

Los Eurocódigos Estructurales

Jornada informativa

EN 1998: Proyecto de estructuras sismorresistentes

8 de Junio de 2022

Amadeo Benavent Climent

Catedrático de Estructuras- Universidad Politécnica de Madrid

Presidente del SC-8



Nuevo EN1998: **EVOLUCIÓN** con cambios importantes:

- Se **reorganizan los contenidos**
- Redefinición de la **acción sísmica**, de la caracterización del suelo, de la ductilidad y de las clases de ductilidad
- Se incluyen nuevos modelos de resistencia y deformación plástica que incorporan **resultados de la abundantemente investigación numérica y sobre todo experimental** desarrollada en las últimas décadas
- Se incluyen **sistemas sismorresistentes innovadores** no contemplados en la norma actual (estructuras con disipadores de energía) y se completan otros (estructuras con forjados reticulares)
- Se **impusan los métodos basados en el desplazamiento** y se incorporan los **métodos basados en el balance energético** de Housner-Akiyama

Contenidos:

- Se concentra en parte EN1998-1-1 todo lo que es general (definición acción sísmica, métodos de cálculo...).



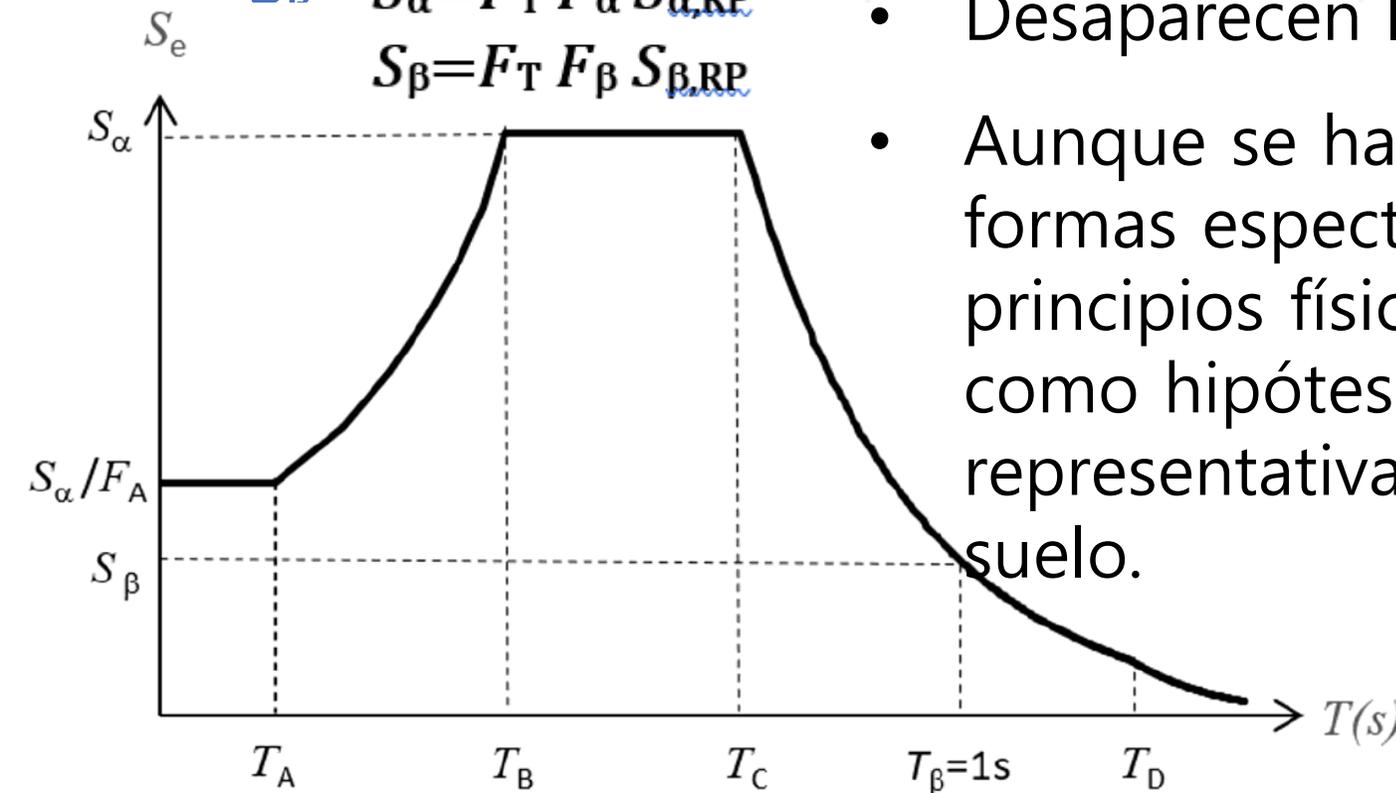
DEFINICION DE LA ACCIÓN SÍSMICA

- Se abandona la aceleración máxima del suelo como parámetro central para definir la peligrosidad sísmica → ACCELERACIONES ESPECTRALES S_α ,

$$S_\alpha = F_T F_\alpha S_{\alpha,RP}$$

$$S_\beta = F_T F_\beta S_{\beta,RP}$$

