



DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS

PARTE CUATRO

Ing E. Daniel Quiroga

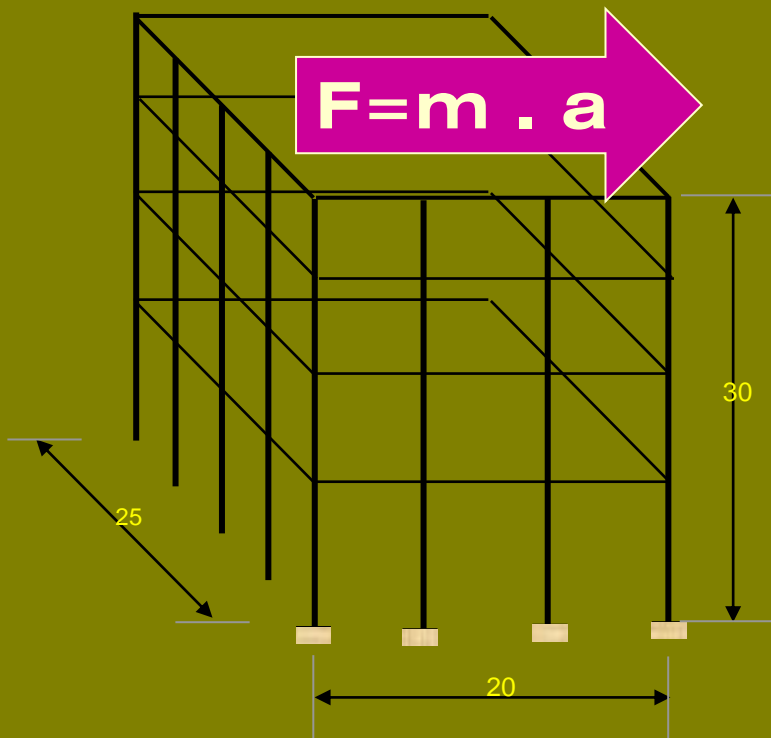


VIENTO ó SISMO



VIENTO - SISMO

- ¿Se comparan las acciones sísmicas y las de viento?
- ¿Son parecidas en magnitud?



Ejemplo:

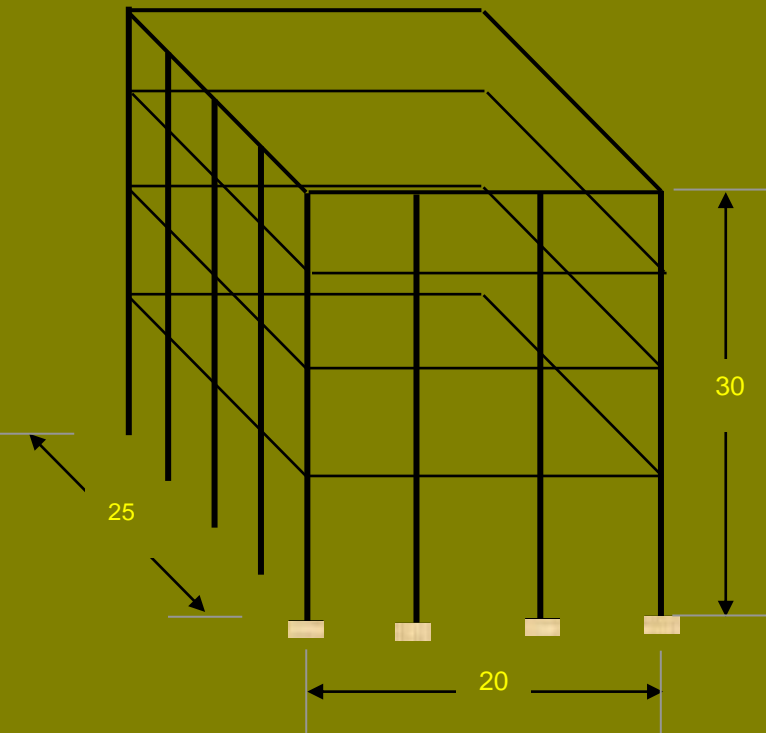
Edificio de 10 pisos de 3m
c/u

Tipo Estructural: Tabiques y
Pórticos

Planta 20 x 25m

Período $T = 0.8$ seg

VIENTO - SISMO



PERSPECTIVA

Período $T = 0.8$ seg

Peso $W = 20 \times 25 \times 1.0\text{t/m}^2 \times 10 = 5000\text{t}$

$S_a = 0.80$ (Zona 4 s/CIRSOC 103)

$F = m \times a = (W/g) \cdot S_a$ (fracción de "g")

$V = S_a \cdot W = 1.00 \cdot 5000\text{t} = \mathbf{5000\text{t}}$

Viento

Carga = 200kg/m^2

Cara Mayor ($25 \times 30 = 750\text{m}^2$)

$W_u = 1,60 (200\text{kg/m}^2 \times 750\text{m}^2) = \mathbf{240\text{t}}$

Cara Menor ($20 \times 30 = 600\text{m}^2$)

$W = 1,60 (200\text{kg/m}^2 \times 600\text{m}^2) = \mathbf{192\text{t}}$

Fuerza Sísmica / Fuerza Viento = $5000/240 = \mathbf{20 \text{ veces!!}}$



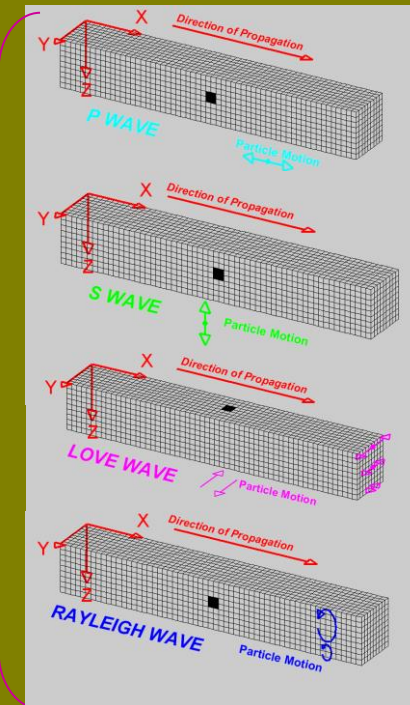
ESTRATEGIAS DE DISEÑO SISMORRESISTENTE

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**

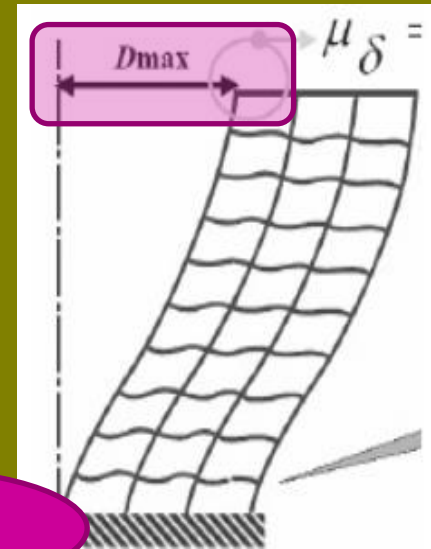
• Energía **“No Ingresa”** a la Estructura: → **Aislamiento** Sísmico



LAS MALAS NOTICIAS !!!



- La Fuerza Sísmica **Real** será mayor que la de cálculo
→ **(Espectro Elástico Reducido)**
- La Estructura sufrirá grandes desplazamientos por deformaciones **inelásticas**



• H ¿Cómo controlo el daño?

→ 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.

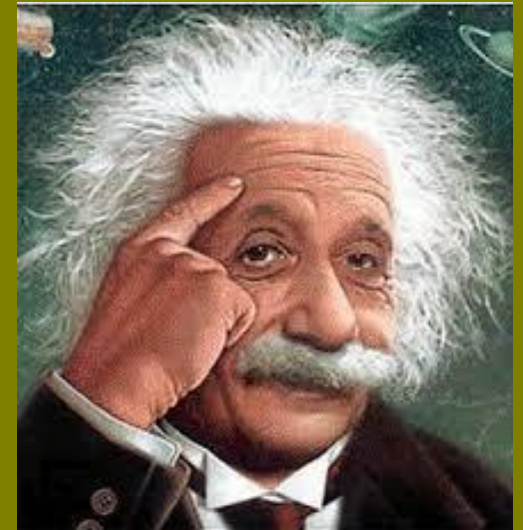


¿Qué hacemos!!!!!!

Desconcierto!!

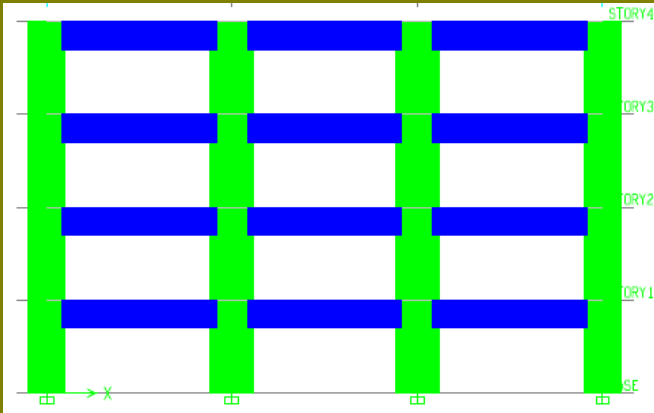


DISEÑAR
DISEÑAR
DISEÑAR

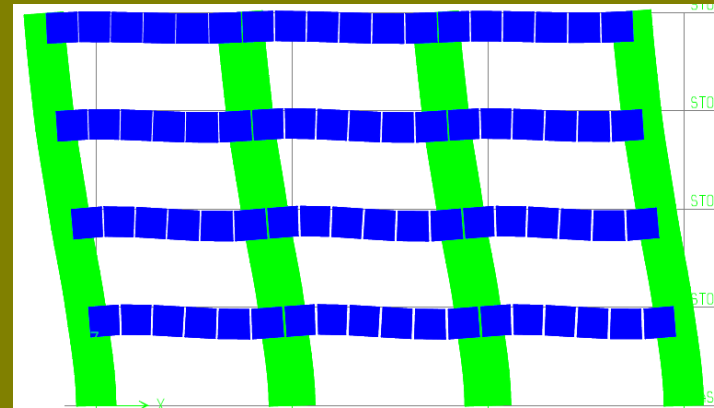


RESPUESTA ESTRUCTURAL Y ESPECTROS DE DISEÑO

COMPORTAMIENTO DINÁMICO

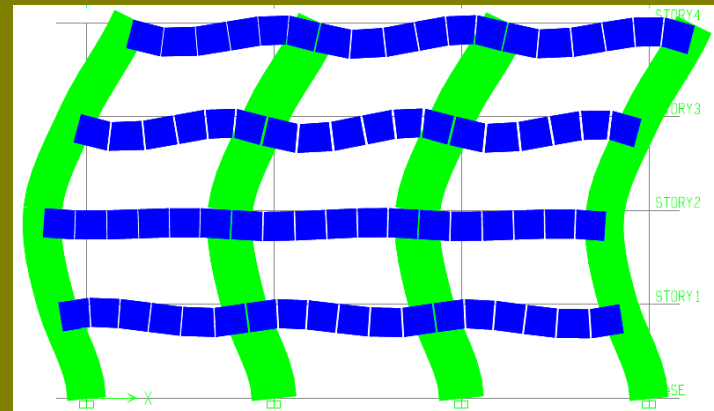


Modo
1

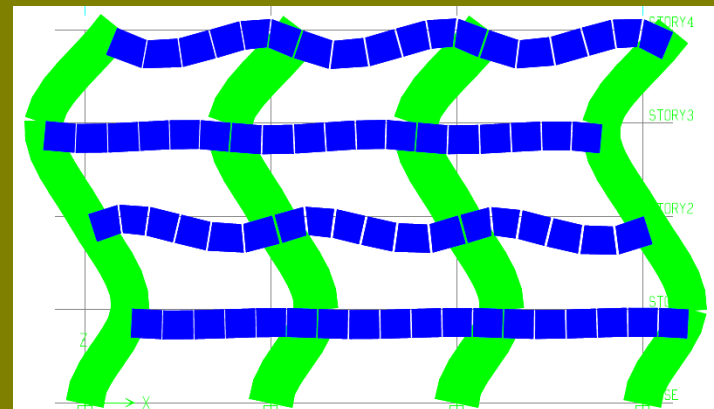


PLANO
ESTRUCTURAL

Modo
2



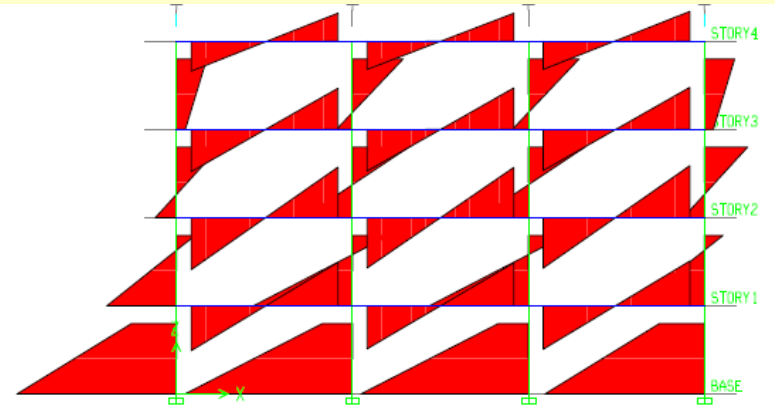
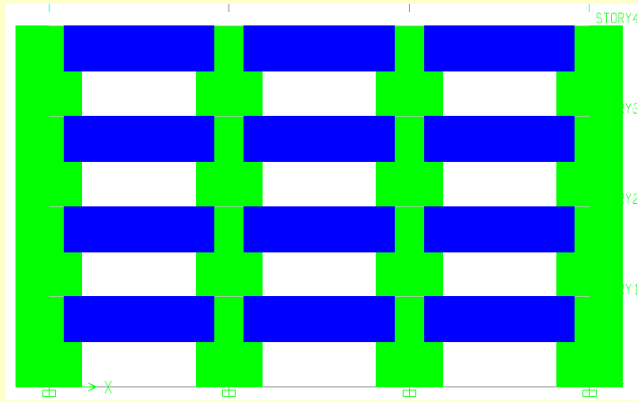
Modo
3



