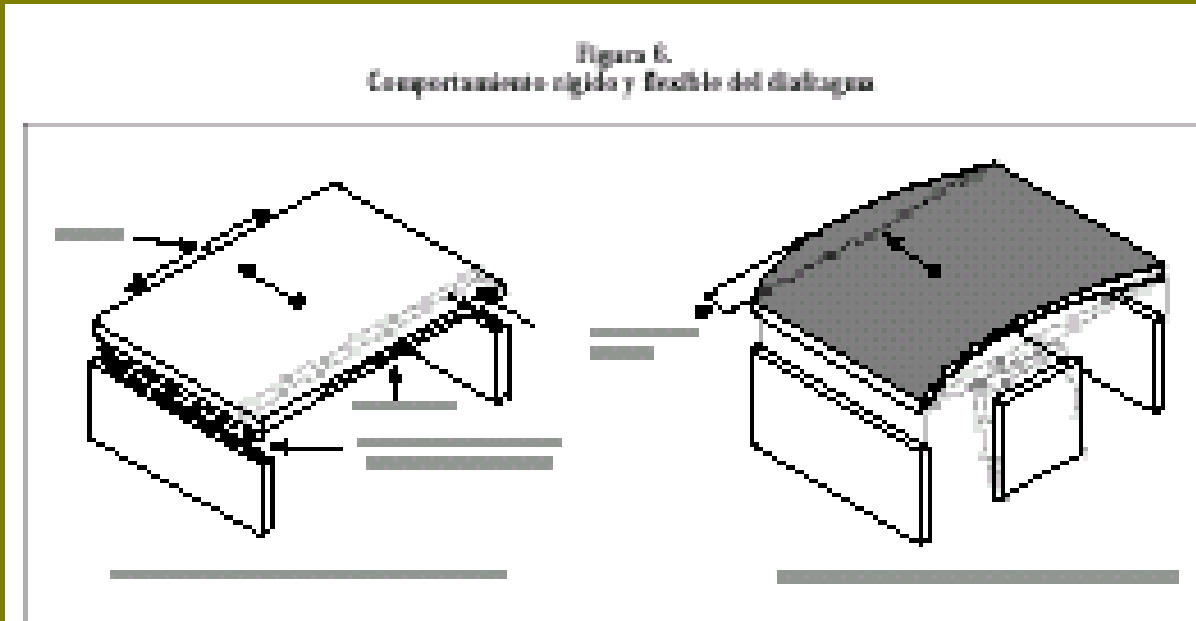
- Configuración
- Movimiento del suelo

## •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## •Diafragmas

Figura 6.  
Comportamiento rígido y flexible del diafragma



Rígido

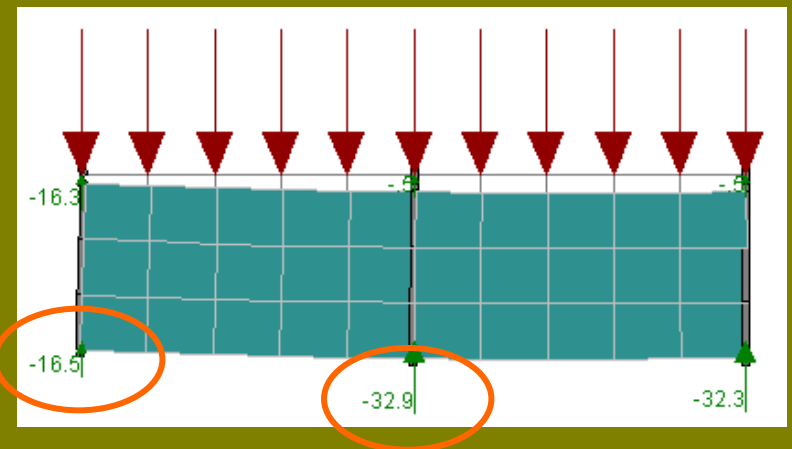
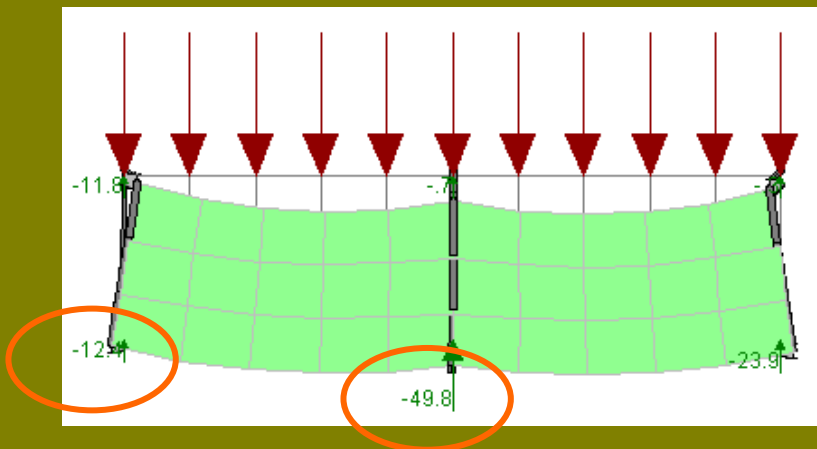
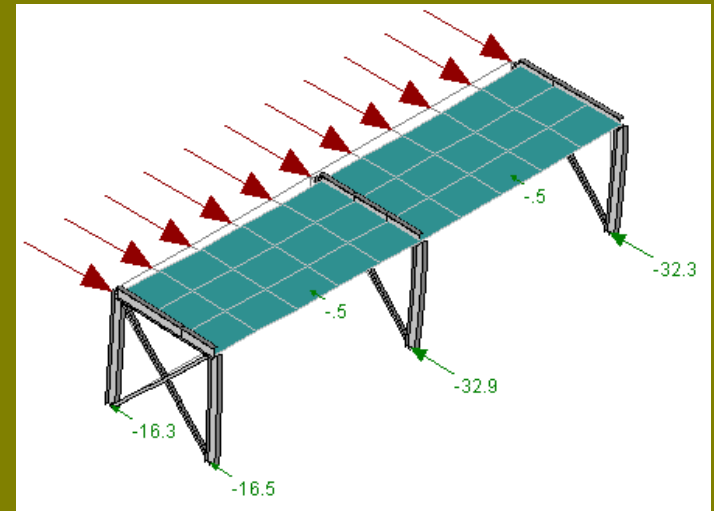
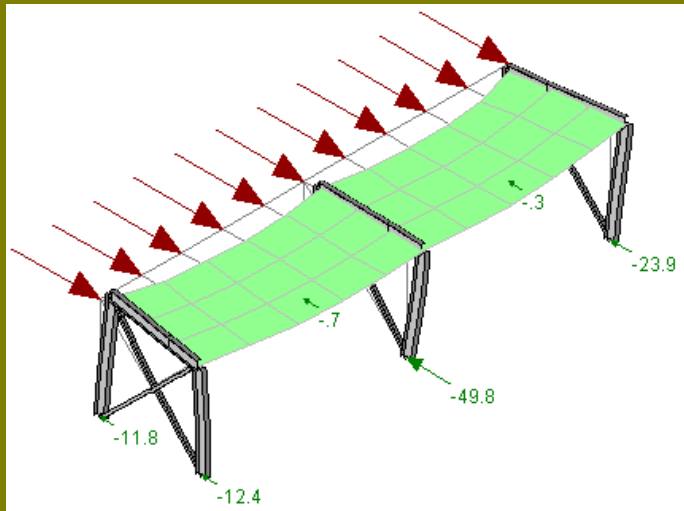
Flexible

# REACCIÓN DEL EDIFICIO

- Configuración
- Movimiento del suelo
- **Reacción del Edificio**

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## • Diafragmas



# REACCIÓN DEL EDIFICIO

- Configuración
- Movimiento del suelo

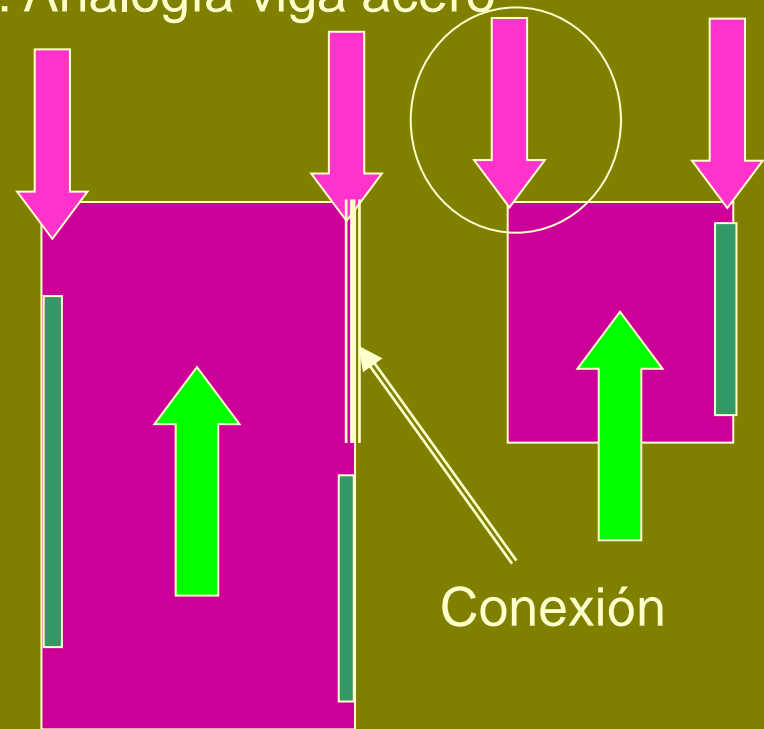
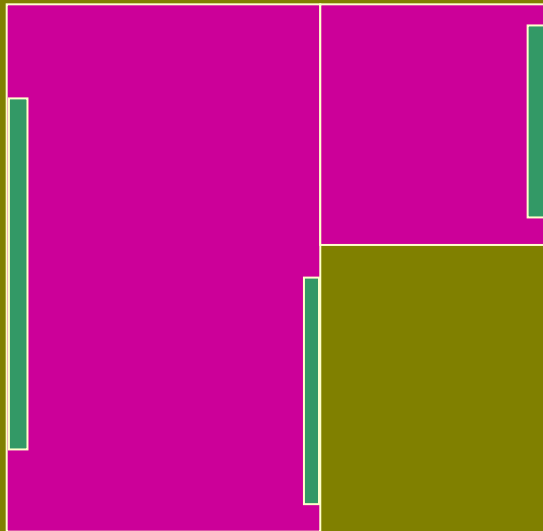
## •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## •Diafragmas

## •Formas irregulares: Transmisión de esfuerzos

## •Agujeros en losas: Analogía viga acero



# REACCIÓN DEL EDIFICIO

## Elementos No Estructurales

- Participación “involuntaria” en el sistema estructural
- Terremoto → Laboratorio natural
- Modificación propiedades dinámicas
- Integrados vs aislados
- Importancia en la configuración