- Desaparecen los espectros Tipo 1 y 2
- Aunque se ha hecho un esfuerzo para que las formas espectrales estén basadas en principios físicos, éstas deben entenderse como hipótesis de carga y NO como representativas de movimientos reales del suelo.



$$\eta = \sqrt{\left(10 + \frac{T_C(\xi - 5)}{T_C + 30(T - T_A)}\right) / (5 + \xi)} \quad T \leq 4s$$

$$S_{\alpha} = F_T F_{\alpha} S_{\alpha,RP}$$

$$S_{\beta} = F_T F_{\beta} S_{\beta,RP}$$

RP: periodo de retorno asociado a CC y LS considerado.

(Ejemplo: para puente CC3-a verificado para NC RP=2500 años)

- $S_{\alpha,RP}$ y $S_{\beta,RP}$ se obtienen de mapas de sismicidad para un determinado RP

- o aplicando:

$$S_{\alpha,RP} = \gamma_{SD,CC} S_{\alpha,Ref}$$

$$S_{\beta,RP} = \gamma_{SD,CC} S_{\beta,Ref}$$

($\gamma_{SD,CC} = 1,8$ para el ejemplo anterior)

$S_{\alpha,Ref} = S_{\alpha,475}$ en la mayoría de países

Periodos de retorno:

	CC1	CC2	CC3-a	CC3-b
NC	800	1600	2500	5000
SD	250	475	800	1600
DL	50	60	100	200

$\gamma_{SD,CC}$

NC	1,2	1,5	1,8	2,2
SD	0,8	1,0	1,25	1,5
DL	0,5	0,5	0,6	0,7

CARACTERIZACION DEL SUELO

Table 5.1 — Standard site categorisation

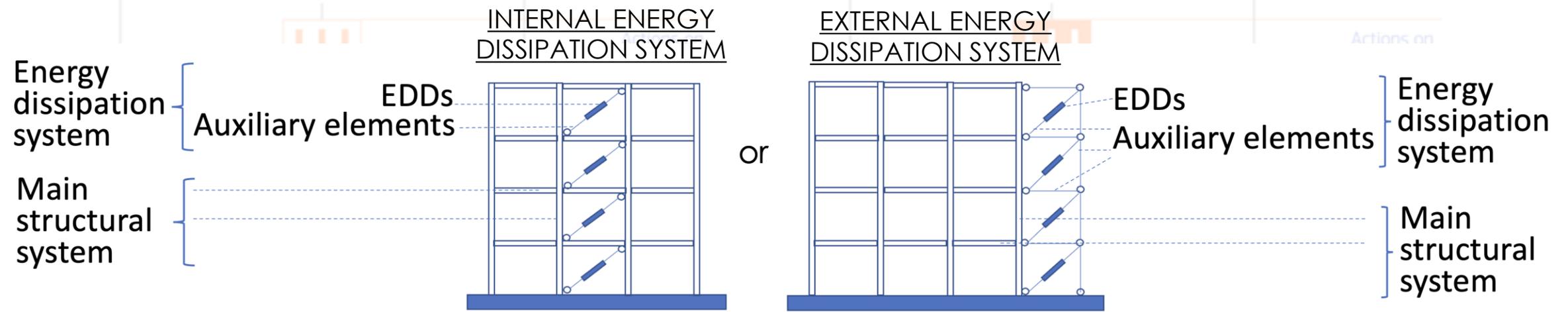
Depth class	Ground class	stiff	medium stiffness	soft
	$v_{s,H}$ range H_{800} range	400 - 800 m/s	250 -400 m/s	150 -250 m/s
very shallow	$H_{800} \leq 5$ m	A	A	E
shallow	5 m < $H_{800} \leq 30$ m	B	E	E
intermediate	$30 < H_{800} \leq 100$ m	B	C	D
deep	$H_{800} > 100$ m	B	F	F