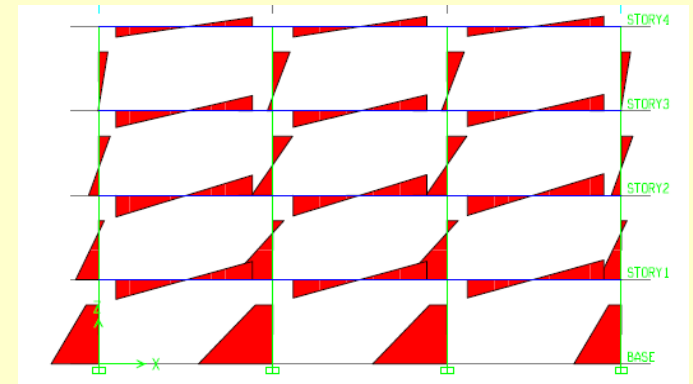
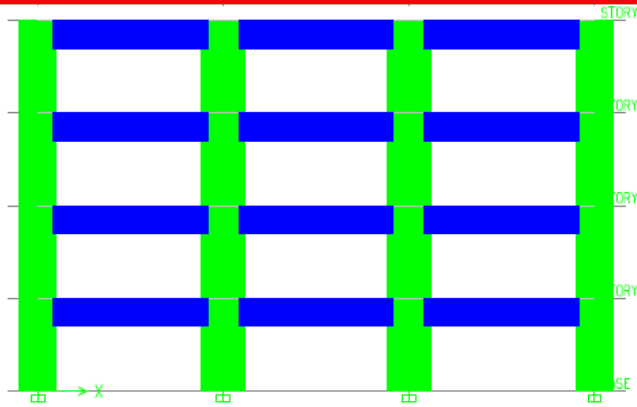
Dinámico Espacial

DISEÑO SISMORRESISTENTE

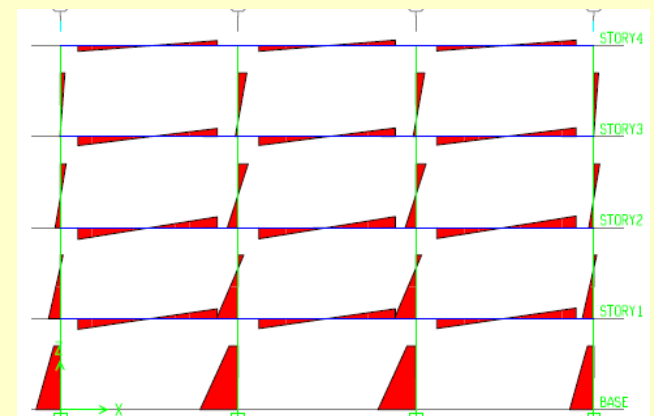
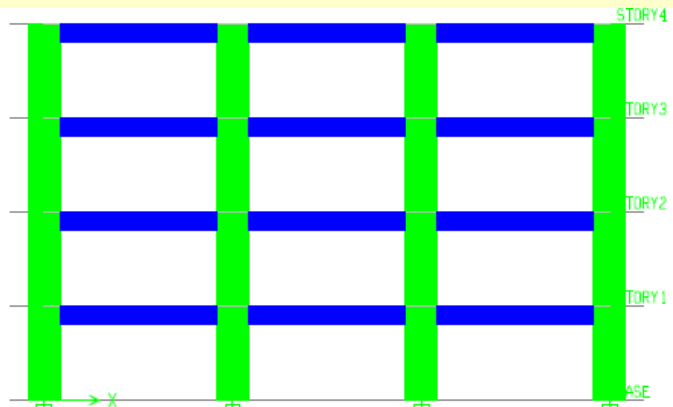
DISEÑO
ELÁSTICO



DISEÑO
INELÁSTICO
O



DISEÑO
INNOVADO
R (S.P.S.)



REACCIÓN DEL EDIFICIO PERÍODO

REACCIÓN DEL EDIFICIO

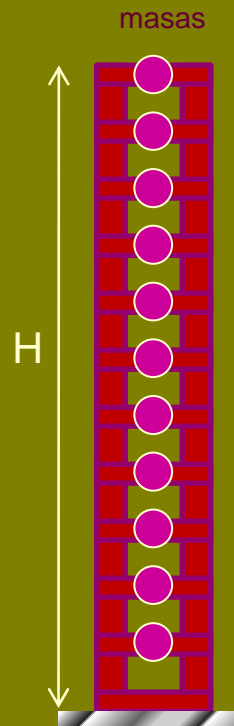
• **Inercia:** $F = \text{masa} \times \text{Aceleración}$ → colapsa por el peso

• **Período y Resonancia** (naturaleza dinámica del movimiento):

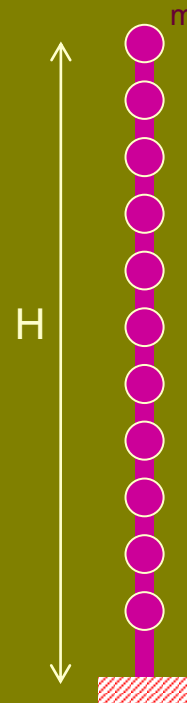
- T_0
- Frecuencias del terremoto
- Resonancia
- “Sintonizar” el edificio



Edificio Real



Esquema 1 Plano Resistente



Modelo Dinámico. 10 grados de libertad. (DOF)

MODELO DINÁMICO EQUIVALENTE

$M = \text{suma de "m"}$



Modelo Dinámico Equivalente. 1 grado de libertad (1 DOF)

PERÍODO

• **Inercia:** $F = m \cdot A$, colapsa por el peso

• **Período y Resonancia:**

- T_0
- Frecuencias del terremoto
- Resonancia
- **“Sintonizar”** el edificio
- (Ejemplos: Tuned Mass Damper TMD)
- Puente Tacoma
- Puente Milenium Bridge
- Taipei 101

1

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\text{Masa}(M)}{\text{Rigidez}(K)}}$$



ARQUITECTURA



ESTRUCTURA

2

$$T = aH^n$$

Pórticos A°

→ $a = 0,0724$; $n = 0,80$

Pórticos H° A°

→ $a = 0,0466$; $n = 0,90$

Triang.-Tabiques → $a = 0,0488$; $n = 0,75$

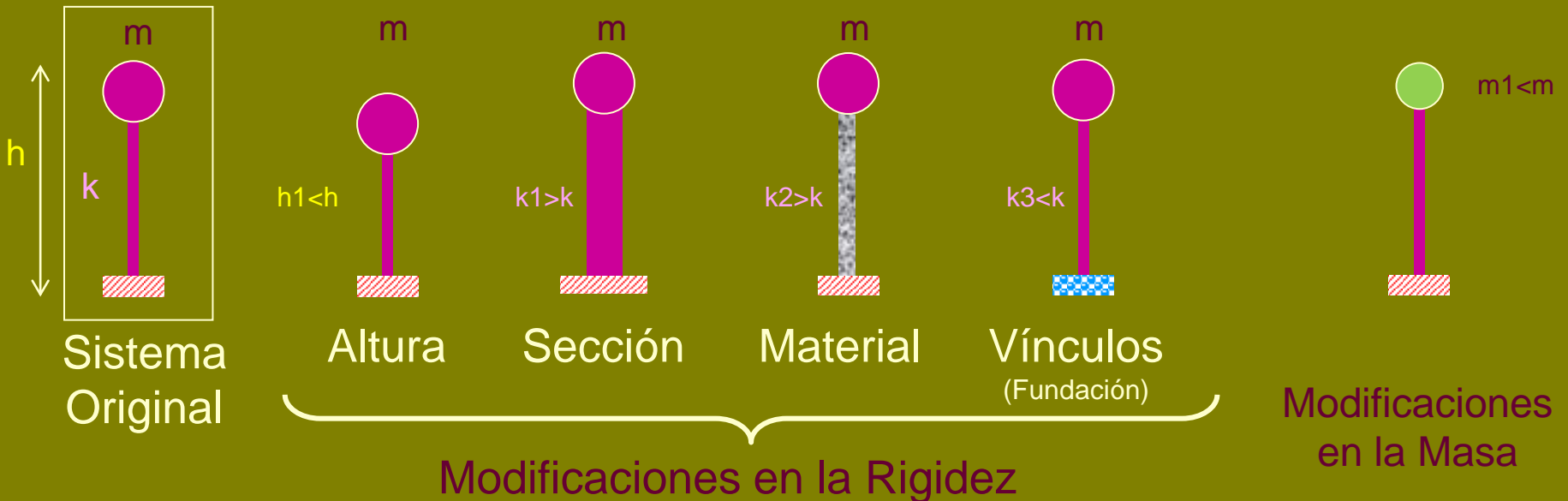
3

$$T = \frac{np}{N}$$

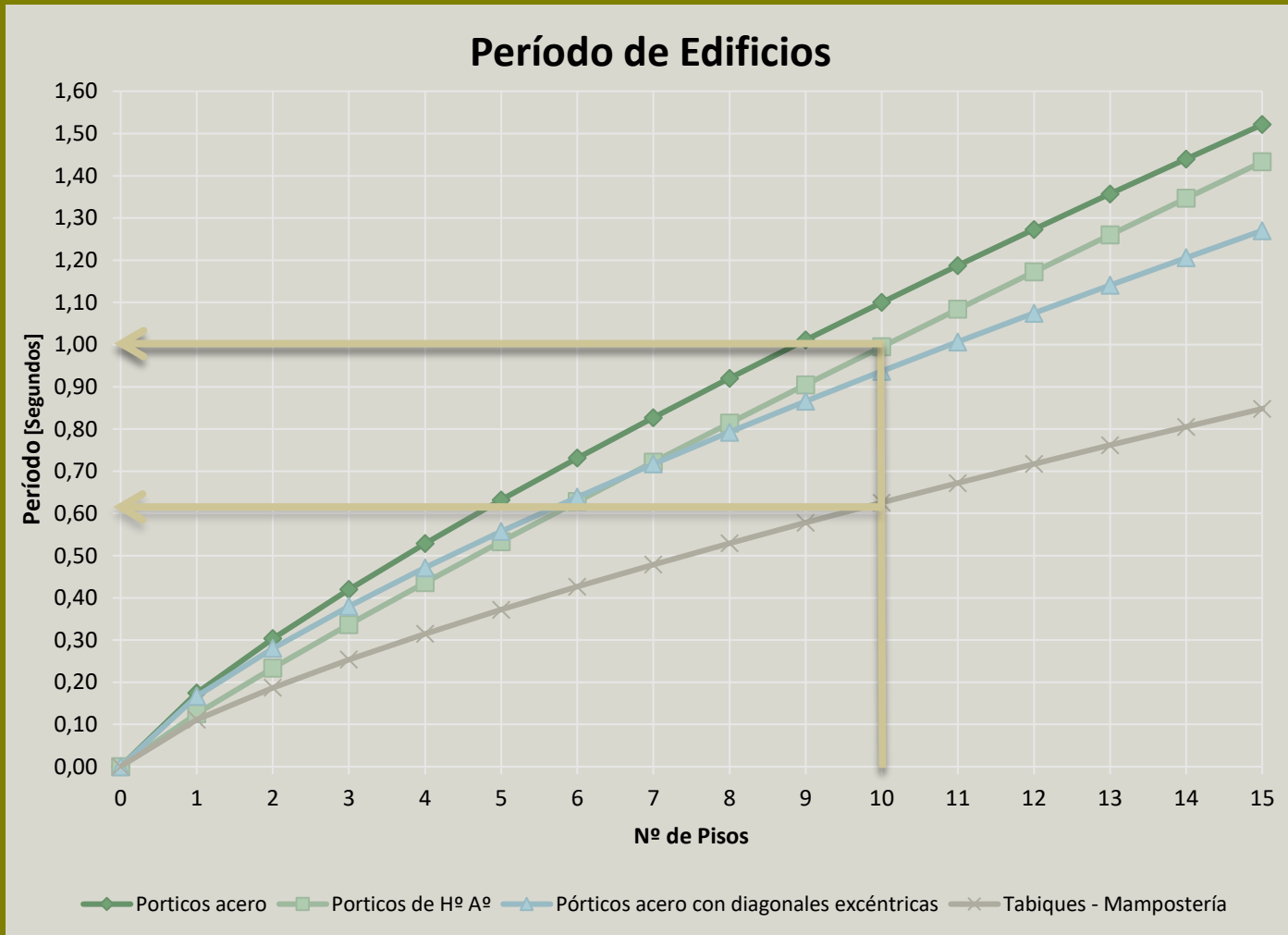
$np = N^\circ$ de pisos

$N = 10$ (Pórticos)

$N = 18$ (Tabiques)



