



# tema 21

## ELEMENTOS DE CONTENCIÓN

**Luis Bañón Blázquez**  
Profesor Colaborador  
DICOPIU



# OBJETIVOS

- ▶ Realizar una **clasificación tipológica y funcional** de este tipo de elementos
- ▶ Estudiar las diferentes **acciones** que actúan con más frecuencia en estructuras de contención
- ▶ Establecer **criterios de predimensionamiento** y una **estrategia** para su cálculo
- ▶ Desarrollar los **métodos de cálculo** existentes para estructuras de contención
- ▶ Definir algunos **detalles constructivos** habituales en este tipo de estructuras

# CONTENIDOS

1. Elementos principales
2. Clasificación funcional
3. Acciones a considerar
4. Criterios de predimensionamiento
5. Cálculo de muros
6. Disposiciones constructivas

# 1. ELEMENTOS PRINCIPALES

## ▶ Alzado

Elemento vertical que recibe de forma directa la sobrecarga de tierras

▶ **Trasdós:** Cara a tierras

▶ **Intradós:** Cara vista

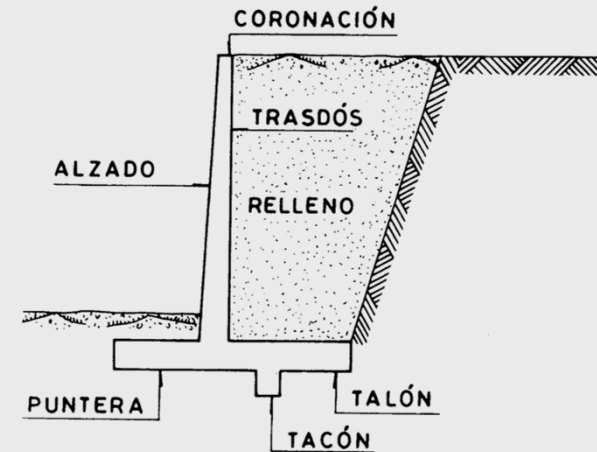
## ▶ Cimiento

Elemento horizontal que transmite adecuadamente las cargas del alzado al terreno que le da soporte

▶ **Puntera:** Zona volada hacia el intradós

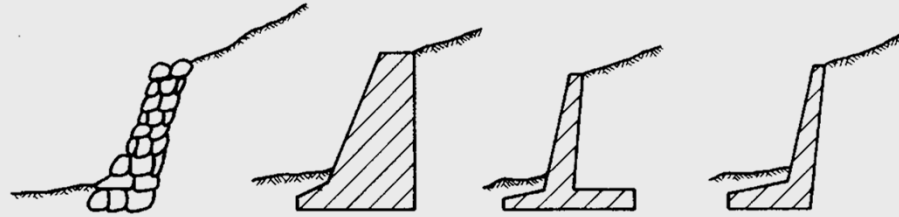
▶ **Talón:** Zona volada hacia el trasdós

▶ **Tacón:** Elemento vertical para mejorar la resistencia a deslizamiento

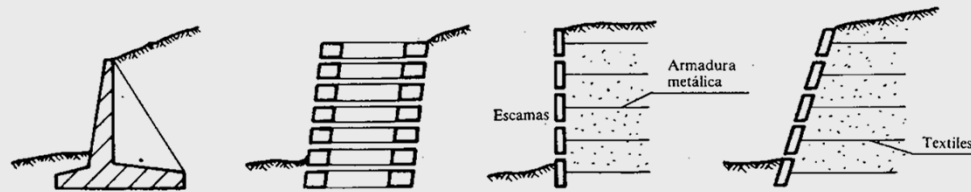


## 2. CLASIFICACIÓN FUNCIONAL

### RÍGIDOS

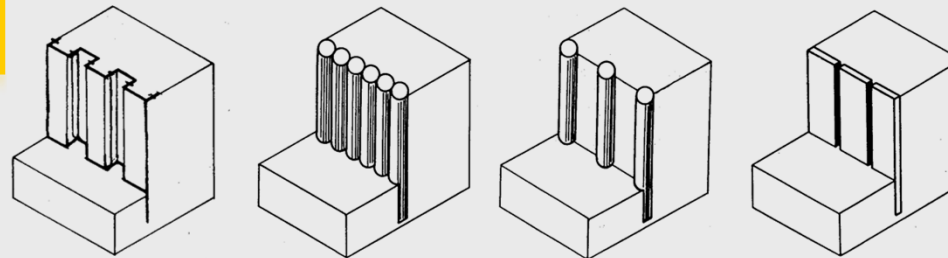


a) Mampostería    b) Hormigón en masa    c) Ménsula en T    d) Ménsula en L



e) Contrafuertes    f) Muro jaula    g) Tierra armada    h) Suelo reforzado

### FLEXIBLES



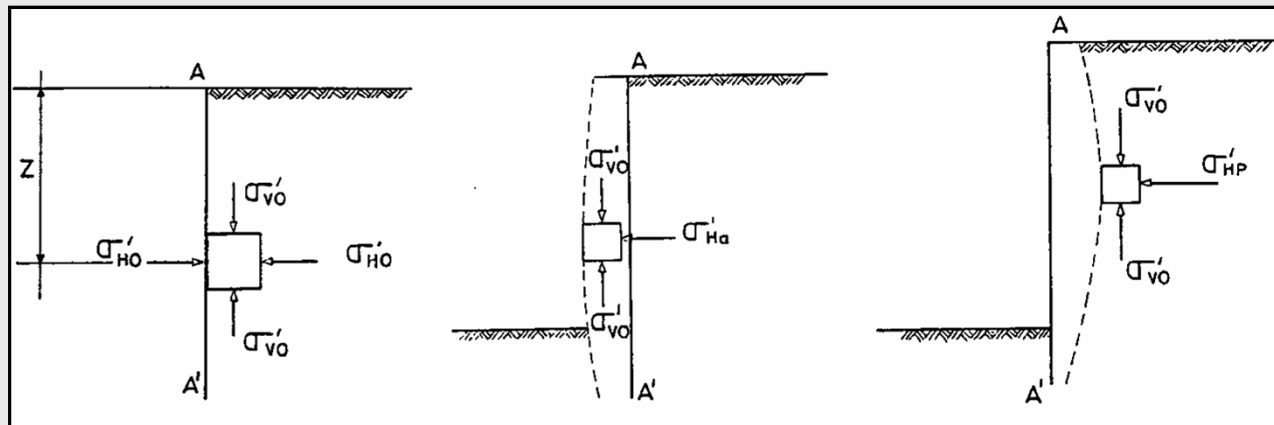
a) Tablestacas    b) Pilotes continuos    c) Pilotes discontinuos    d) Pantallas

## 3. ACCIONES A CONSIDERAR

- ▶ Acciones **estáticas**:
  - ▶ Peso propio
  - ▶ **Empuje del terreno**
  - ▶ **Empuje hidrostático** (agua freática o libre)
  - ▶ **Sobrecargas** sobre el terreno
  
- ▶ Acciones **dinámicas**:
  - ▶ Acción sísmica
  - ▶ Flujo de agua en el terreno → **sifonamiento**
  - ▶ Vibraciones, impactos (raramente)

# 3. ACCIONES A CONSIDERAR

- ▶ Clases de **empuje del terreno**:
  - ▶ **Inicial** o al reposo  $\rightarrow \sigma'_{H0} = K_0 \cdot \sigma'_{v0}$
  - ▶ **Activo**  $\rightarrow \sigma'_{Ha} = K_a \cdot \sigma'_{v0}$
  - ▶ **Pasivo**  $\rightarrow \sigma'_{Hp} = K_p \cdot \sigma'_{v0}$