- Configuración
- Movimiento del suelo

### • Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia



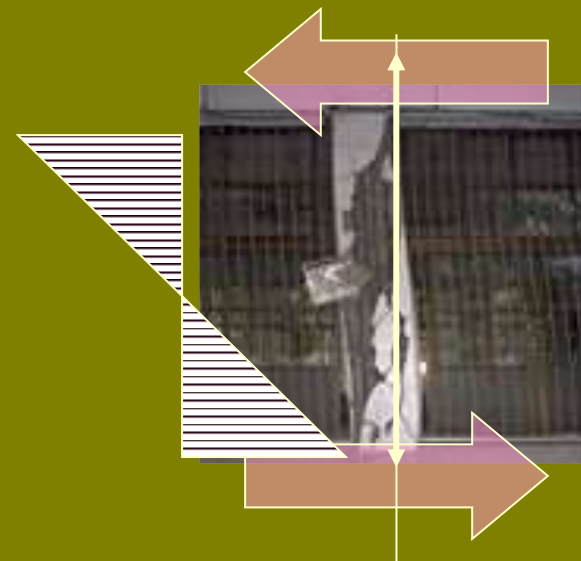
# REACCIÓN DEL EDIFICIO

## •Elementos no Estructurales

- Configuración
- Movimiento del suelo

### •Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia



# INFLUENCIA DE LA CONFIGURACIÓN

## •Configuración

- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio

## •Influencia de la configuración

- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

- Escala
- Altura
- Tamaño Horizontal
- Proporción
- Simetría
- Distribución y Concentración
- Densidad en planta
- Esquinas
- Resistencia Perimetral
- Redundancia



# IRREGULARIDADES SIGNIFICATIVAS

## •Configuración

- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio
- Influencia de la configuración

## •Irregularidades significativas

- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

## •Variaciones de Resistencia y Rigidez perimetrales

## •Nucleo

## •Falsa simetría



Figura 6.  
Torsión por muros excéntricos

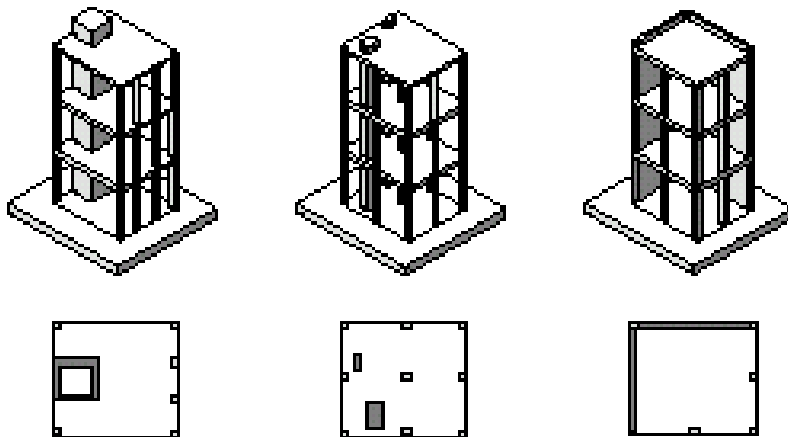
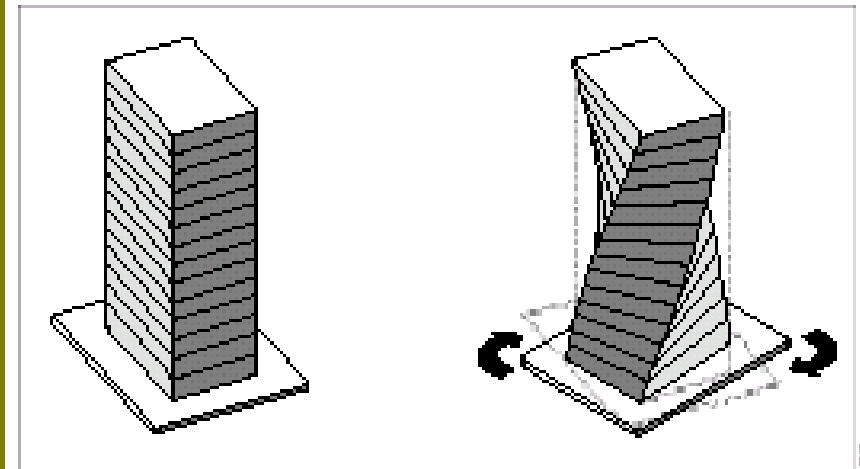


Figura 7.  
Torsión



# IRREGULARIDADES SIGNIFICATIVAS

## •Configuración

- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio
- Influencia de la configuración

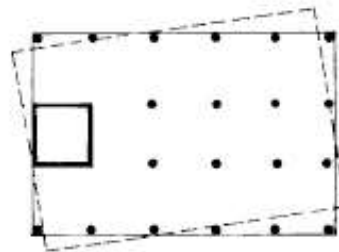
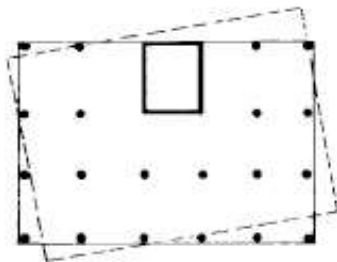
## •Irregularidades significativas

- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidad (escalonado)
- Discontinuidad de Resistencia
- Colindancia

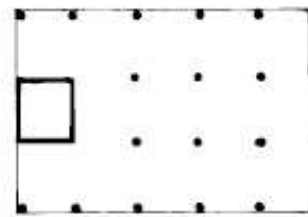
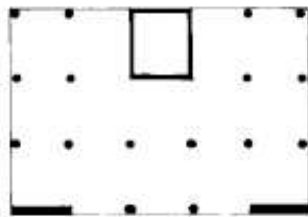
•Variaciones de Resistencia y Rigidez perimetrales

•Nucleo

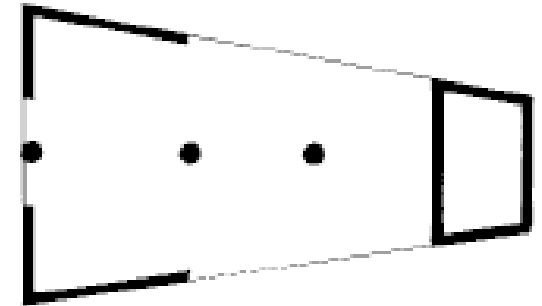
•Falsa simetría



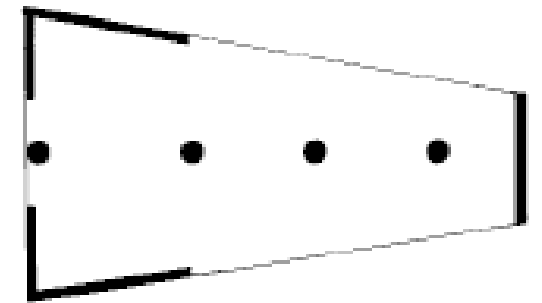
a) Torsion d'axe vertical due à l'excentrement de cages d'escalier rigides



b) Compensation de l'excentrement des cages d'escalier rigides



différence de rigidité de forme compensée



différence de rigidité de forme non compensée

# IRREGULARIDADES SIGNIFICATIVAS

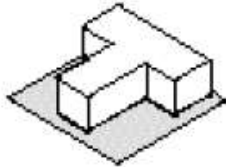
- Configuración
- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio
- Influencia de la configuración

## •Irregularidades significativas

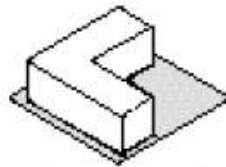
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

### Irregularidades en estructuras

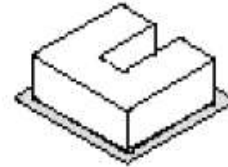
#### A. Edificios con configuración irregular



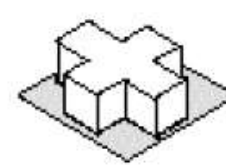
Planta en forma de T



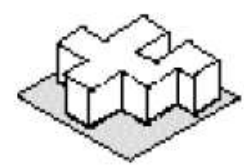
Planta en forma de L



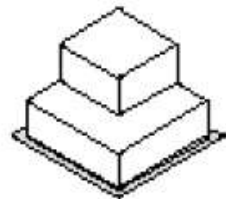
Planta en forma de U



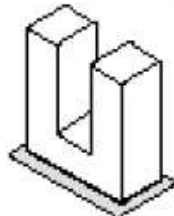
Planta en forma de cruz



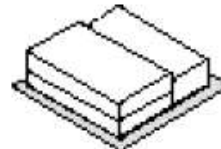
Otras formas complejas



Escalonamientos



Con torres múltiples



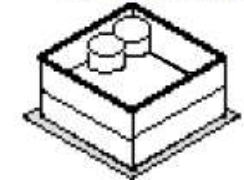
Niveles subdivididos



Planta baja inusualmente alta

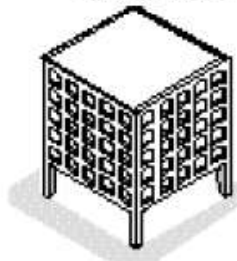


Piso inusualmente bajo

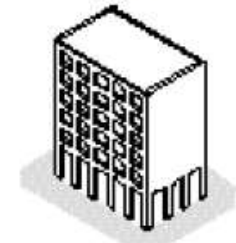


Apariencia exterior uniforme, pero con distribución de masa no uniforme, o viceversa

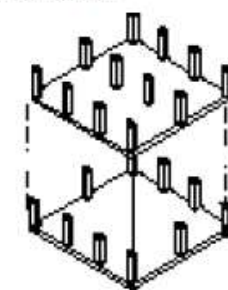
#### B. Edificios con cambios abruptos en su resistencia lateral



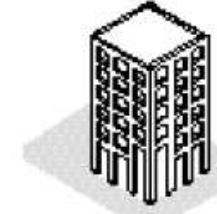
Niveles inferiores débiles



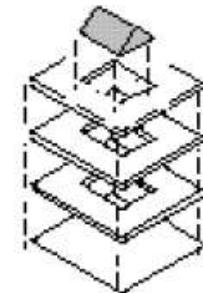
Grandes aberturas en los muros resistentes al esfuerzo cortante



Con columnas interrumpidas



Con vigas interrumpidas



Aberturas en diafragmas

# IRREGULARIDADES SIGNIFICATIVAS

- Configuración

- Movimiento del suelo

- Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración

- Irregularidades significativas

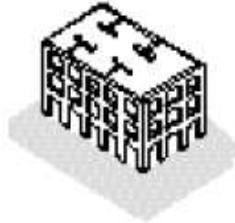
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)

- Irregularidades verticales (escalonados)

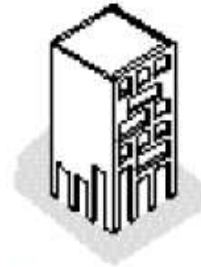
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez

- Colindancia

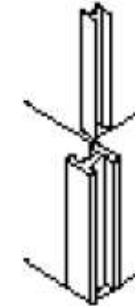
## C. Edificios con cambios abruptos en su rigidez lateral



Muros resistentes al cortante en algunos pisos, marcos resistentes al momento en otros



Interrupción de elementos verticales resistentes



Cambios abruptos en el tamaño de los miembros

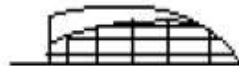


Cambios drásticos en la relación masa/rigidez

## D. Aspectos estructurales inusuales o novedosos



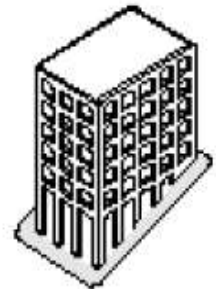
Estructuras soportadas por cables



Cascarones



Armaduras alternadas



Edificios sobre laderas de colinas

# IRREGULARIDADES EN PLANTA

- Configuración

- Movimiento del suelo

- Reacción del Edificio

- Influencia de la configuración

- Irregularidades significativas

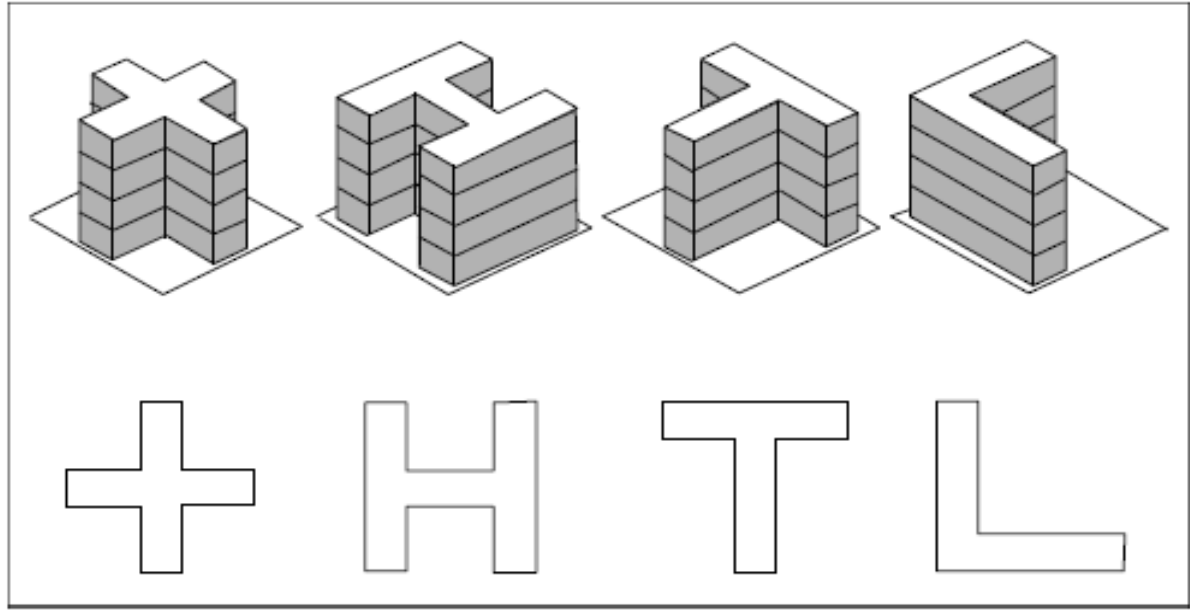
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)

- Irregularidades verticales (escalonados)

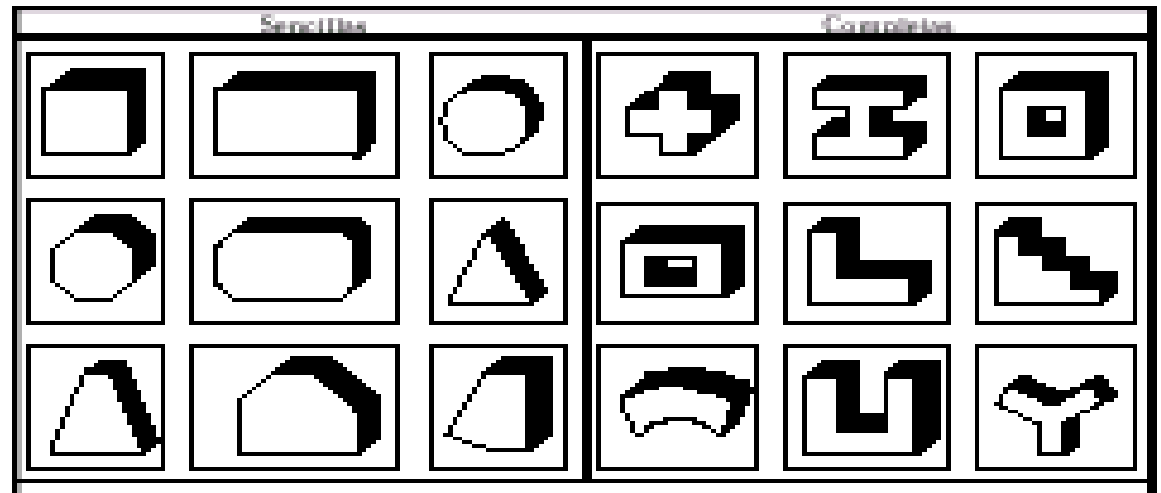
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez

- Colindancia

Figura 21  
Formas de la planta



Plantas



Fotografía 7. Hospital de Calkas en Colombia

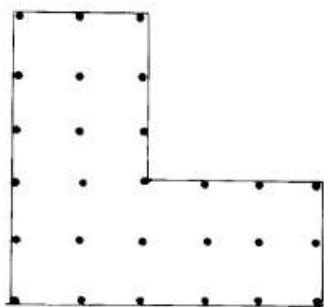
# IRREGULARIDADES EN PLANTA

## •Configuración

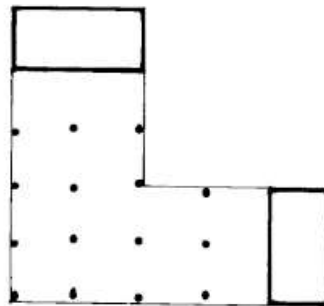
- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio
- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas

## •Irregularidades en planta (esquinas interiores)

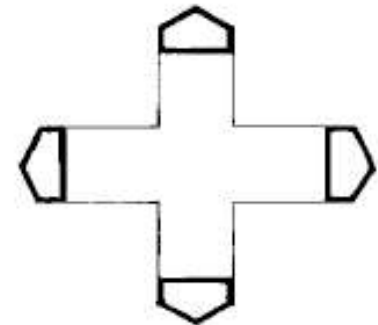
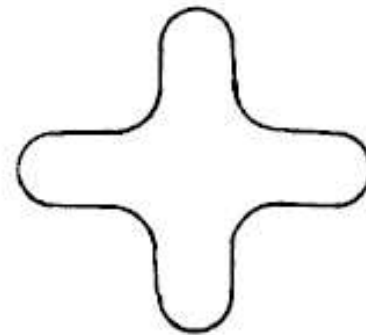
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia



avant compensation

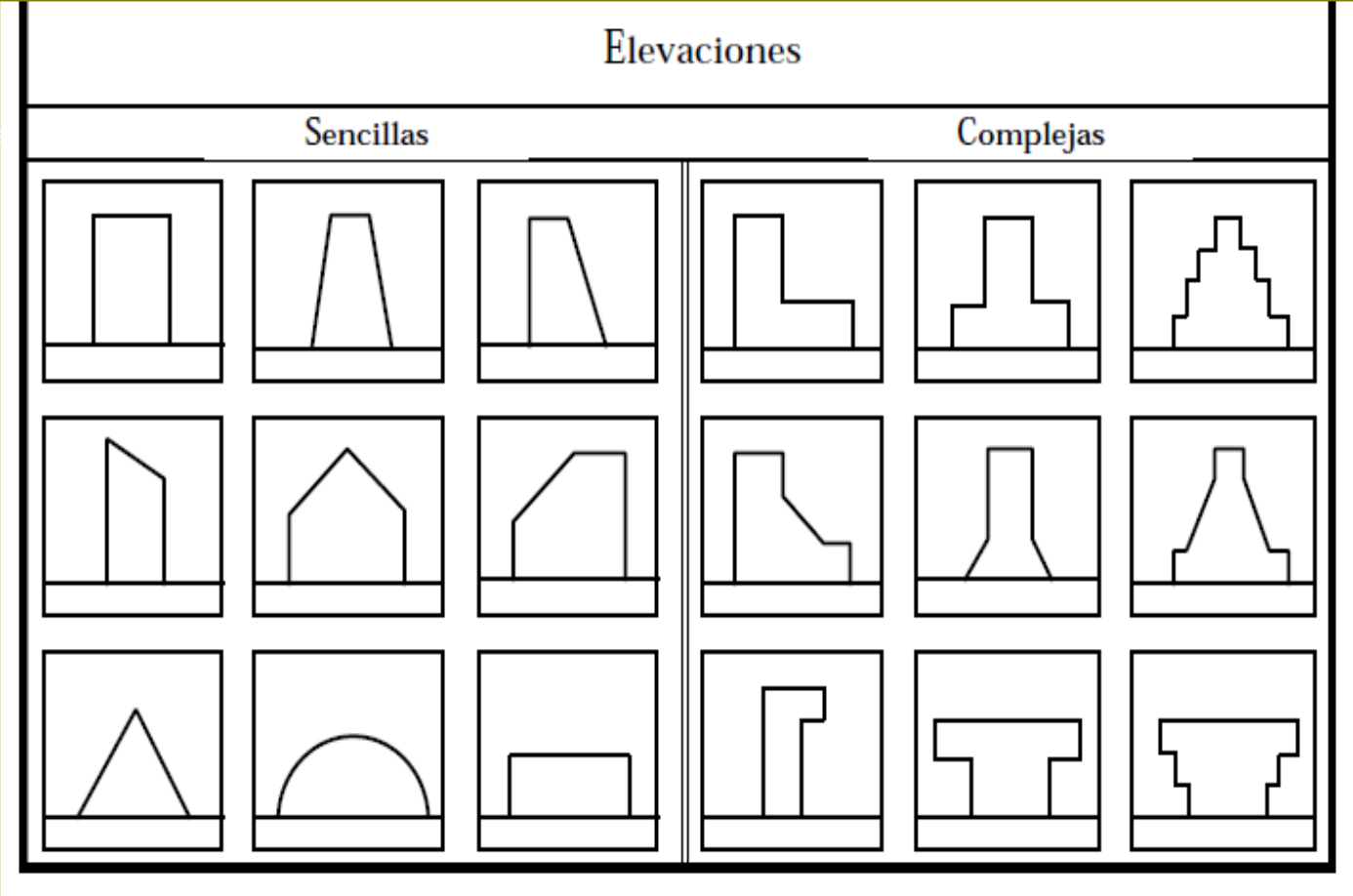


après compensation



# IRREGULARIDADES VERTICALES

- Configuración
- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio
- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia



# IRREGULARIDADES VERTICALES

## •Configuración

- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio
- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)

## •Irregularidades verticales (escalonados)

- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia

Figura 3.  
Formas irregulares en altura

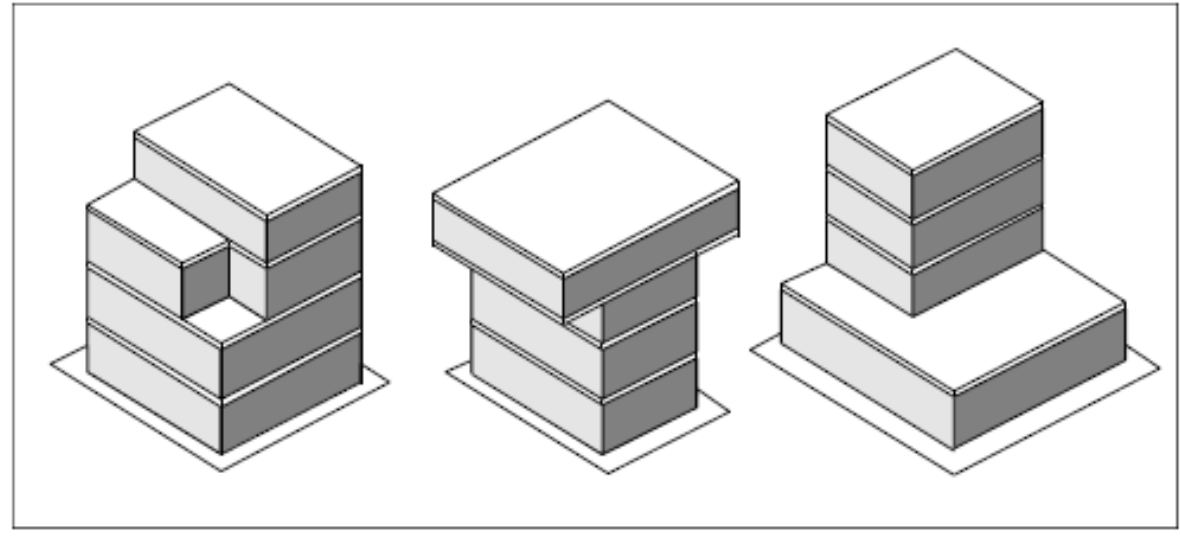
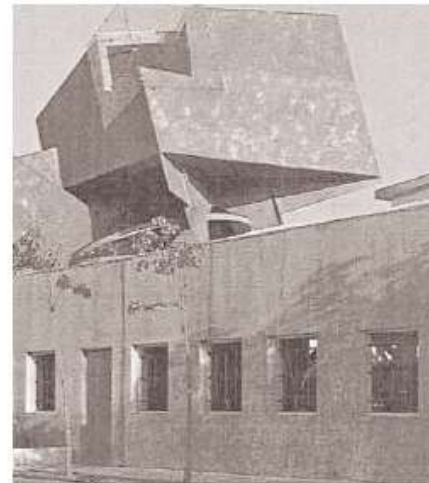


Fig. 2.65. - Ouvrages sur le toit d'immeubles : configurations à éviter.





# IRREGULARIDADES VERTICALES

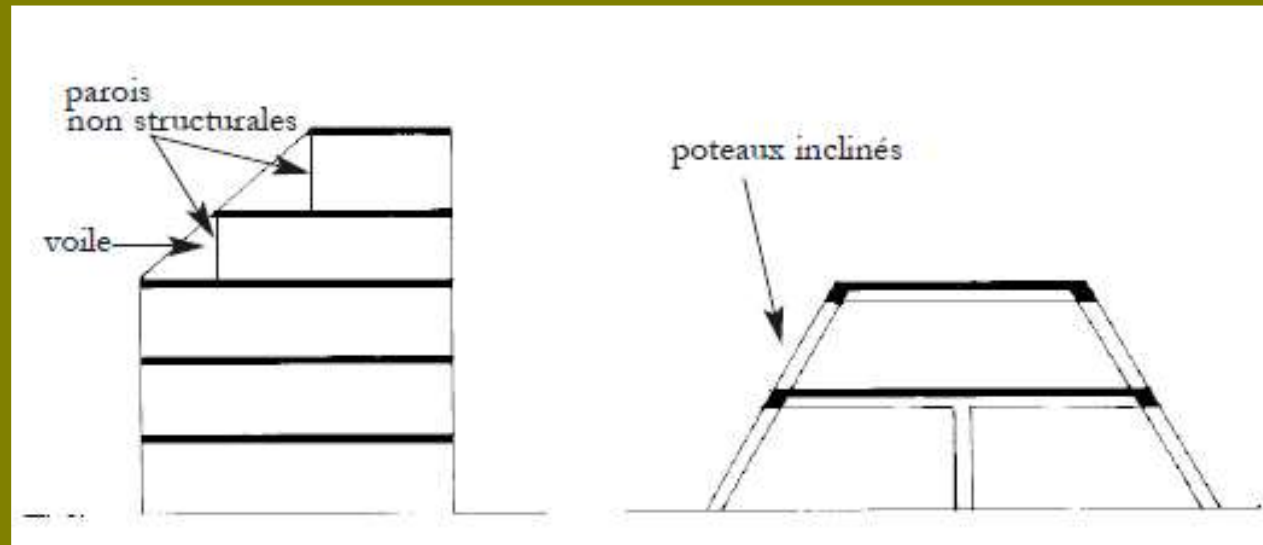
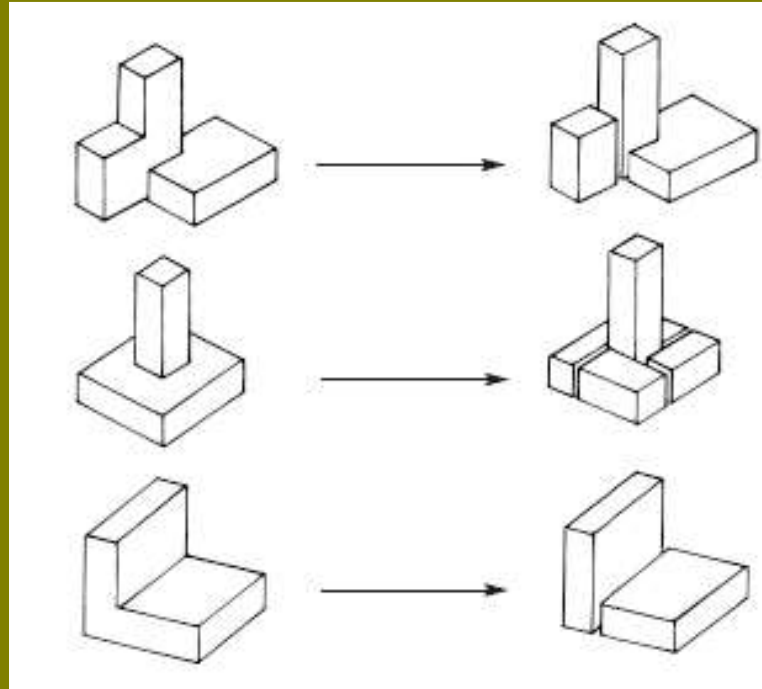
## •Configuración

- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio
- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas

- Irregularidades en planta (esquinas interiores)

## •Irregularidades verticales (escalonados)

- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez
- Colindancia



# DISCONTINUIDADES: RESISTENCIA Y RIGIDEZ

## •Configuración

•Movimiento del suelo

•Reacción del Edificio

•Influencia de la configuración

•Irregularidades significativas Irregularidades en planta (esquinas interiores)

•Irregularidades verticales (escalonados)

## •Discontinuidad de Resistencia y Rigidez

•Colindancia

•Definición

•Piso Débil

•Tabiques discontinuos

•Rigidez de columnas

•Columna Débil-Viga Fuerte

•Interacción Pórtico-Tabique

•Modificaciones No Estructurales

# DISCONTINUIDADES: RESISTENCIA Y RIGIDEZ

## •Configuración

•Movimiento del suelo

•Reacción del Edificio

•Influencia de la configuración

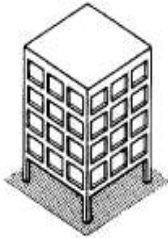
•Irregularidades significativas Irregularidad en planta (esquinas interiores)

•Irregularidades verticales (escalonados)

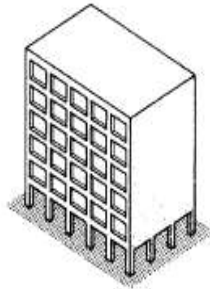
## •Discontinuidad de Resistencia y Rigidez

•Colindancia

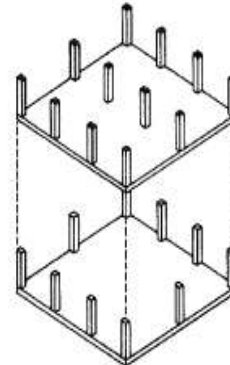
### B. BUILDINGS WITH ABRUPT CHANGES IN LATERAL RESISTANCE



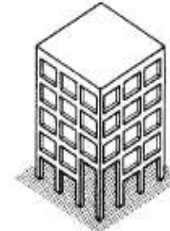
"Soft" lower levels



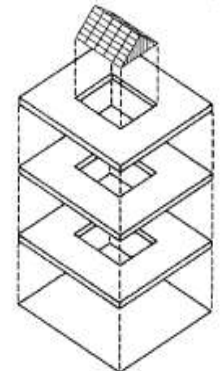
Large openings in shear walls



Interruption of columns

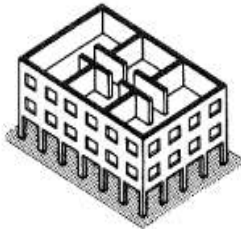


Interruption of beams

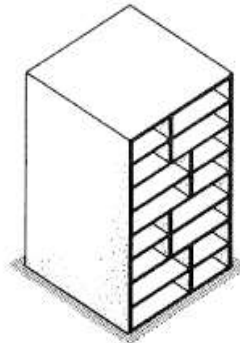


Openings in diaphragms

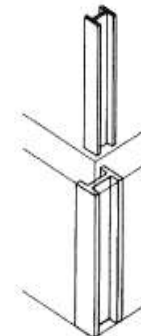
### C. BUILDINGS WITH ABRUPT CHANGES IN LATERAL STIFFNESS



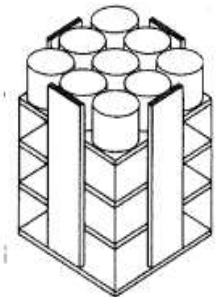
Shear walls in some stories, moment-resisting frames in others