PROPIEDADES DINÁMICAS



$$T = aH^n$$

Pórticos A°

→ $a = 0,0724$; $n = 0,80$

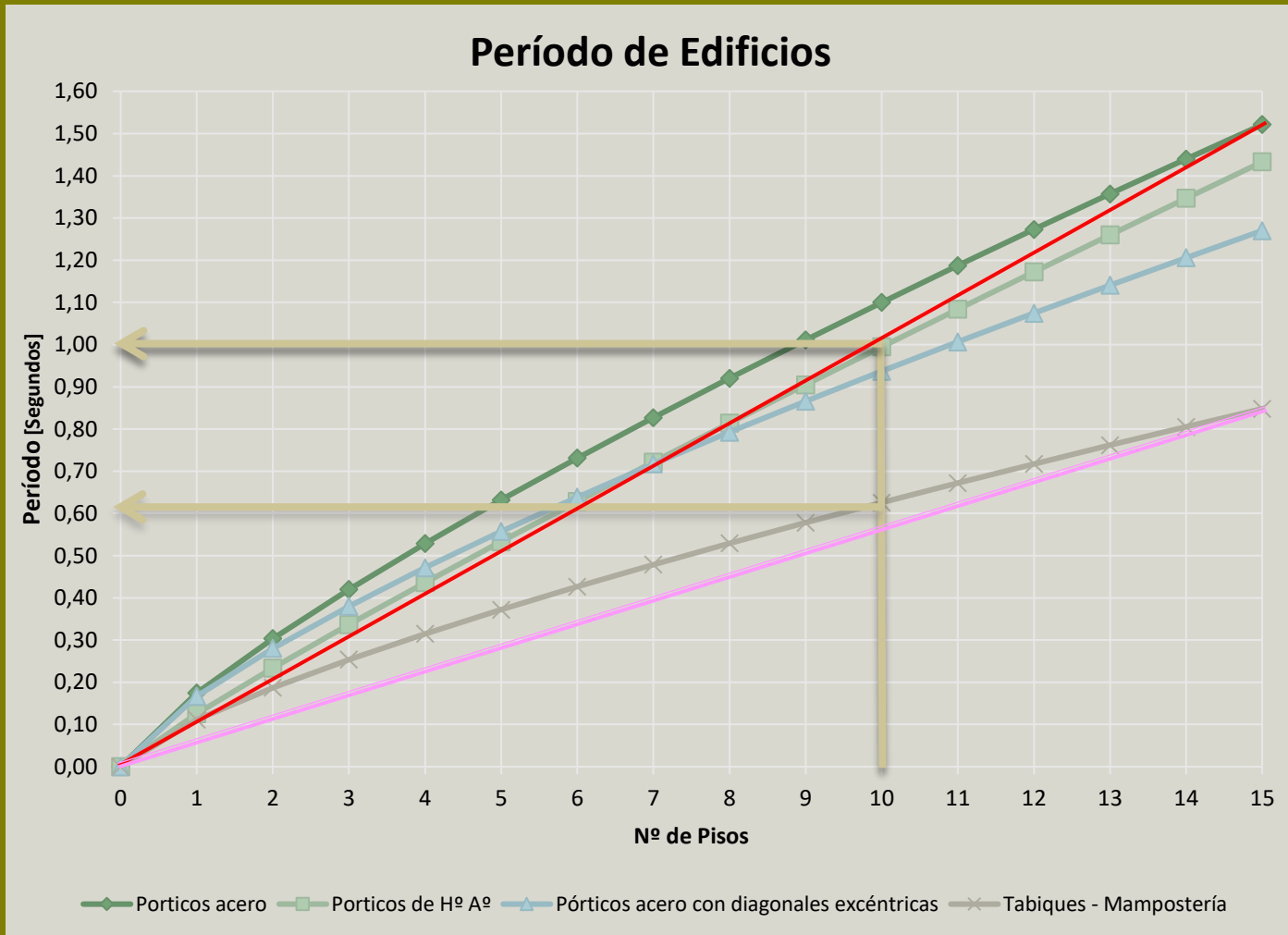
Pórticos H° A°

→ $a = 0,0466$; $n = 0,90$

Triang.-Tabiques

→ $a = 0,0488$; $n = 0,75$

PROPIEDADES DINÁMICAS



$$T = \frac{np}{N}$$

$np = \text{Nº de pisos}$
 $N = 10 \text{ (Pórticos)}$
 $N = 18 \text{ (Tabiques)}$

$$T = aH^n$$

Pórticos Aº

→ $a = 0,0724$; $n = 0,80$

Pórticos Hº Aº

→ $a = 0,0466$; $n = 0,90$

Triang.-Tabiques

→ $a = 0,0488$; $n = 0,75$

ESPECTROS DE RESPUESTA Y DE DISEÑO

REACCIÓN DEL EDIFICIO

- **Inercia:** $F = m \cdot A$, colapsa por el peso

- **Período y Resonancia:**

- T_0

- Frecuencias del terremoto

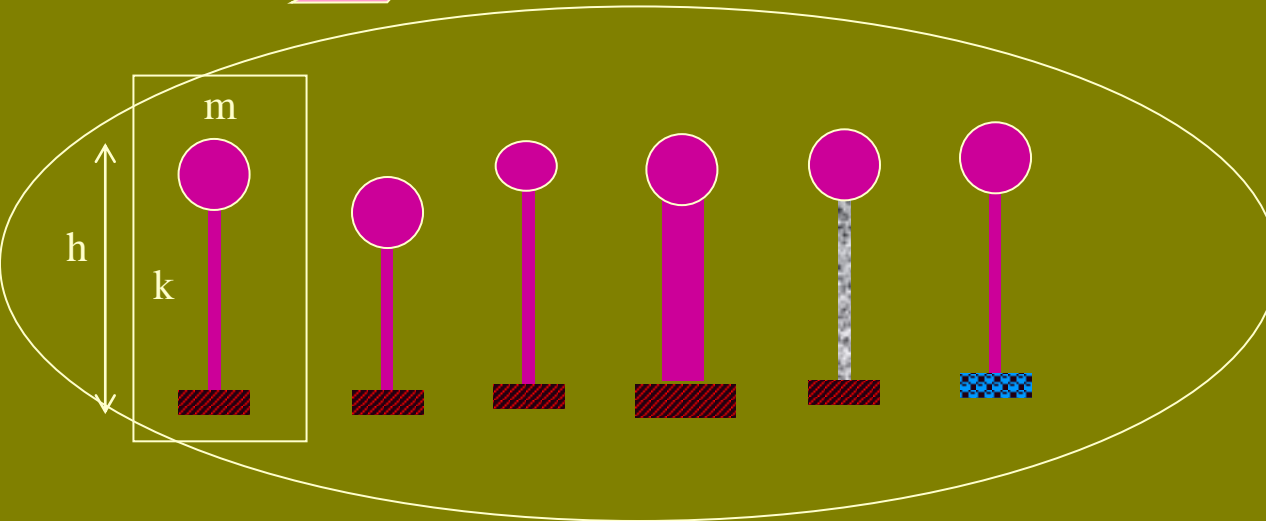
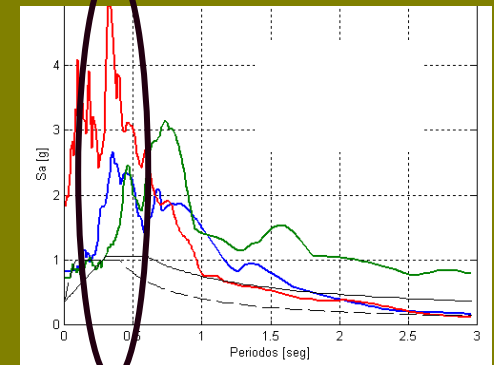
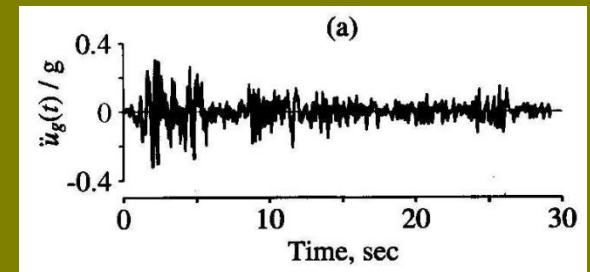
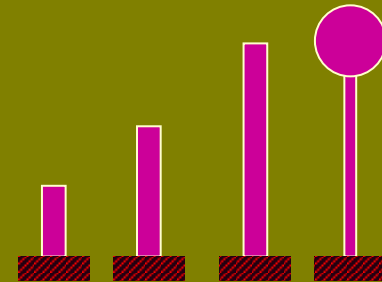
- Resonancia

- **“Sintonizar”** el edificio

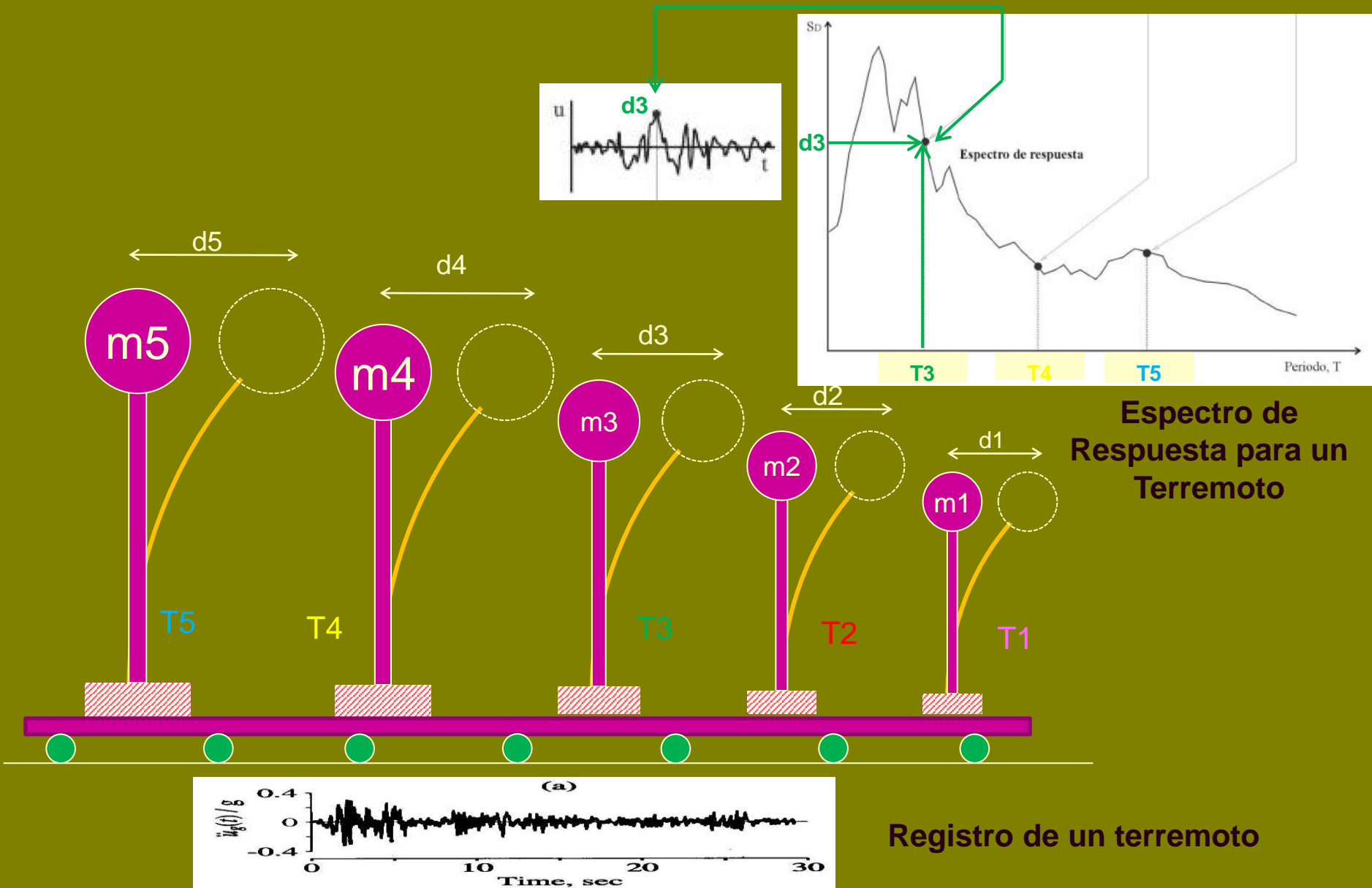
- Ejemplos:

- Puente Tacoma

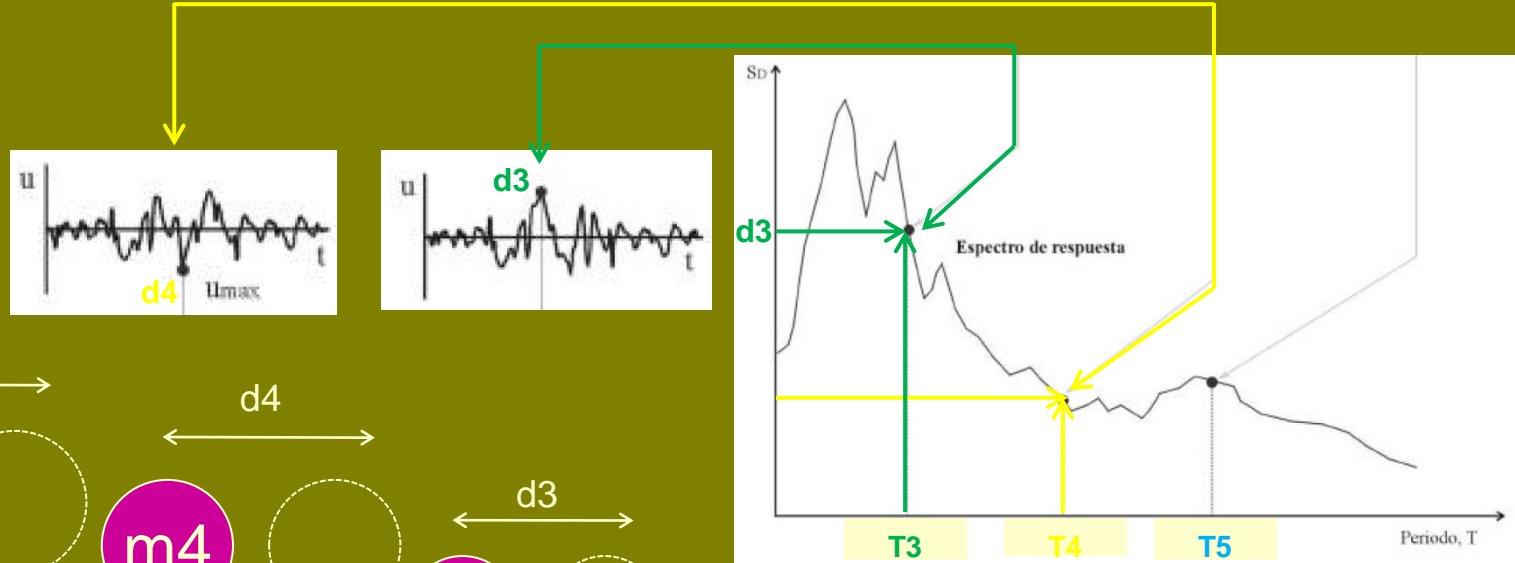
- Puente Milenium Bridge



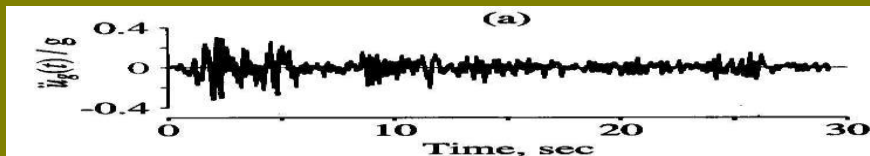
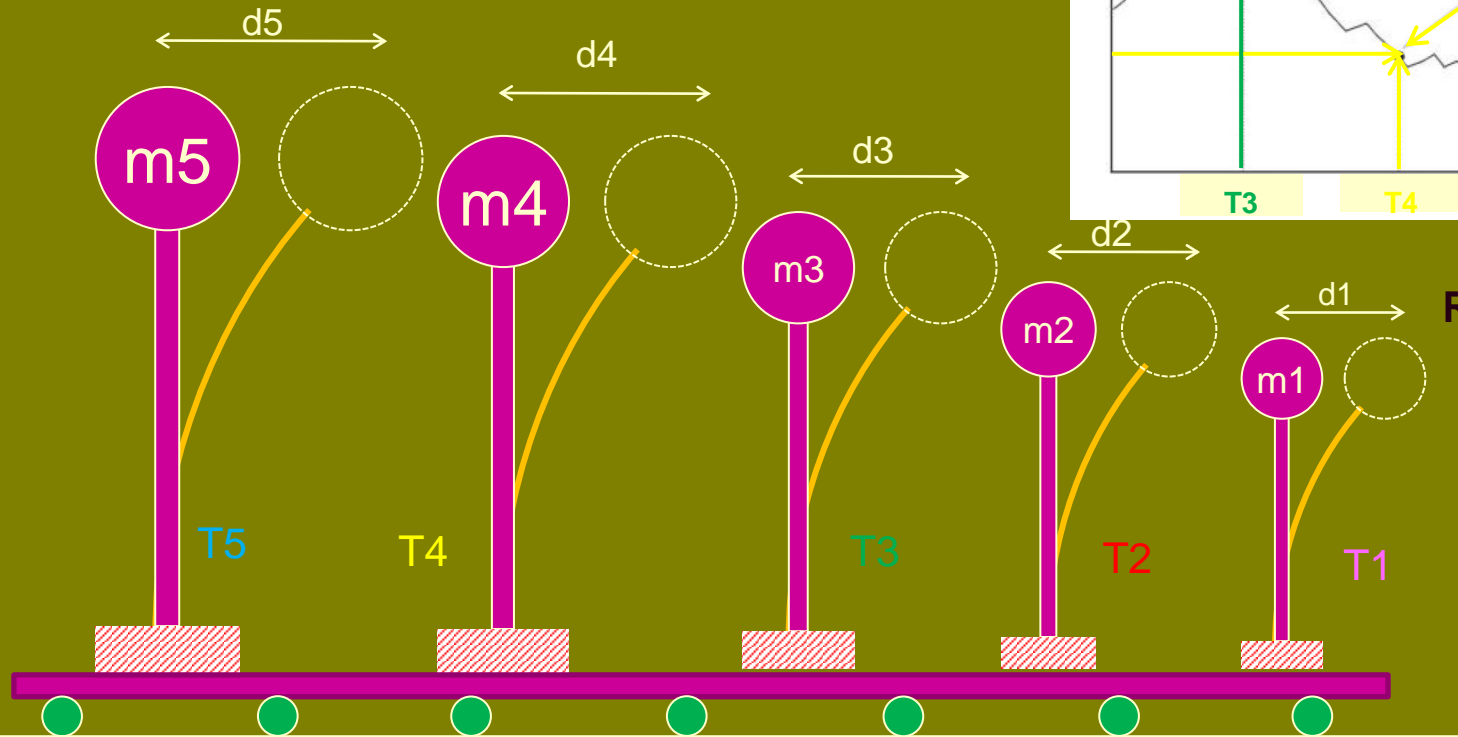
ESPECTRO DE RESPUESTA



ESPECTRO DE RESPUESTA

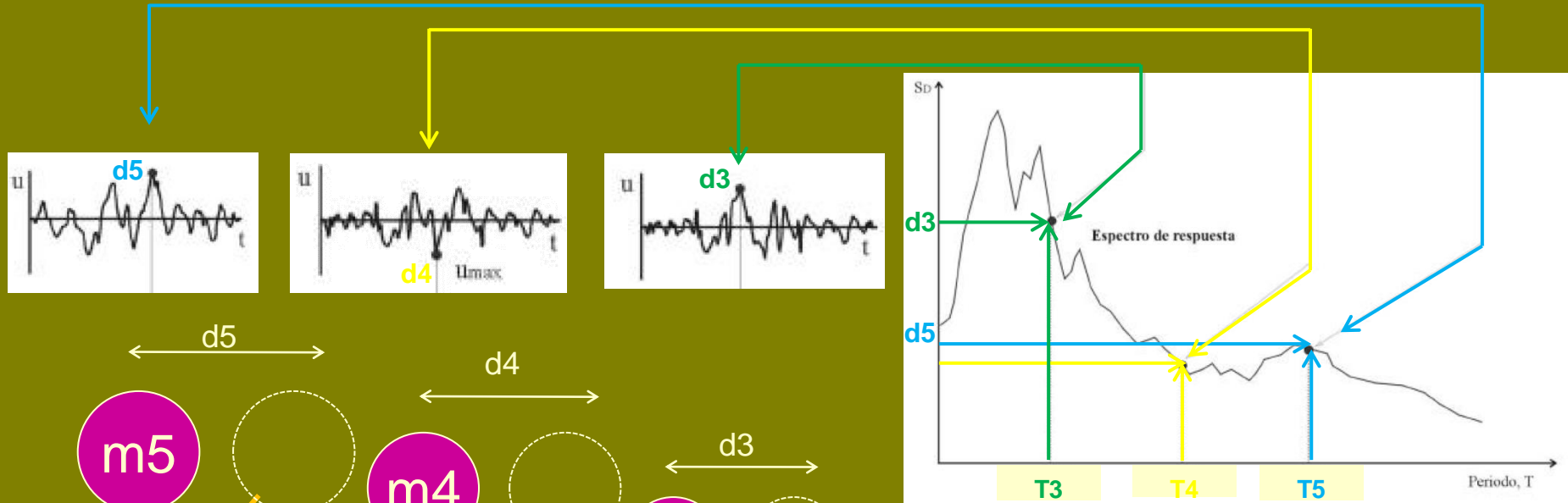


**Espectro de
Respuesta para un
Terremoto**

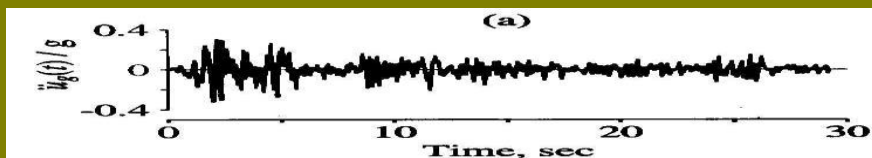
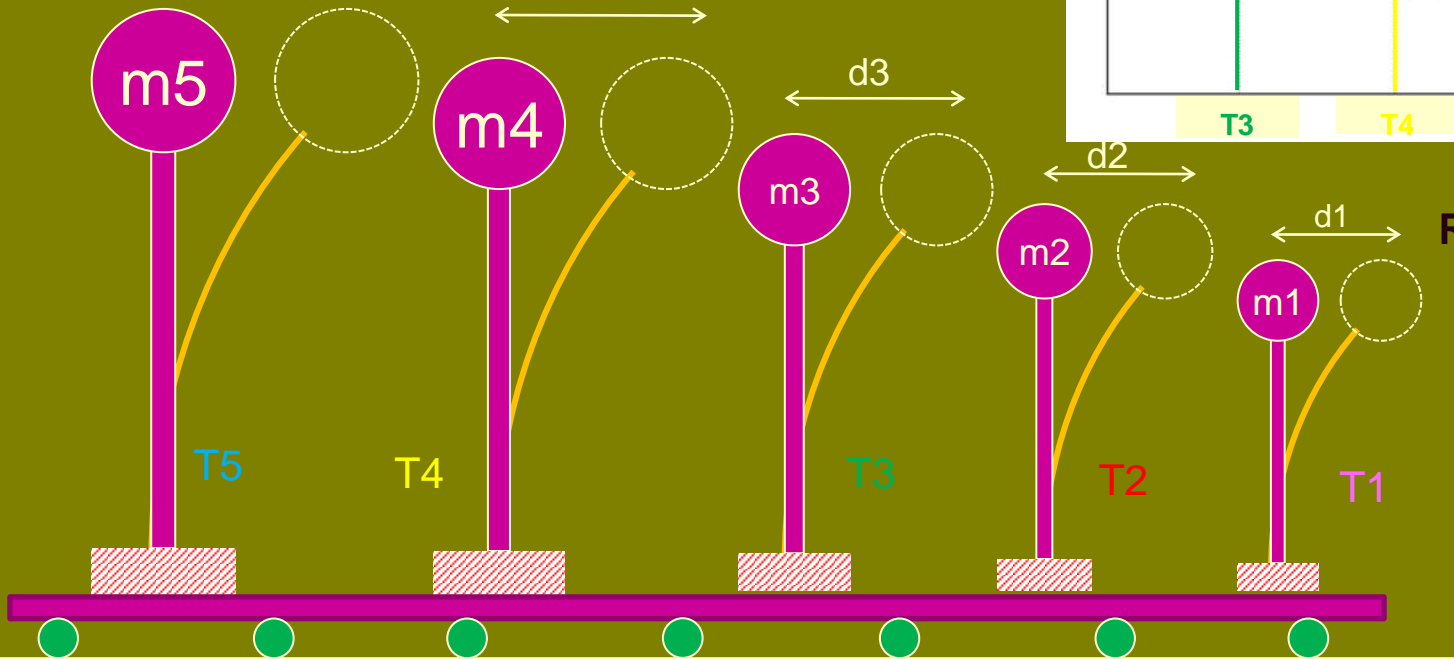