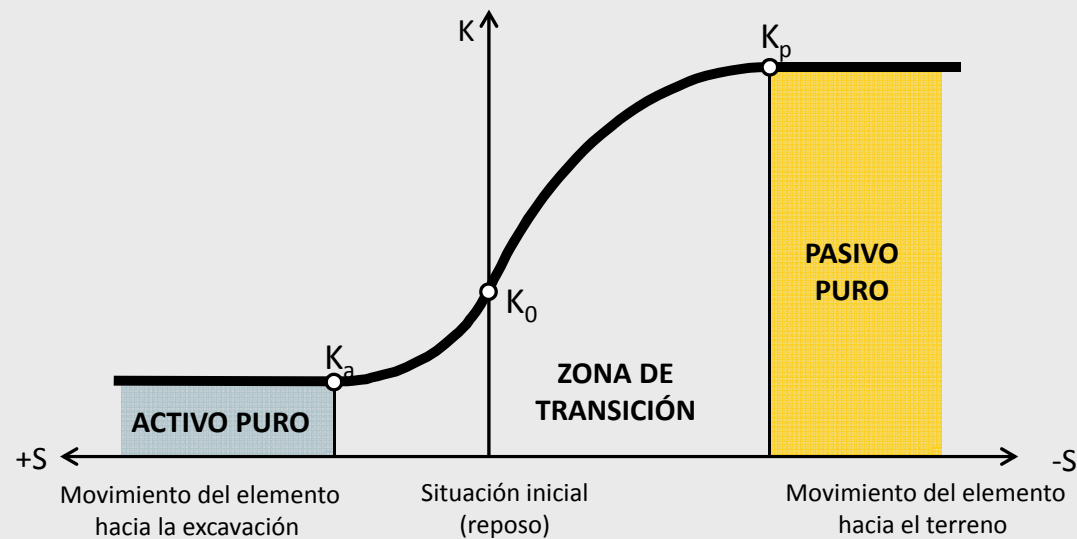
a) Empuje inicial o al reposo

b) Empuje activo

c) Empuje pasivo

## 3. ACCIONES A CONSIDERAR

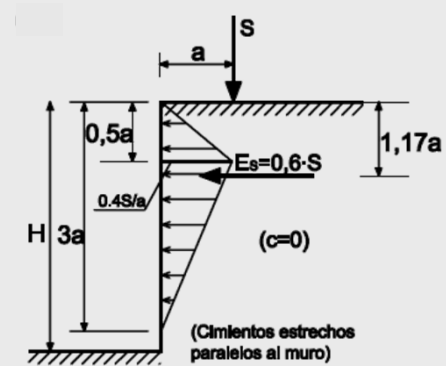
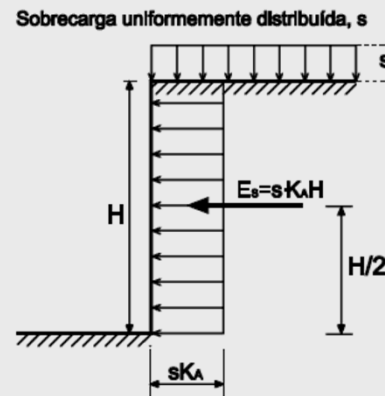
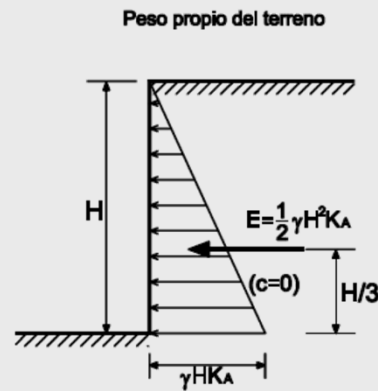
- ▶ Valores del **coeficiente de empuje K** (Rankine):
  - ▶ Inicial o **al reposo**  $\rightarrow K_0 = 1 + \operatorname{sen} \varphi$
  - ▶ **Activo**  $\rightarrow K_a = \tan^2 (45 - \varphi/2) = (1 - \operatorname{sen} \varphi) / (1 + \operatorname{sen} \varphi)$
  - ▶ **Pasivo**  $\rightarrow K_p = \tan^2 (45 + \varphi/2) = (1 + \operatorname{sen} \varphi) / (1 - \operatorname{sen} \varphi)$



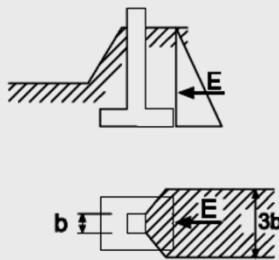


# 3. ACCIONES A CONSIDERAR

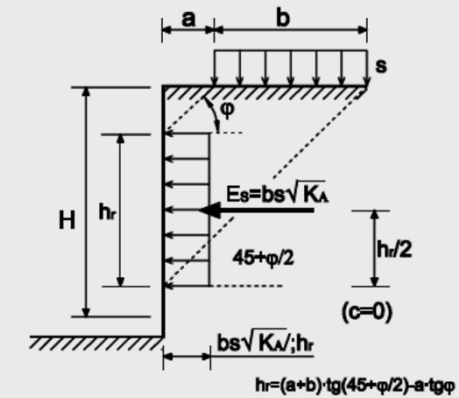
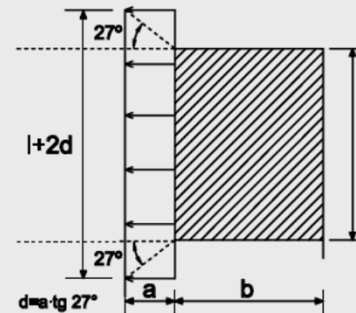
- ▶ Leyes de **empuje del terreno**: [Fig. 6.8 CTE DB SE-C]