Interruption of vertical-resisting elements



Abrupt changes in size of members



Drastic changes in mass/stiffness ratio

# •Piso Débil

## •Configuración

- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio
- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)



## •Discontinuidad de Resistencia y Rigidez

- Colindancia



# •Piso Débil

## •Configuración

•Movimiento del suelo

•Reacción del Edificio

•Influencia de la configuración

•Irregularidades significativas Irregularidades en planta (esquinas interiores)

•Irregularidades verticales (escalonados)

## •Discontinuidad de Resistencia y Rigidez

•Colindancia



# •Piso Débil

## •Configuración

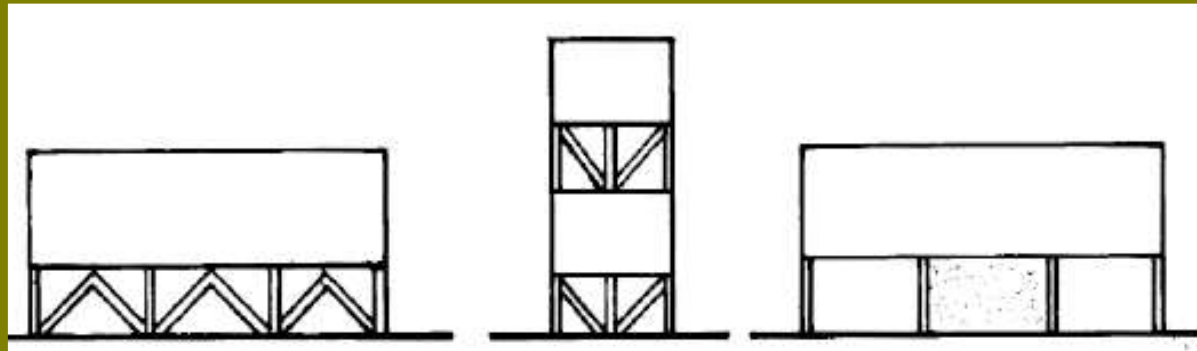
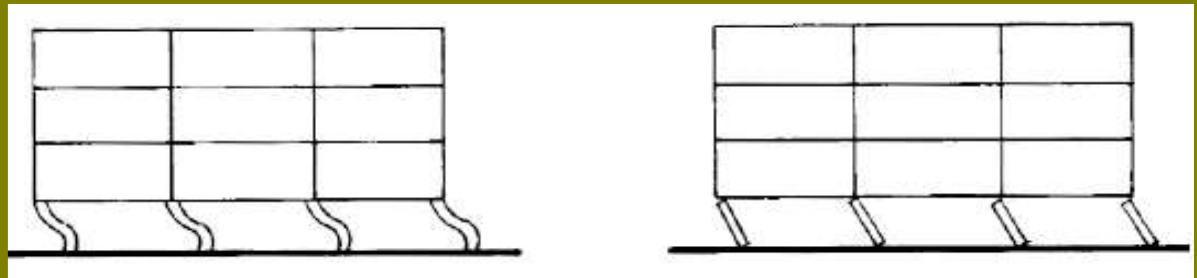
- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio
- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)

## •Discontinuidad de Resistencia y Rigidez

- Colindancia



Fotografía 9. Falla en planta baja por piso suave



# •Tabiques Discontinuos

## •Configuración

•Movimiento del suelo

•Reacción del Edificio

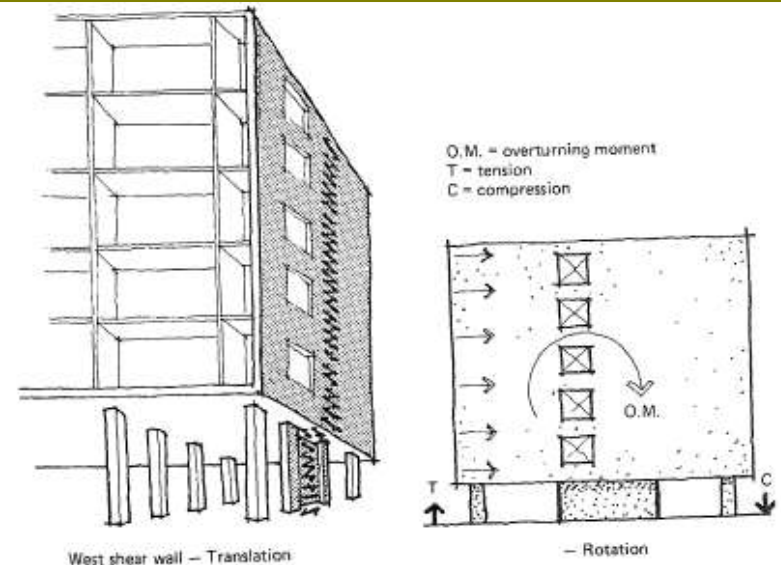
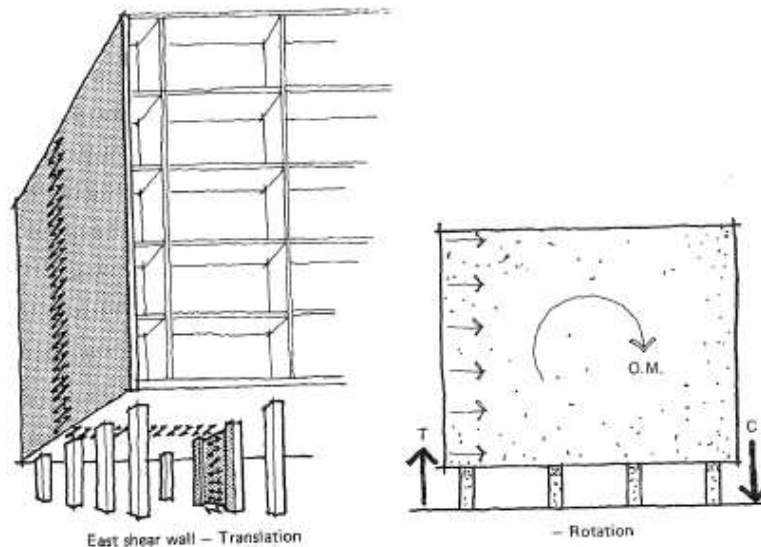
•Influencia de la configuración

•Irregularidades significativas Irregularidades en planta (esquinas interiores)

•Irregularidades verticales (escalonados)

## •Discontinuidad de Resistencia y Rigidez

•Colindancia

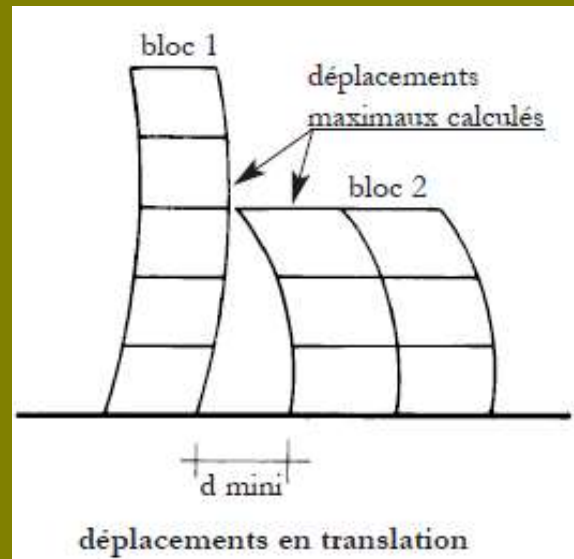


# COLINDANCIA

## •Configuración

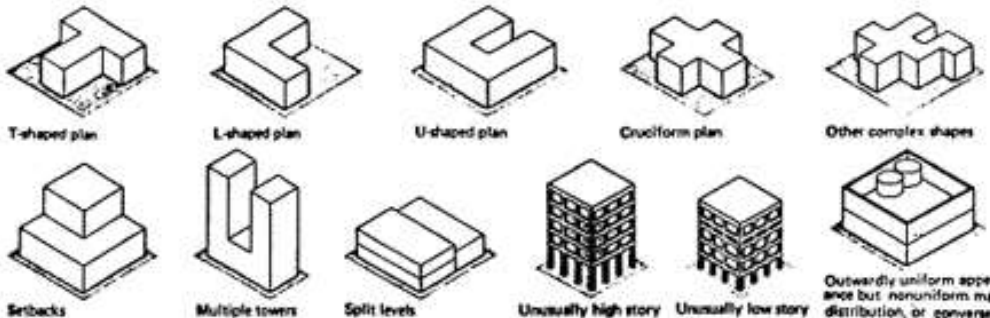
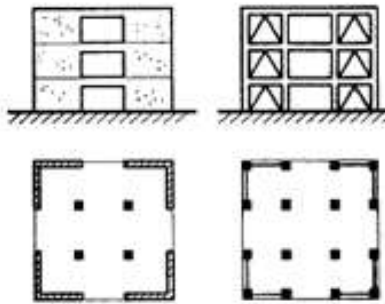
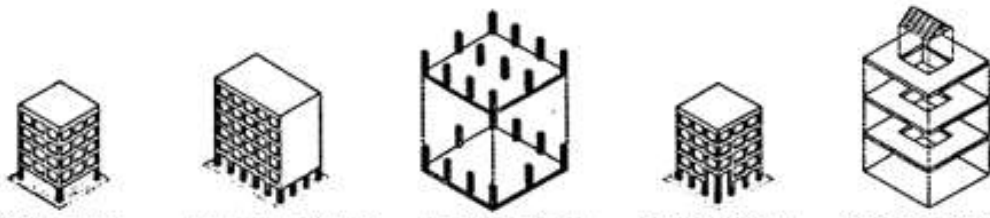
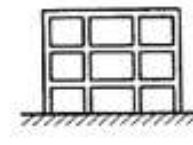
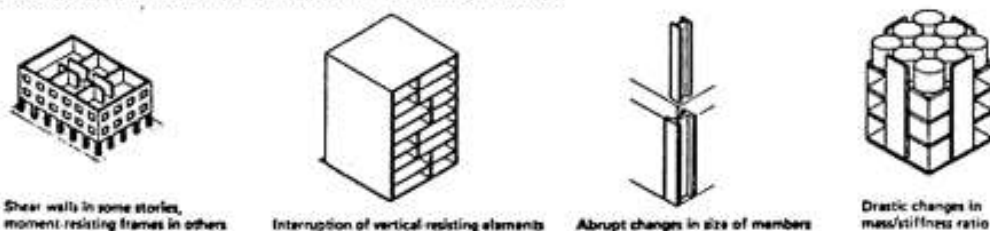
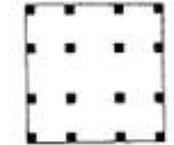
- Movimiento del suelo
- Reacción del Edificio
- Influencia de la configuración
- Irregularidades significativas
- Irregularidades en planta (esquinas interiores)
- Irregularidades verticales (escalonados)
- Discontinuidad de Resistencia y Rigidez