Registro de un terremoto

ESPECTRO DE RESPUESTA

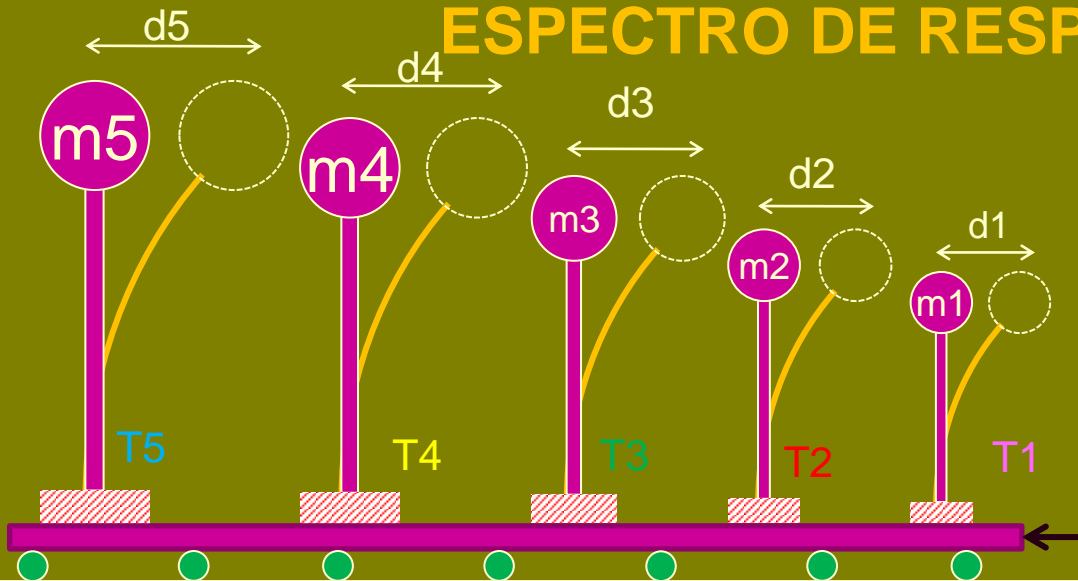


**Espectro de
Respuesta para un
Terremoto**

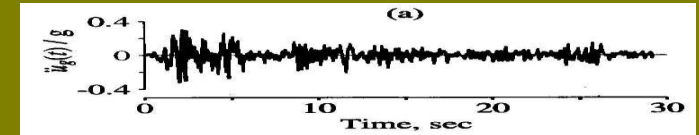


Registro de un terremoto

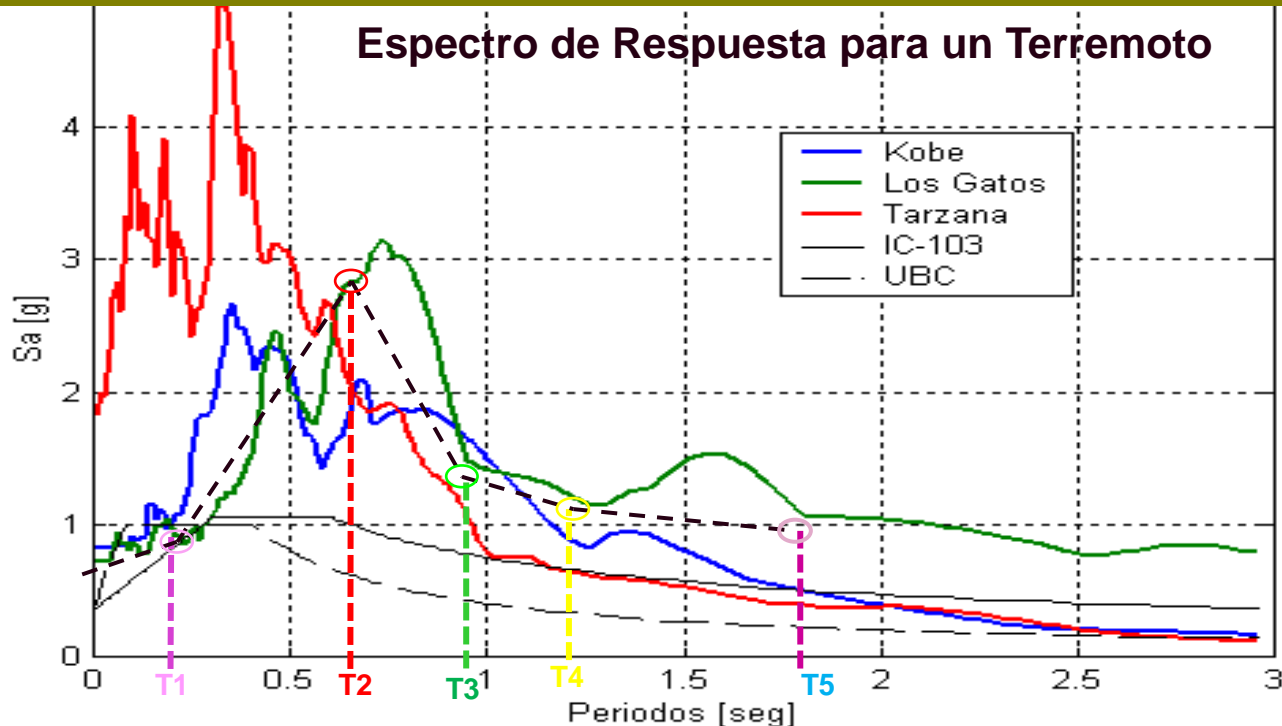
ESPECTRO DE RESPUESTA



Registro de un terremoto

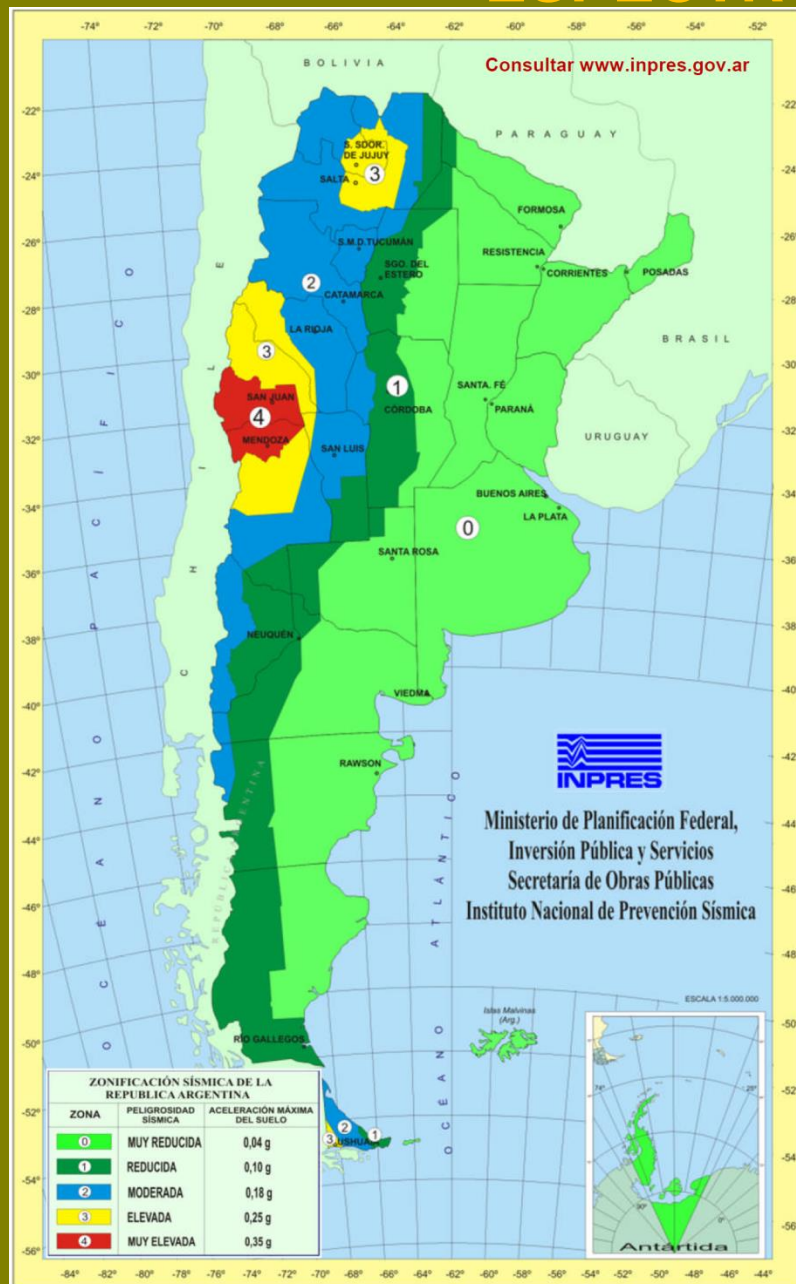


Espectro de Respuesta para un Terremoto



Cada evento tiene propiedades diferentes (contenido de frecuencia)

ESPECTRO DE DISEÑO

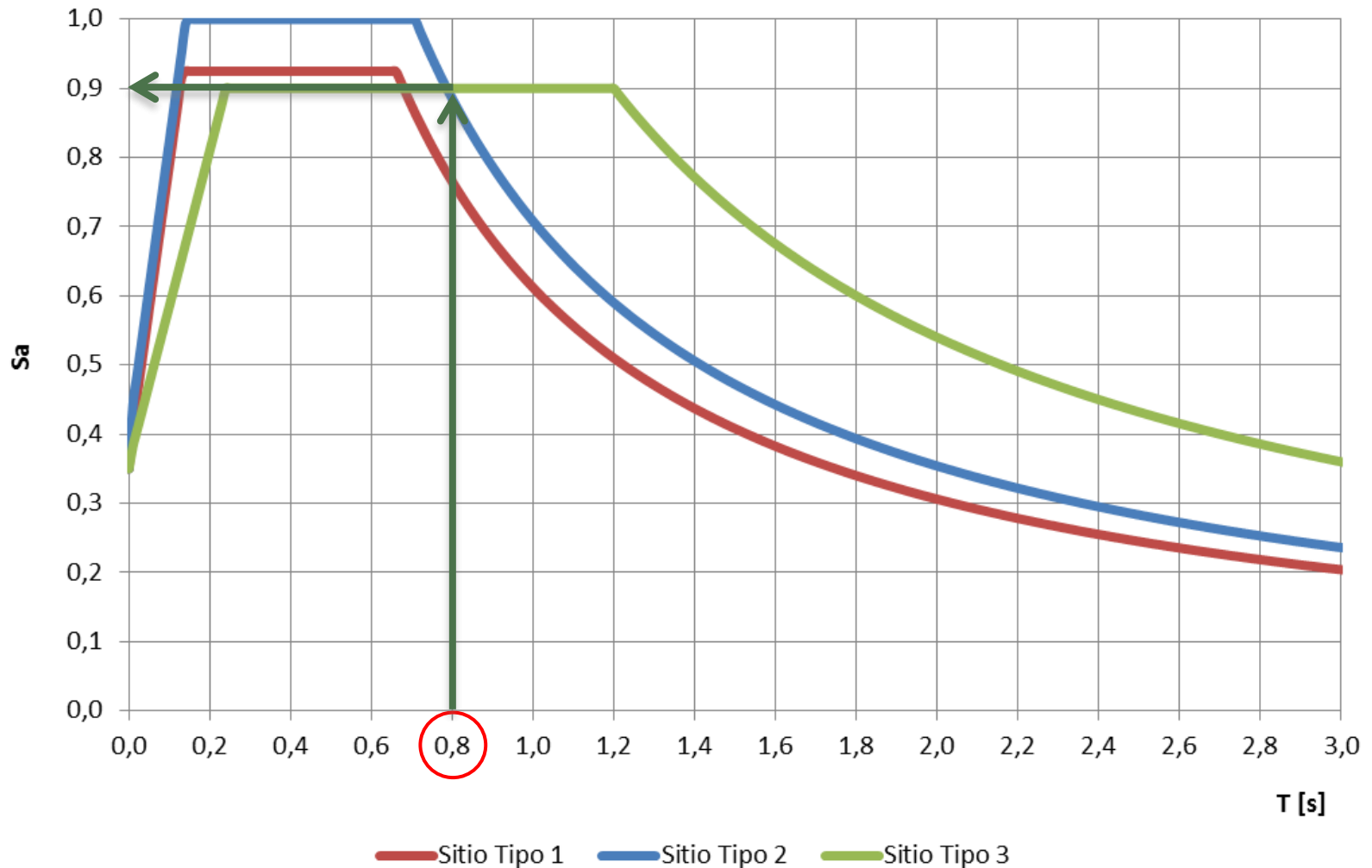


ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA		
ZONA	PELIGROSIDAD SÍSMICA	ACELERACIÓN MÁXIMA DEL SUELO
0	MUY REDUCIDA	0,04 g
1	REDUCIDA	0,10 g
2	MODERADA	0,18 g
3	ELEVADA	0,25 g
4	MUY ELEVADA	0,35 g

ESPECTRO DE DISEÑO

Aceleraciones (Zona 4)

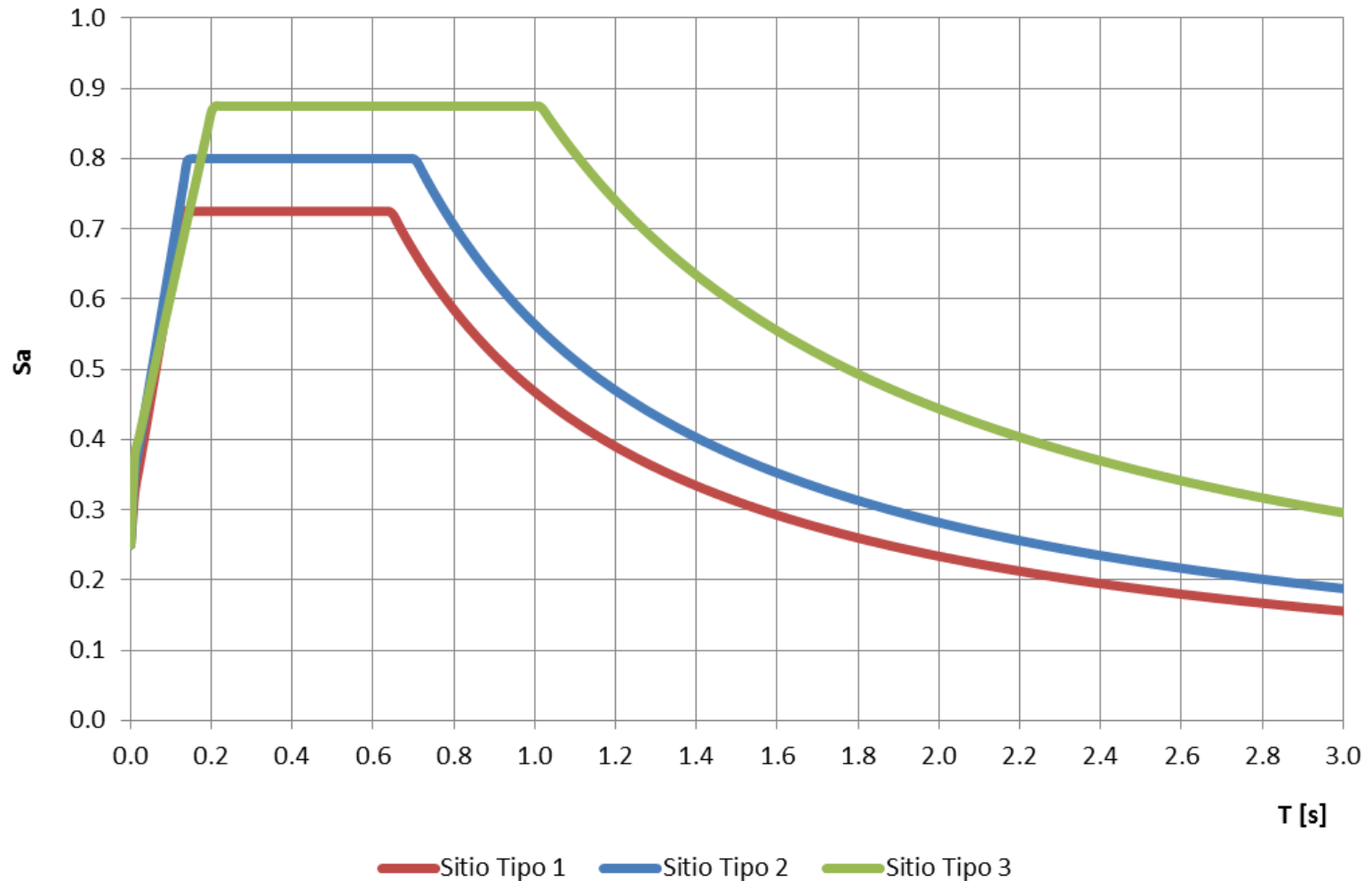
ESPECTRO DE ACELERACIONES (Zona 4)