**Empuje del terreno sobre elementos aislados**

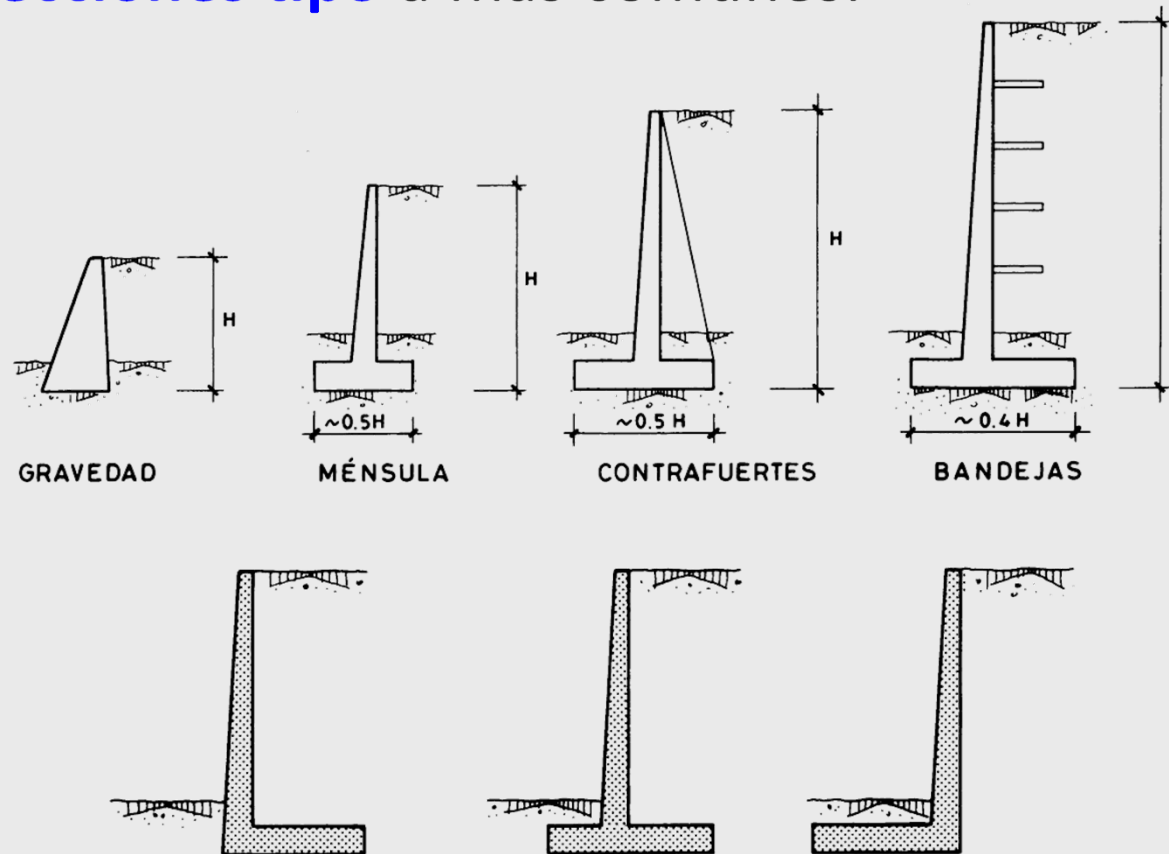


**Distribución en planta si la sobrecarga es de longitud l**



# 4. PREDIMENSIONAMIENTO

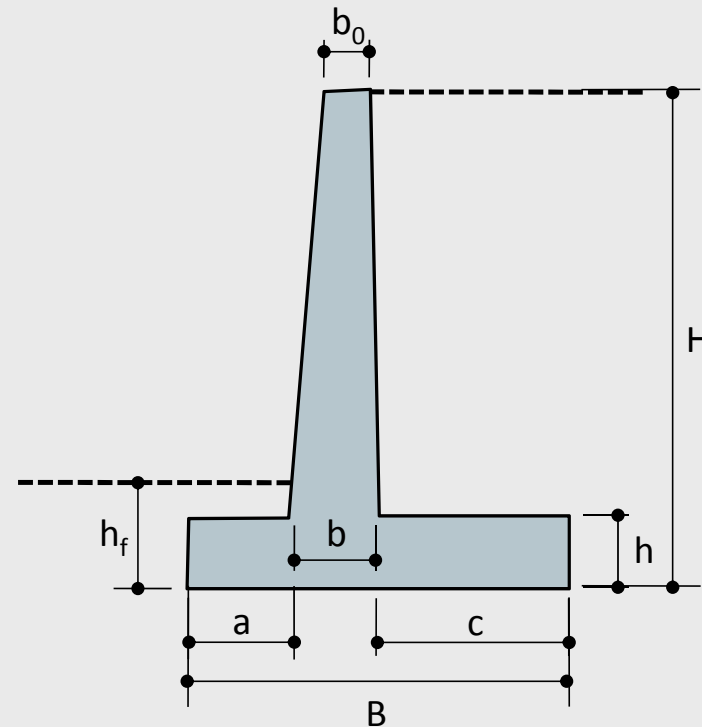
► **Secciones tipo** a más comunes:



# 4. PREDIMENSIONAMIENTO

► **Sección recomendable** para predimensionamiento de muros ménsula:

- $B \approx 0,45 \cdot H - 0,60 \cdot H$
- $a \approx 0,25 \cdot B - 0,30 \cdot B$
- $b = H/10 (\approx h)$
- $b_0 \geq 25 \text{ cm}$
- $c \approx 1,5 \cdot a$
- $h \geq a/2 > 50 \text{ cm}$
- $h_f \geq 1 \text{ m}$

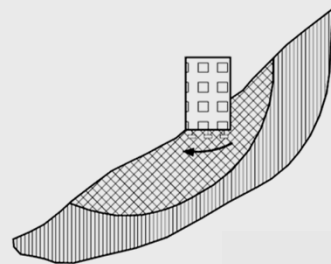


## 5. CÁLCULO DE MUROS

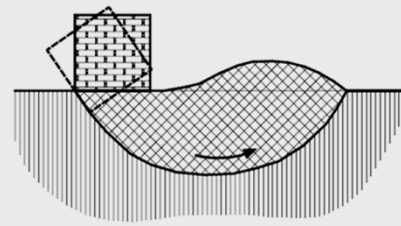
- ▶ Verificación de la **estabilidad del muro**:
  - ▶ Se considera el **peso propio** del muro
  - ▶ Acciones en **valor característico (sin mayorar)**
  - ▶ Coeficientes parciales de seguridad:
    - ▶ **Específicos** según **Tabla 2.1** CTE DB SE-C Cimientos
    - ▶ Se aplican únicamente sobre la **resistencia del terreno**
- ▶ **Diseño estructural** del muro:
  - ▶ **No** se considera el **peso propio** del muro
  - ▶ Acciones con **valores de cálculo (tomar  $\gamma_E=1,5$ )**
  - ▶ Coeficientes parciales de seguridad **según EHE-08**

# 5. CÁLCULO DE MUROS

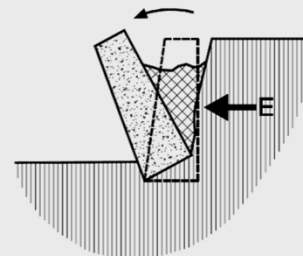
- ▶ Verificación de la **estabilidad del muro**: [CTE DB SE-C]
- ▶ Verificación de la **estabilidad global del terreno**:  
Métodos de equilibrio límite (*Geotecnia y Cimientos*)
- ▶ Comprobación a **hundimiento del terreno** (*ídem zapatas*)
- ▶ Comprobación a **vuelco** (*ídem zapatas*)
- ▶ Comprobación a **deslizamiento** (*ídem zapatas*)



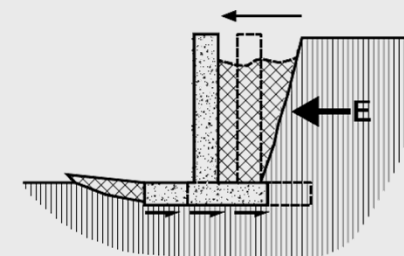
Estabilidad global



Hundimiento



Vuelco



Deslizamiento

# 5. CÁLCULO DE MUROS

► **Coeficientes parciales** de seguridad: [Tabla 2.1 CTE DB SE-C]