Table 5.4 — Site amplification factors F_α and F_β for the standard site categories

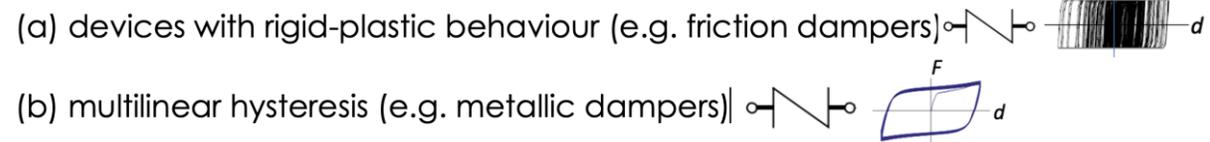
Site category	F_α		F_β	
	H_{800} and $v_{s,H}$ available	Default value	H_{800} and $v_{s,H}$ available	Default value
A	1,0	1,0	1,0	1,0
B	$\left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0.40} r_\alpha$	1, 3 (1 - 0, 1 $S_{\alpha,RP}/g$)	$\left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0.70} r_\beta$	1, 6 (1 - 0, 2 $S_{\beta,RP}/g$)
C		1, 6 (1 - 0, 2 $S_{\alpha,RP}/g$)		2, 3 (1 - 0, 3 $S_{\beta,RP}/g$)
D		1, 8 (1 - 0, 3 $S_{\alpha,RP}/g$)		3, 2 (1 - $S_{\beta,RP}/g$)
E	$\left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0.40} r_\alpha \frac{H}{30} \left(4 - \frac{H}{10}\right)$	2, 2 (1 - 0, 5 $S_{\alpha,RP}/g$)	$\left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0.70} r_\beta \frac{H}{30}$	3, 2 (1 - $S_{\beta,RP}/g$)
F	$0,90 \left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0.40} r_\alpha$	1, 7 (1 - 0, 3 $S_{\alpha,RP}/g$)	$1,25 \cdot \left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0.70} r_\beta$	4, 0 (1 - $S_{\beta,RP}/g$)
with $r_\alpha = 1 - \frac{S_{\alpha,RP}/g}{v_{s,H}/150}$ and $r_\beta = 1 - \frac{S_{\beta,RP}/g}{v_{s,H}/150}$				

- H_{800} profundidad roca ($v_s \geq 800$ m/s);
- Si H_{800} o $v_{s,H}$ no se conocen se puede emplear Anejo B

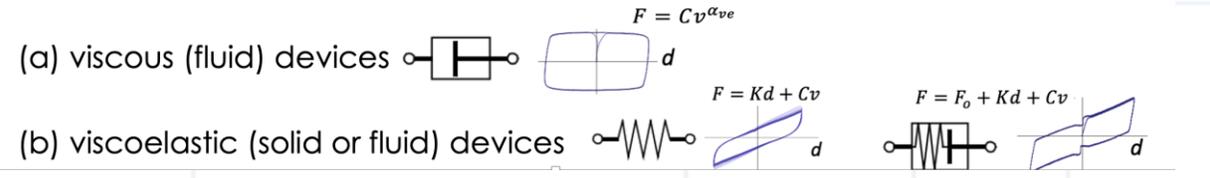
ESTRUCTURAS CON DISIPADORES DE ENERGÍA



➤ **Displacement-Dependent Devices with response controlled only by displacements**



➤ **Velocity-Dependent Devices with response influenced by velocity**



METODOS TRADICIONALES DE CALCULO BASADOS EN FUERZAS

- Nuevos valores de q que ahora es $q = q_S q_R q_D$
- Cambian las clases de ductilidad: DCL, DCM, DCH → DC1, DC2, DC3
- Desaparece el criterio $\sum M_c / \sum M_b \geq 1.3$ en pórticos y se sustituye por:

$$q_S q_R V_{\text{tot}} (q - q_S) d_{e,\text{top}} \leq 2 \sum_{i=1}^{i=n} M_{\text{Rd},c,i} (N_{\text{Ed}}) \times \theta_u^{\text{pl}}$$