ESPECTRO DE DISEÑO

Aceleraciones (Zona 3)

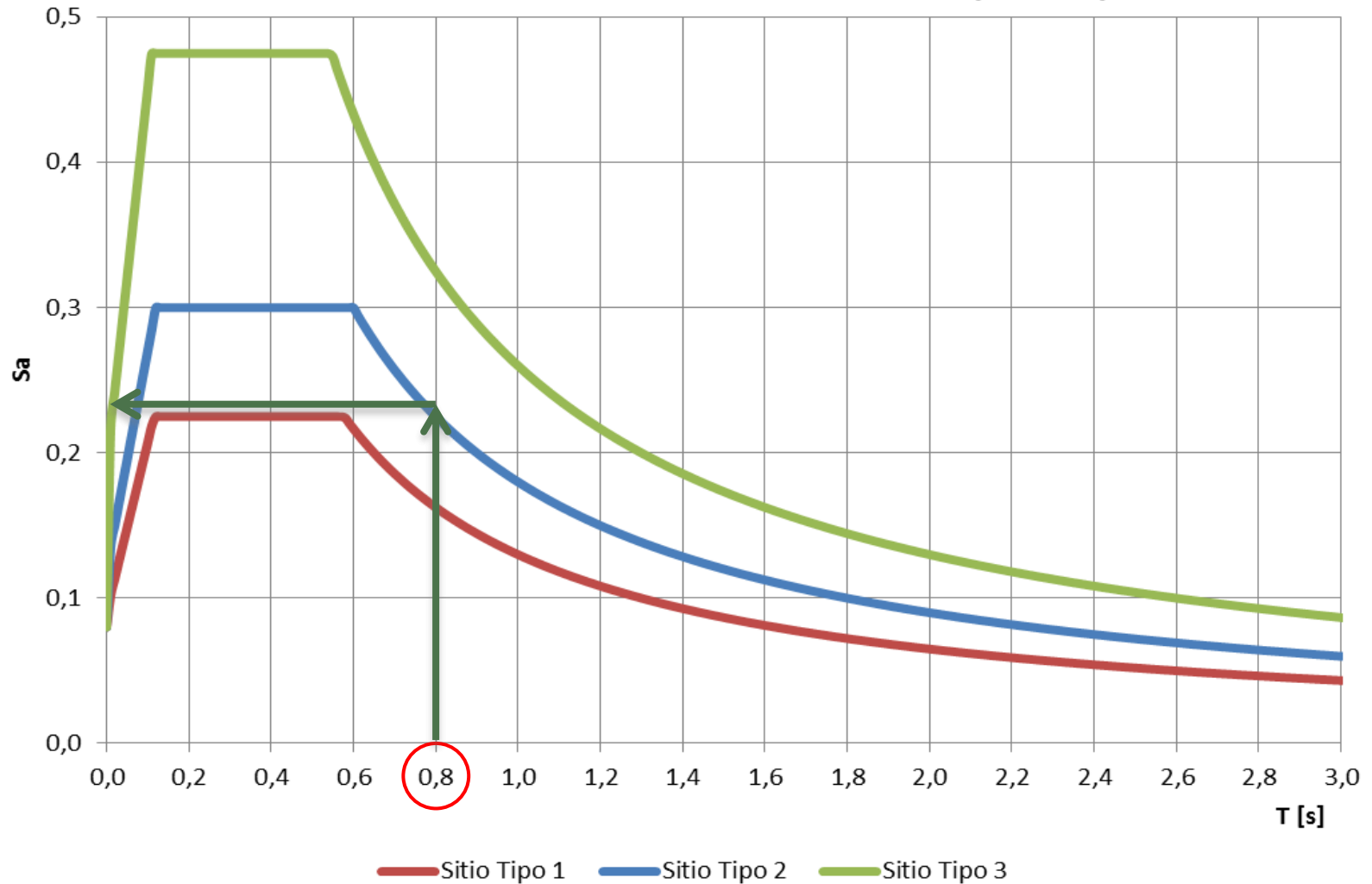
ESPECTRO DE ACELERACIONES (Zona 3)



ESPECTRO DE DISEÑO

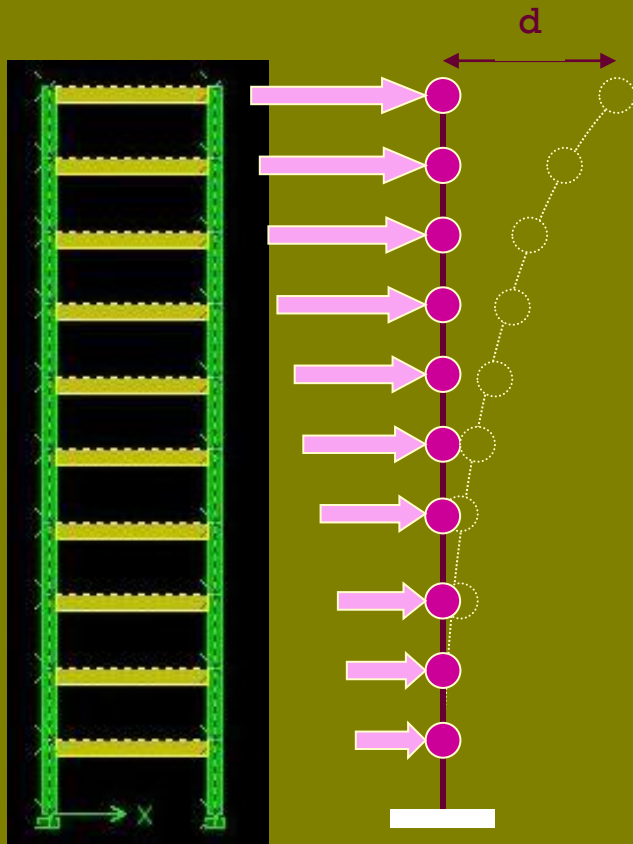
Aceleraciones (Zona 1)

ESPECTRO DE ACELERACIONES (Zona 1)



DISEÑO INELÁSTICO DISEÑO DEL MECANISMO DE PLASTIFICACIÓN

MECANISMO DE PLASTIFICACIÓN



VISTA

- Cómo deforma?
- Cómo disipa energía?
- **Dónde** disipa energía?



**Diseño del
Mecanismo de Plastificación**

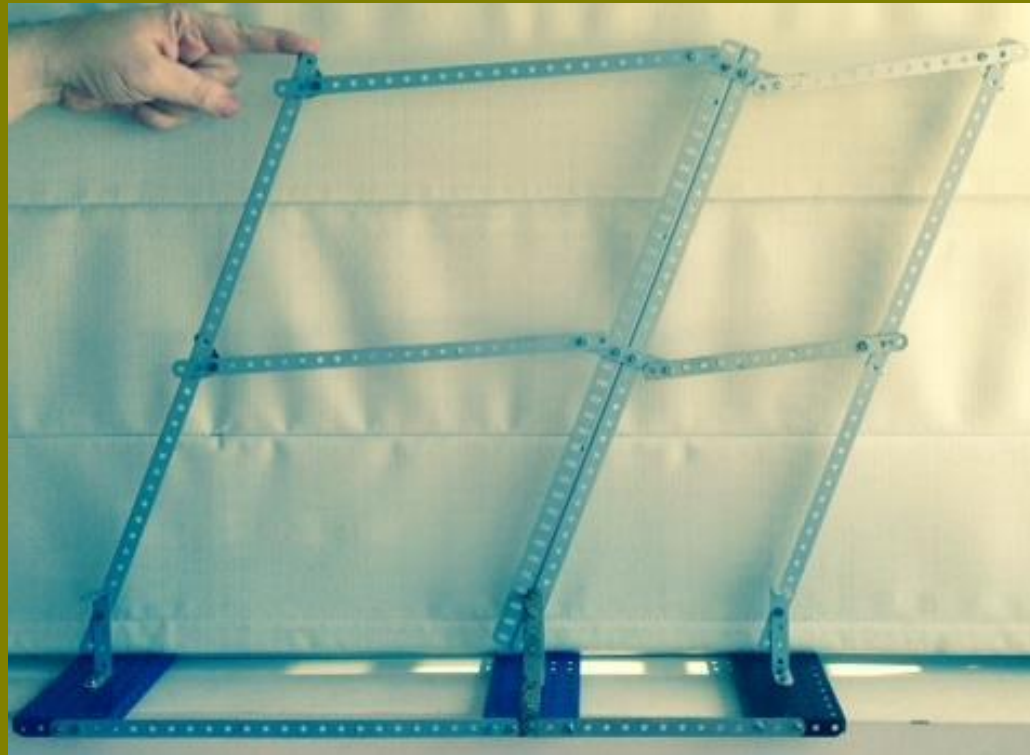


MECANISMO DE PLASTIFICACIÓN



Plano Estructural sin deformar

Pórtico



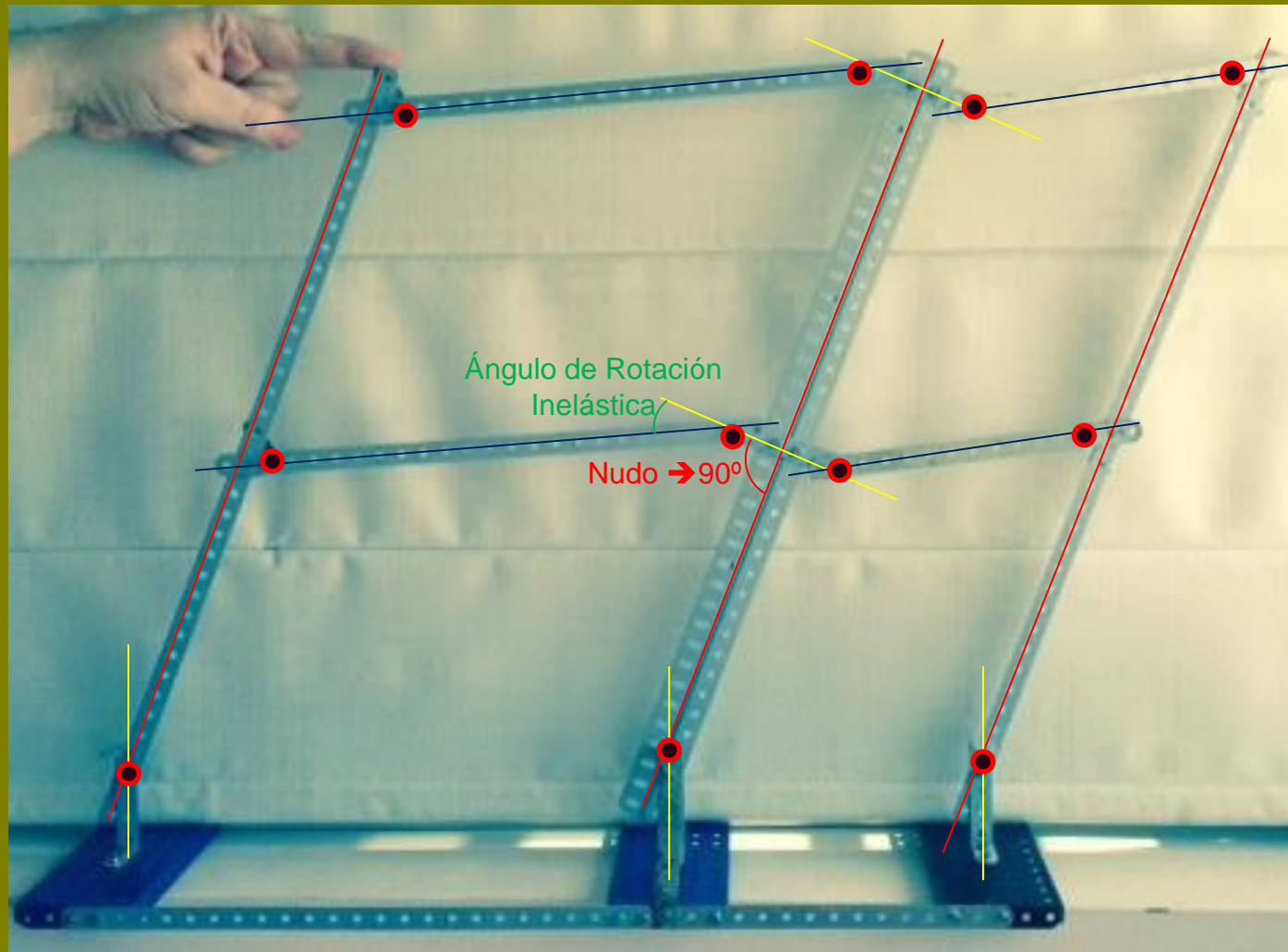
Plano Estructural deformado

MECANISMO DE PLASTIFICACIÓN

Rótula Plástica



- Puntos de **Disipación** de Energía
- Protección de fallas **Frágiles**
- Factores de Comportamiento **R** y **Cd** (Tabla 5.1-IC 103)
- Dependen del **Tipo Estructural**