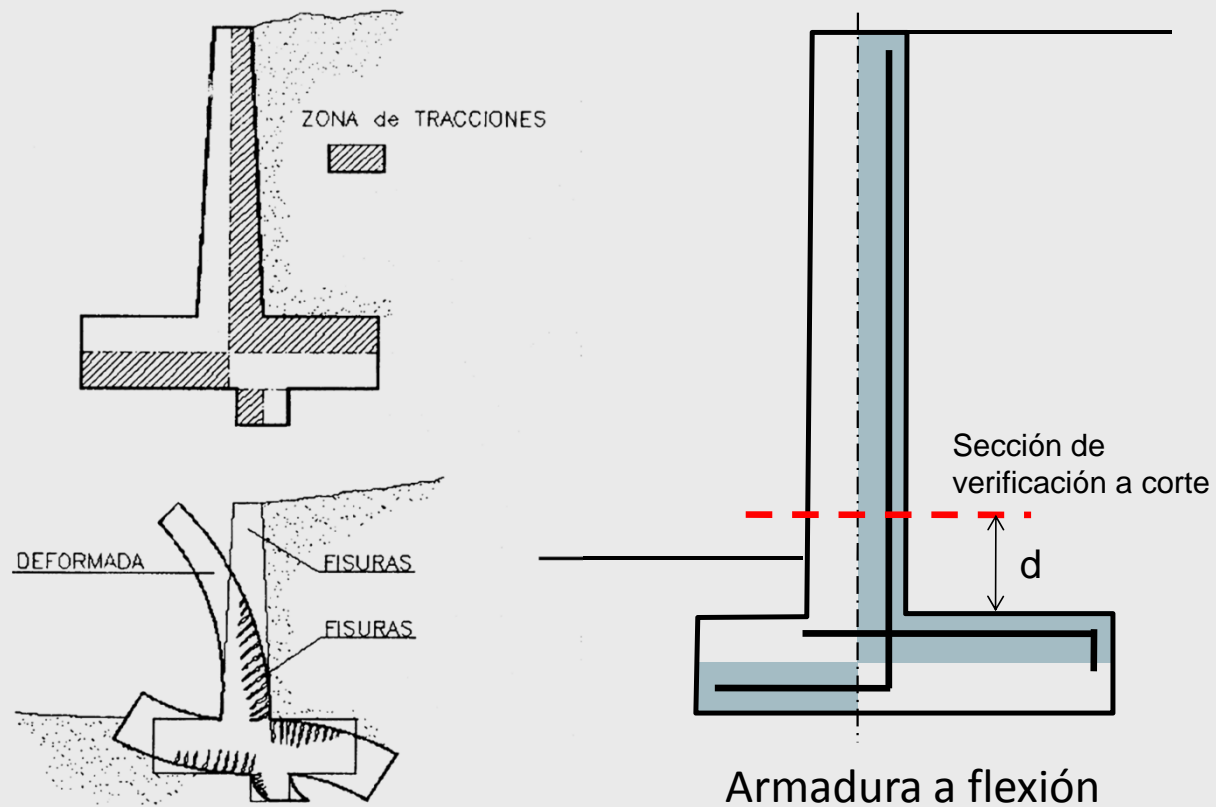
Situación de dimensionado	Tipo	Materiales		Acciones	
		$\gamma_R$	$\gamma_M$	$\gamma_E$	$\gamma_F$
Persistente o transitoria	Hundimiento	3,0 <sup>(1)</sup>	1,0	1,0	1,0
	Deslizamiento	1,5 <sup>(2)</sup>	1,0	1,0	1,0
	Vuelco <sup>(2)</sup>				
	Acciones estabilizadoras	1,0	1,0	0,9 <sup>(3)</sup>	1,0
	Acciones desestabilizadoras	1,0	1,0	1,8	1,0
	Estabilidad global	1,0	1,8	1,0	1,0
	Capacidad estructural	- <sup>(4)</sup>	- <sup>(4)</sup>	1,6 <sup>(5)</sup>	1,0
	Pilotes				
	Arrancamiento	3,5	1,0	1,0	1,0
	Rotura horizontal	3,5	1,0	1,0	1,0
	Pantallas				
	Estabilidad fondo excavación	1,0	2,5 <sup>(6)</sup>	1,0	1,0
Sifonamiento	1,0	2,0	1,0	1,0	
Rotación o traslación					
Equilibrio límite	1	1,0	0,6 <sup>(7)</sup>	1,0	
Modelo de Winkler	1	1,0	0,6 <sup>(7)</sup>	1,0	
Elementos finitos	1,0	1,5	1,0	1,0	

# 5. CÁLCULO DE MUROS

- ▶ **Diseño estructural** del muro:
  - ▶ Armado del **alzado**:
    - ▶ Armado a **flexión simple**
    - ▶ Verificación a **cortante sin armadura**
  - ▶ Armado del **cimiento**:
    - ▶ Armado de la **puntera**
    - ▶ Armado del **talón**
    - ▶ Armado del **tacón**
  - ▶ Verificación a **rasante en junta** de arranque del alzado
  - ▶ Disposición de **cuantías mínimas de armado**

# 5. CÁLCULO DE MUROS

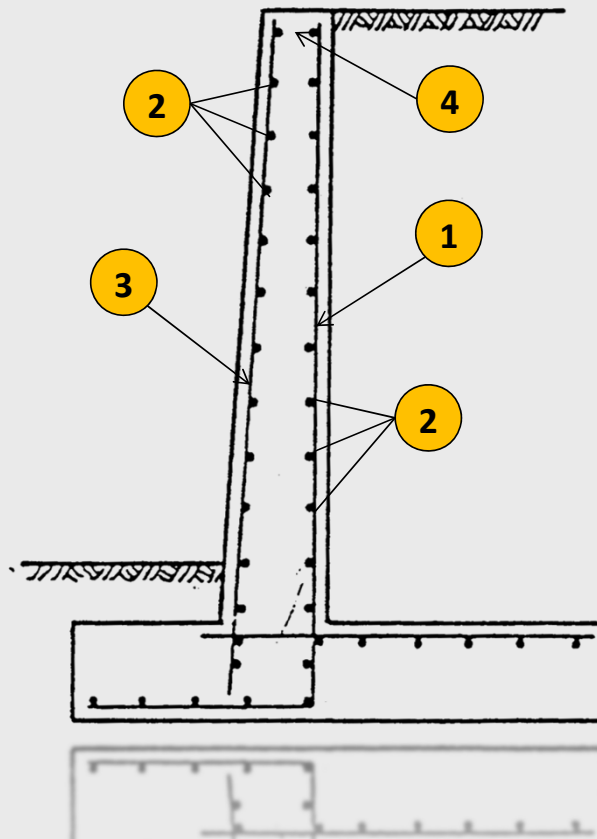
## ► Forma de trabajo del muro:





# 5. CÁLCULO DE MUROS

## ► Cuantías mínimas en alzado de muros:



### 1. Armadura vertical trasdós

Obtenida por cálculo a flexión  
(1,2‰ si B 400, 0,9 ‰ si B 500)

### 2. Armadura horizontal

Espesor máximo computable: 50 cm.  
(4,0‰ si B 400, 3,2‰ si B 500)

- Dos caras vistas: 50% Tra - 50% Int
- Una cara vista: 33% Tra - 66% Int

### 3. Armadura vertical intradós

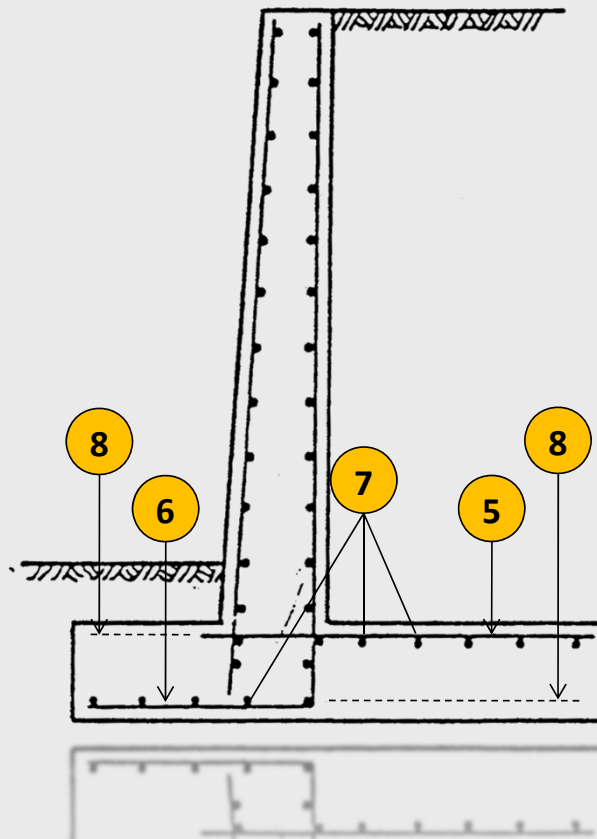
(0,4‰ si B 400, 0,3‰ si B 500,  
mínimo constructivo de 4Ø10/m.l.)