METODOS DE CALCULO BASADOS EN DESPLAZAMIENTOS

- Estado límite SD

- E_d se obtiene del análisis con el método del empuje incremental **corregido** por irregularidades en altura,, torsión y efecto bidireccionales del sismo
- R_d calculado con **nuevos modelos de deformación última** o en desplazamientos de un SDOF equivalente

$$E_d \leq R_d$$

METODOS DE CALCULO BASADOS EN BALANCE ENERGÉTICO

Se han incorporado de momento sólo para estructuras con disipadores de energía.

$$E_{pH,k,SD} \geq E_{pH,k,max}$$

$E_{pH,k,max}$

$$E_{H,k} = \frac{s_k(p_k p_{t,k})^{-n}}{\sum_{j=1}^N s_j(p_j p_{t,j})^{-n}} \left[\frac{1}{2} M \left(\frac{T_{s1}}{2\pi} S_e(T_{s1}, 5\%) \eta(T_{s1}, \xi_1) \right)^2 - \sum_{j=1}^N (\alpha_j \bar{m}_j M g d_{py,j} / 2) \right]$$

$$s_k = \left\{ \bar{m}_k + \frac{2T_1}{1+3T_1} (\sqrt{\bar{m}_k} - \bar{m}_k^2) \right\}^2 \frac{d_{py,k}(V_{py,1} + V_{dy,1})}{d_{py,1}(V_{py,k} + V_{dy,k})}$$

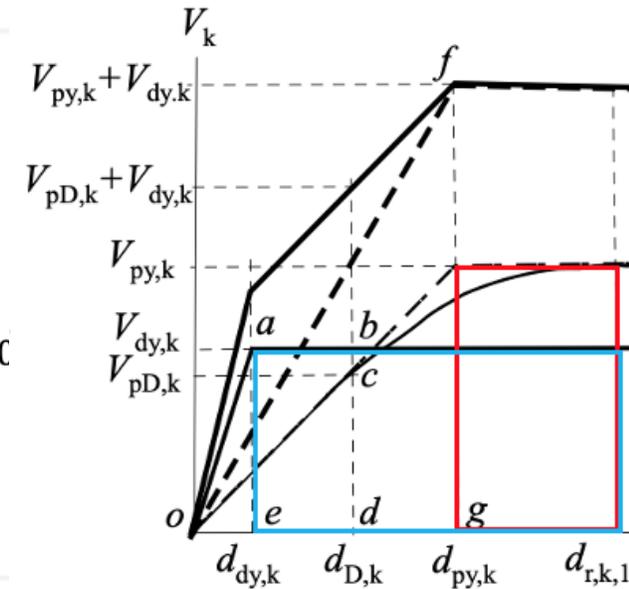
$$p_k = \frac{(V_{py,k} + V_{dy,k})}{(V_{py,1} + V_{dy,1})} \left\{ \bar{m}_k + \frac{2T_1}{1+3T_1} (\sqrt{\bar{m}_k} - \bar{m}_k^2) \right\}^{-1}$$

$$p_{t,k} = \begin{cases} 1,0 & \text{for } (e_{0x}/r_x) < 0,15 \\ 1,15 - \frac{e_{0x}}{r_x} & \text{for } 0,15 < (e_{0x}/r_x) < 0,30 \\ 0,85 & \text{for } (e_{0x}/r_x) > 0,30 \end{cases}$$

$$E_{pH,k,max} = E_{H,k} \left[\frac{V_{py,k}(d_{r,k,1} - d_{py,k})}{V_{py,k}(d_{r,k,1} - d_{py,k}) + V_{dy,k}(d_{r,k,1} - d_{dy,k})} \right]$$

distance between center of mass and center of stiffness

$$\sqrt{\frac{K_{torsion}}{K_{lateral}}}$$



$E_{pH,k,SD}$

Se determina a partir de la respuesta de los elementos estructurales bajo cargas cíclicas obtenida de ensayos, o con los modelos de resistencia y deformación del EN 1998 1-1 (capítulo 7)

Muchas gracias por su atención

Los Eurocódigos Estructurales

Jornada informativa

EN 1998: Proyecto de estructuras sismorresistentes

8 de Junio de 2022

Amadeo Benavent Climent

Catedrático de Estructuras- Universidad Politécnica de Madrid

Presidente del SC-8