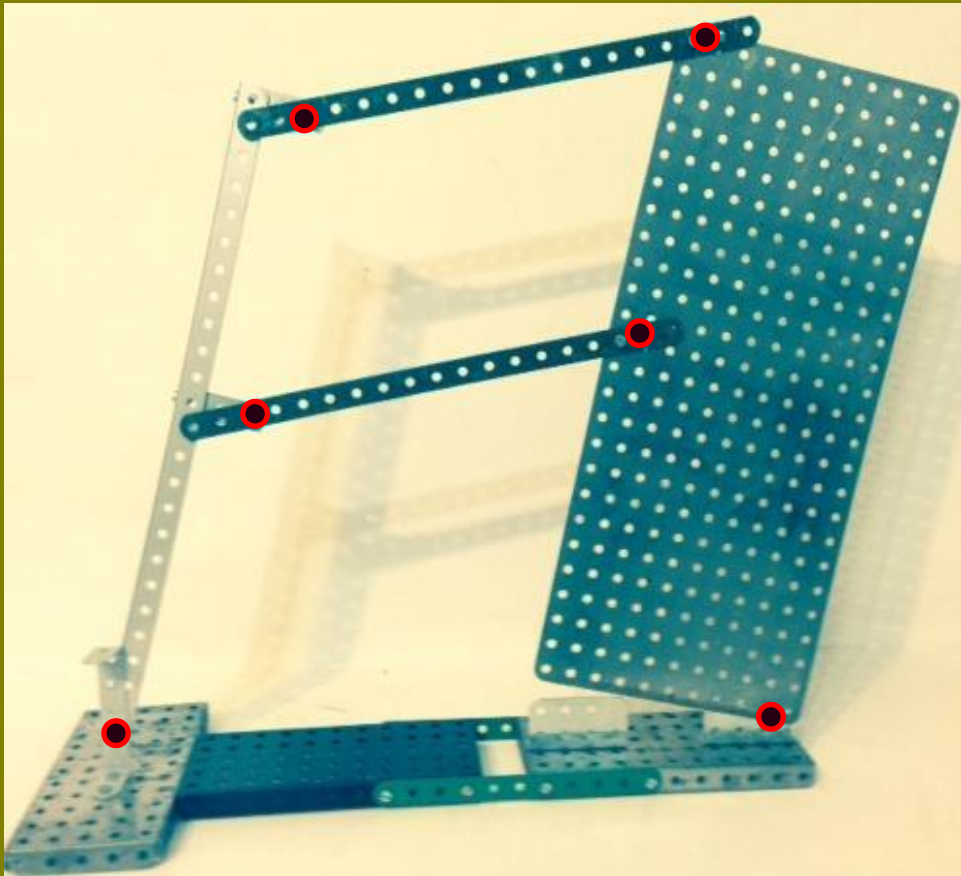
Estructura móvil → Mecanismo de Plastificación

Nº rótulas = 11

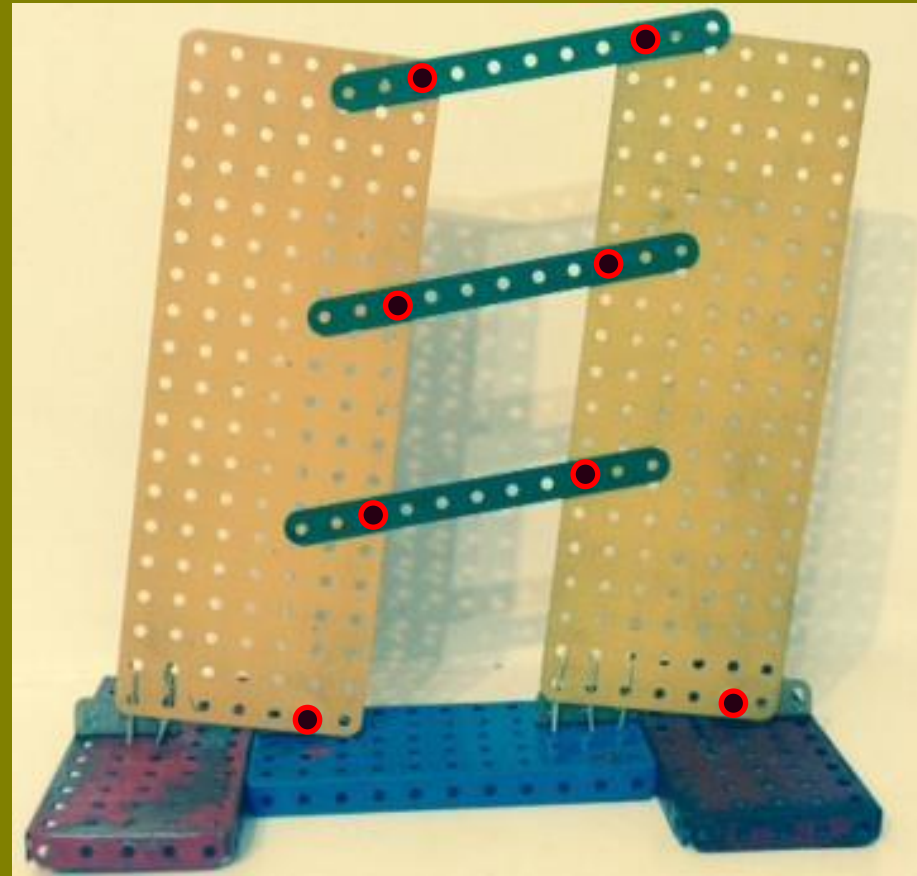
R = 7

Cd = 5,5

MECANISMO DE PLASTIFICACIÓN



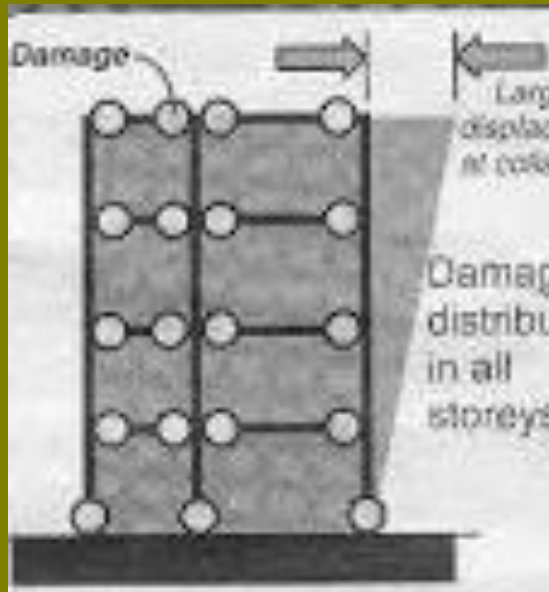
Mecanismo de Plastificación
Estructura Dual: Pórtico – Tabique
 N° rótulas = 6 $R = 6$ $Cd = 5$



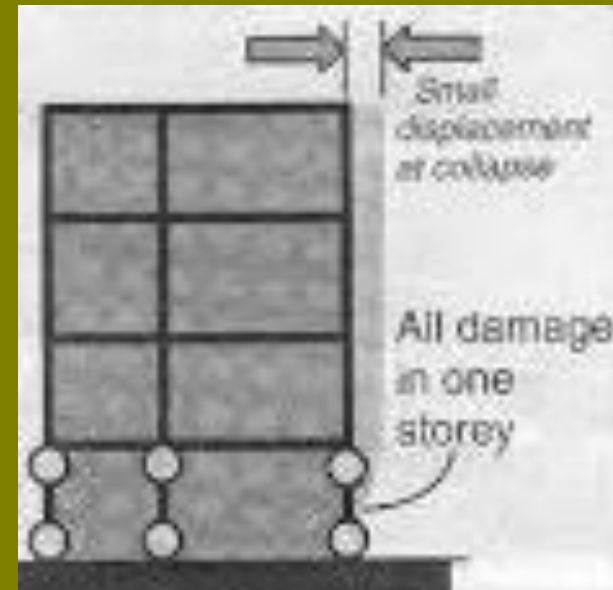
Mecanismo de Plastificación
Tabique Acoplado con vigas
 N° rótulas = 8 $R = 5 \text{ a } 7$ $Cd = R$

MECANISMO DE PLASTIFICACIÓN

- Puntos de **Disipación** de Energía
- Protección de fallas **Frágiles**
- Rótulas estables (histéresis)
- Evitar mecanismos de piso (piso débil)



Viga débil – Columna Fuerte
Daño distribuido



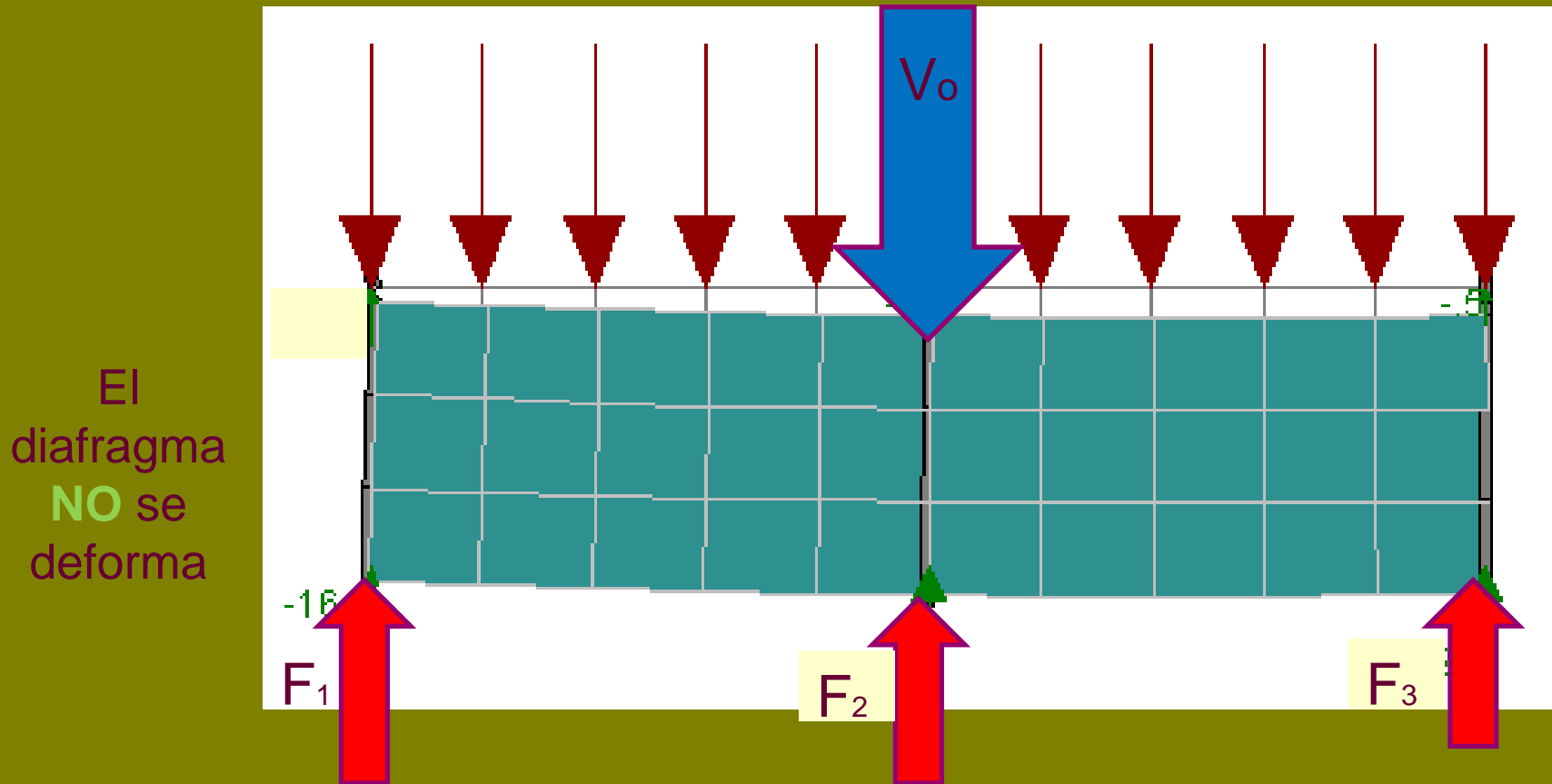
Mecanismo de Piso
Daño concentrado

DISEÑO SÍSMICO CONVENCIONAL

DISEÑO SÍSMICO CONVENCIONAL

- Prop. dinámicas del edificio
 - Espectro Elástico y Reducción
 - Coeficiente Sísmico (Riesgo)
 - Corte Sísmico Basal
 - Distrib. de Fuerzas en altura
 - Deformabilidad de Diafragmas
 - Distribución en planta:
 - Diafragma rígido
 - Diafragma flexible
 - Control de distorsión
- Período
 - Códigos. Ductilidad Destino del Edificio
 - $V = C.W$
 - $F_{si} = V \cdot [m_i \cdot h_i / \sum (m_i \cdot h_i)]$
 - Rígidos o flexibles:
 - Rígidos: Dimensiones, agujeros, esquinas
 - Corte + Torsión [Torsión baja → por áreas elementos]
 - Corte sin Torsión [Por área tributaria]
 - Deformaciones últimas → C_d