## •Colindancia





# CONFIGURACIONES REGULARES

IRREGULAR CONFIGURATIONS	REGULAR CONFIGURATIONS
<p><b>A. BUILDINGS WITH IRREGULAR CONFIGURATION</b></p>  <p>T-shaped plan      L-shaped plan      U-shaped plan      Cruciform plan      Other complex shapes</p> <p>Setbacks      Multiple towers      Split levels      Unusually high story      Unusually low story      Outwardly uniform appearance but nonuniform mass distribution, or converse</p>	 <p><b>SHEAR WALLS</b>      <b>BRACED FRAMES</b></p>
<p><b>B. BUILDINGS WITH ABRUPT CHANGES IN LATERAL RESISTANCE</b></p>  <p>"Soft" lower levels      Large openings in shear walls      Interruption of columns      Interruption of beams      Openings in diaphragms</p>	 <p><b>MOMENT RESISTANT FRAMES</b></p>
<p><b>C. BUILDINGS WITH ABRUPT CHANGES IN LATERAL STIFFNESS</b></p>  <p>Shear walls in some stories, moment-resisting frames in others      Interruption of vertical resisting elements      Abrupt changes in size of members      Drastic changes in mass/stiffness ratio</p>	 <p><b>MOMENT RESISTANT FRAMES</b></p>

# CONFIGURACIONES Y DISEÑO SÍSMICO

## CONCLUSIONES

- Cargas **desconocidas** (inciertas)
- Poca información sobre **propiedades** materiales
- Comportamiento estructural → Cargas últimas, no de servicio
- Fuerzas de Diseño → **Fracción** de las esperadas en el Terremoto
- Esfuerzos en la Estructura **mayores** que los de código
- **Disipación** de energía: N° rótulas para **Mecanismo** de Plastificación

# CONFIGURACIONES Y DISEÑO SÍSMICO

## CONCLUSIONES

- Comprender **comportamiento** (Reacción del Edificio)
- Combinar variables de diseño
- Definir **Mecanismo** de Plastificación
- Evitar Mecanismos de Piso (**Piso Débil** o Flexible)
- Incertidumbre acciones → **Diseño por capacidad** →  
Garantiza comportamiento dúctil
- Sistemas **Torsionalmente Restringidos** → Garantiza  
desarrollo de ductilidad prevista
- Diseños **sencillos**

# BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

1. Arnold, C; Reitherman. “Configuración y Diseño Sísmico de Edificios”. Limusa
2. Bonelli, P. “Apuntes de Diseño Sismorresistente”. U.T.Fco Santa María
3. Beles, A; Ifrim, M; García Yagüe, A. “Elementos de Ingeniería Sísmica”. Omega
4. Bolt, B. “Terremotos”. Reverté
5. Bozzo, L; Barbat, A. “Diseño Sismorresistente de Edificios”. Reverté
6. Constanttinou, M; Soong, T; Dargush, G. “Passive Energy Dissipation System for Structural Design and Retrofit. MCEER
7. Engel, H. “Sistemas de Estructuras”. Blume
8. Naeim, F . “ The Seismic Design Handbook”. Van Nostrand Reinhold
9. Paulay, T; Priestley, N. “Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings”. Wiley Interscience.
10. Quiroga, D. “Diseño Estructural”. Apuntes. F. Ingeniería. U.N.C.
11. Reboredo, A. “El Mecanismo de Colapso”. Apuntes. F. Ingeniería. U.N.C.
12. Zacek, M. “Conception Parasismique des Batiments” Mayo 2004.

- Las fotos han sido tomadas de [1], [3] con el objeto de ilustrar esta presentación de carácter académica



**FIN**

**CONFIGURACION Y DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS**

Ing E. Daniel Quiroga

# EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN SÍSMICA

SE DEFINEN DOS TIPOS DE **MÉTODOS** DE EVALUACIÓN SEGÚN LA COMPLEJIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN:

- **VERIFICACIÓN SIMPLIFICADA:** Para construcciones muy sencillas con estructura de muros exclusivamente (cap. 4)
- **MÉTODOS ANALÍTICOS (Estático y Dinámico)**

El límite u obligatoriedad de aplicación de cada uno depende de la **regularidad estructural**, de la altura y del destino de la construcción (sección 2.6).

El Método Estático se puede usar **SIEMPRE sin análisis de regularidad** para edificios de hasta 3 pisos o 9m de altura. (**Edificios Bajos**)

# REGULARIDAD (Opcional p/Edificios Bajos)

La evaluación de **deformaciones** con secciones efectivas (8.1). Se evaluarán para:

- 1) Acciones según Capítulo 6. Método Estático
- 2) Excentricidad (**de prueba**) adicional, positiva y negativa, (5 % de la dimensión de la estructura) perpendicular a cada dirección de análisis.
- 3) Excentricidad definitiva: según evaluación de la regularidad

## 2.7.2. Método estático

El método estático consiste en la representación de la acción sísmica mediante un sistema de fuerzas estáticas equivalentes proporcionales a las cargas gravitatorias y a una forma supuesta del primer modo de vibración. Se admite para todas las construcciones hasta **3 niveles** o de altura menor que **9m**. Se admite también para construcciones que cumplan las condiciones indicadas en la Tabla 2.5.

**Tabla 2.5. Condiciones para la aplicación del método estático**

Zona sísmica	Altura máxima de la Construcción (m)			Regularidad en planta Tabla 2.3 – Línea			Regularidad en altura Tabla 2.4 – Línea		
	A <sub>0</sub>	A	B	A <sub>0</sub>	A	B	A <sub>0</sub>	A	B
3 y 4	12	30	45	1 <sub>a</sub> , 3 <sub>a</sub> 4 <sub>a</sub>	1 <sub>b</sub> , 4 <sub>a</sub>	1 <sub>b</sub>	1 <sub>a</sub> , 2, 3, 5 <sub>a</sub>	1 <sub>b</sub> , 2, 3, 5 <sub>a</sub>	1 <sub>b</sub> , 2, 3, 5 <sub>a</sub>
0*, 1 y 2	16	45	60	1 <sub>b</sub>	1 <sub>b</sub>	1 <sub>b</sub>	1 <sub>a</sub> , 2, 3	1 <sub>b</sub> , 2, 3	1 <sub>b</sub> , 2, 3

# CONDICIONES DE APLICACIÓN. MÉTODO ESTÁTICO

Tipo de regularidad	Línea	Condición de regularidad	Línea	Caso	Zonas Sísmicas 3 y 4			Zonas Sísmicas 0, 1 y 2		
					A <sub>o</sub>	A	B	A <sub>o</sub>	A	B
Regularidad en Planta Tabla 2.6.1	1	Torsional	1 a	Regular	E	E	E	E	E	E
			1 b	Irregularidad Media	D	E	E	E	E	E
			1 c	Irregularidad Extrema	R	R	R	D	D	D
	2	Continuidad de Elementos	2 a	Regular	E	E	E	E	E	E
			2 b	Irregular	E	E	E	E	E	E
	3	Ortogonalidad	3 a	Regular	E	E	E	E	E	E
			3 b	Irregular	E	E	E	E	E	E
	4	Esquinas entrantes	4 a	Regular	E	E	E	E	E	E
			4 b	Irregular	D	D	E	E	E	E
	Regularidad en Altura Tabla 2.6.2	1	Rigidez	1 a	Regular	E	E	E	E	E
1 b				Irregularidad Media	D	E	E	D	E	E
1 c				Irregularidad Extrema	R	R	R	D	D	E
2		Masas		Regular	E	E	E	E	E	E
				Irregular	D	D	D	D	D	E
3		Dimensiones Horizontales		Regular	E	E	E	E	E	E
				Irregular	D	D	D	D	D	E
4		Retranqueos en su Plano	4 a	Regular	E	E	E	E	E	E
			4 b	Irregular	E	E	E	E	E	E
5		Resistencia Horizontal	5 a	Regular	E	E	E	E	E	E
			5 b	Irregular	D	D	D	E	E	E



# REGULARIDAD EN PLANTA

Tabla 2.3: Condiciones de regularidad en planta

CONDICIONES		Ver Sección	
Regularidad Torsional	1a	Son estructuras torsionalmente regulares o con irregularidad torsional baja cuando en todos los niveles o masas se cumple: $\Delta_{bk}/\Delta_{mk} \leq 1,2$	
	1b	Son estructuras con irregularidad torsional media cuando en algún nivel o masa se cumple: $1,2 < \Delta_{bk}/\Delta_{mk} \leq 1,4$	
	1c	Son estructuras con irregularidad torsional extrema cuando en algún nivel o masa se cumple: $\Delta_{bk}/\Delta_{mk} \geq 1,4$	2.6.3- a)
Continuidad Vertical	2a	Son estructuras regulares cuando los elementos resistentes para acción sísmica son continuos en altura y el esfuerzo se mantiene en un único plano vertical.	
	2b	Son estructuras irregulares todos los casos no incluidos en 2a	2.6.3- b)
Ortogonalidad	3a	Son estructuras regulares los sistemas formados por elementos perpendiculares o con doble simetría.	3.2
	3b	Son estructuras irregulares todos los casos no incluidos en 3a	3.2.
Esquinas entrantes	4a	Son estructuras regulares de esquinas entrantes cuando la proyección de la planta se extiende más allá de la esquina entrante una longitud menor al 15% de las dimensiones de la planta en las direcciones de análisis.	
	4b	Son estructuras irregulares de esquinas entrantes todas aquéllas no incluidas en 4a.	2.6.3. e)

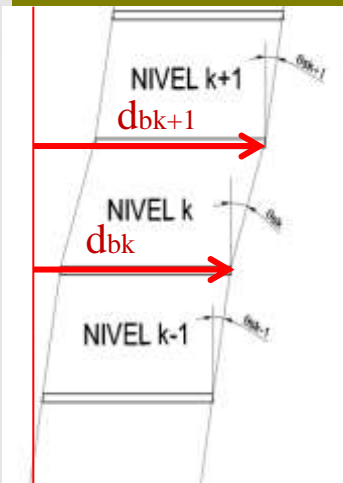
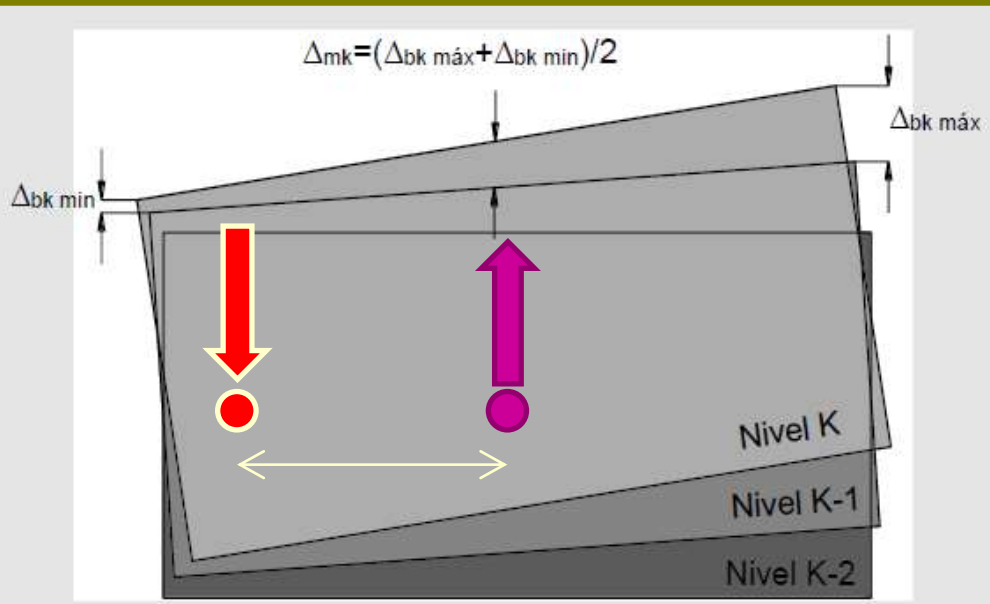
# REGULARIDAD EN PLANTA. TORSIÓN