### 4. Armadura en coronación

2Ø16 para evitar fisuración en cabeza

# 5. CÁLCULO DE MUROS

## ► Cuantías mínimas en cimiento de muros:



### 5. Armadura superior talón

Obtenida por cálculo a flexión  
(1,0‰ si B 400, 0,9‰ si B 500)

### 6. Armadura inferior puntera

Prolongación de la del alzado

### 7. Armadura transversal

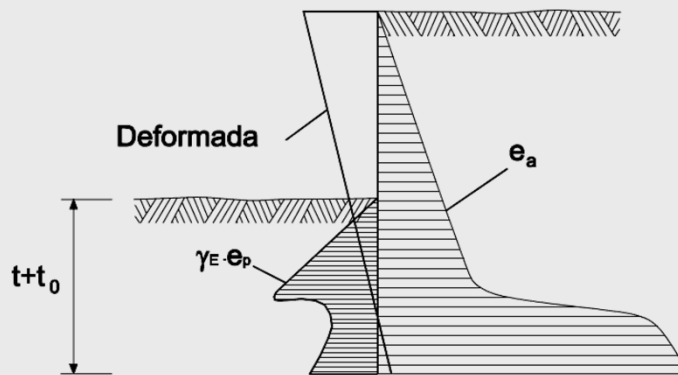
20% de la longitudinal consignada  
(Al menos el mínimo geométrico entre las dos caras de armado)

### 8. Armadura longitudinal

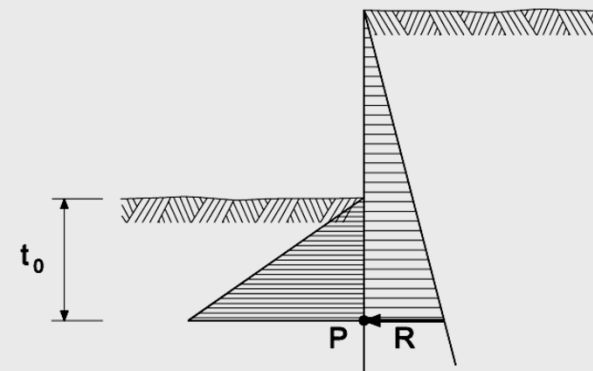
La mitad del mínimo geométrico  
(1,0‰ si B 400, 0,9‰ si B 500 en cada cara)

# 5. CÁLCULO DE MUROS

- ▶ **Dimensionamiento** de pantallas: [Anejo F.3 CTE SE-C]
- ▶ Método de Blum o en **voladizo**:
  - ▶ Se produce un empuje activo hasta cierta profundidad  $t_0$
  - ▶  $t_0$  se obtiene planteando el equilibrio de momentos en P
  - ▶ El **empotramiento real** de la pantalla es  $t + t_0$ , siendo  $t = 0,2 \cdot t_0$



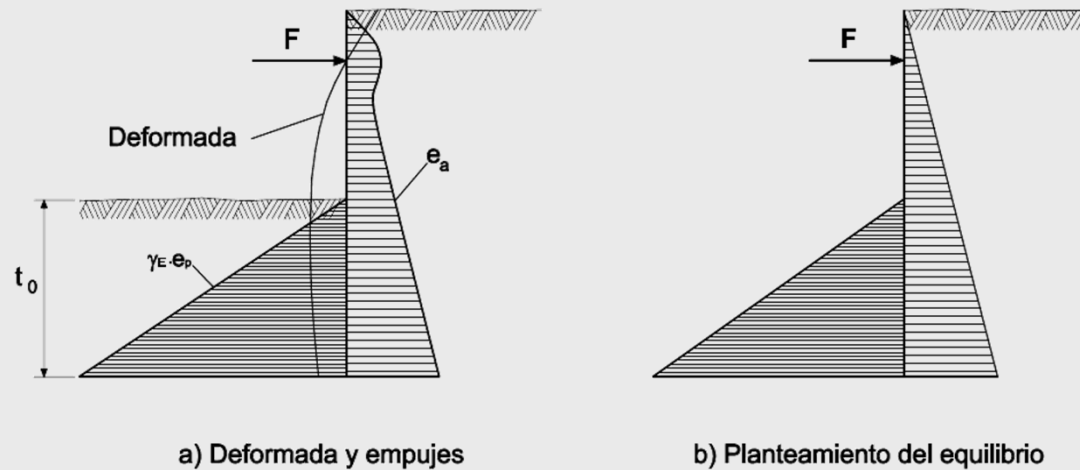
a) Deformadas y empujes



b) Planteamiento del equilibrio

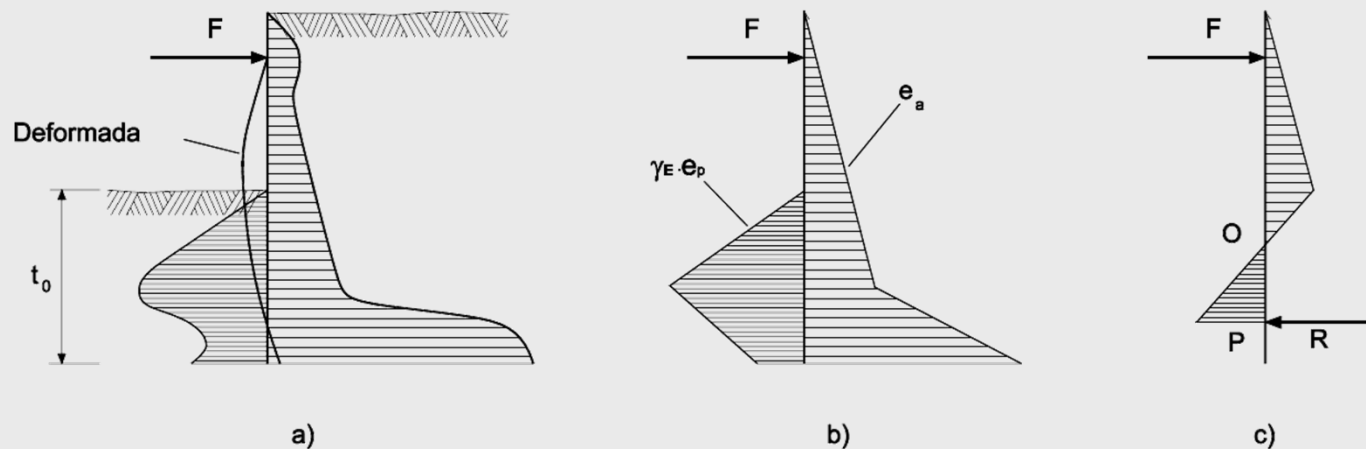
# 5. CÁLCULO DE MUROS

- ▶ **Dimensionamiento** de pantallas: [Anejo F.3 CTE SE-C]
- ▶ **Método del extremo libre** o europeo:
  - ▶ Se emplea en **pantallas rígidas** y/o **empotramientos cortos**
  - ▶ Se coloca un **puntal o anclaje** que crea una reacción **F**
  - ▶  $t_0$  se halla planteando el equilibrio de momentos en el puntal
  - ▶ Como **profundidad real de empotramiento** se tomará  $t_0 + 0,2 \cdot t_0$



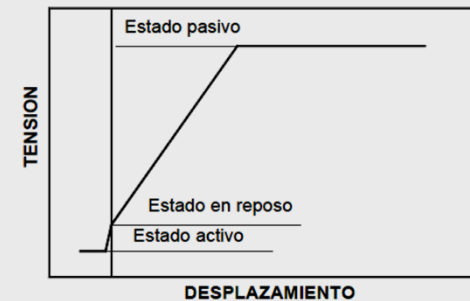
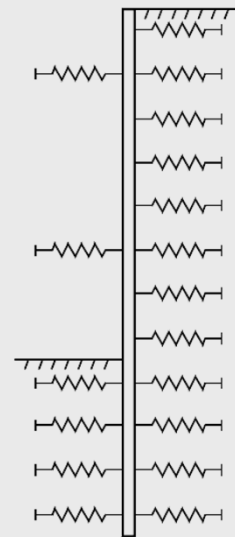
# 5. CÁLCULO DE MUROS

- ▶ **Dimensionamiento** de pantallas: [Anejo F.3 CTE SE-C]
- ▶ **Método del extremo empotrado** o americano:
  - ▶ Se emplea en **pantallas flexibles** y/o **empotramientos largos**
  - ▶ Se coloca un **puntal o anclaje** que crea una reacción **F**
  - ▶ El momento en el punto **O** se considera nulo  $\rightarrow t_0$
  - ▶ Como profundidad real de empotramiento se tomará  **$t_0 + 0,2 \cdot t_0$**