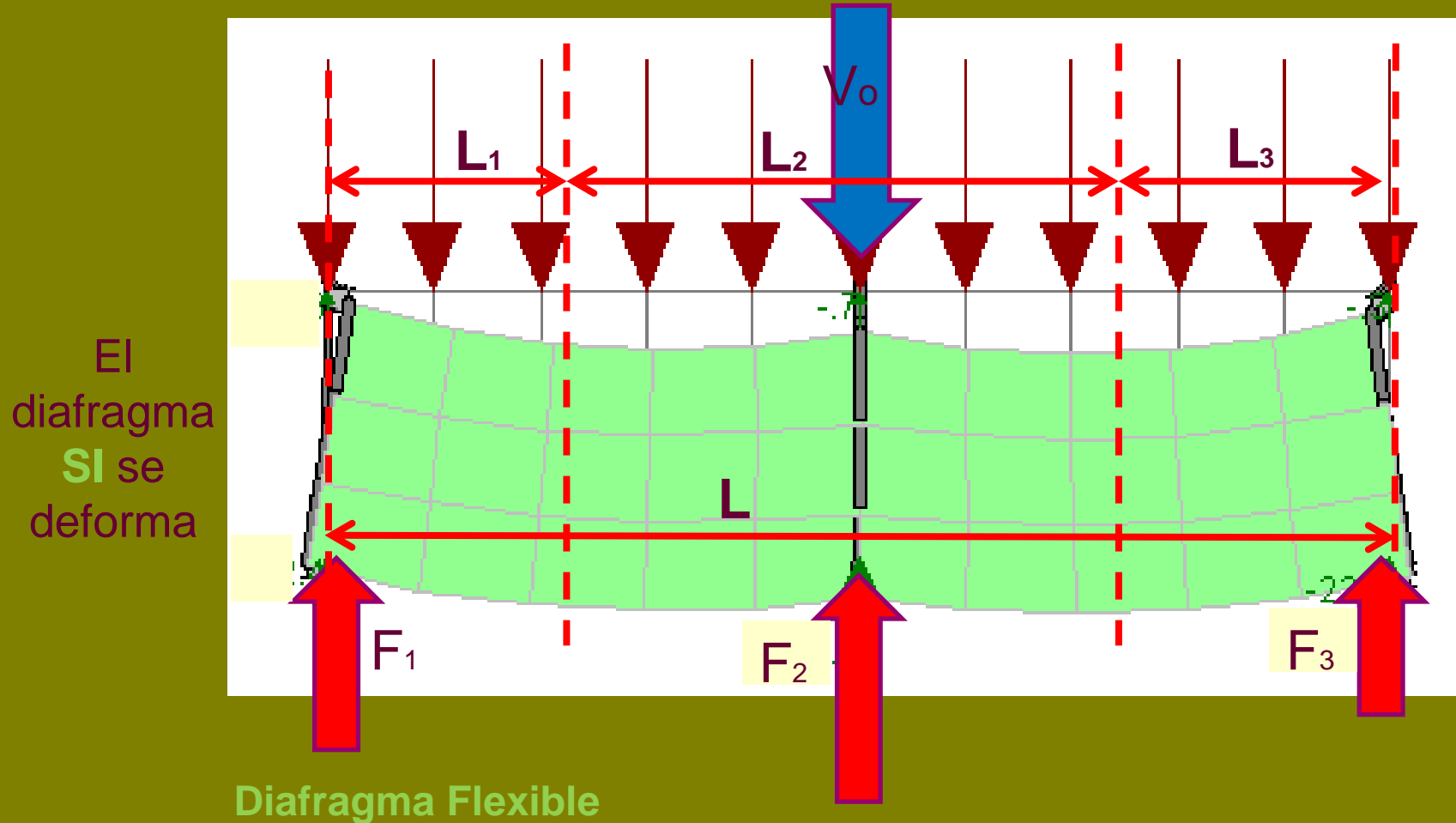
DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS EN PLANTA



Diafragma Rígido

- | | | |
|----------------------|---|--|
| 1.General | → | Distribución de Fuerzas por Rigidez Relativa |
| 2.Si Exc.< 5% | → | Distribución Simplificada por Áreas de los elementos (métodos gráficos) |
| Transversales | | |

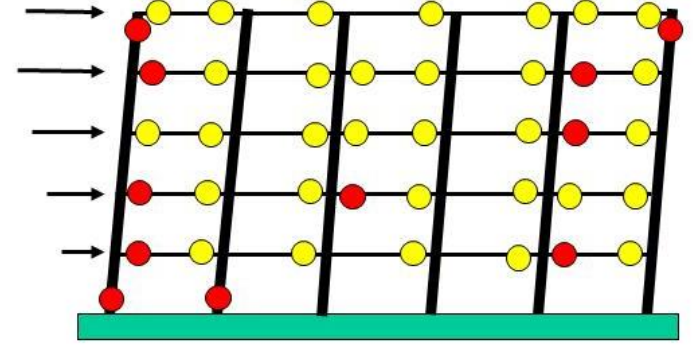
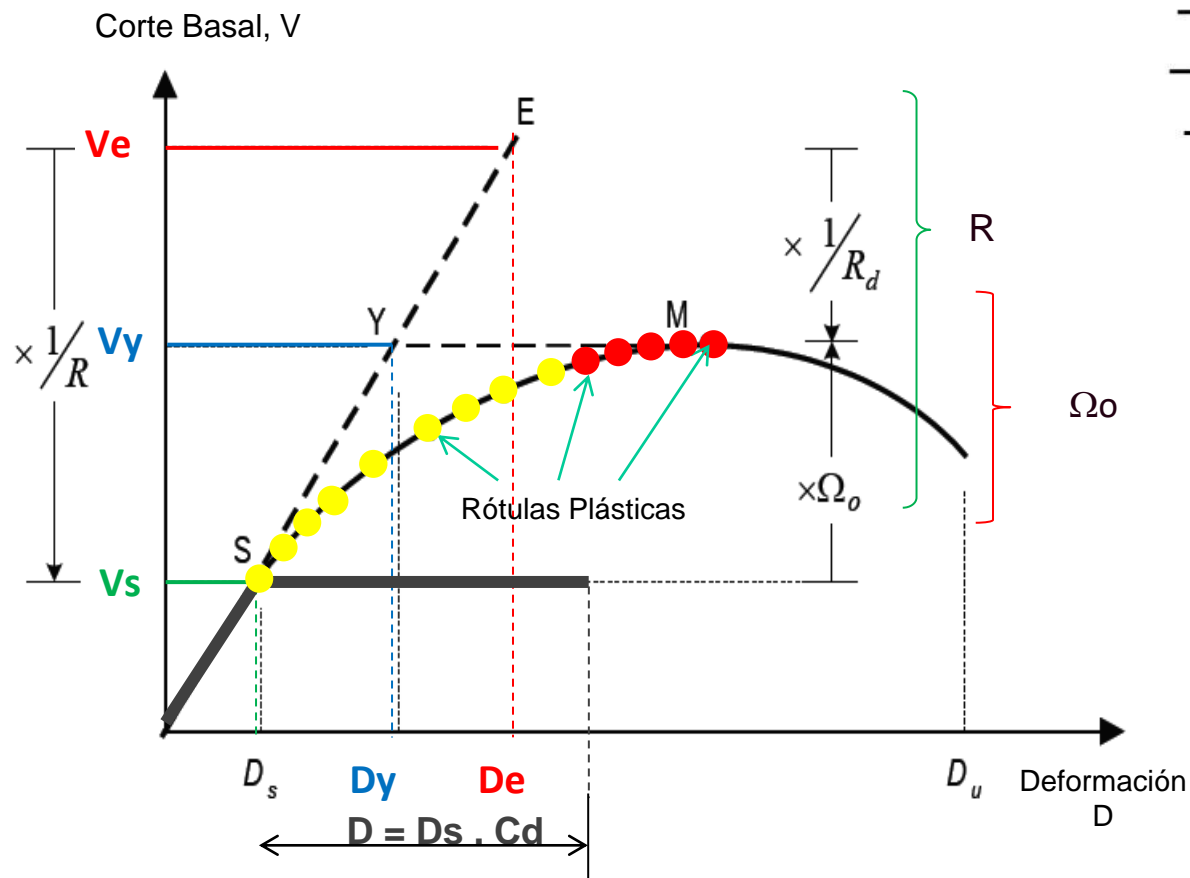
DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS EN PLANTA



Distribución de Fuerzas Sísmicas por Área o Ancho Tributario

$$F_1 = (L_1/L) V_o ; \quad F_2 = (L_2/L) V_o ; \quad F_3 = (L_3/L) V_o$$

FACTORES DE COMPORTAMIENTO



Reducción por sobrerresistencia (Ω_o)

- Reducción por Sistema Estructural
- Reducción por Materiales
- Reducción por Diseño
- Tensiones reales material
- Endurecimiento post-fluencia
- Factores de reducción ϕ
- Componentes unificados
- Cuantías mínimas

V_e = Corte elástico (Respuesta Elástica)

V_y = Corte de Capacidad (Totalmente Plastificada-Mecanismo))

V_s = Corte de diseño (Reglamento)

D_e = Deformación elástica

$D_{(cd)}$ = Deformación plástica del Sistema

D_s = Deformación p/Corte de Diseño (Reglamento)

FACTORES DE COMPORTAMIENTO

R_d = Factor de Reducción por Ductilidad

Ω_o = Factor de Reducción por Sobrerresistencia

R = Factor de Reducción global

C_d = Factor de Amplificación de desplazamientos

CONTROL DE DEFORMACIONES

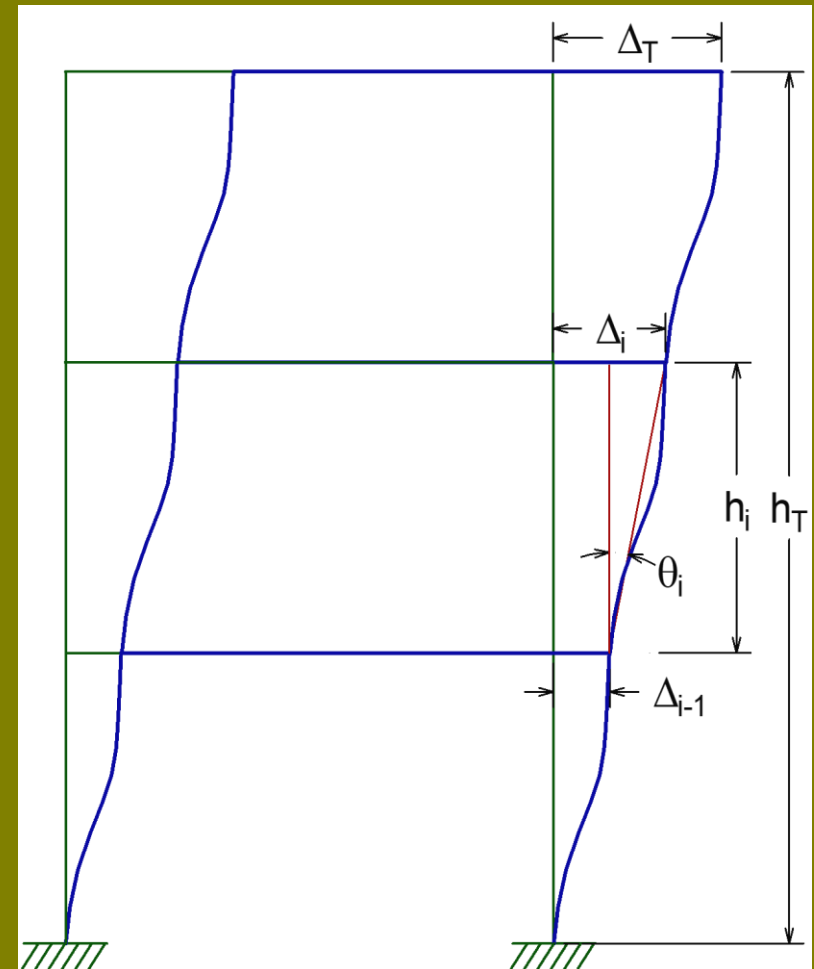
En el diseño sismorresistente nos interesan particularmente los desplazamientos laterales y la distorsión de piso:

$$\theta_i = \frac{(\Delta_{di} - \Delta_{di-1})}{h_i} \leq \theta_{\text{lim}}$$

El reglamento INPRES-CIRSOC 103 establece los valores de θ_{lim} para distintos casos.

Tabla 6.4. Valores límite de la distorsión horizontal de piso θ_{sk}

Condición	Grupo de la construcción	
	A _o o A	B
D	0,01	0,015
ND	0,015	0,025



PARA COLUMNAS DE HORMIGÓN ARMADO

Predimensionado

Datos a ingresar

A_T [m²] = Área tributaria de la columna

f'_c [Mpa] = Resistencia especificada del hormigón

$$A_g \text{ [m}^2\text{]} = A_T / 40 \cdot f'_c$$

INPRES CIRSOC 103. Parte I. Método Estático Equivalente

Predimensionado

$$V_o = C \cdot W$$

1. **A.M.E.N.** (Área Mínima Estructura Necesaria) = $V_o / v = [m^2]$
2. Distribución en Planta. Mínima excentricidad

Tensiones de corte de referencia

v = tensión de corte según tipo estructural $[t/m^2]$

- Tabique de H⁰ A⁰ = 100
- Pórtico de H⁰ A⁰ = 60
- Pórtico de Acero = 3000
- Mampostería = 30

Predimensionado

2. Distribución en Planta. Mínima excentricidad

Representación gráfica en cad. Áreas equivalentes de H^0 A^0 (rectángulos)

“Centro de Rigidez” **estimado**, determinar baricentro de áreas estructurales de elementos.

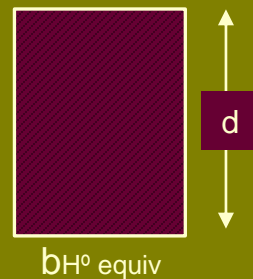
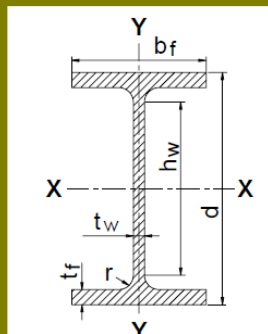
Para materiales diferentes, se transforman en elementos de Hormigón equivalentes.

Las secciones ficticias se obtienen con dos reglas: para triangulaciones y para pórticos

Anchos equivalente de H^0 (para dibujar en CAD)

Pórtico de Acero

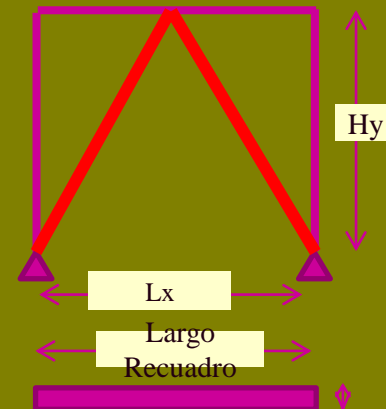
$$b_{H^0 \text{ equiv}} = 45 \cdot t_w$$



Columnas de Pórticos

Triangulación de H^0 ó Acero

$$b_{H^0 \text{ equiv}} \text{ s/planilla}$$



Espesor
equivalente



FIN

DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS

PARTE CUATRO

Ing E. Daniel Quiroga