• **REGULARIDAD TORSIONAL** → SE MIDE POR LA RELACIÓN  $\Delta_{bk}/\Delta_{mk}$

1) ESTRUCTURAS REGULARES O CON IRREGULARIDAD BAJA

2) ESTRUCTURAS CON IRREGULARIDAD MEDIA

3) ESTRUCTURAS CON IRREGULARIDAD ALTA (INADMISIBLES EN ZONAS 3 Y 4)



Desplazamiento de borde

$$\Delta_{b \ k} = d_{b \ (k+1)} - d_{b \ (k)}$$

Desplazamientos: bordes 1 y 2

$$\Delta_{b \ 1k} = d_{b \ 1(k+1)} - d_{b \ 1(k)}$$

$$\Delta_{b \ 2k} = d_{b \ 2(k+1)} - d_{b \ 2(k)}$$

Desplazamiento medio

$$\Delta_{b \ mk} = (\Delta_{b \ 1k} + \Delta_{b \ 2k}) / 2$$

Control

$$\Delta_{b \ k} / \Delta_{mk}$$

Regularidad

$$\Delta_{bk} / \Delta_{mk} \leq 1,2$$

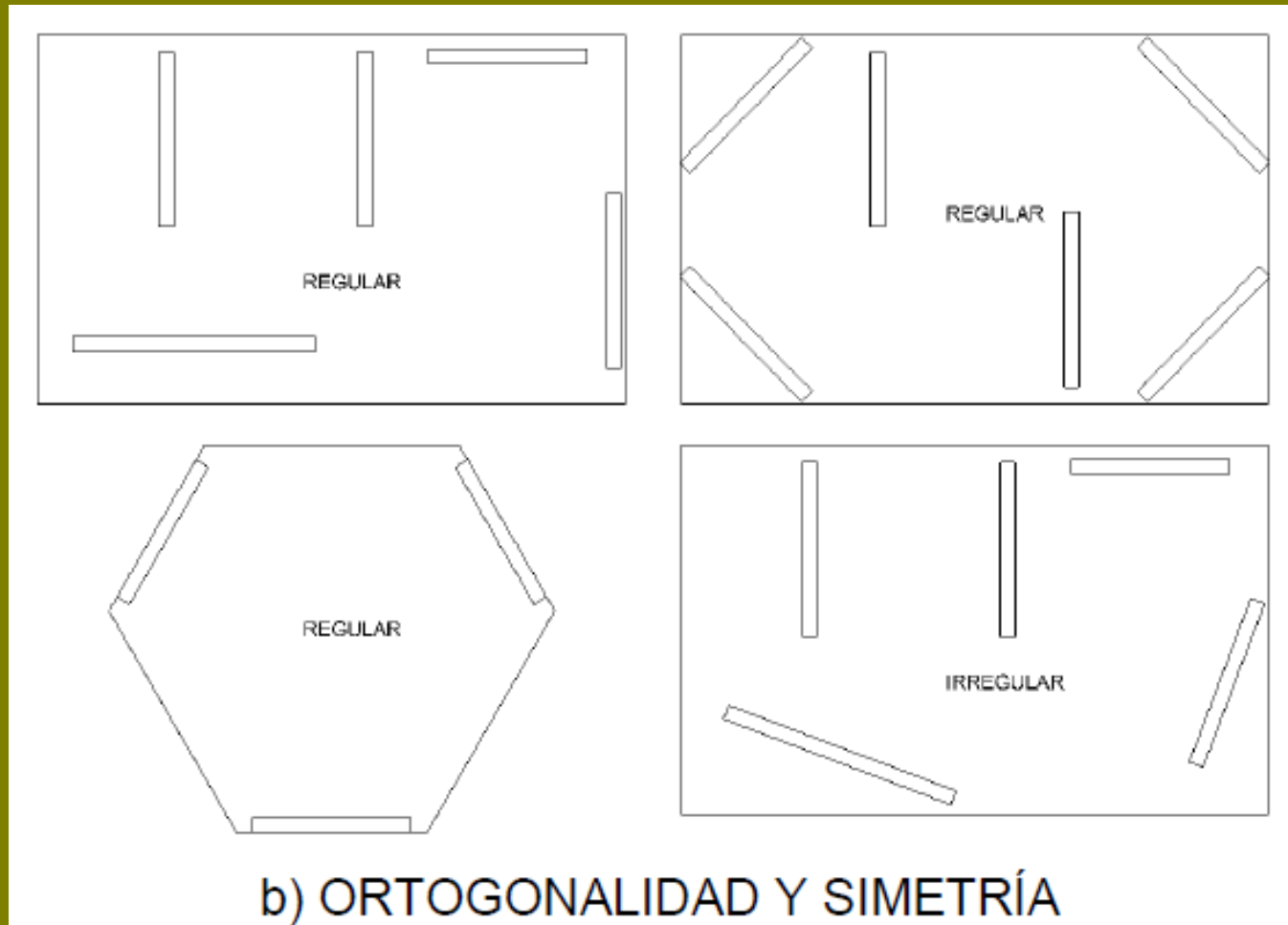
Irregularidad Media

$$1,2 < \Delta_{bk} / \Delta_{mk} \leq 1,4$$

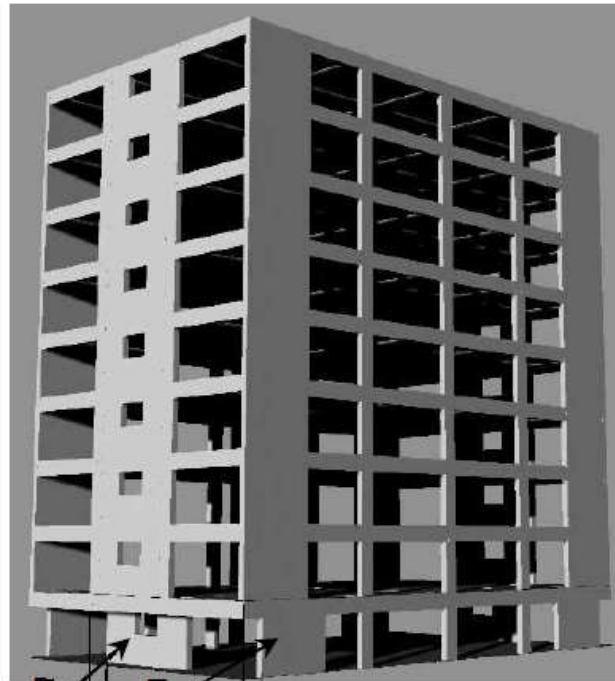
Irregularidad Extrema

$$\Delta_{bk} / \Delta_{mk} \geq 1,4$$

## REGULARIDAD EN PLANTA. ORTOGONALIDAD



# REGULARIDAD EN PLANTA. DEPLAZAMIENTOS



$d_1$  es el desplazamiento paralelo al plano del elemento  $E_1$ .

$d_2$  es el retranqueo en el plano del elemento  $E_2$ .

c) DEFINICIÓN DE DESPLAZAMIENTO Y RETRANQUEO

# REGULARIDAD EN ALTURA

Tabla 2.4. Condiciones de regularidad en altura

CONDICIONES		Ver Sección
1a	Son estructuras regulares o con irregularidad baja en rigidez cuando en todos los niveles o masas se cumple: $\Delta_{mk} \leq 1,4\Delta_{mk+1}$	
1b	Son estructuras con irregularidad de rigidez media cuando en algún nivel se cumple: $1,4\Delta_{mk+1} < \Delta_{mk} \leq 1,7\Delta_{mk+1}$	
1c	Son estructuras con irregularidad de rigidez extrema cuando en algún nivel se cumple: $1,7\Delta_{mk+1} \leq \Delta_{mk}$	2.6.3- a)
2	Son estructuras con regularidad de masas cuando las masas de cada nivel varían menos de <b>30%</b> respecto de los niveles adyacentes (1)	2.7.2.
3	Son estructuras con regularidad geométrica cuando en todos los niveles la dimensión horizontal del sistema resistente varía menos del <b>30%</b> respecto de los niveles adyacentes	
4a	Son estructuras regulares cuando los elementos verticales son continuos en altura o los retranqueos en su plano son inferiores a la longitud del elemento. Las dimensiones de los componentes son constantes o crecientes hacia abajo	
4b	Son estructuras irregulares todos los casos no incluidos en <b>4a</b>	2.6.3- b) 2.6.3- c)
5a	Son estructuras regulares en resistencia cuando en todos los niveles la resistencia lateral es superior al <b>80%</b> de la resistencia del nivel inmediato superior	2.6.3.d)
5b	Son estructuras irregulares todos los casos no incluidos en <b>5a</b> (piso débil)	2.6.3.a) 2.6.3.d)

Regularidad de Rigidez

Regularidad de Masas

Regularidad Geométrica

Continuidad Vertical

Regularidad de Resistencia

# REGULARIDAD EN ALTURA. RIGIDEZ

## – REGULARIDAD EN ALTURA (TABLA 2.4)

### • REGULARIDAD DE RIGIDEZ

SE MIDE POR RELACIÓN DE DISTORSIONES EN ALTURA

1) ESTRUCTURAS REGULARES O IRREGULARIDAD BAJA

2) ESTRUCTURAS CON IRREGULARIDAD MEDIA

3) ESTRUCTURAS CON IRREGULARIDAD ALTA (INADMISIBLES

EN ZONAS 3 Y 4)

Desplazamiento de borde

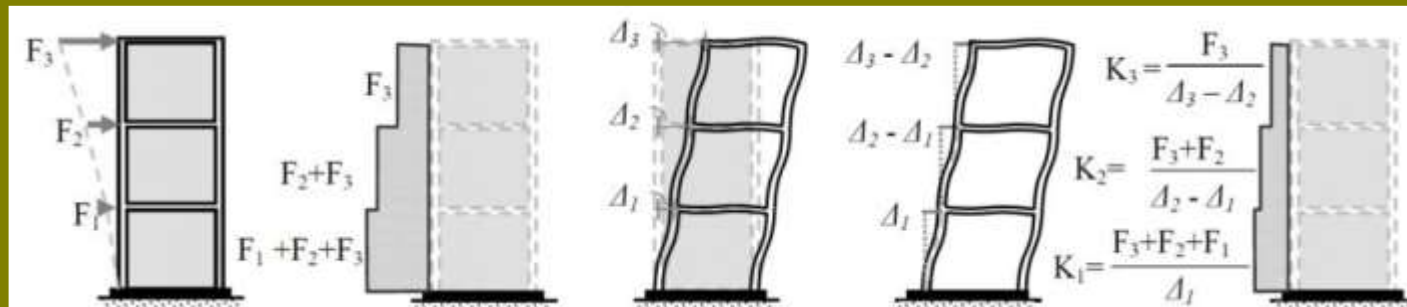
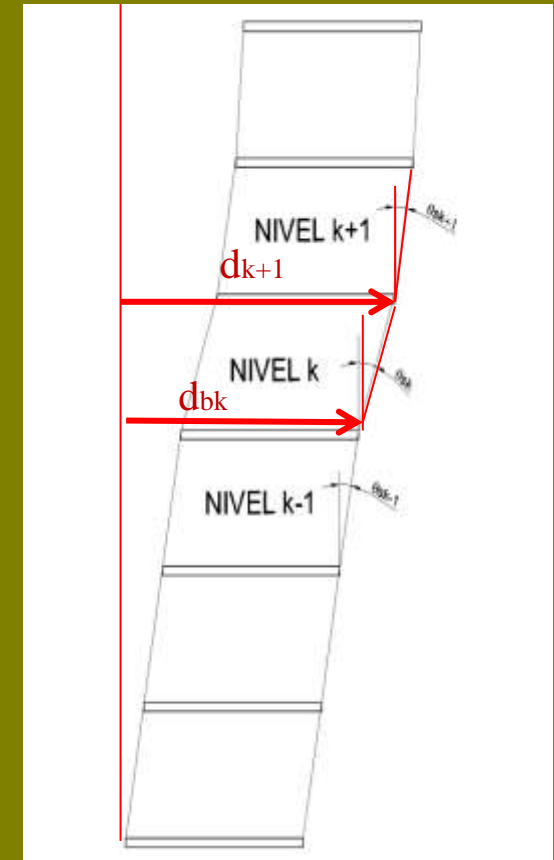
$$\Delta_{b\ k} = d_{b\ (k+1)} - d_{b\ (k)}$$

Desplazamiento medio

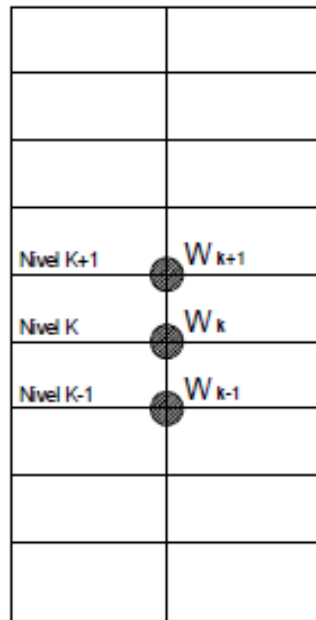
$$\Delta_{b\ m\ k} = (\Delta_{b1\ k} + \Delta_{b2\ k}) / 2$$

Control

$$\Delta_{m\ k} / \Delta_{m\ k+1}$$

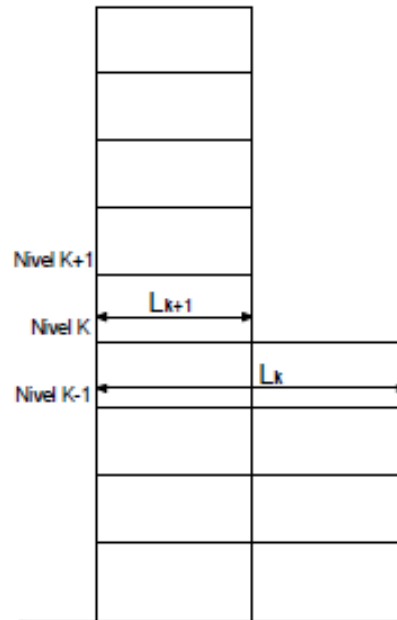


# REGULARIDAD EN ALTURA. MASAS Y RESISTENCIA



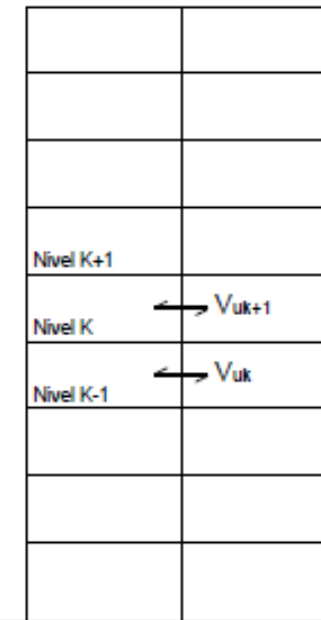
$$0,7 \leq W_k/W_{k+1} \leq 1,3$$

b) REGULARIDAD  
DE MASAS



$$0,7 \leq L_k/L_{k+1} \leq 1,3$$

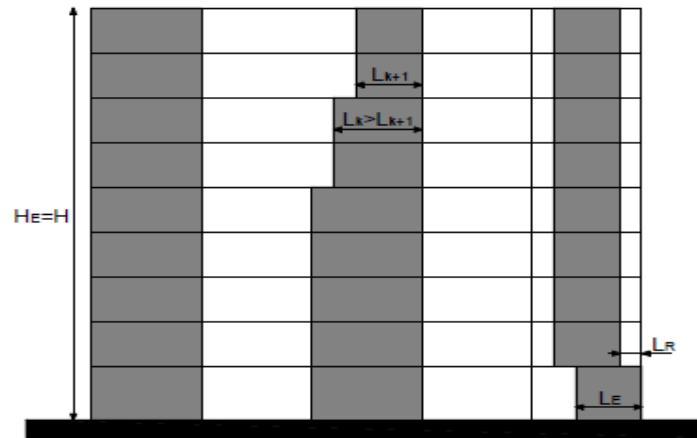
c) REGULARIDAD  
GEOMÉTRICA



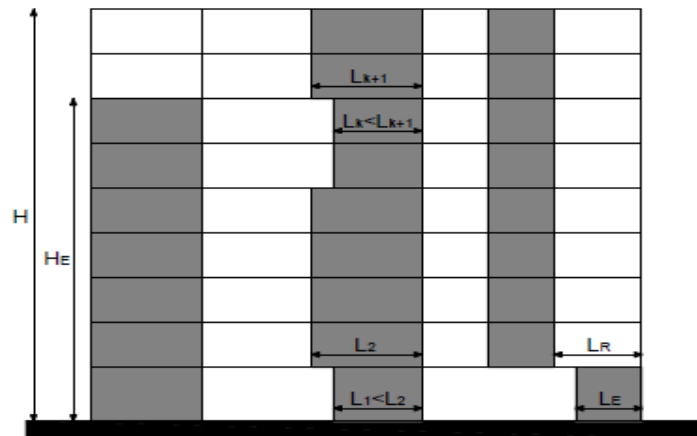
$$V_{uk}/V_{uk+1} \geq 0,80$$

d) REGULARIDAD  
DE RESISTENCIA

# REGULARIDAD EN ALTURA. GEOMETRÍA



e.1) REGULARIDAD DE ELEMENTOS



e.2) IRREGULARIDAD DE ELEMENTOS



## REGULARIDAD. Exigencias Adicionales

### 2.6.3. Exigencias adicionales a las construcciones irregulares

- a) Se debe rediseñar la estructura para reducir la irregularidad en las construcciones y zonas indicadas en 8.3.1.1.
- b) Los componentes que soportan elementos discontinuos deben diseñarse para las solicitaciones que resultan de agotar la capacidad de los elementos interrumpidos (ver 8.3.1.2.)
- c) Se debe verificar la transferencia de esfuerzos entre el elemento interrumpido y él o los elementos que reciben los esfuerzos (ver 8.3.1.3.)
- d) La resistencia del piso se evalúa según 8.3.1.4
- e) Se deben verificar la rigidez y la resistencia de los diafragmas

# ACCIONES GRAVITATORIAS

Acciones Gravitatorias p/ Acción Sísmica Horizontal EH

$$W_i (H) = D_i + \Sigma f_1 L_i + f_2 S_i$$

***D***      ***Carga Permanente (Muerta)***

***L***      ***Carga Viva o Sobrecarga de uso***

***f<sub>1</sub>***      ***Factor de participación de la carga viva***

***f<sub>2</sub>***      ***Factor de participación de la carga de nieve***

### 3.6. ACCIONES GRAVITATORIAS A CONSIDERAR

*p/ Acción Sísmica Vertical EV*

$$W_i(\text{vert}) = D_i$$

*$D_i$  Carga Permanente (Muerta)*

# COMBINACIÓN DE ACCIONES

**E**stado Límite **Ú**ltimo

$$1,0 D \pm 1,0 E + f_1 L + f_2 S$$

$$E = E_H + E_V$$

Suma de Efectos

$$1,0 D \pm 1,0 E_H + E_V + f_1 L + f_2 S$$

CON  $E_V$  HACIA  
ABAJO

$$1,0 D \pm 1,0 E_H - E_V$$

CON  $E_V$  HACIA  
ARRIBA

## COMBINACIÓN DE ACCIONES

**E**stado **L**ímite **Ú**ltimo

$$1,20 D \pm 1,0 E_H + f_1 L + f_2 S$$

$$0,80 D \pm 1,0 E_H$$

La torsión accidental depende de la regularidad torsional !!

Tabla 6.3. Excentricidad Accidental

<i>Irregularidad Torsional (Ver Tabla 2.3.)</i>	<i>Excentricidad Accidental</i> $e_{ak}$
Estructura torsionalmente regular o con irregularidad torsional baja	0 (cero)
Estructura con irregularidad torsional media	$\pm 5\%$ de la longitud de la planta en el nivel $k$ , perpendicular a la dirección de aplicación de las fuerzas.
Estructura con irregularidad torsional extrema en zonas 0, 1 y 2	$\pm 10\%$ de la longitud de la planta en el nivel $k$ perpendicular a la dirección de aplicación de las fuerzas. <b>Ver 8.3.1.1.</b>
Estructura con irregularidad torsional extrema en zonas 3 y 4. Sólo aplicable a edificios bajos menores a 3 pisos o menores a 9 m de altura.	$\pm 15\%$ de la longitud de la planta en el nivel $k$ , perpendicular a la dirección de aplicación de las fuerzas. <b>Ver 8.3.1.1.</b>