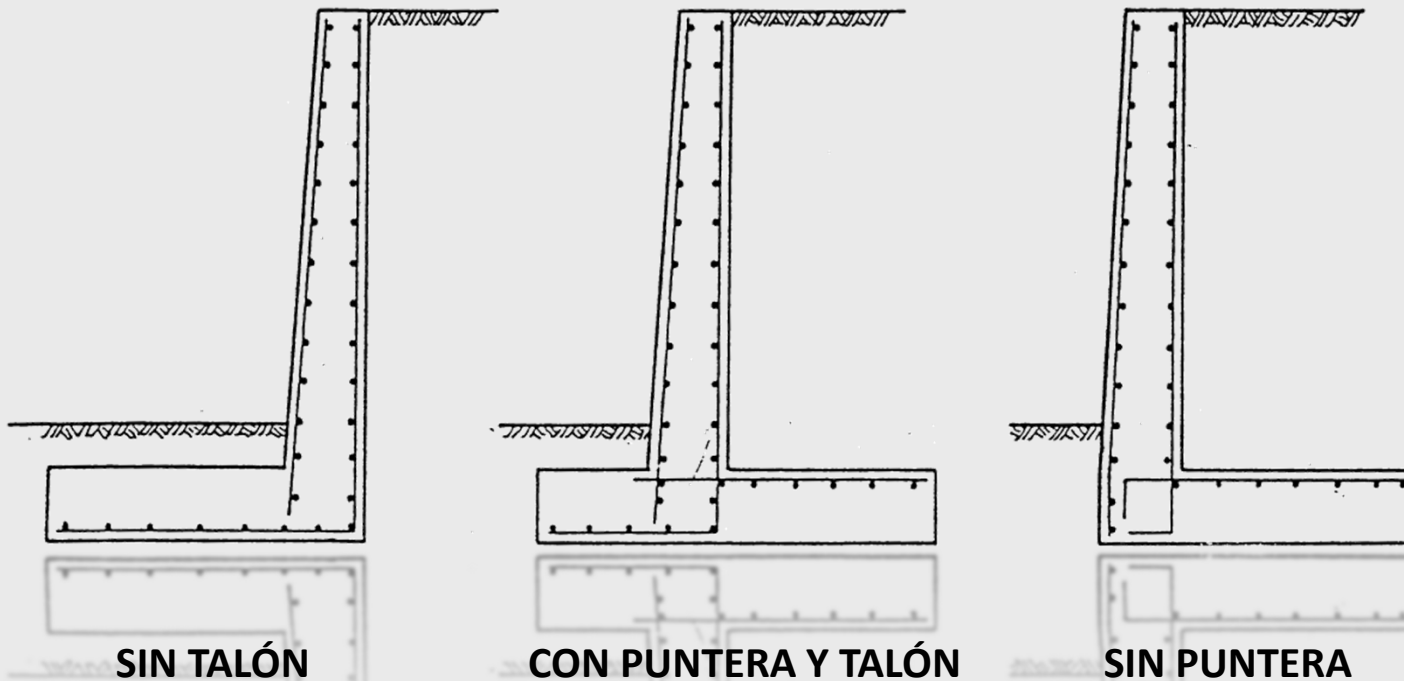
# 5. CÁLCULO DE MUROS

- ▶ **Dimensionamiento** de pantallas: [Anejo F.3 CTE SE-C]
- ▶ **Métodos basados en el modelo de Winkler:**
  - ▶ La pantalla se modeliza como viga elástica sobre **resortes**
  - ▶ Para definir la constante **k** del resorte se puede emplear el **módulo de balasto** →  $k_h = q/\delta$  [kPa/m] = [kN/m<sup>3</sup>]
  - ▶ Existe un  $k_h$  para el empuje activo y otro para el pasivo, ya que  $k_h = q/\delta = \tan \theta$
  - ▶ Los empujes activo y pasivo **acotan el valor de  $k_h = 0$**  a partir de determinado valor de deformación  $\delta$



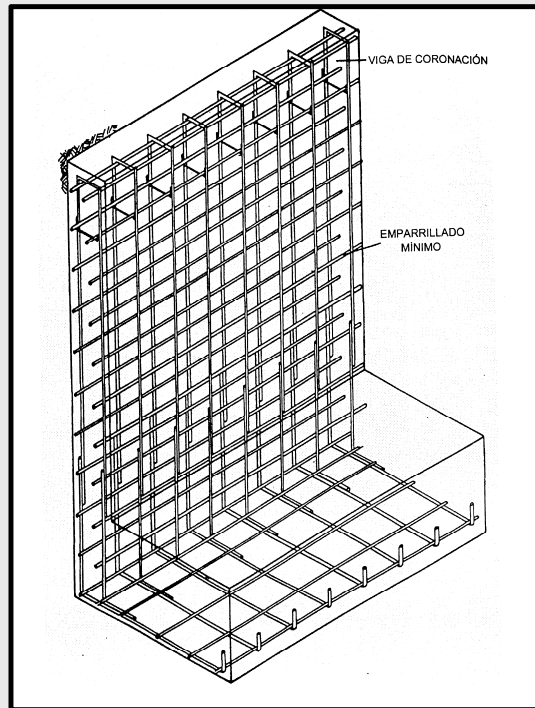
## 6. DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

- ▶ **Esquemas** de armado en muros ménsula:

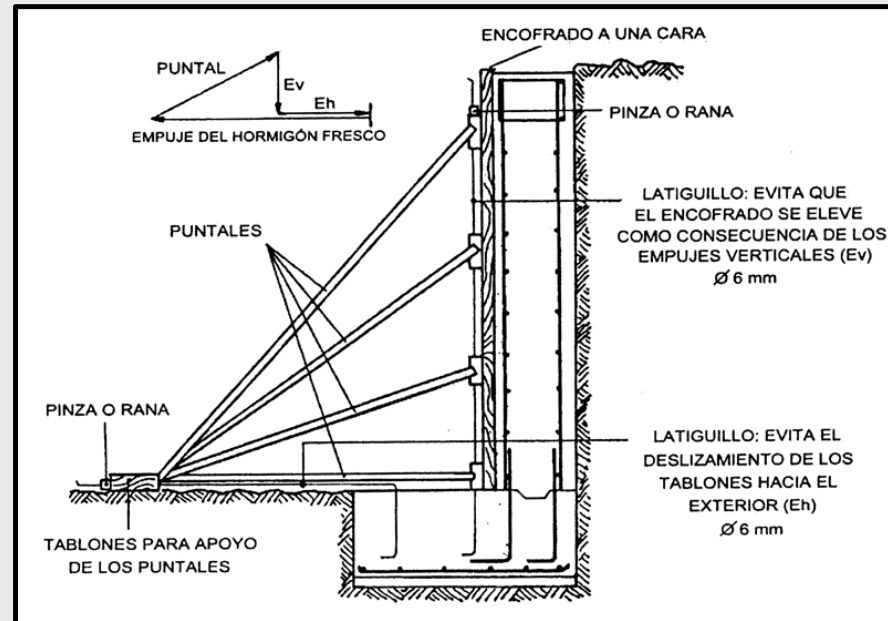


# 6. DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

## ► Montaje de armaduras y encofrado del alzado:



COLOCACIÓN DE ARMADURAS



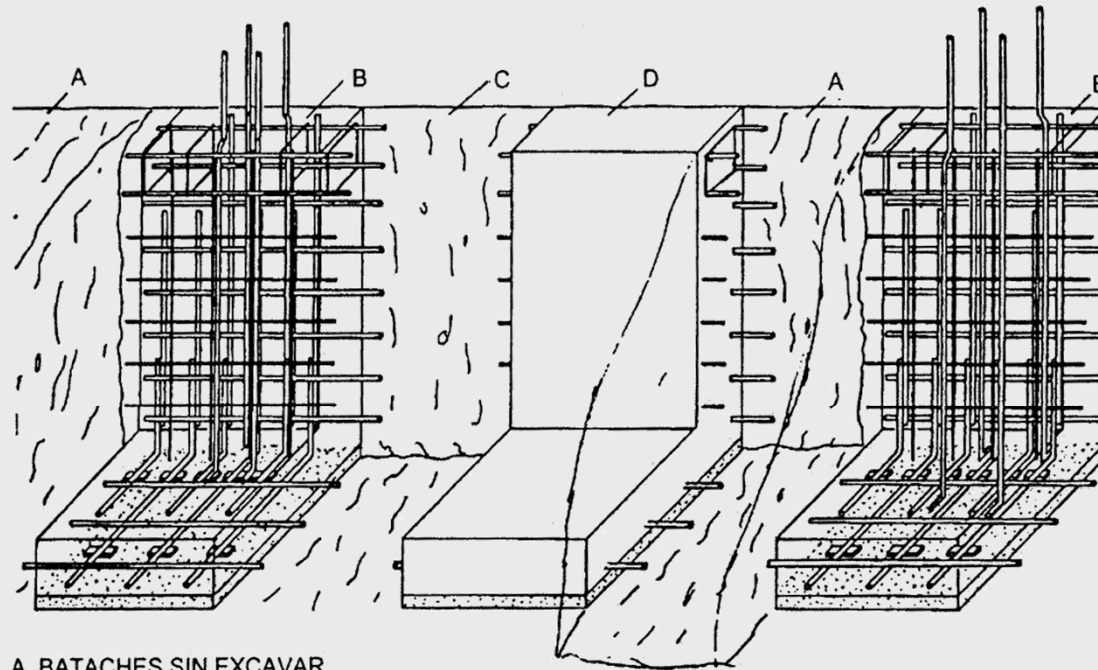
SISTEMA DE ENCOFRADO DEL ALZADO  
(a una cara)





## 6. DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

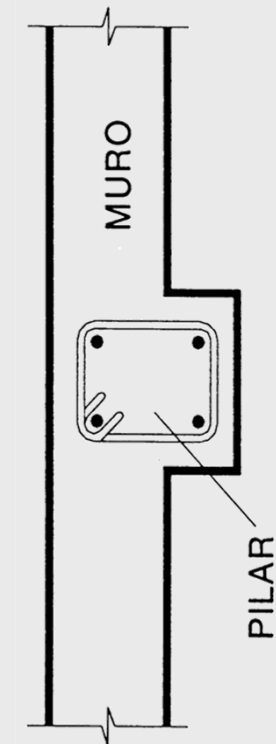
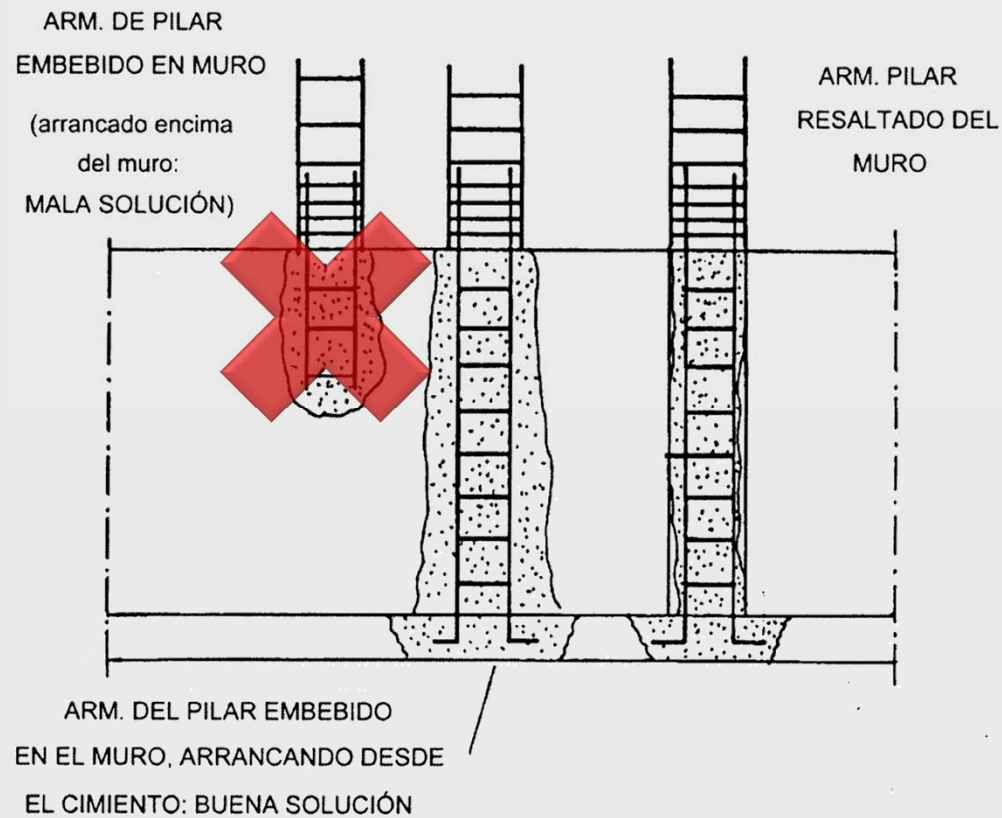
- ▶ Ejecución de muros de sótano por **bataches**:



- A. BATACHES SIN EXCAVAR
- B. BATACHE HORMIGONADO. PILAR EMBEBIDO. HORMIGÓN TRANSPARENTE (VER ARMADO).
- C. BATACHE EXCAVADO. PREPARADO PARA REALIZAR 1ª FASE HORMIGONADO CIMENTACIÓN.
- D. BATACHE HORMIGONADO.
- E. BATACHE SIN HORMIGONAR. PILAR QUE SOBRESALE DEL MURO.

# 6. DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

## ► Pilares embebidos en muros:



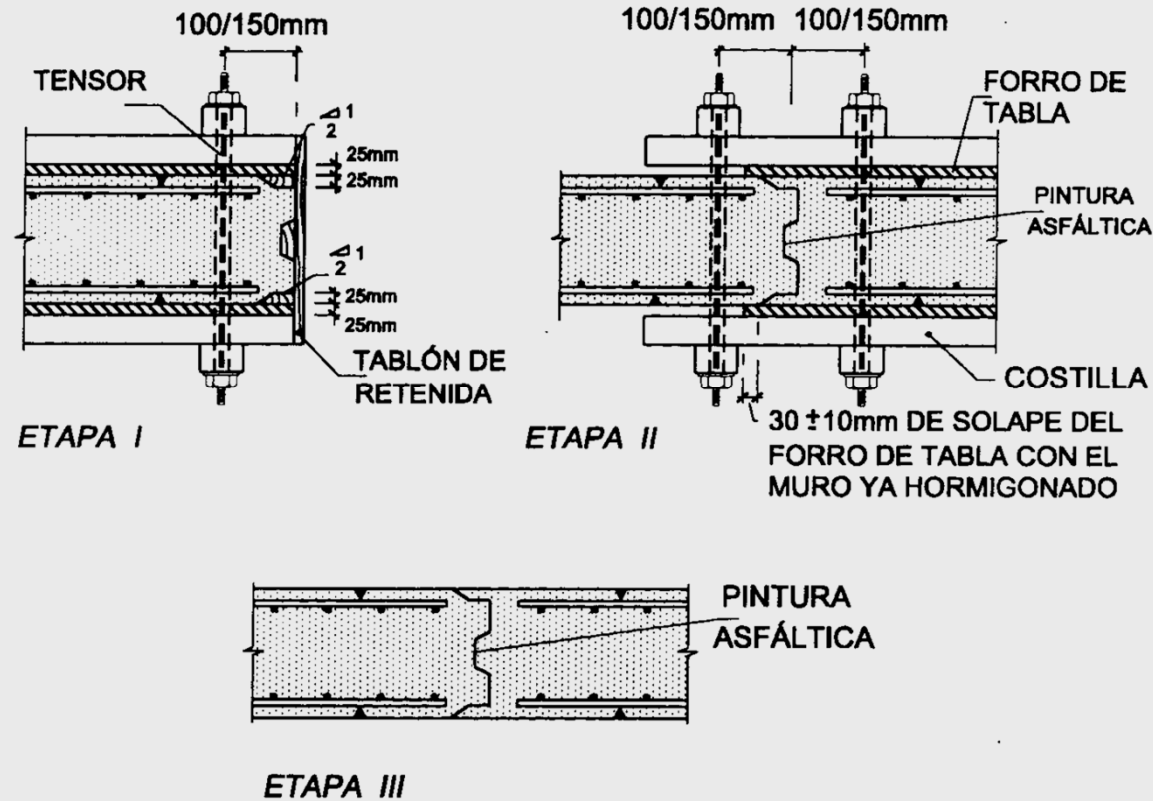
## 6. DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

- ▶ **Juntas de contracción** en muros:
  - ▶ **Afectan al alzado**, pero no al cimiento
  - ▶ Se pueden **impermeabilizar**
  - ▶ **Separación entre juntas** en función de la altura:
    - ▶ Si son **inferiores a 7,50 m.** y con armadura horizontal interrumpida → Reducción cuantía horizontal al **2‰**

<i>Altura del muro H (m)</i>	<i>Separación máxima entre juntas D (m)</i>
< 2,4 m.	3 H
2,4 a 3,6 m.	2 H
> 3,6 m.	H

# 6. DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

## ► Juntas de contracción en muros:

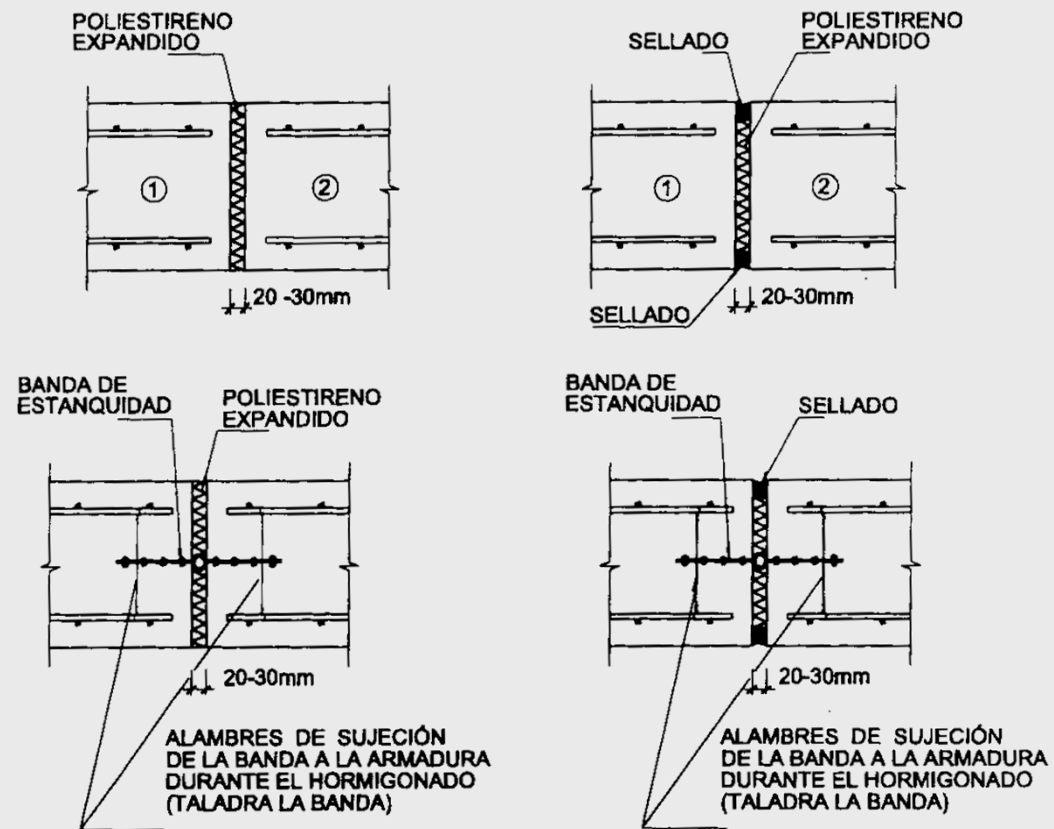


## 6. DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

- ▶ **Juntas de dilatación** en muros:
  - ▶ **Separación máxima** entre juntas:
    - ▶ Cada 20 m. en zonas con temperaturas extremas, y como máximo 30 m. con temperaturas moderadas
    - ▶ Donde cambie la profundidad del plano de cimentación
    - ▶ Donde cambie la altura del muro
    - ▶ En todo cambio de dirección en planta
  - ▶ Se ejecutarán en **alzado y cimiento**, salvo:
    - ▶ Si no hay cambio de dirección o de sección, en cuyo caso se ejecutarán **únicamente en el alzado**

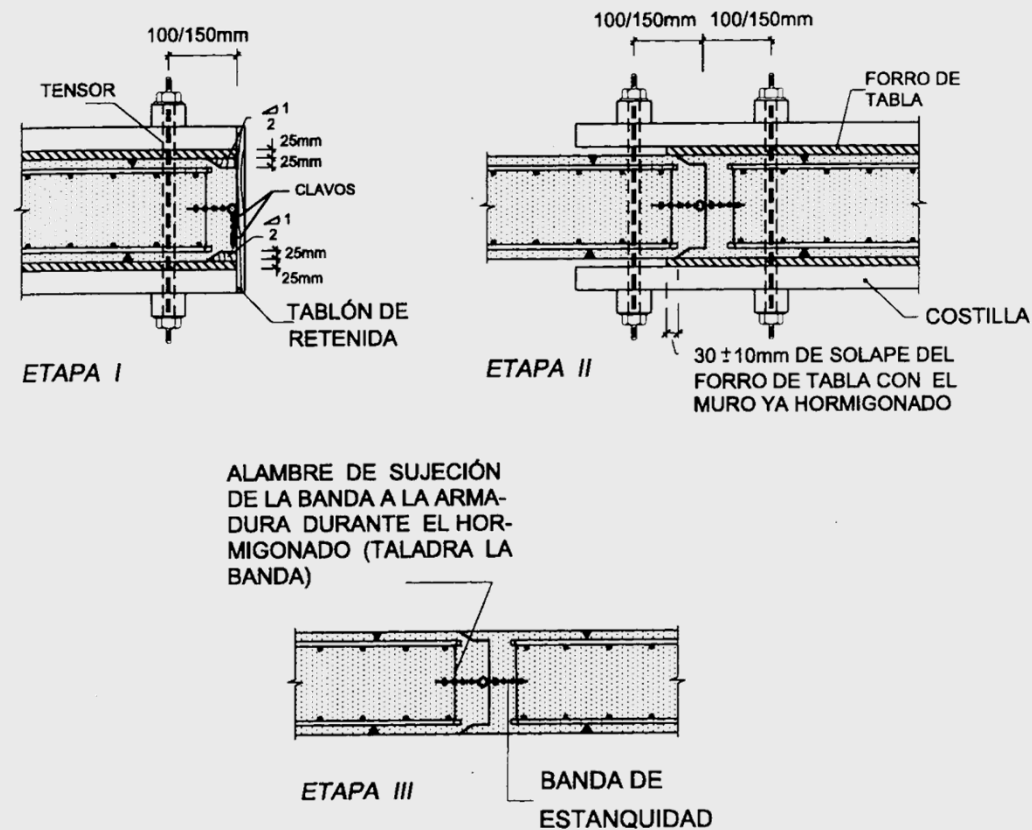
# 6. DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

## ► Juntas de dilatación en muros:



# 6. DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

## ► Juntas de dilatación en muros:





# 6. DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

## ► Esquemas de drenaje en muros ménsula:

