

CURSO GEOTECNIA III



EXCAVACIONES Y SOSTENIMIENTOS

Ing. Roberto TERZARIOL

Dr. Ing. Marcelo ZEBALLOS

Mg. Ing. Pedro COVASSI



APLICACIONES

CASOS DE APLICACION



CASOS DE APLICACION



CASOS DE APLICACION



■ Ghazipur underpass on NH24 is the only one in Delhi that has dedicated tracks for non-motorised vehicles. RAJ K RAJ/ HT PHOTO



CASOS DE APLICACION



CASOS DE APLICACION

- **Pregunta 1. Cual es la máxima excavación que puedo realizar sin sostenimiento?.**

- Máxima sollicitación que el terreno puede soportar, sin necesidad de sostenimiento.
- Vida útil de la excavación.
 - Factores de Seguridad



CASOS DE APLICACION

- **Pregunta 2.**

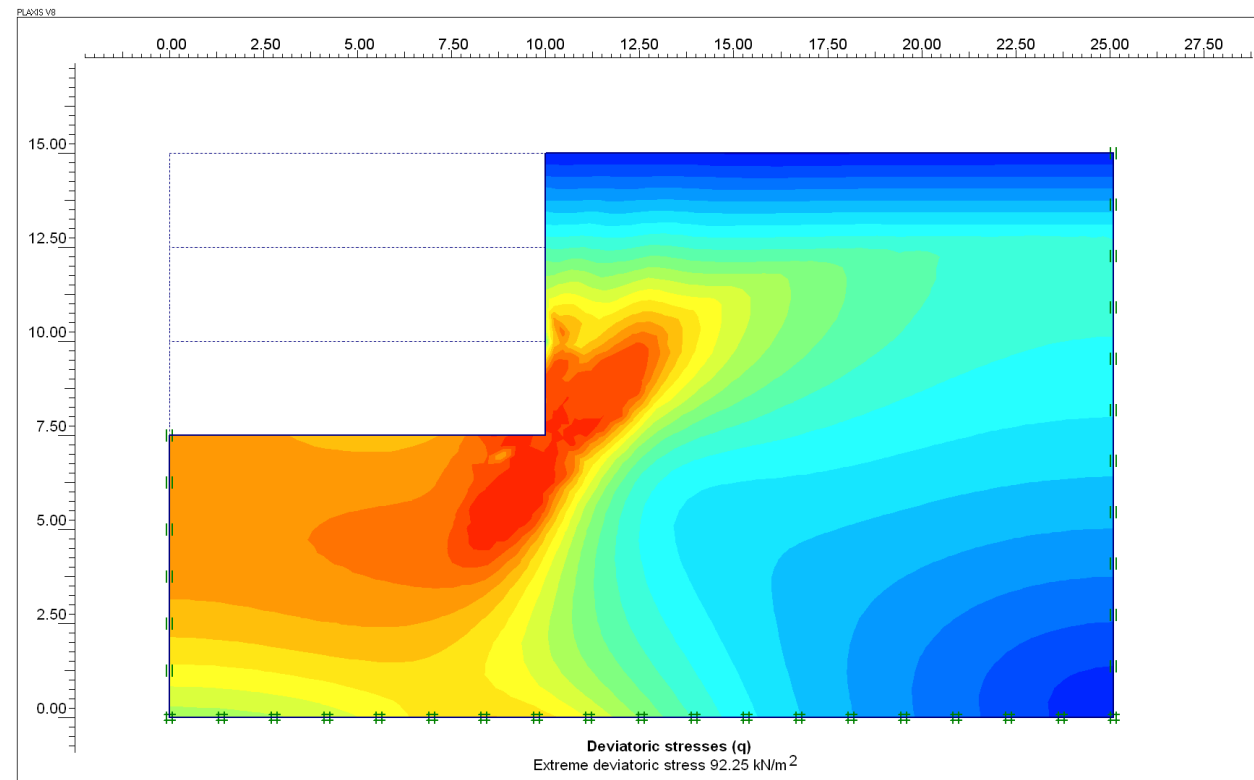
En el caso de aplicación del sostenimiento →Cuál es la sollicitación que genera el terreno sobre el sostenimiento?.





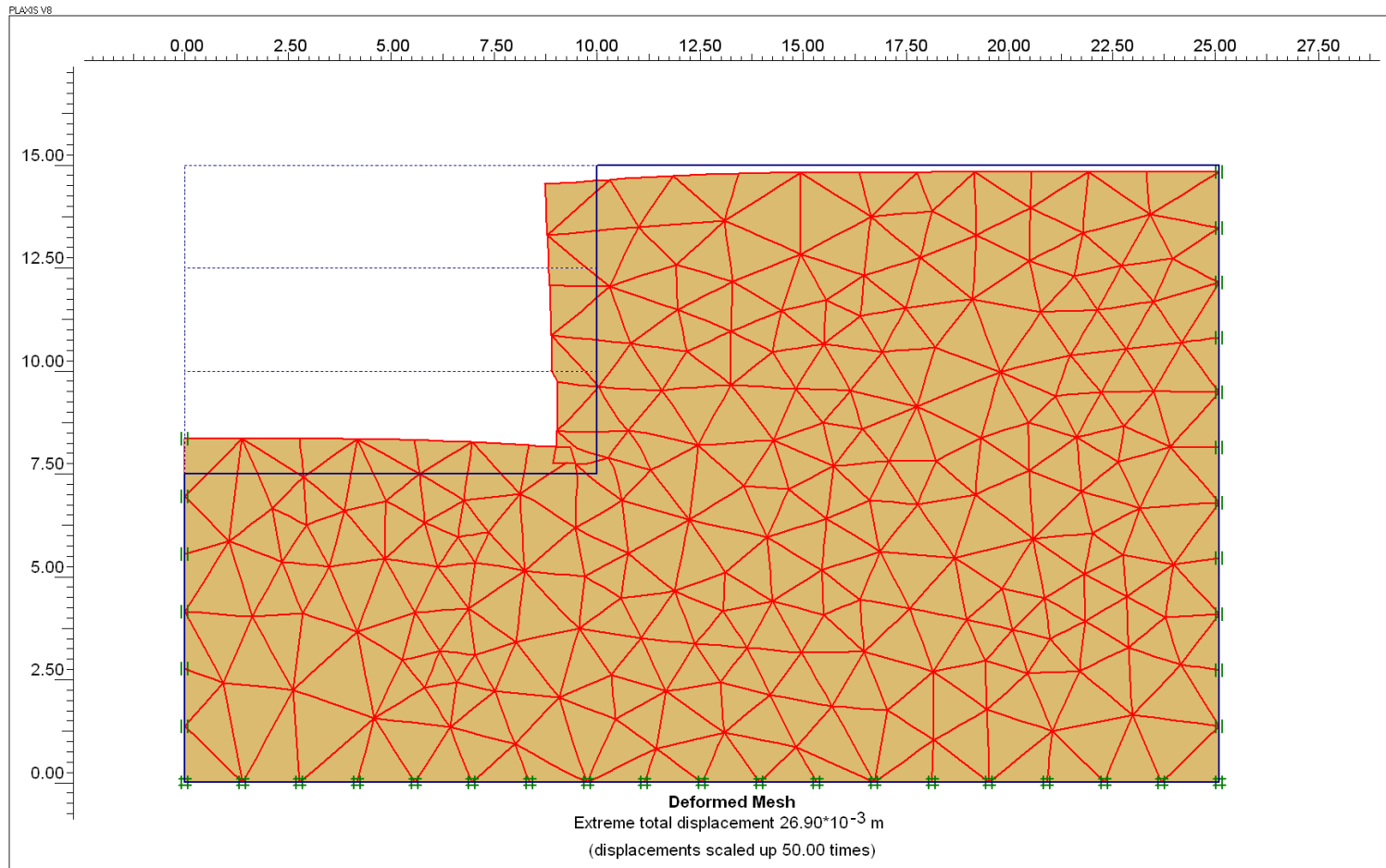
DESCRIPCION DEL PROBLEMA:

- La excavación es la extracción de “algo” del lugar donde se encuentra.
- Cómo queda el material “no excavado” luego de ejecutado el proceso?.





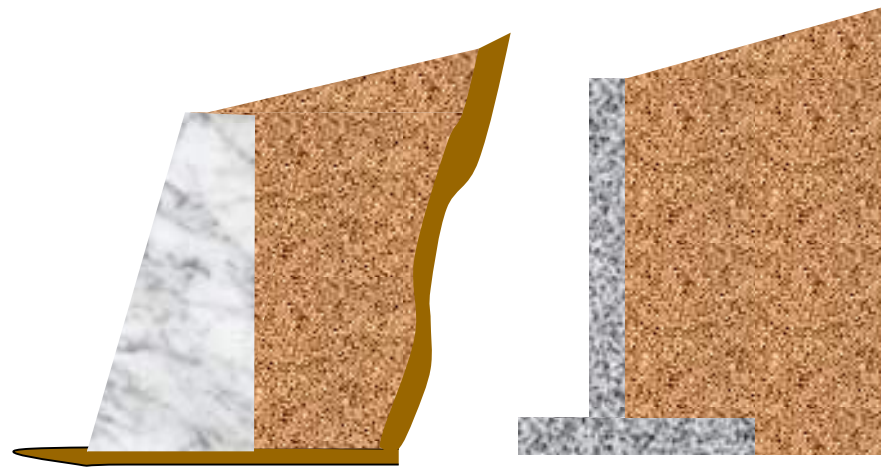
EFECTOS DE LA EXCAVACIÓN... DESPLAZAMIENTOS



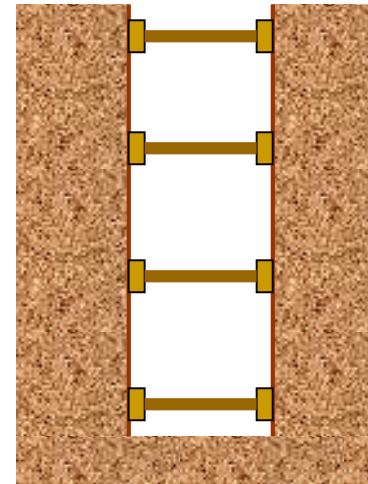
SOSTENIMIENTO DEL SUELO

DEFINICIÓN DEL SOSTENIMIENTO:

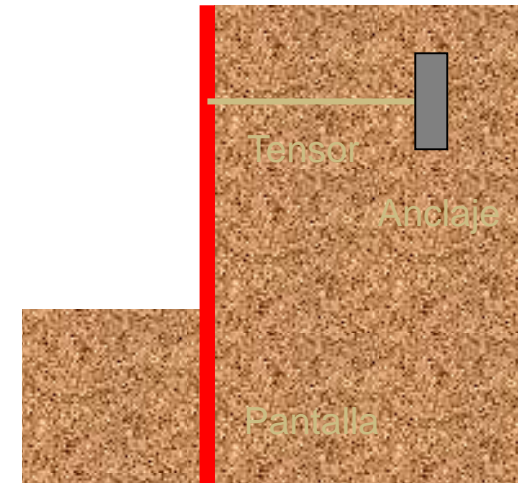
El sostenimiento se aplica cuando el suelo no puede autoportar la excavación



Muro de sostenimiento



Excavación de Zanjas



Pantallas Ancladas

SOSTENIMIENTO DEL SUELO



Muro de sostenimiento

SOSTENIMIENTO DEL SUELO



Muro de sostenimiento

SOSTENIMIENTO DEL SUELO



Muro de sostenimiento

OBJETIVO DEL SOSTENIMIENTO → EVITAR EL COLAPSO



OBJETIVO DEL SOSTENIMIENTO

EVITAR EL COLAPSO

Construcción

Túnel San Pablo



OBJETIVO DEL SOSTENIMIENTO

EVITAR EL COLAPSO

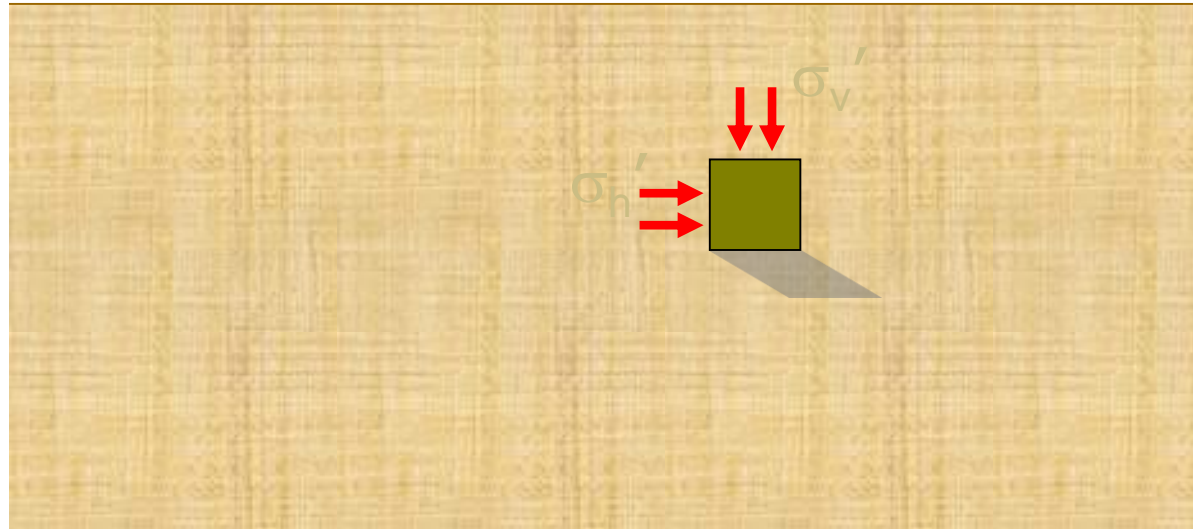




CONCEPTOS GENERALES DE EMPUJE

DEFINICIÓN DEL EMPUJE DE SUELOS

Depósito Natural
de Suelos
Homogéneos



NT

La relación σ_h' / σ_v' → Coeficiente de Empuje en reposo (k_o).

$$K_o = 1 - \sin \varphi$$

$$K_o = 0.44 + 0.42 [IP / 100]$$

$$K_{o (oc)} = K_{o (NC)} (OCR)^{1/2}$$

arenas

arcillas Normalmente C

arcillas Sobreconsolidadas



EMPUJE ACTIVO DE SUELOS

$$\sigma_v' = \gamma z$$

- Suelo Friccional

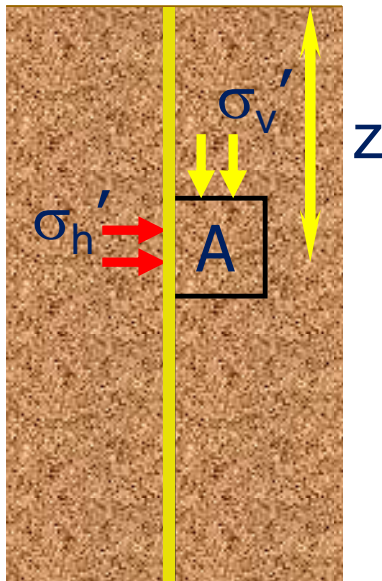
Inicialmente, no hay movimiento lateral.

$$\therefore \sigma_h' = K_0 \sigma_v' = K_0 \gamma z$$

El muro se mueve “alejándose” del suelo

σ_v' permanece constante, y

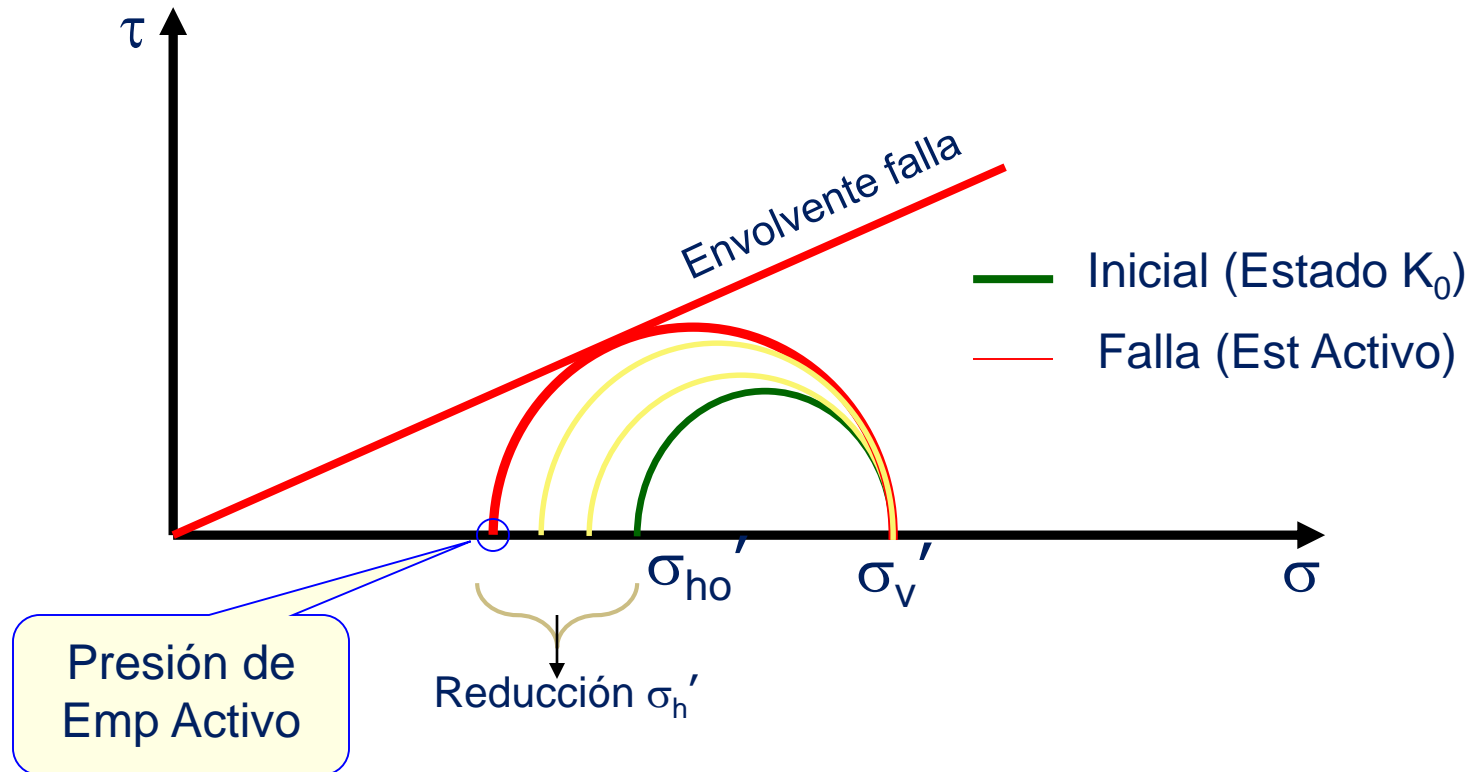
σ_h' decrece, hasta que ocurre la falla



Estado
Activo



EMPUJE ACTIVO DE SUELOS



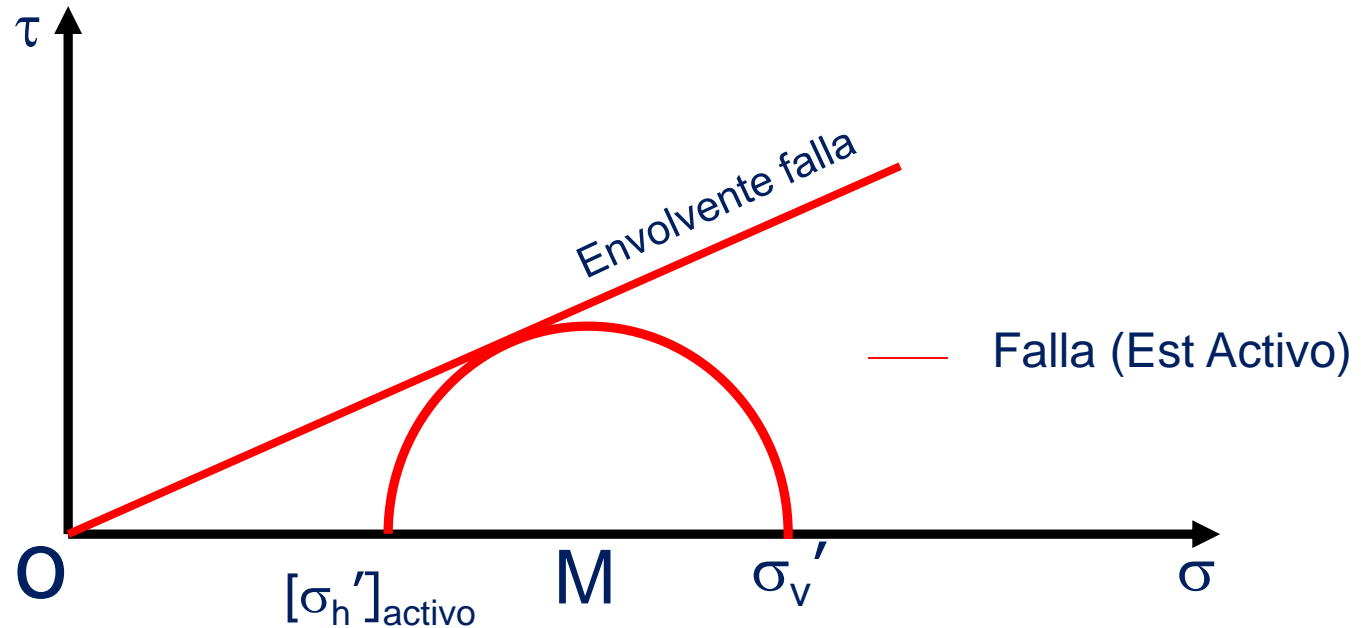
El muro se aleja del suelo

- Suelo Friccional

EMPUJE ACTIVO DE SUELOS



WJM Rankine
(1820-1872)



$$\sigma_h = OM - OM \sin \varphi$$

$$\sigma_v = OM + OM \sin \varphi$$

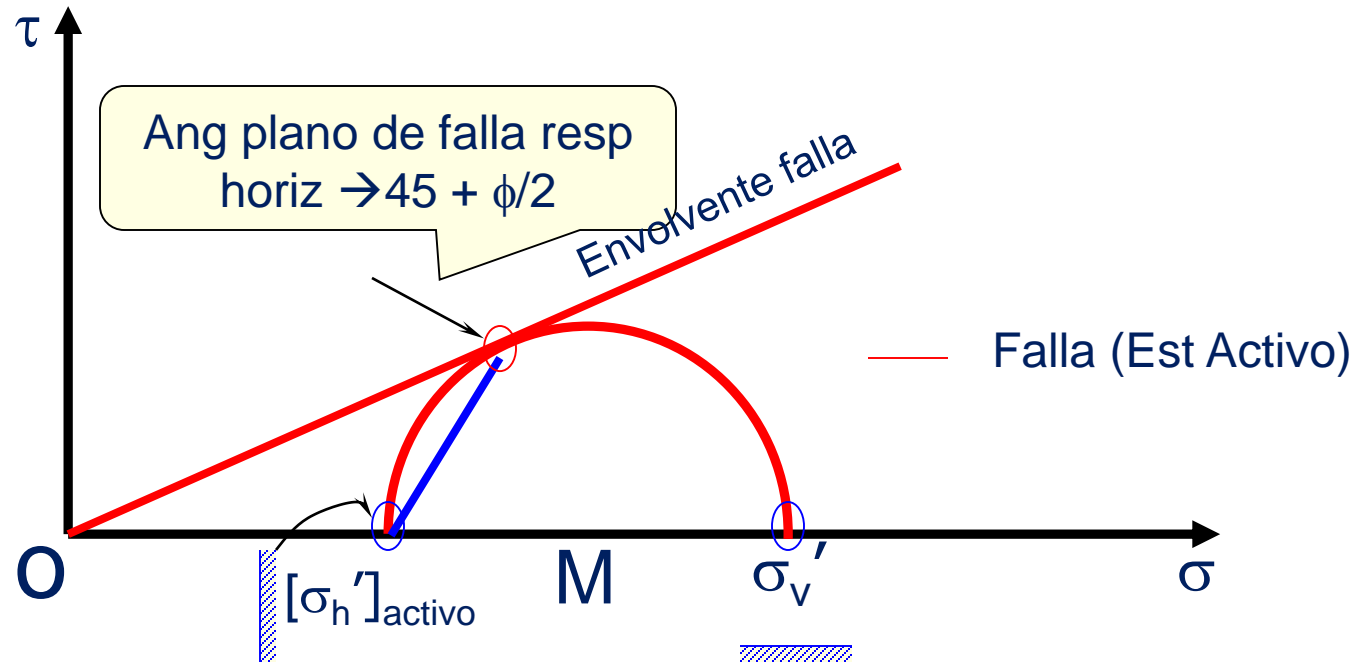
$$\text{Si } \sigma_h = k_a \sigma_v \rightarrow k_a = \sigma_h / \sigma_v$$

$$K_A = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \tan^2 (45 - \varphi / 2)$$

EMPUJE ACTIVO DE SUELOS



WJM Rankine
(1820-1872)



$$K_A = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2(45 - \phi/2)$$

The diagram illustrates a retaining wall cross-section. The wall is represented by a vertical line on the left. A failure wedge is shown as a shaded triangular area with vertices A (top left corner), B (bottom left corner), and C' (on the failure surface). The failure surface is a straight line inclined at an angle of $45 + \frac{\phi'}{2}$ to the horizontal. The active earth pressure distribution is shown as a triangular pattern within the failure wedge. The height of the wall is H . The horizontal distance from the wall face to the failure surface at the top is L_a . The failure surface is labeled $A'B$ and BC' . A vertical axis z is shown on the right, pointing downwards.



Aplicaciones en Excavaciones

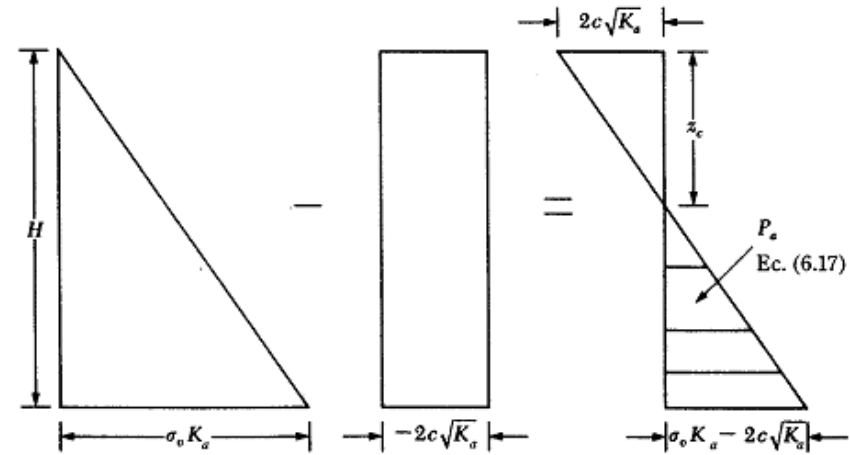
LIMOS LOESSICOS (Est Natural)

Parámetros:

Ang. Fricción 15°

Cohesión **30 kPa**

Densidad **15 kN/m³**



$$z = \frac{2c}{\gamma \cdot \sqrt{K_a}} = \frac{2 \cdot 30}{15 \cdot \sqrt{\left(\tan \left(45 - \frac{15}{2} \right) \right)^2}} = \frac{2 \cdot 30}{15 \cdot 0,76} = 5,2 \text{mts}$$



Aplicaciones en Excavaciones

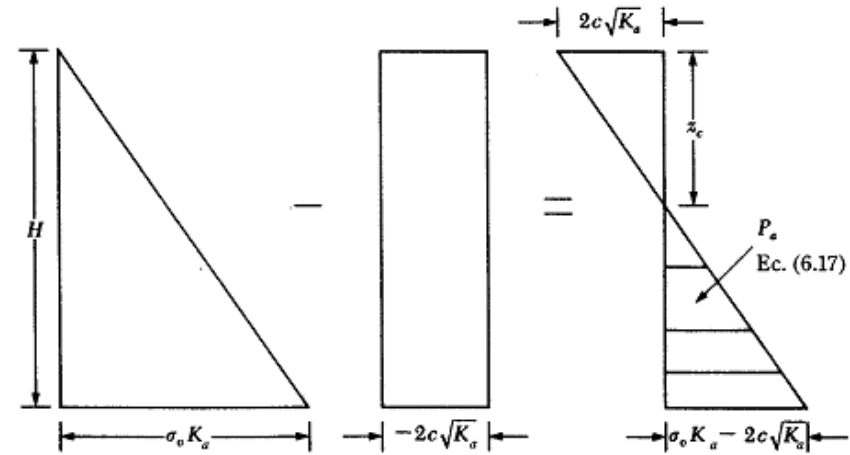
LIMOS LOESSICOS (Est Saturado)

Parámetros:

Ang. Fricción 15°

Cohesión **5 kPa**

Densidad **15 kN/m³**



$$z = \frac{2c}{\gamma \cdot \sqrt{K_a}} = \frac{2 \cdot 5}{15 \cdot \sqrt{\left(\tan\left(45 - \frac{15}{2}\right)\right)^2}} = \frac{2 \cdot 5}{15 \cdot 0,76} = 0,9 \text{mts}$$



Aplicaciones en Excavaciones

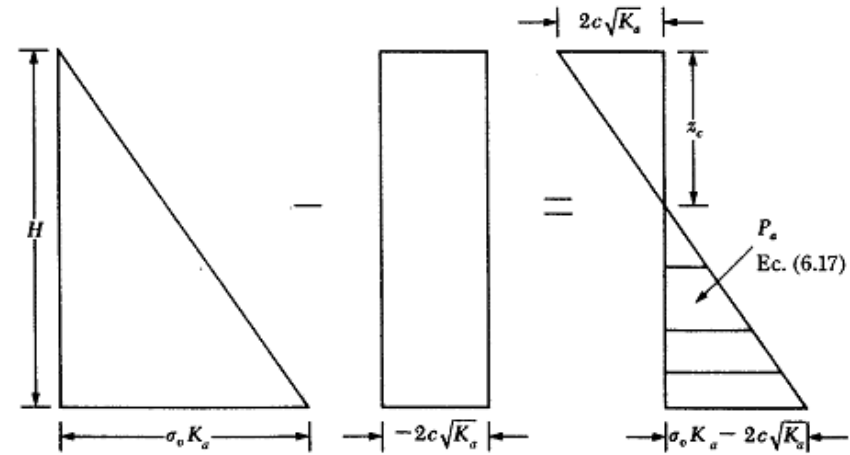
ARENAS DEL CENTRO (Est Natural)

Parámetros:

Ang. Fricción 40°

Cohesión 10 kPa

Densidad 16 kN/m³



$$z = \frac{2c}{\gamma \cdot \sqrt{K_a}} = \frac{2 \cdot 10}{16 \cdot \sqrt{\left(\tan \left(45 - \frac{40}{2} \right) \right)^2}} = \frac{2 \cdot 10}{15 \cdot 0,46} = 2,7 \text{mts}$$



Aplicaciones en Excavaciones

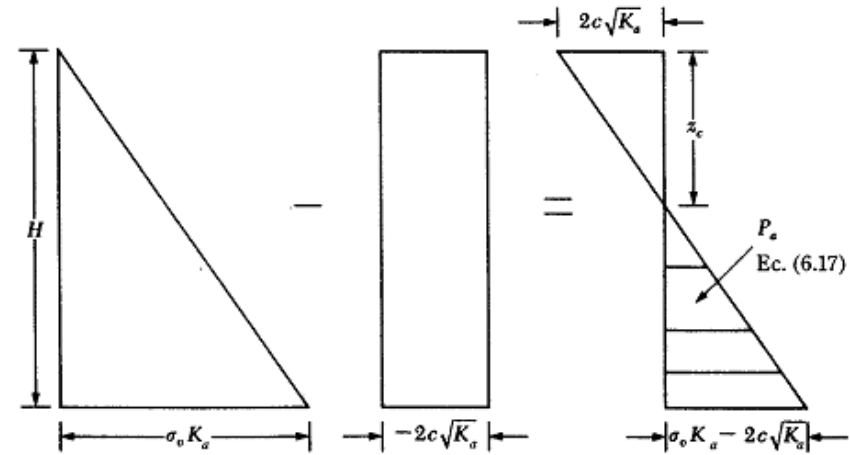
ARENAS DEL CENTRO (Est Saturado)

Parámetros:

Ang. Fricción 40°

Cohesión 10 kPa

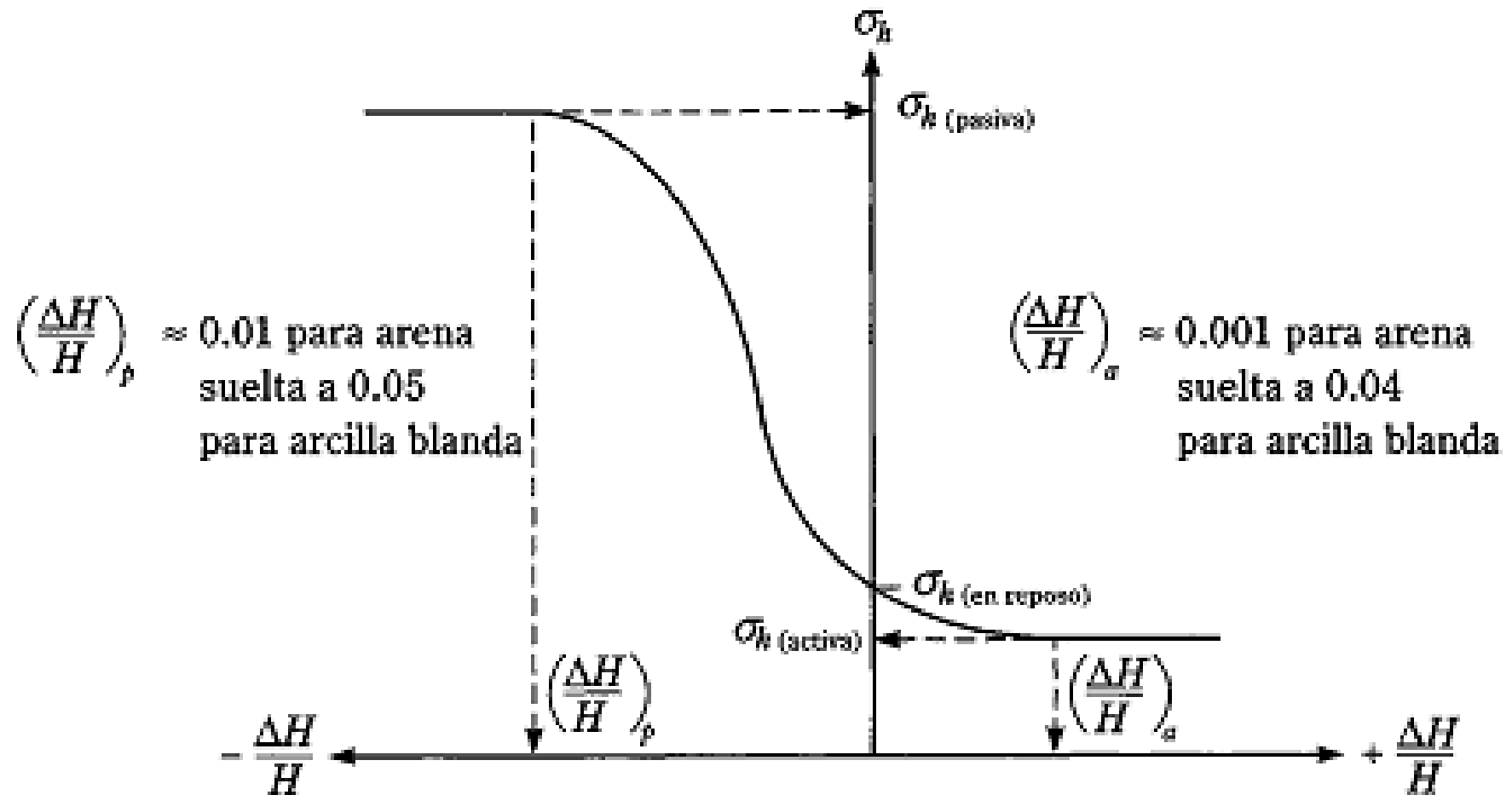
Densidad 16 kN/m^3



$$z = \frac{2c}{\gamma \cdot \sqrt{K_a}} = \frac{2 \cdot 1}{16 \cdot \sqrt{\left(\tan\left(45 - \frac{40}{2}\right)\right)^2}} = \frac{2 \cdot 1}{15 \cdot 0,46} = 0,3 \text{mts}$$



Evolución del Coeficiente de Empuje



Carga de línea
 $q/\text{longitud unitaria}$

aH

$z = bH$

H

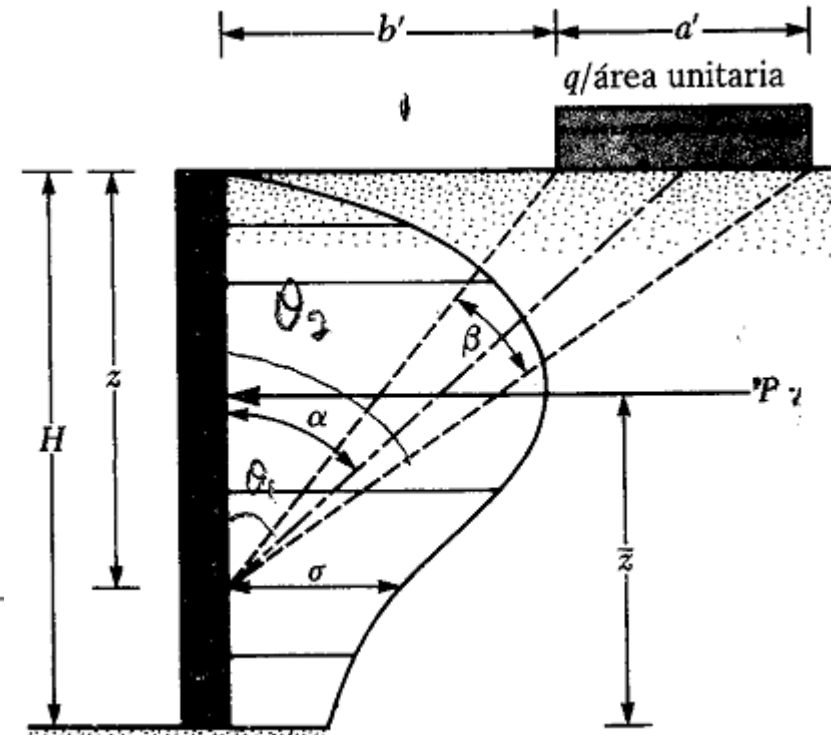
σ

$P = \frac{q}{90} [H(\theta_2 - \theta_1)]$

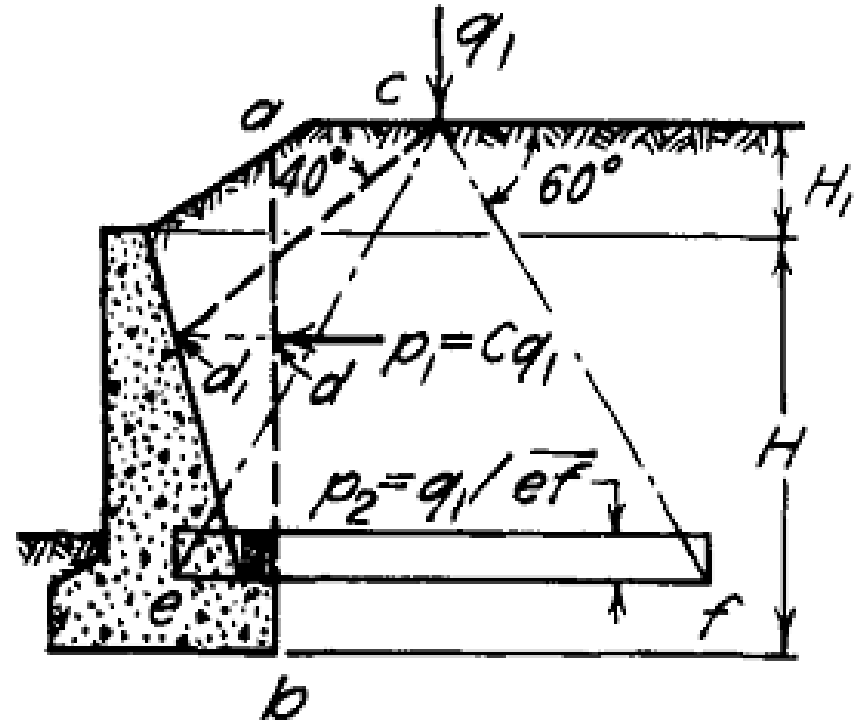
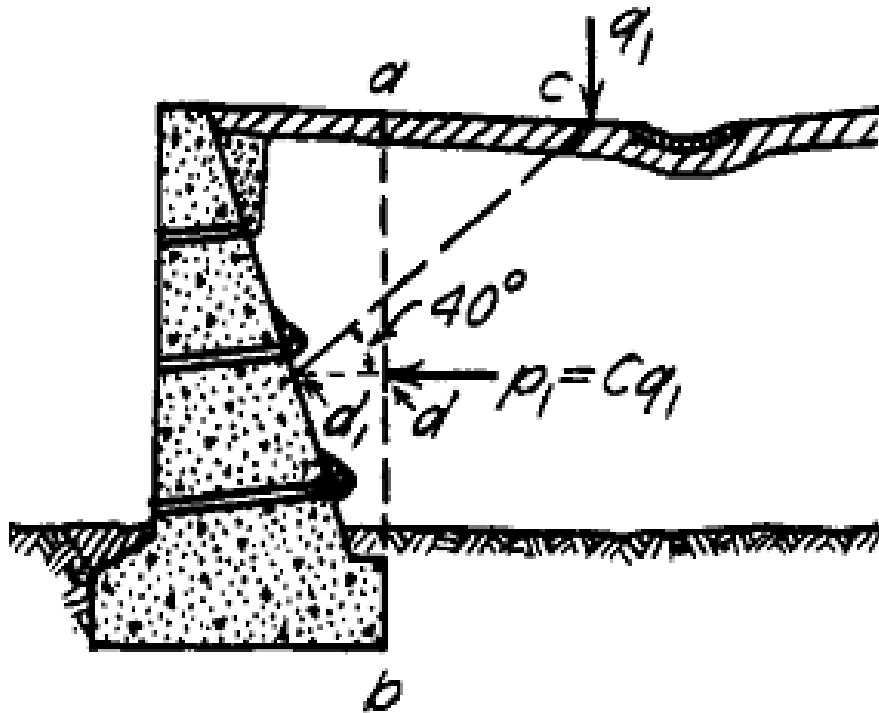
$$P = \frac{q}{90} [H(\theta_2 - \theta_1)]$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{b'}{H} \right) \quad (\text{grados})$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{a' + b'}{H} \right) \text{ (grados)}$$



EFECTO DE CARGAS PUNTUALES

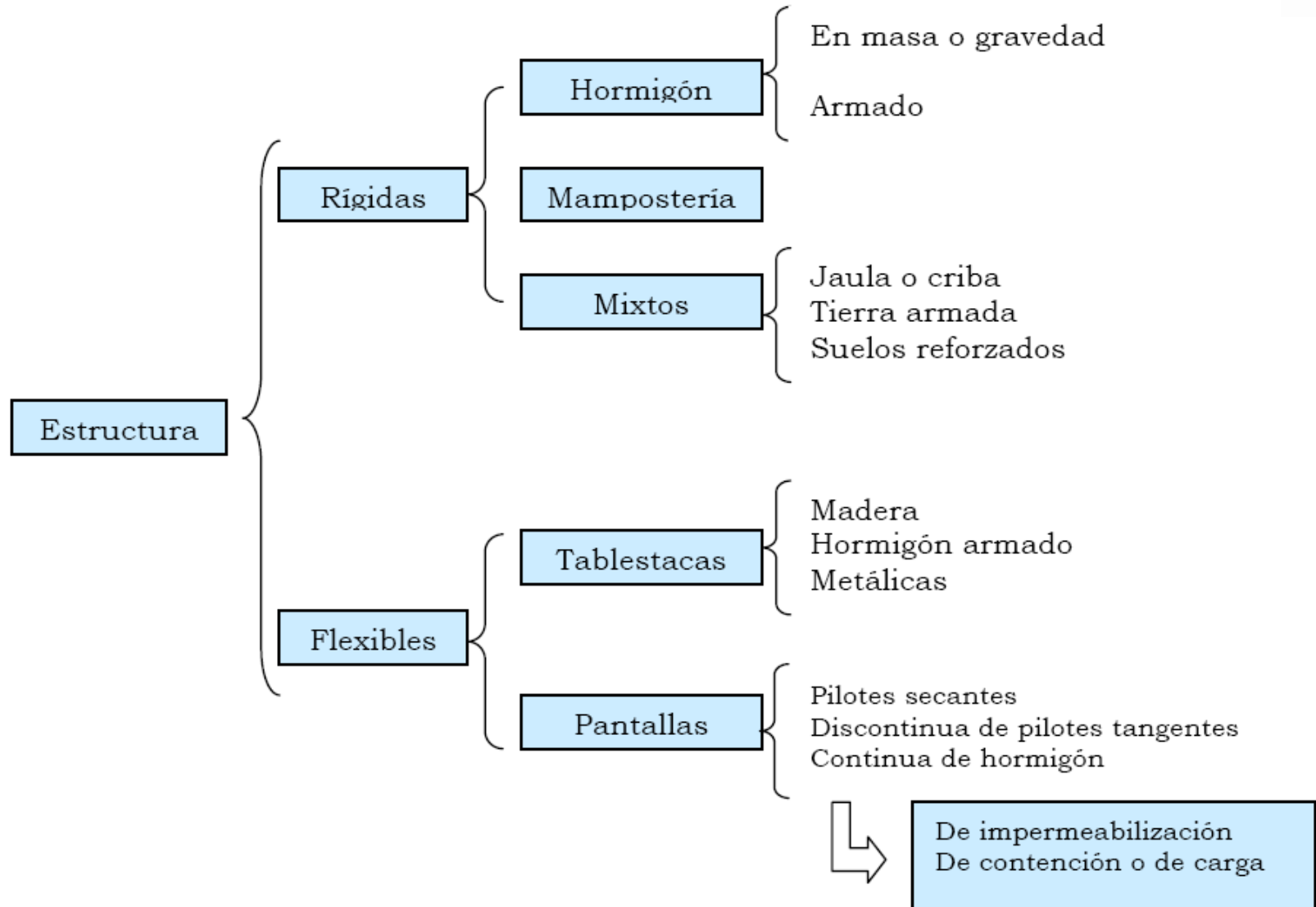




ESTRUCTURA DE SOSTENIMIENTO PERMANENTES



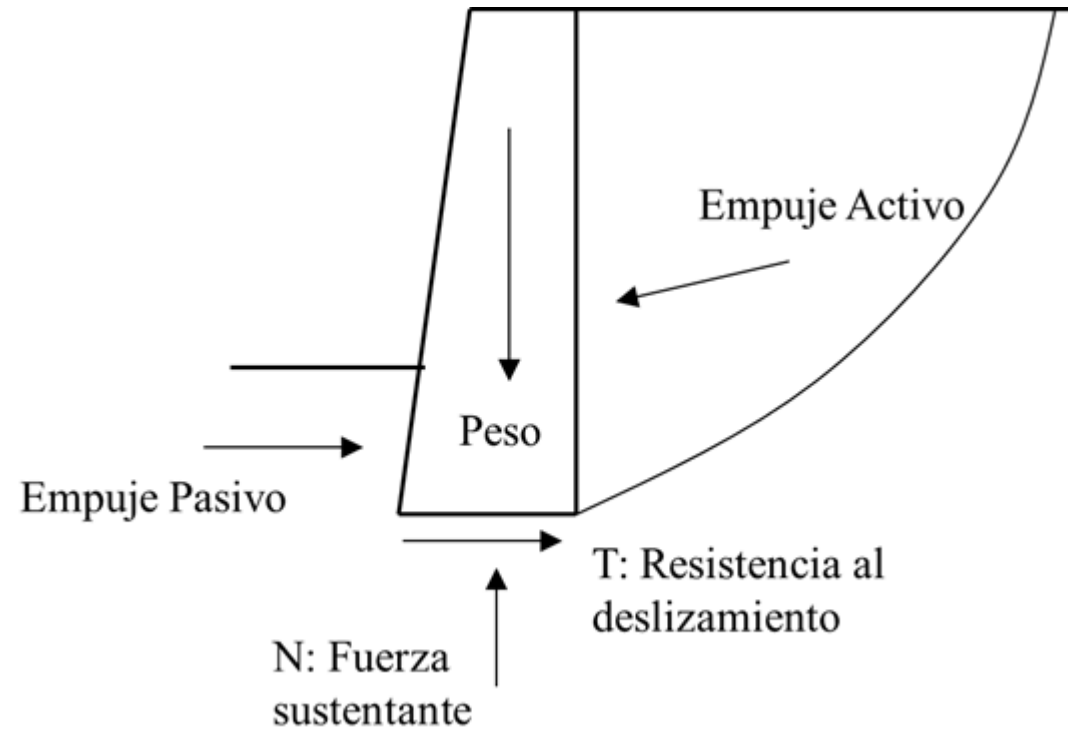
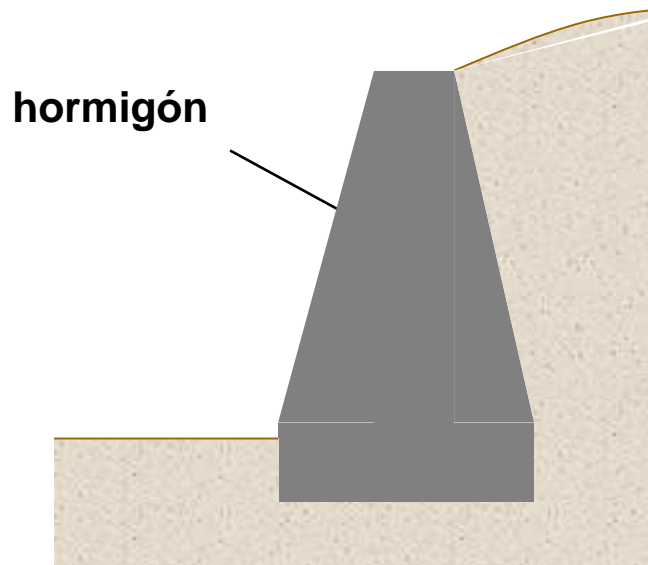
SISTEMAS DE SOSTENIMIENTO





ESTRUCTURA RÍGIDA

MURO DE GRAVEDAD



ESTRUCTURA RÍGIDA

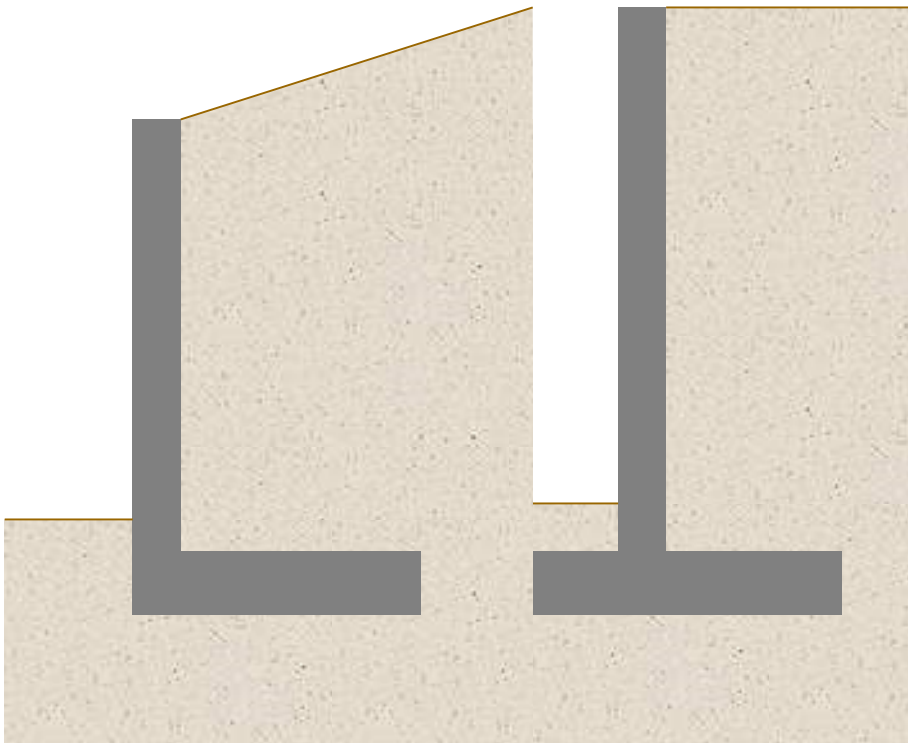
MURO DE GRAVEDAD



ESTRUCTURA RIGIDA

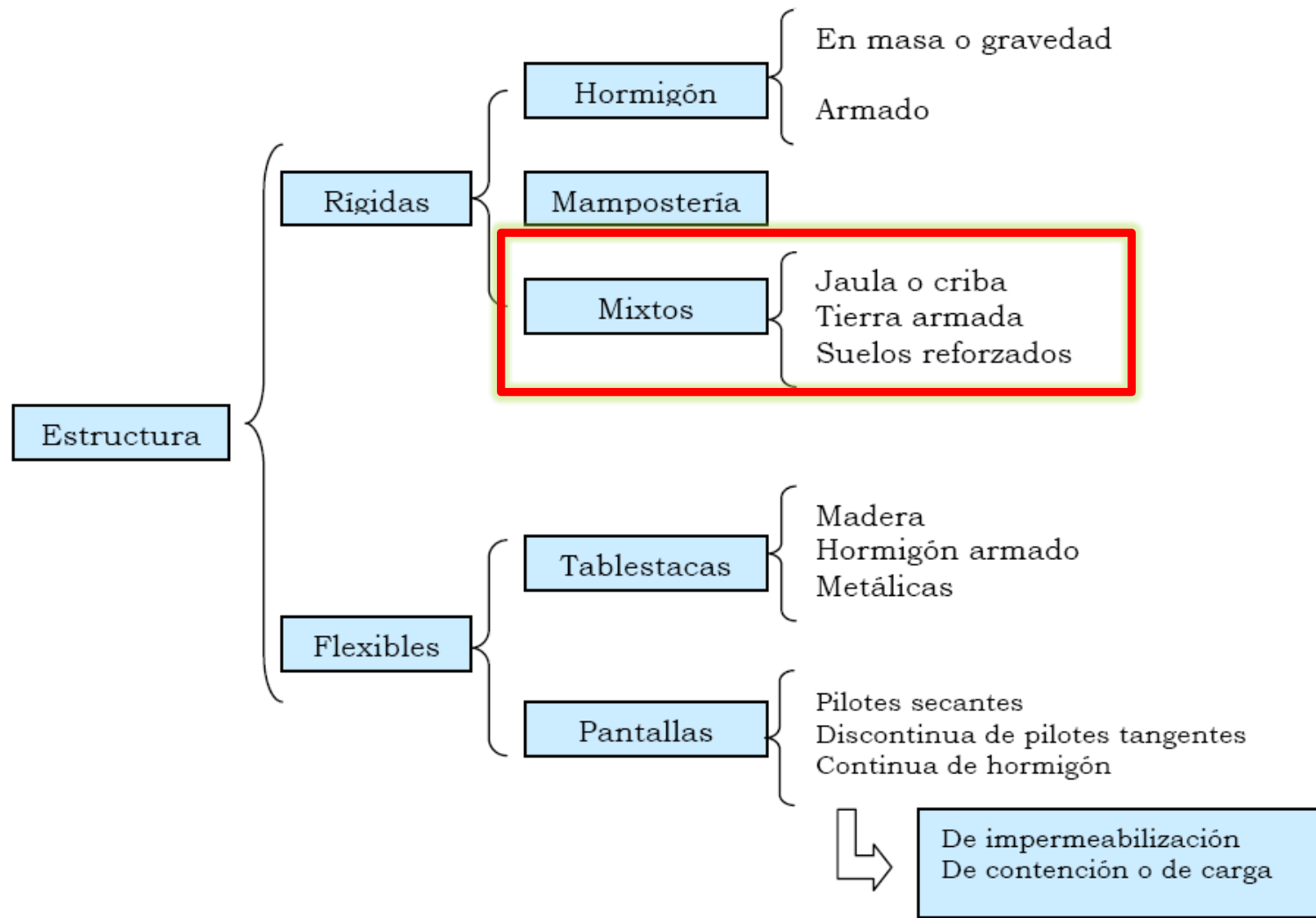
MURO DE HORMIGON ARMADO

IN SITU O PREMOLDEADO





SISTEMAS DE SOSTENIMIENTO

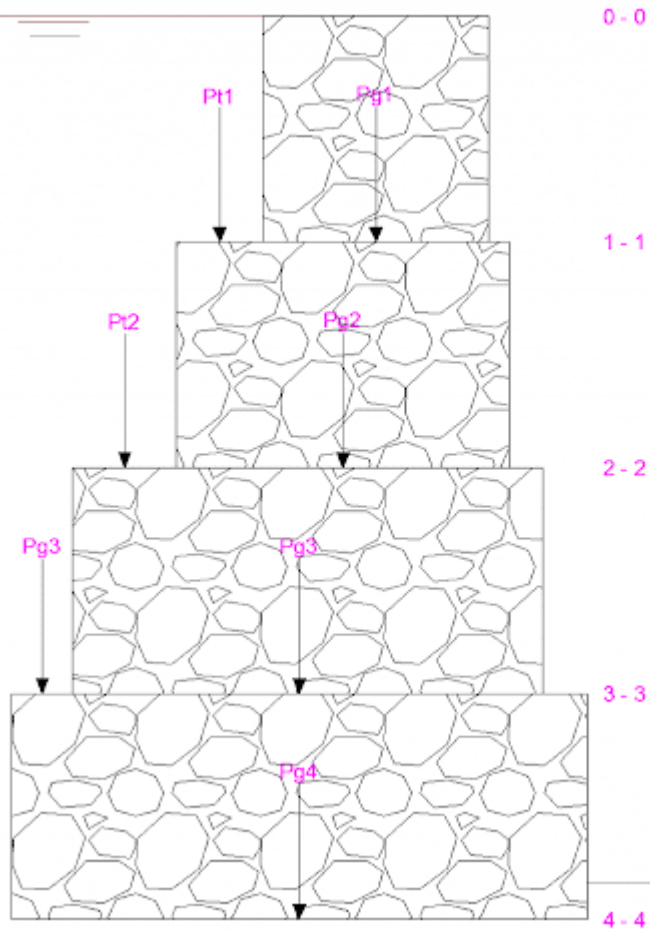


ESTABILIDAD



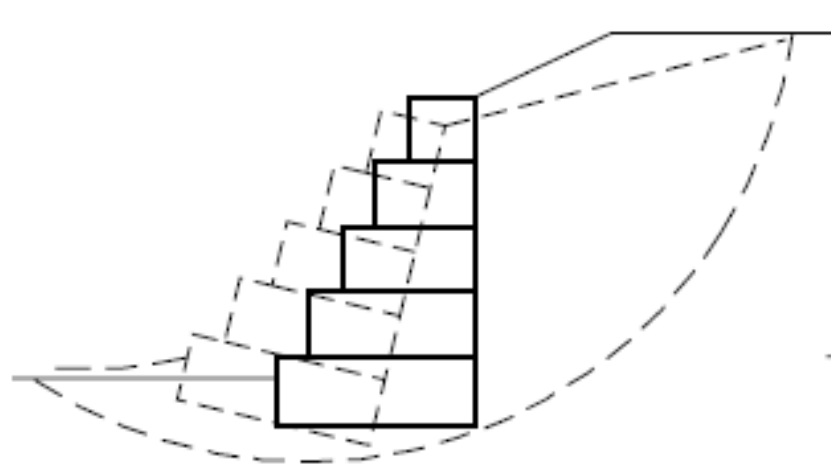
MUROS DE SOSTENIMIENTO - 2018

ESTABILIDAD

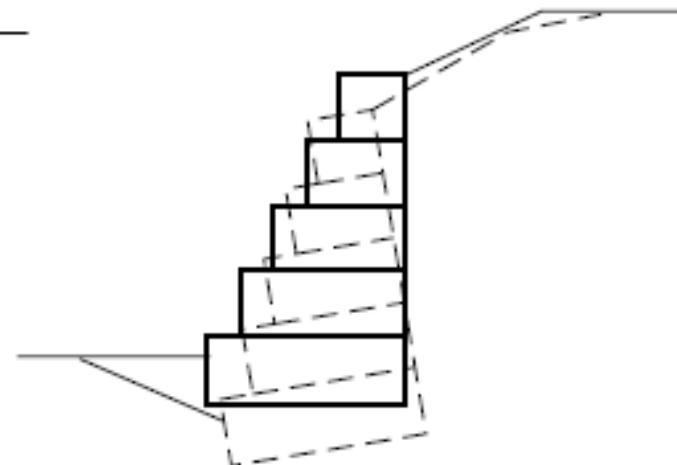




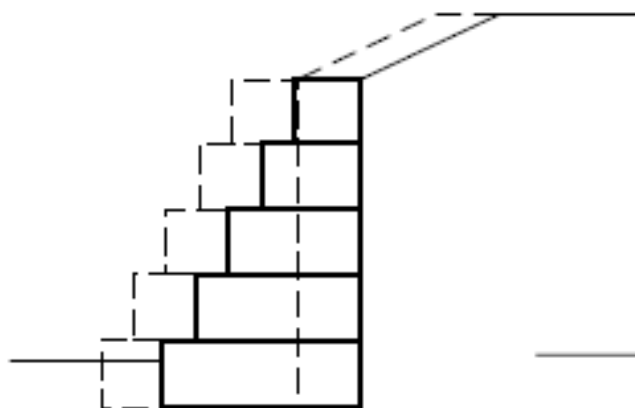
ESTABILIDAD



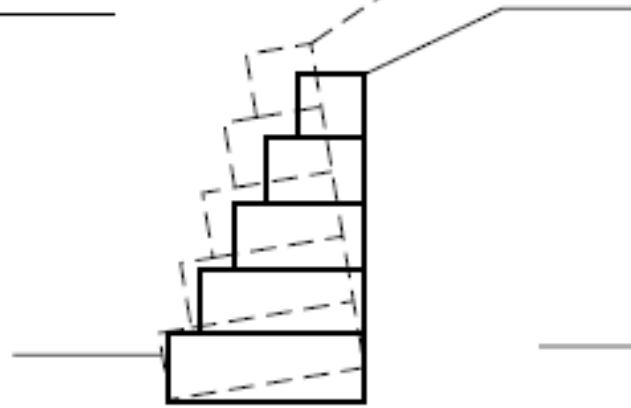
Rotura Global



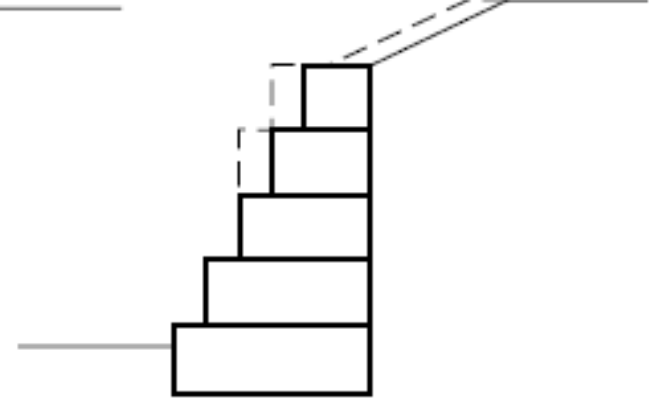
Rotura de la fundación



Deslizamiento



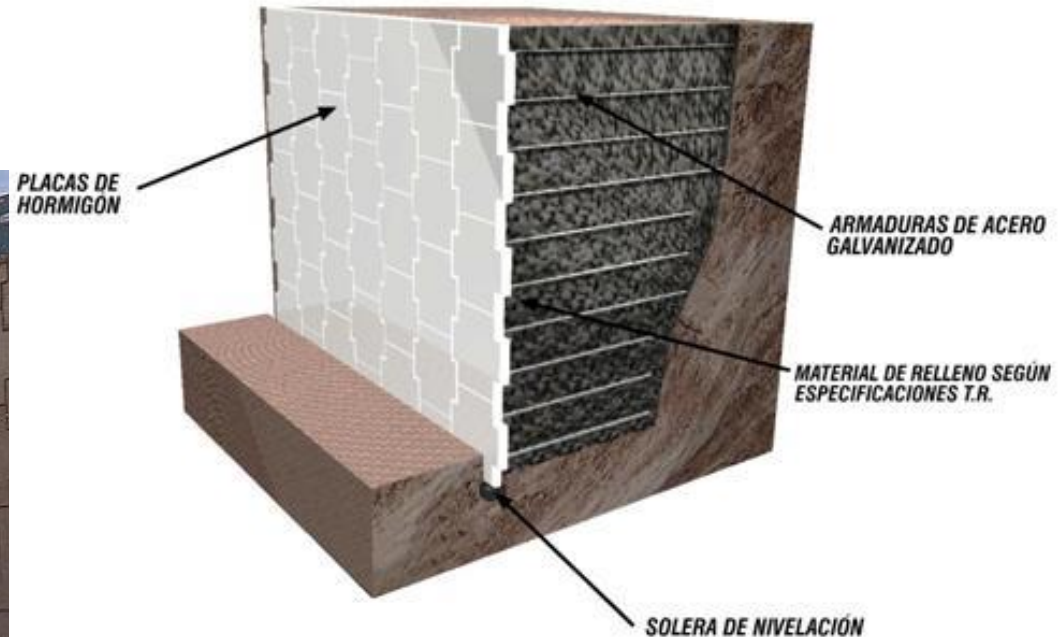
Vuelco



Rotura interna

ESTRUCTURA MIXTA

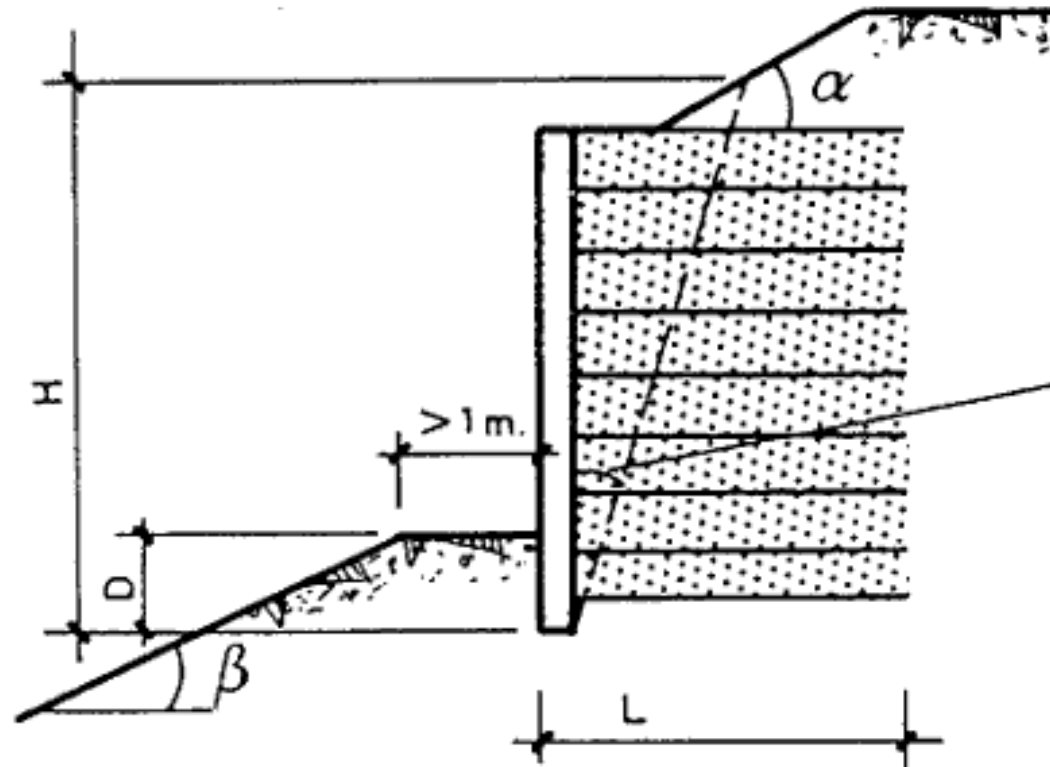
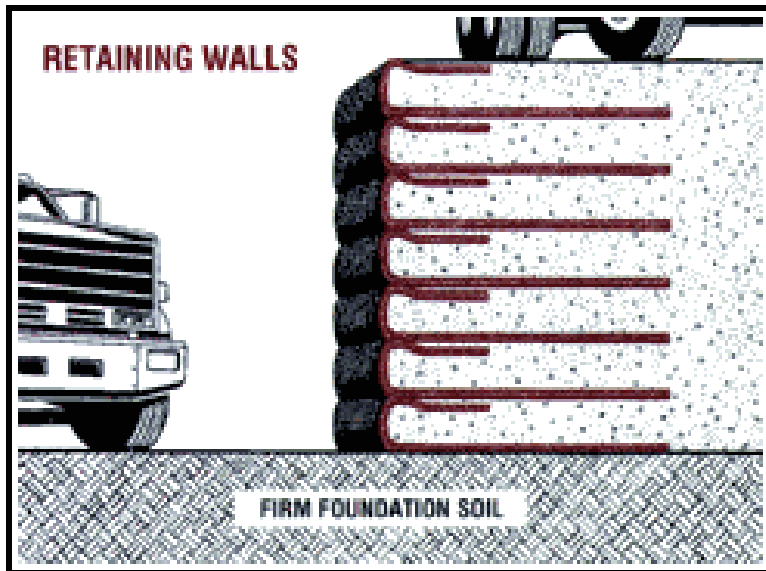
MUROS MECANICAMENTE ESTABILIZADOS





MUROS DE SUELOS MECANICAMENTE ESTABILIZADOS

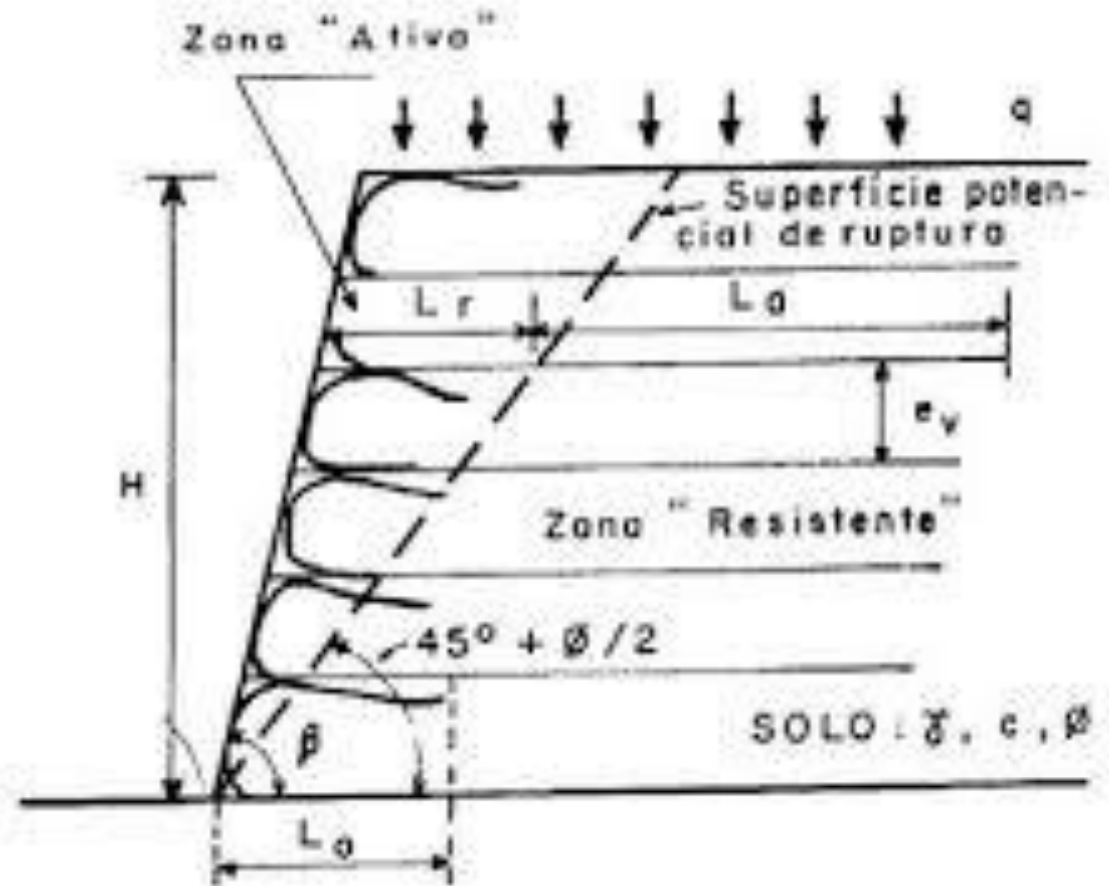
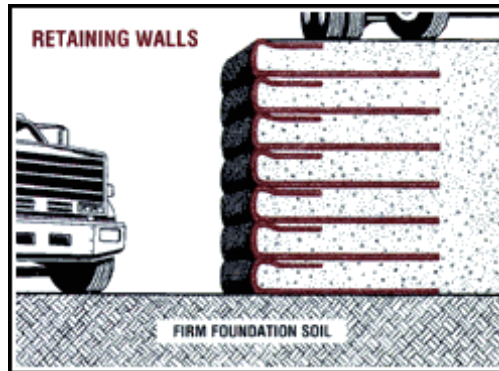
Estabilidad Interna





MUROS DE SUELOS MECANICAMENTE ESTABILIZADOS

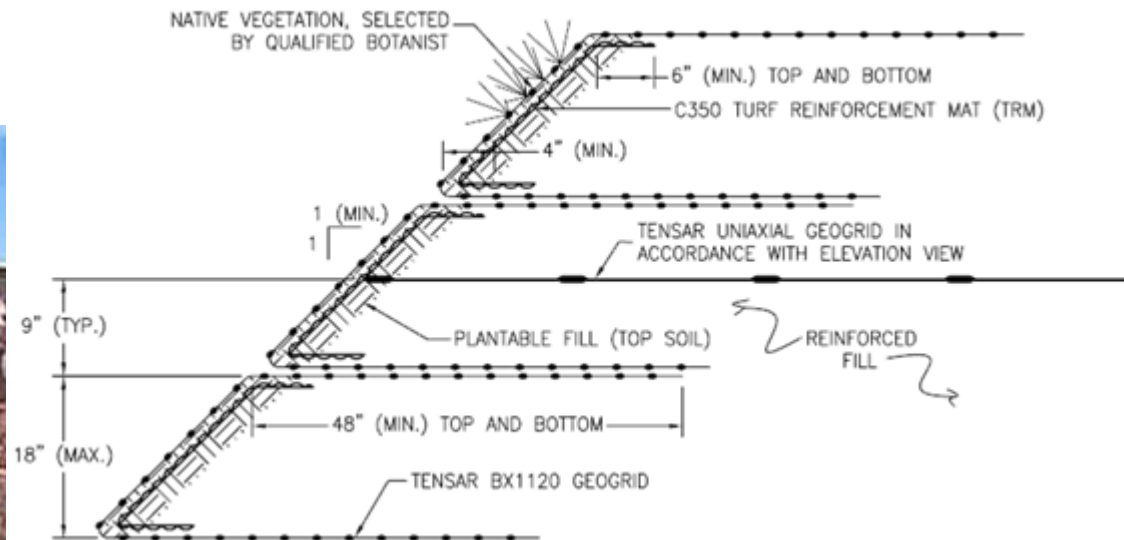
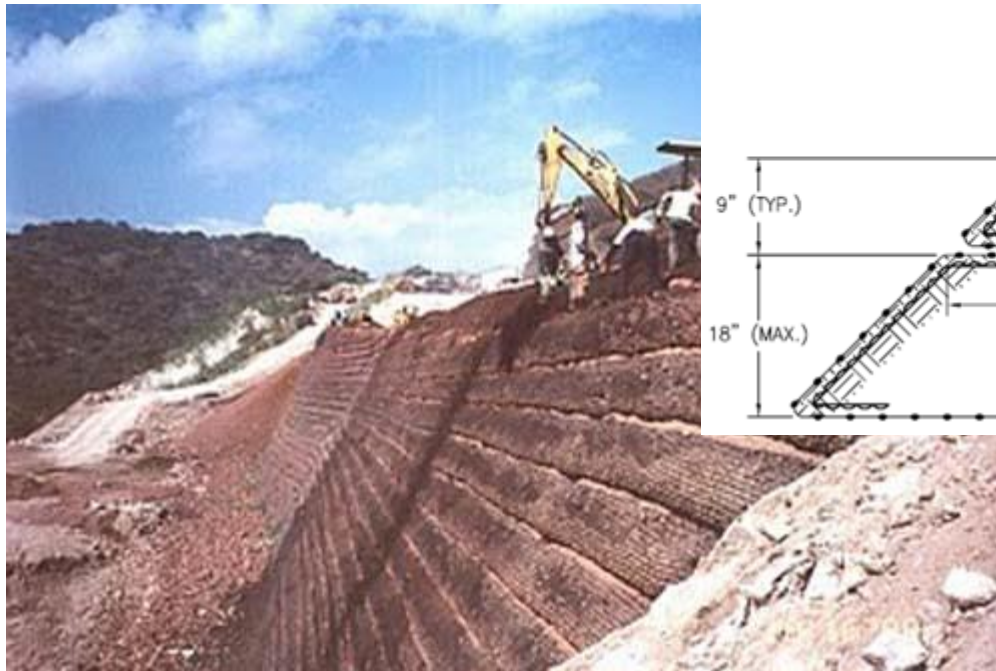
Estabilidad Interna





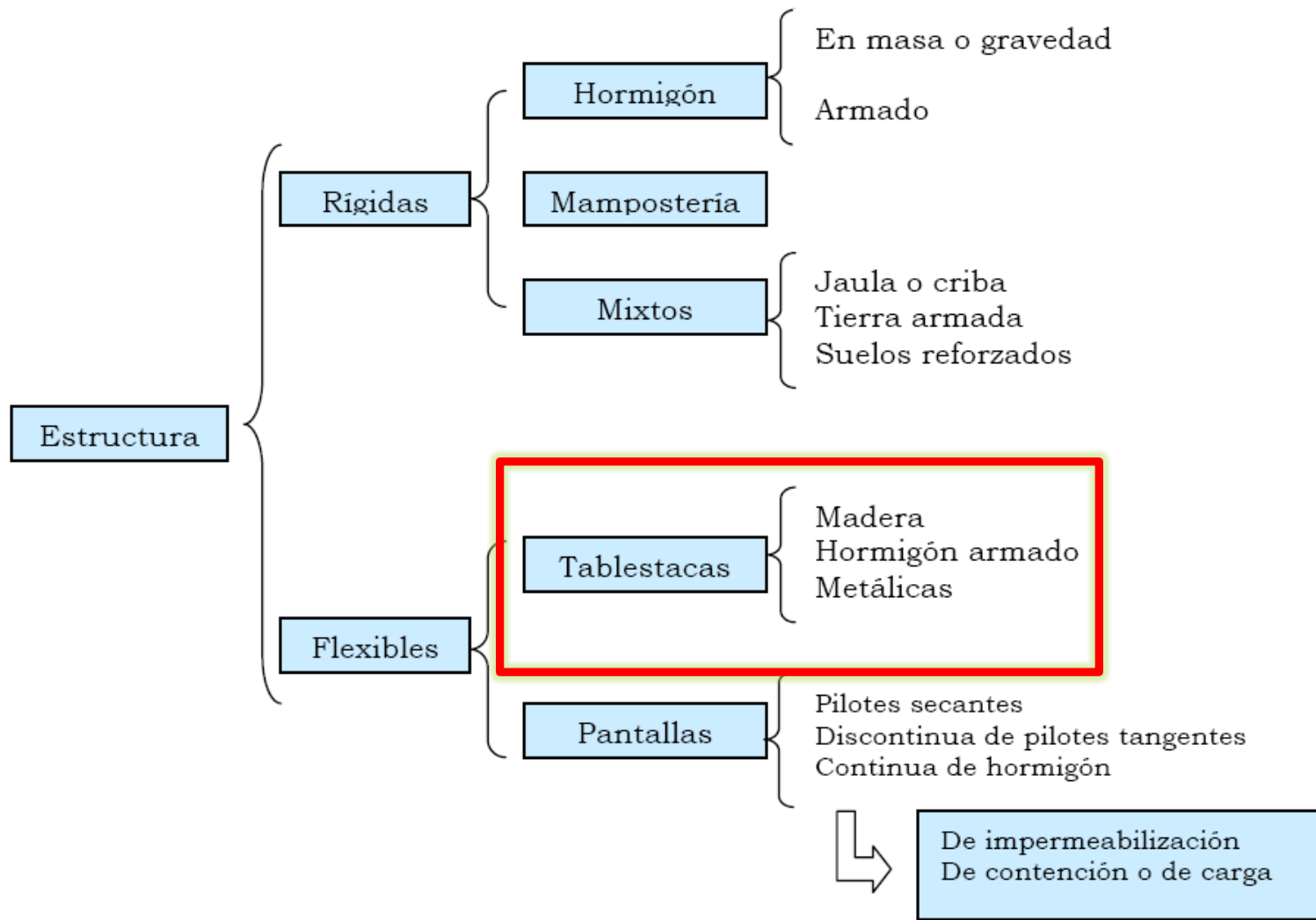
ESTRUCTURA MIXTA

MUROS MECANICAMENTE ESTABILIZADOS





SISTEMAS DE SOSTENIMIENTO



PANTALLA DE TABLESTACADO METÁLICO





PERFILES DE TABLESTACADO

Tablestacas – AZ



Tablestacas – AU



Tablestacas – PU-R



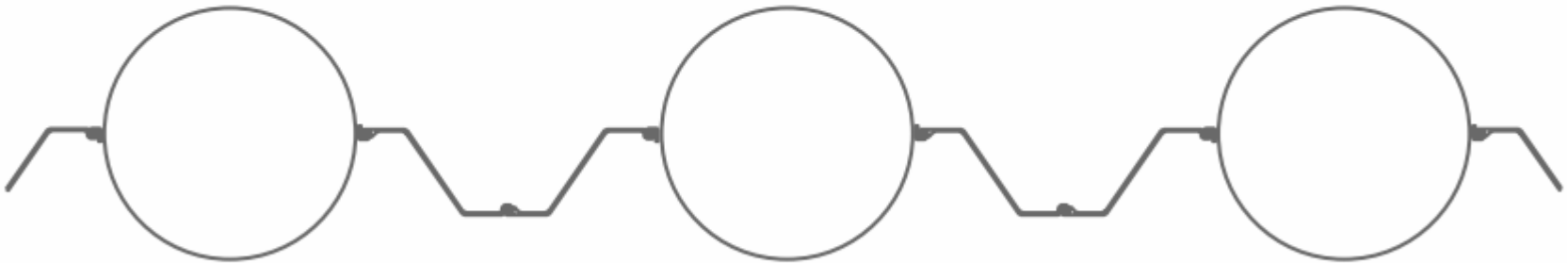


PERFILES DE TABLESTACADO

Paredes Combinadas HZM/AZ



Paredes Combinadas PAZ



Tablestacas Planas - AS



PANTALLA DE TABLESTACADO METÁLICO

Boardwalk, Aarschot, Belgium

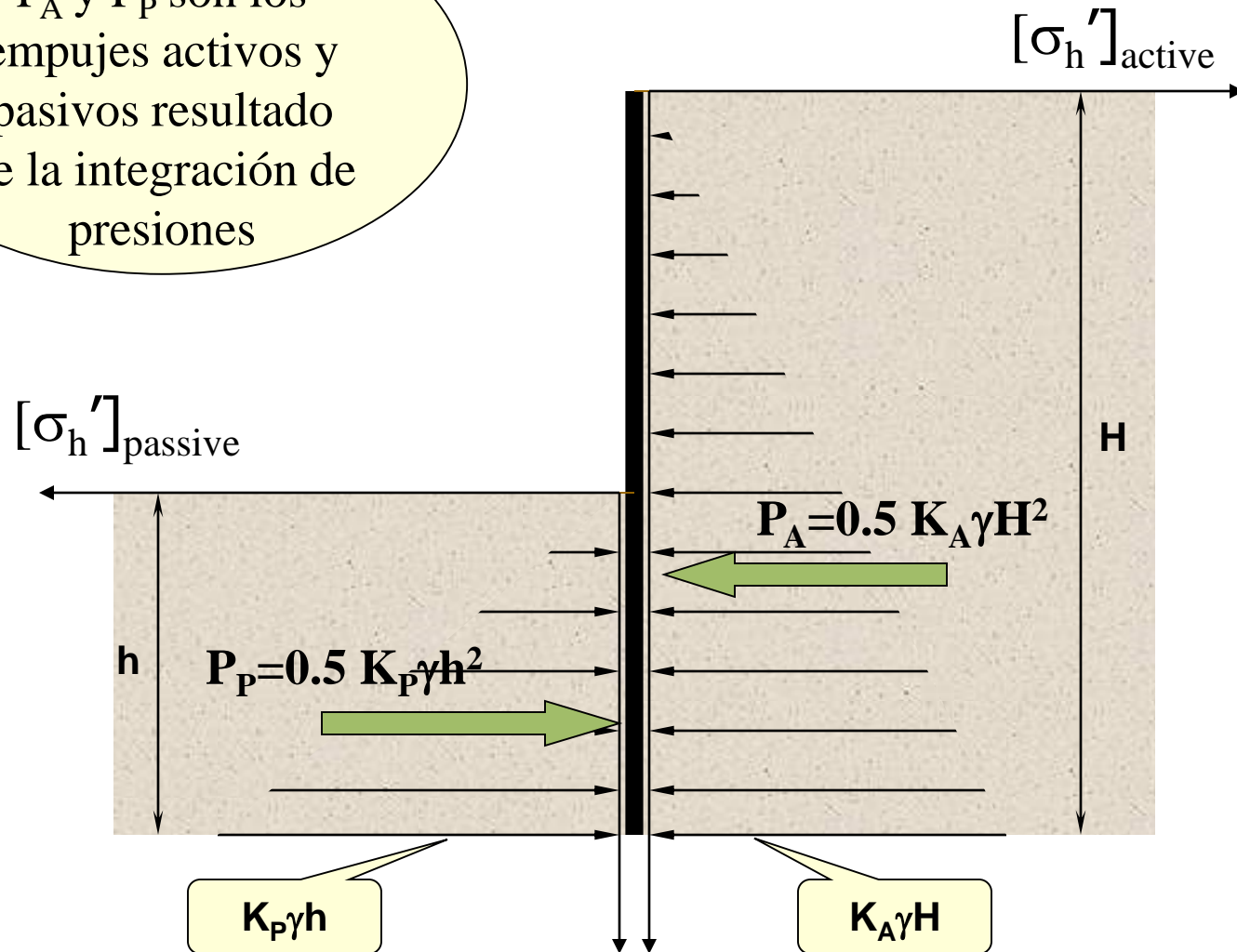




Distribucion de Presiones

Suelos Friccionales

P_A y P_P son los empujes activos y pasivos resultado de la integración de presiones



TABLESTACADOS CON APUNTALAMIENTO





ESTRUCTURA DE SOSTENIMIENTO PERMANENTES PANTALLAS

MUROS PANTALLA DE H° COLADO



MUROS PANTALLA DE PILOTES



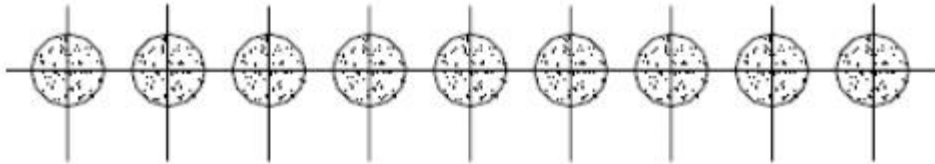


MUROS PANTALLA DE PILOTES

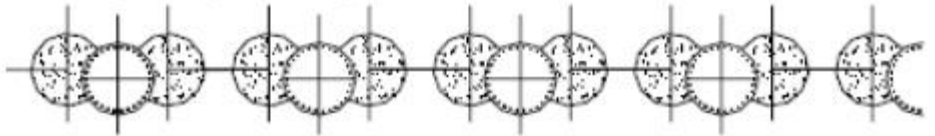
1) Aisladas



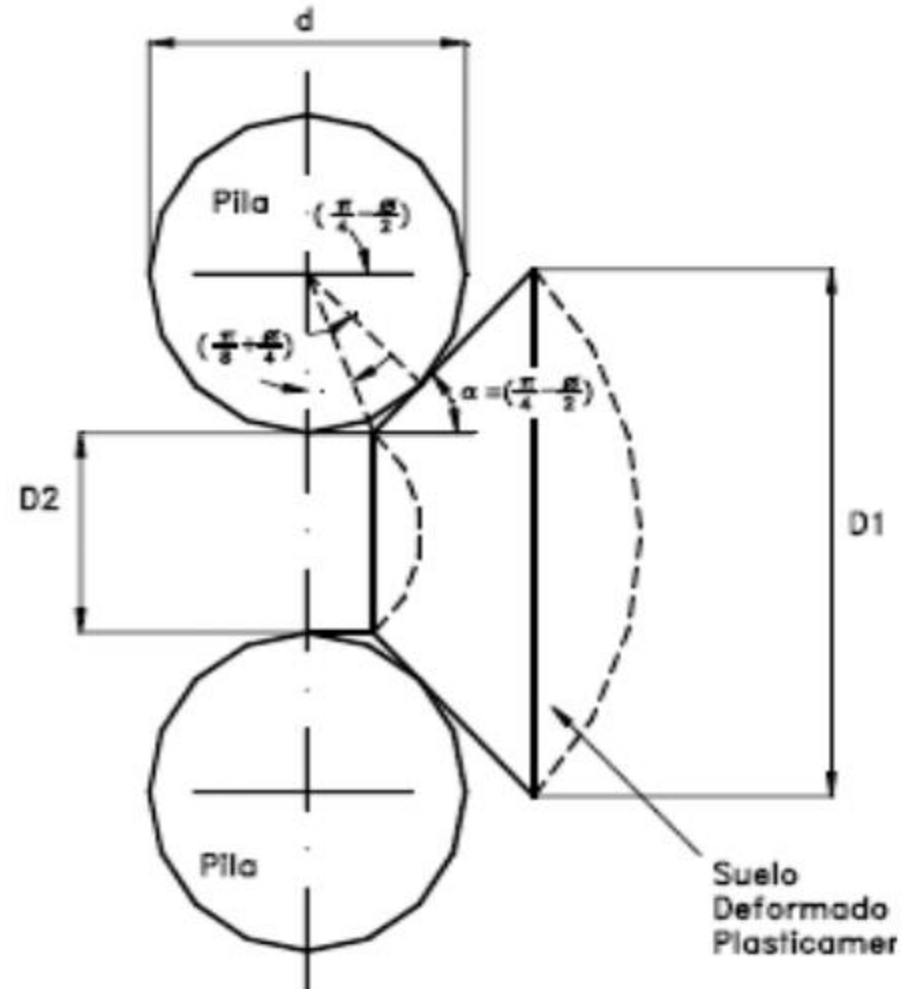
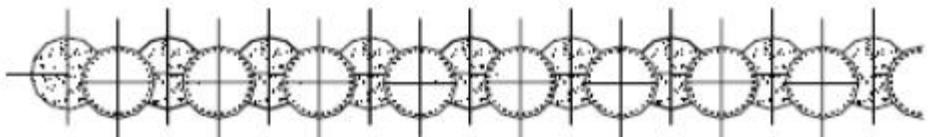
2) Cercanas



3) Traslapos en Grupos



4) Muro Continuo



MUROS PANTALLA DE PILOTES



MUROS PANTALLA DE PILOTES



MUROS PANTALLA DE PILOTES

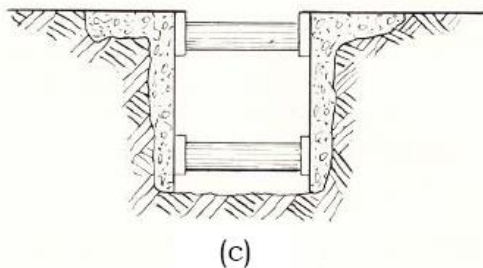
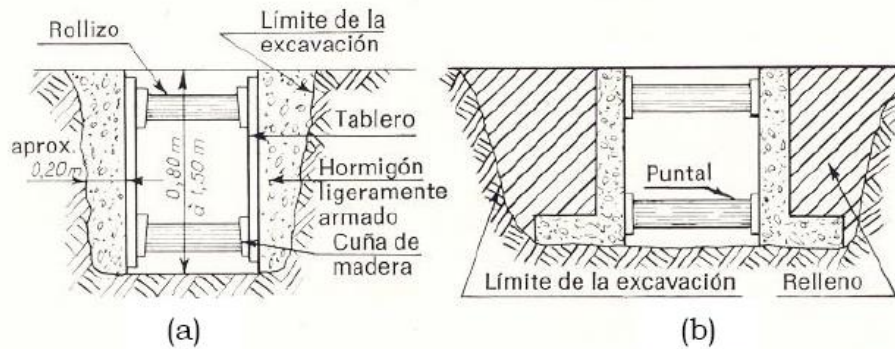


MUROS COLADOS



CONSTRUCCION – PASOS A SEGUIR

1. **CONSTRUCCION DE MUROS DE GUIA**
2. EXCAVACION DE SECTOR DE PANTALLA
3. COLOCACIÓN DE TUBOS DE JUNTA
4. COLOCACIÓN DE ARMADURAS
5. HORMIGONADO
6. EXTRACCION DE JUNTAS
7. DEMOLICIÓN DE CABEZA DE PANELES
8. EJECUCIÓN VIGA DE ATADO
9. EXCAVACIÓN DEL TERRENO

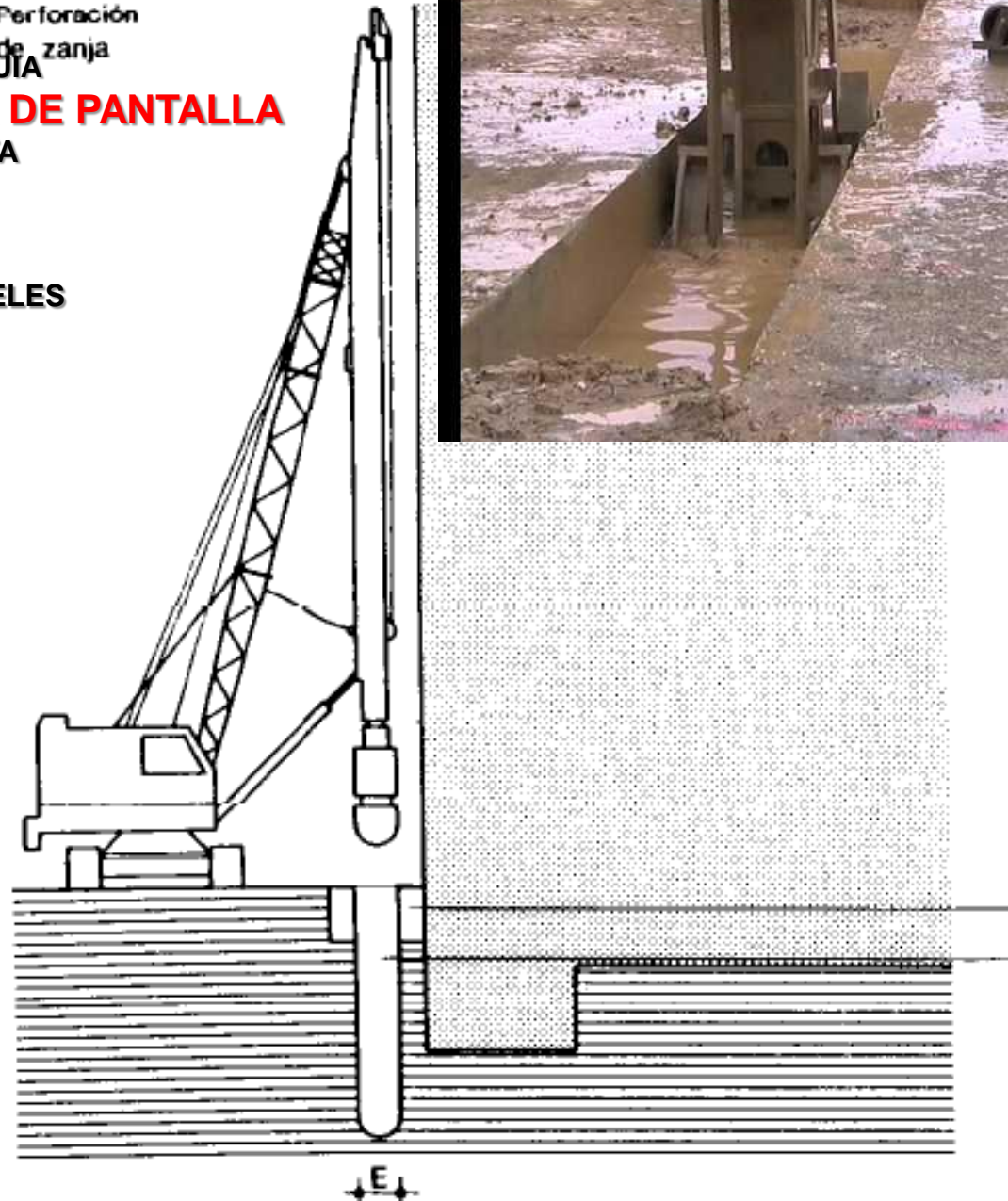




CONSTRUCCION – PASOS A SEGUIR

Perforación
de zanja

1. CONSTRUCCION DE MUROS DE GUÍA
- 2. EXCAVACION DE SECTOR DE PANTALLA**
3. COLOCACIÓN DE TUBOS DE JUNTA
4. COLOCACIÓN DE ARMADURAS
5. HORMIGONADO
6. EXTRACCION DE JUNTAS
7. DEMOLICIÓN DE CABEZA DE PANELES
8. EJECUCIÓN VIGA DE ATADO
9. EXCAVACIÓN DEL TERRENO



CONSTRUCCION – PASOS A SEGUIR

1. CONSTRUCCION DE MUROS DE GUIA
2. **EXCAVACION DE SECTOR DE PANTALLA**
3. COLOCACIÓN DE TUBOS DE JUNTA
4. COLOCACIÓN DE ARMADURAS
5. HORMIGONADO
6. EXTRACCION DE JUNTAS
7. DEMOLICIÓN DE CABEZA DE PANELES
8. EJECUCIÓN VIGA DE ATADO
9. EXCAVACIÓN DEL TERRENO





CONSTRUCCION – PASOS A SEGUIR

1. CONSTRUCCION DE MUROS DE GUIA
2. EXCAVACION DE SECTOR DE PANTALLA
3. **COLOCACIÓN DE TUBOS DE JUNTA**
4. COLOCACIÓN DE ARMADURAS
5. HORMIGONADO
6. EXTRACCION DE JUNTAS
7. DEMOLICIÓN DE CABEZA DE PANELES
8. EJECUCIÓN VIGA DE ATADO
9. EXCAVACIÓN DEL TERRENO

a) Tubo Junta

b) Chapa Junta

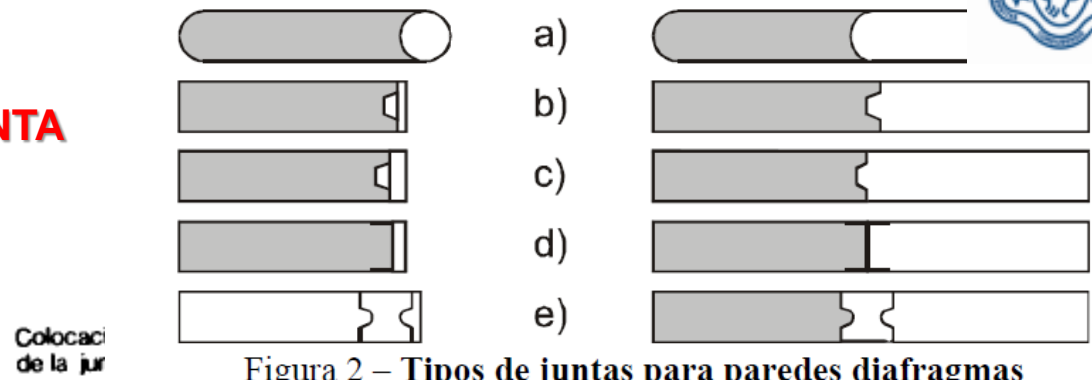
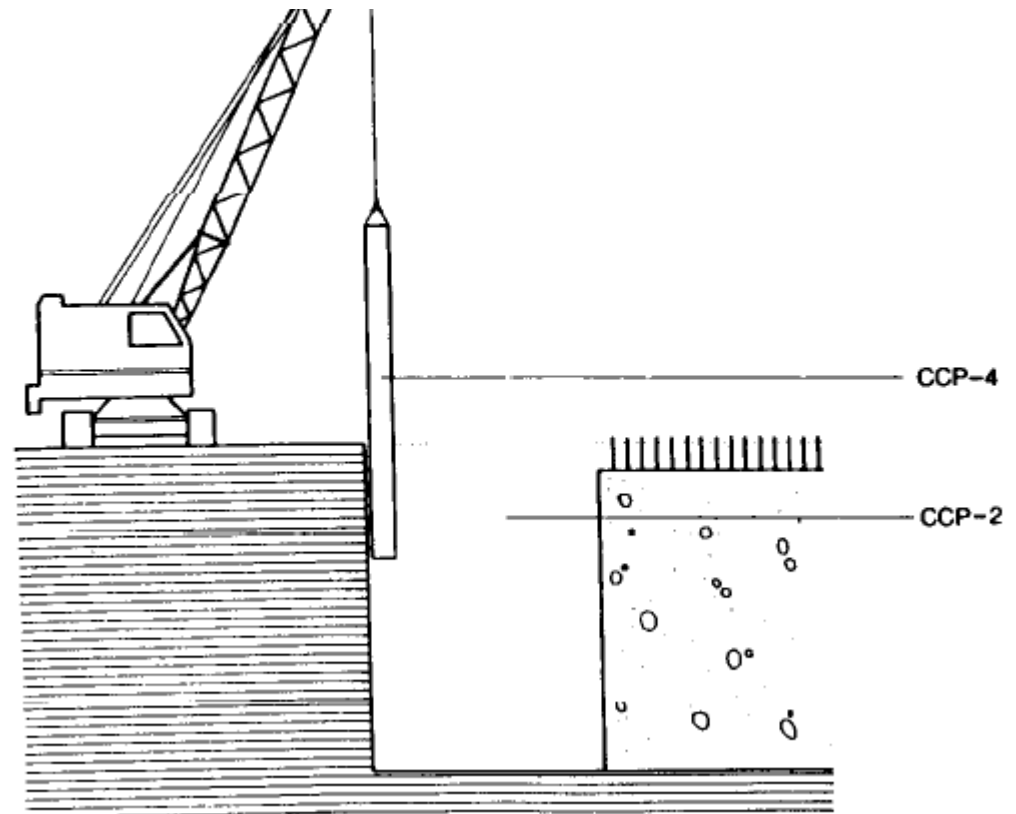


Figura 2 – Tipos de juntas para paredes diafragmas

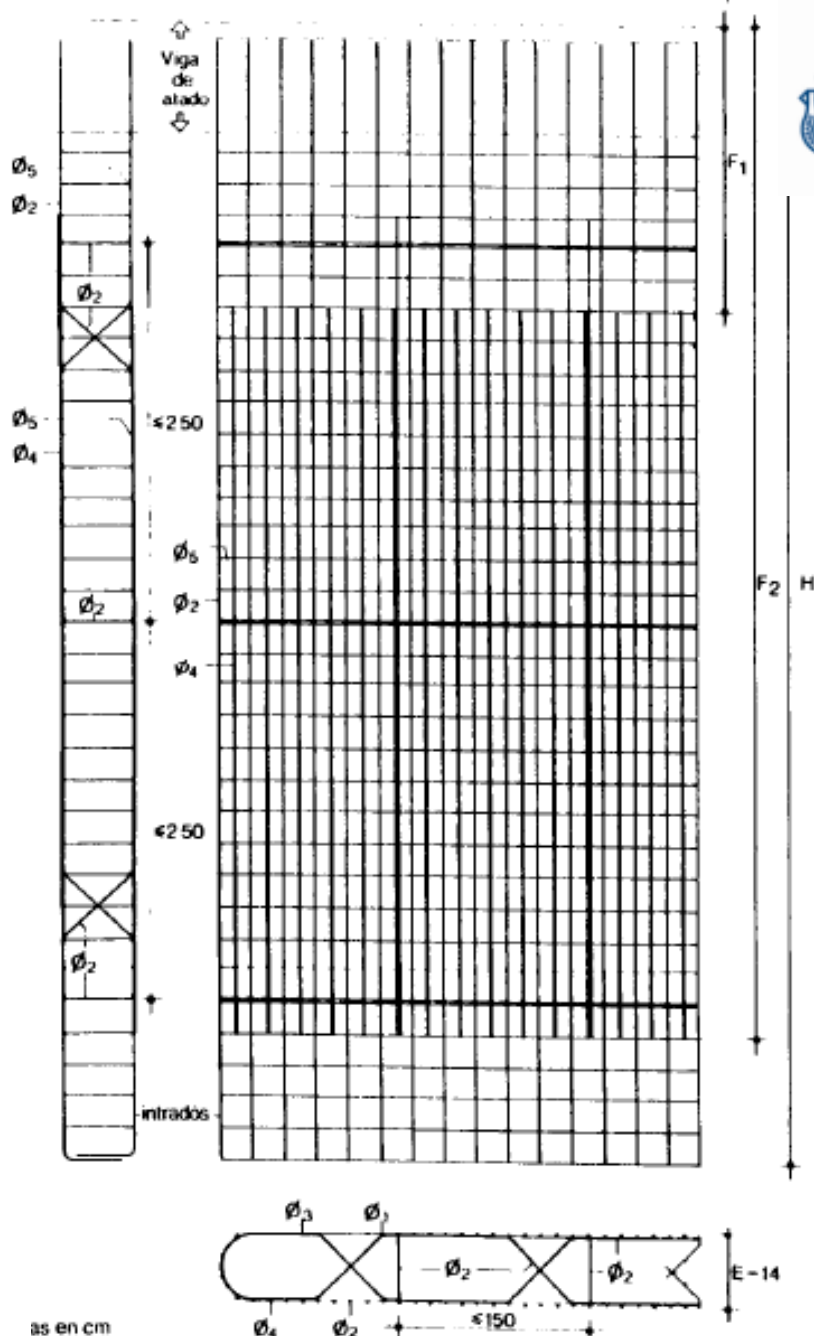
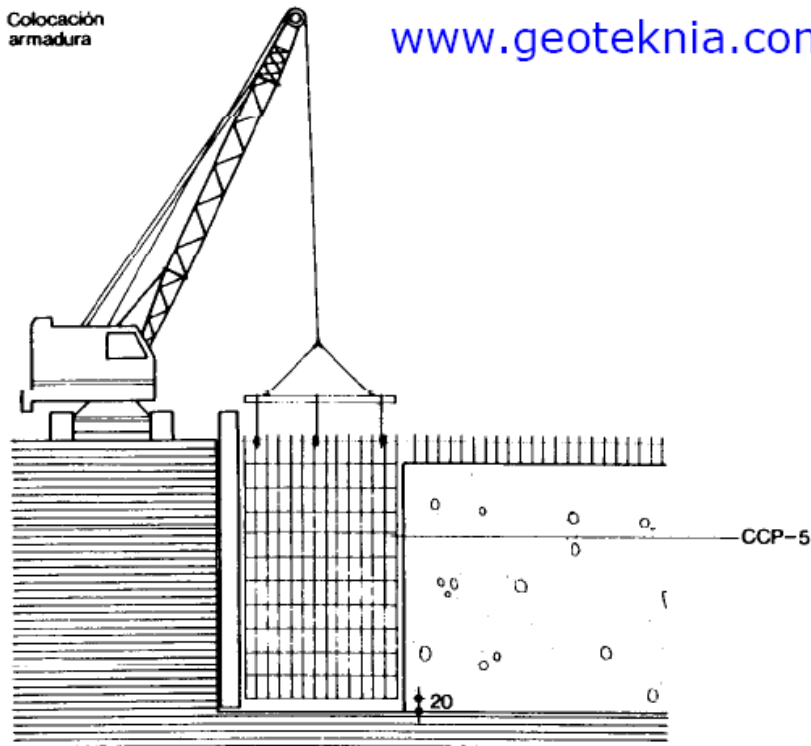




CONSTRUCCION – PASOS A SEGUIR

1. CONSTRUCCION DE MUROS DE GUIA
2. EXCAVACION DE SECTOR DE PANTALLA
3. COLOCACIÓN DE TUBOS DE JUNTA
- 4. COLOCACIÓN DE ARMADURAS**
5. HORMIGONADO
6. EXTRACCION DE JUNTAS
7. DEMOLICIÓN DE CABEZA DE PANELES
8. EJECUCIÓN VIGA DE ATADO
9. EXCAVACIÓN DEL TERRENO

Colocación
armadura



CONSTRUCCION – PASOS A SEGUIR

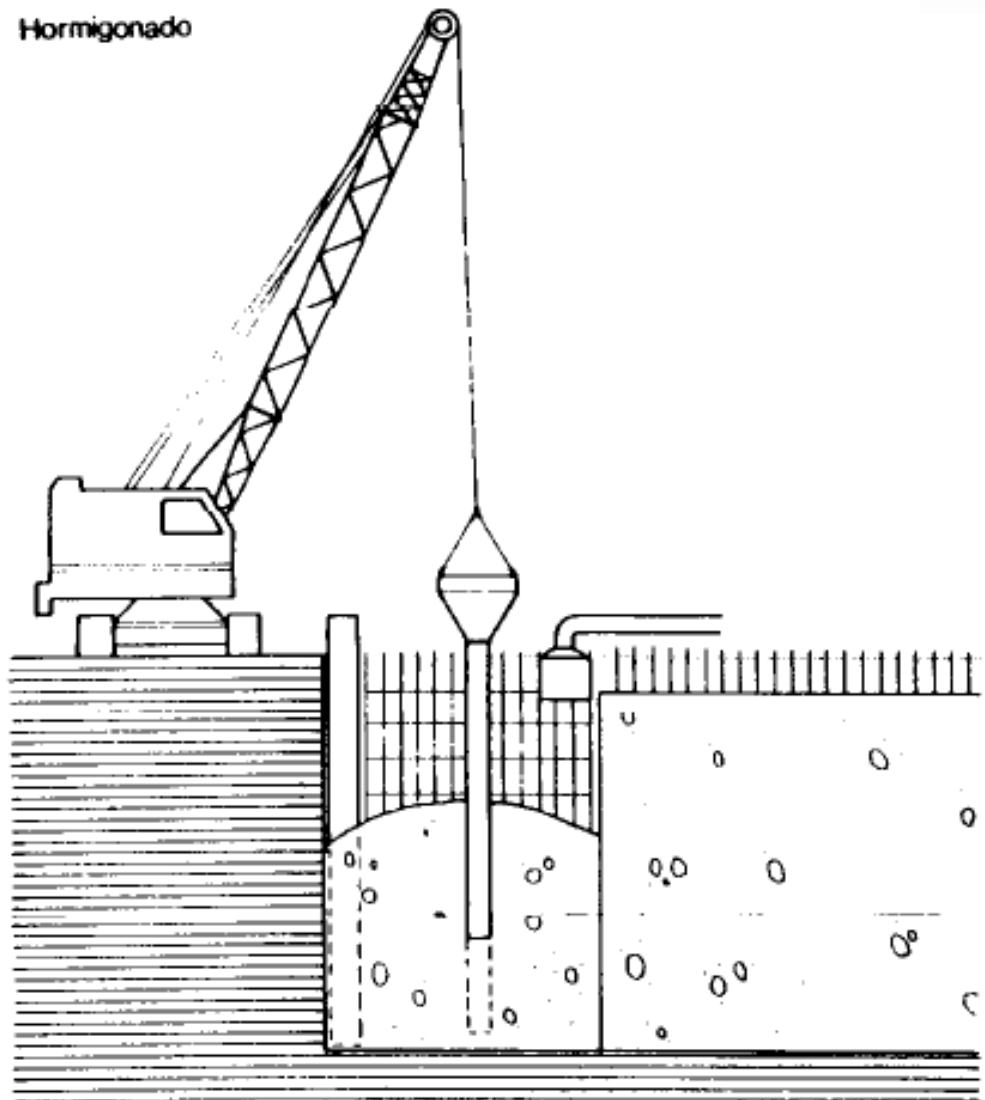
1. CONSTRUCCION DE MUROS DE GUIA
2. EXCAVACION DE SECTOR DE PANTALLA
3. COLOCACIÓN DE TUBOS DE JUNTA
- 4. COLOCACIÓN DE ARMADURAS**
5. HORMIGONADO
6. EXTRACCION DE JUNTAS
7. DEMOLICIÓN DE CABEZA DE PANELES
8. EJECUCIÓN VIGA DE ATADO
9. EXCAVACIÓN DEL TERRENO



CONSTRUCCION – PASOS A SEGUIR

1. CONSTRUCCION DE MUROS DE GUIA
2. EXCAVACION DE SECTOR DE PANTALLA
3. COLOCACIÓN DE TUBOS DE JUNTA
4. COLOCACIÓN DE ARMADURAS
- 5. HORMIGONADO**
6. EXTRACCION DE JUNTAS
7. DEMOLICIÓN DE CABEZA DE PANELES
8. EJECUCIÓN VIGA DE ATADO
9. EXCAVACIÓN DEL TERRENO

- Siempre con el uso de manga.
- El diámetro interior debe ser igual o superior a 15 cm y 6 veces el tamaño máximo de los áridos empleados.
- El diámetro exterior no debe superar 0,8 veces el interior de la jaula de la armadura.



CONSTRUCCION – PASOS A SEGUIR

1. CONSTRUCCION DE MUROS DE GUIA
2. EXCAVACION DE SECTOR DE PANTALLA
3. COLOCACIÓN DE TUBOS DE JUNTA
4. COLOCACIÓN DE ARMADURAS
- 5. HORMIGONADO**
6. EXTRACCION DE JUNTAS
7. DEMOLICIÓN DE CABEZA DE PANELES
8. EJECUCIÓN VIGA DE ATADO
9. EXCAVACIÓN DEL TERRENO

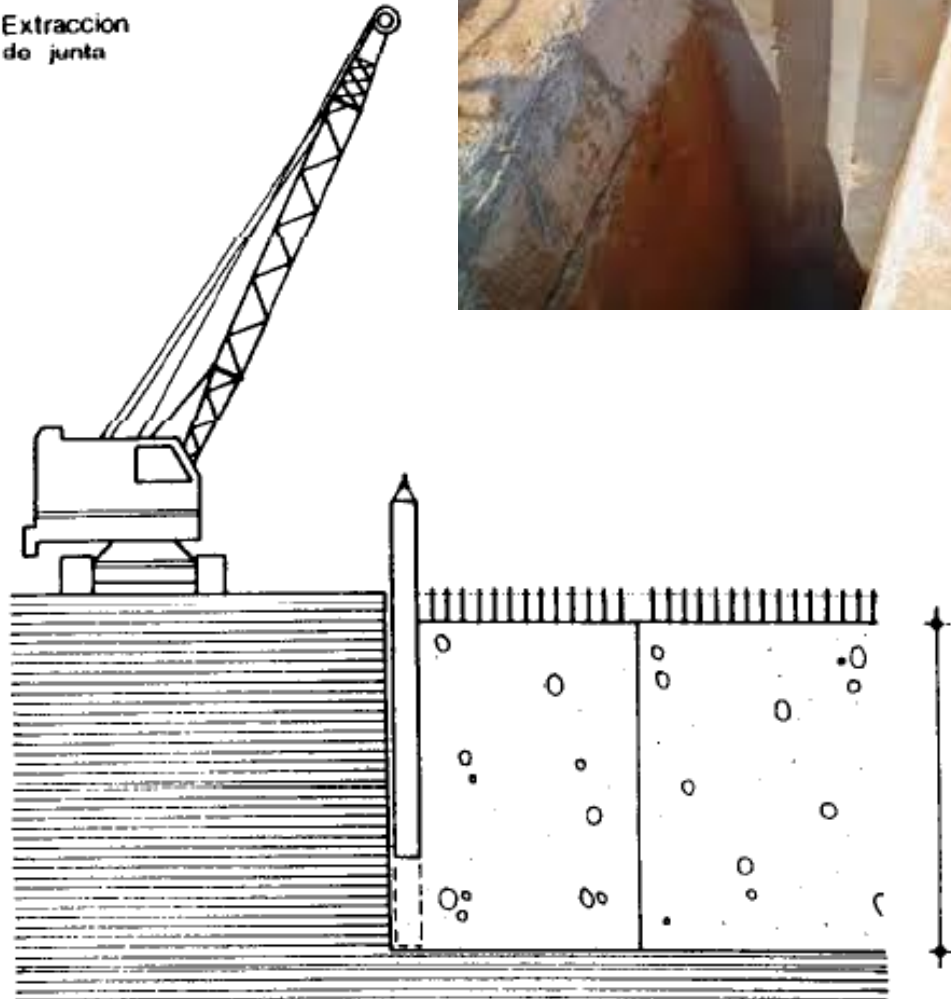
- Se centra en el panel y se introduce a través del lodo hasta el fondo de la excavación.
- Se comienza a hormigonar colocando el tubo sobre el fondo de la zanja y luego se lo levanta entre 10 y 20 cm ya comenzado el hormigonado; el tubo siempre debe estar sumergido dentro del hormigón fresco.



CONSTRUCCION – PASOS A SEGUIR

1. CONSTRUCCION DE MUROS DE GUIA
2. EXCAVACION DE SECTOR DE PANTALLA
3. COLOCACIÓN DE TUBOS DE JUNTA
4. COLOCACIÓN DE ARMADURAS
5. HORMIGONADO
- 6. EXTRACCION DE JUNTAS**
7. DEMOLICIÓN DE CABEZA DE PANELES
8. EJECUCIÓN VIGA DE ATADO
9. EXCAVACIÓN DEL TERRENO

Extraccion
de junta



- Luego de hormigonar, se extraen los elementos laterales dispuestos para moldeo de juntas.
- Éstos serán de PVC tipo water-stop o juntas moldeadas con el tubo circular que se inyecta posteriormente.

CONSTRUCCION – PASOS A SEGUIR

1. CONSTRUCCION DE MUROS DE GUIA
2. EXCAVACION DE SECTOR DE PANTALLA
3. COLOCACIÓN DE TUBOS DE JUNTA
4. COLOCACIÓN DE ARMADURAS
5. HORMIGONADO
6. EXTRACCION DE JUNTAS
- 7. DEMOLICIÓN DE CABEZA DE PANELES**
8. EJECUCIÓN VIGA DE ATADO
9. EXCAVACIÓN DEL TERRENO



CONSTRUCCION – PASOS A SEGUIR

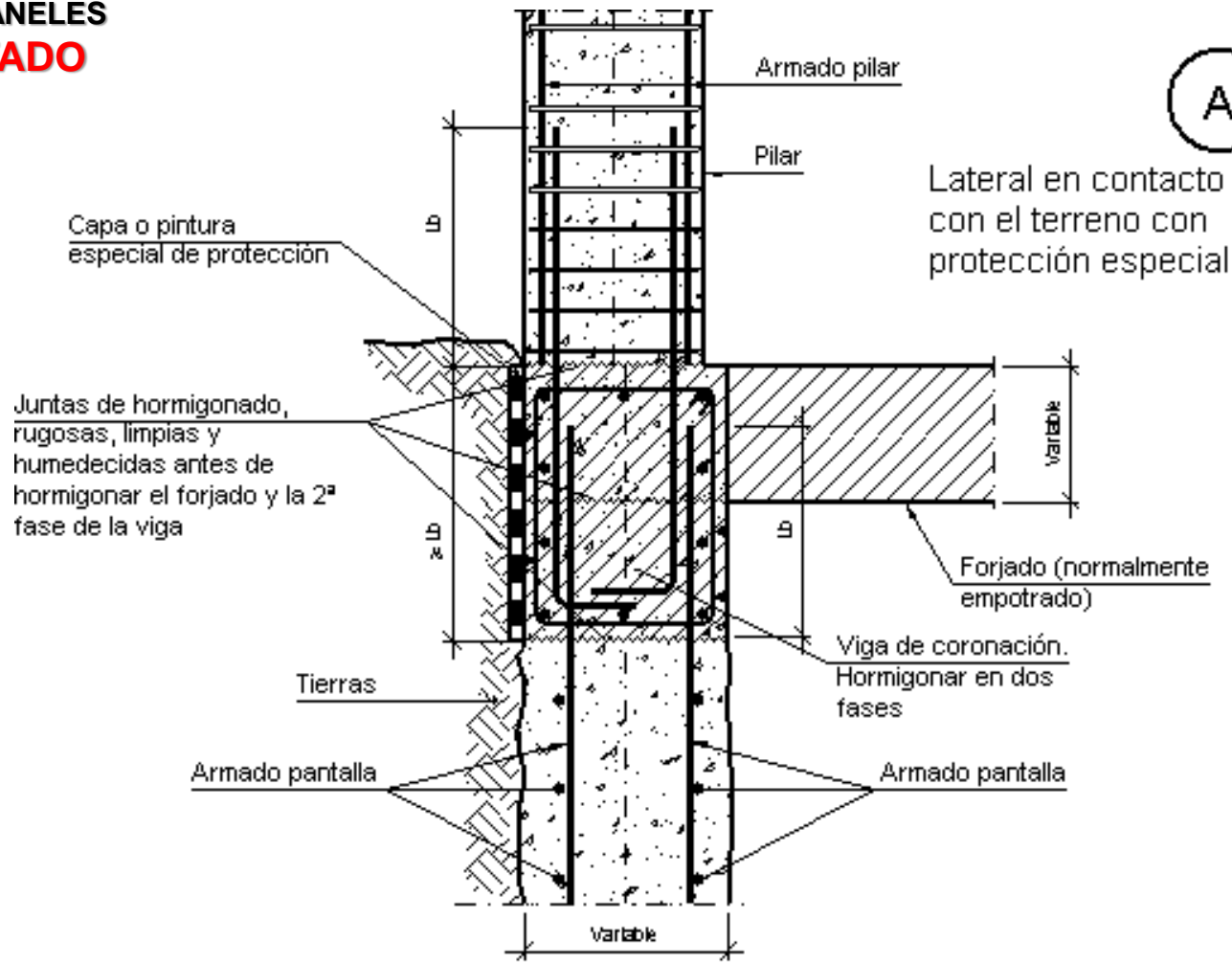
1. CONSTRUCCION DE MUROS DE GUIA
2. EXCAVACION DE SECTOR DE PANTALLA
3. COLOCACIÓN DE TUBOS DE JUNTA
4. COLOCACIÓN DE ARMADURAS
5. HORMIGONADO
6. EXTRACCION DE JUNTAS
7. DEMOLICIÓN DE CABEZA DE PANELES
- 8. EJECUCIÓN VIGA DE ATADO**
9. EXCAVACIÓN DEL TERRENO





CONSTRUCCION – PASOS A SEGUIR

1. CONSTRUCCION DE MUROS DE GUIA
2. EXCAVACION DE SECTOR DE PANTALLA
3. COLOCACIÓN DE TUBOS DE JUNTA
4. COLOCACIÓN DE ARMADURAS
5. HORMIGONADO
6. EXTRACCION DE JUNTAS
7. DEMOLICIÓN DE CABEZA DE PANELES
- 8. EJECUCIÓN VIGA DE ATADO**
9. EXCAVACIÓN DEL TERRENO





ESTRUCTURA DE SOSTENIMIENTO TEMPORARIOS (ENTIBADOS)

ENTIBADOS

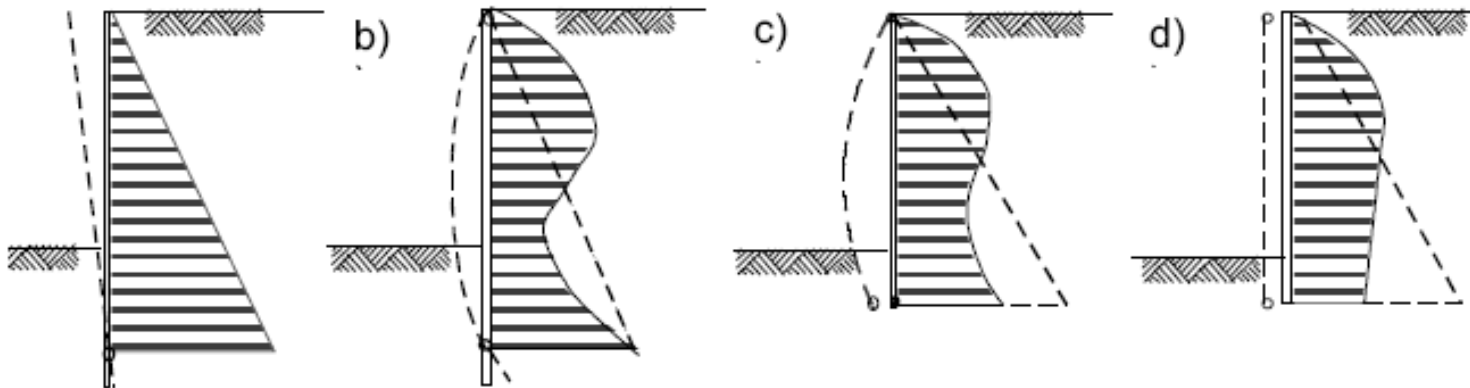




ESFUERZOS GENERADOS POR LA EXCAVACION

EMPUJES...

Un diagrama de empuje es una solución simplificada del problema de interacción suelo-estructura para casos específicos de apoyo de la estructura de contención

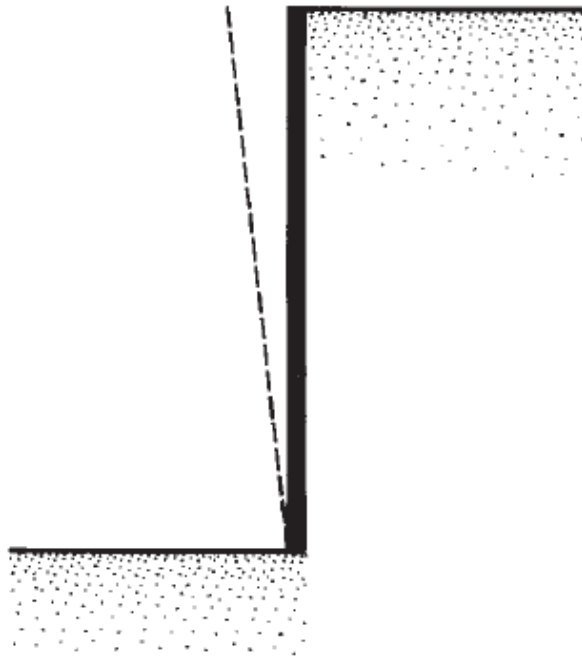


La forma y valor del diagrama de empuje depende del modo de deformación

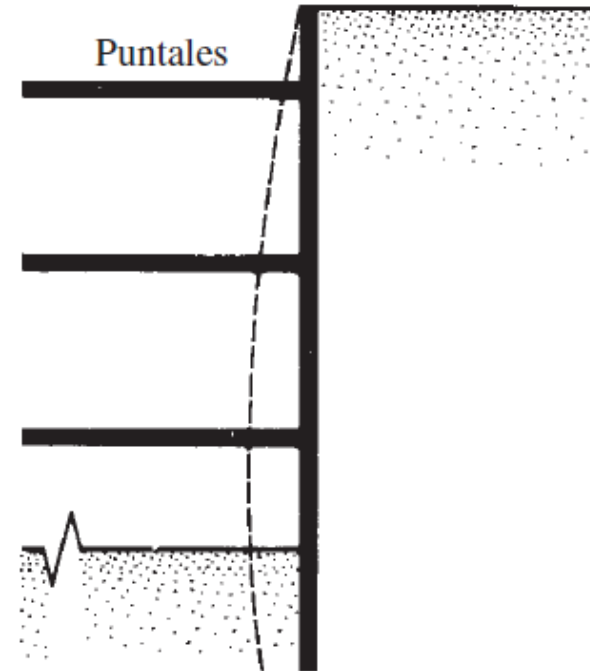


ESFUERZOS GENERADOS POR LA EXCAVACION

EMPUJES...



(a)



(b)

EFFECTOS DE LA FLEXIBILIDAD DE LAS PAREDES:

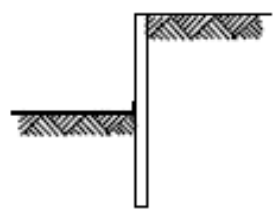
(a) MURO DE CONTENCIÓN

(b) ENTIBADO/CORTE APUNTALADO

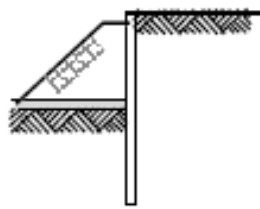


EFFECTOS DE LA EXCAVACIÓN → REPRESENTACION

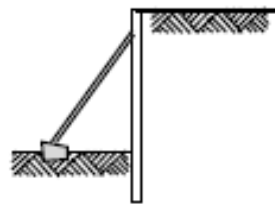
Cuando se dibujan excavaciones, siempre se dibujan sus estructuras de sostenimiento, aunque la estructura de contención (sólo) ayuda a que el terreno se sostenga a si mismo



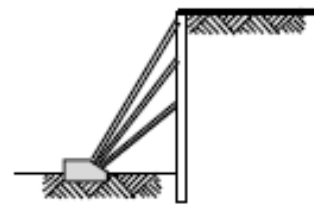
a) Cantiliver wall



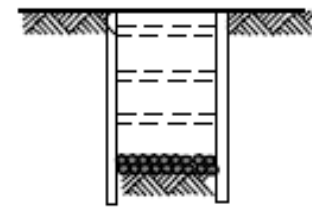
b) Berm and Slab



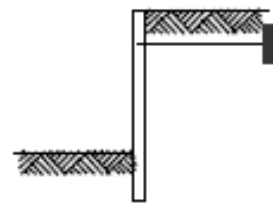
c) Single proped wall



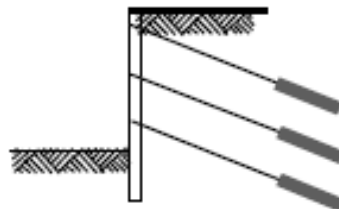
d) Multi-proped wall



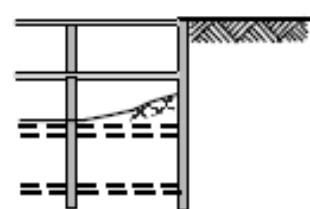
e) Soilcrete-slab



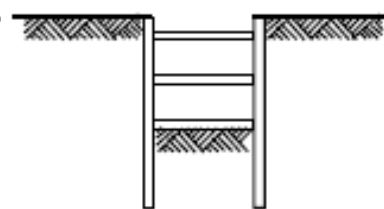
f) Tie-back wall



g) Ground anchors



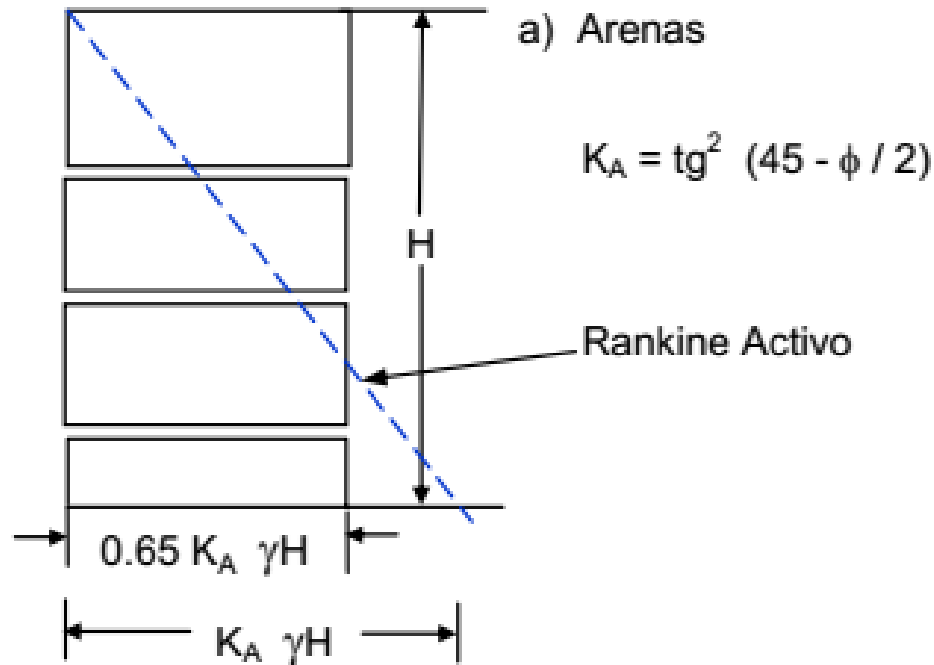
h) Top-down construction



i) Braced excavation



ENTIBADOS



P_t = Trapezoide

P_A = Rankine

$P_t = .65 K_A \gamma H^2$

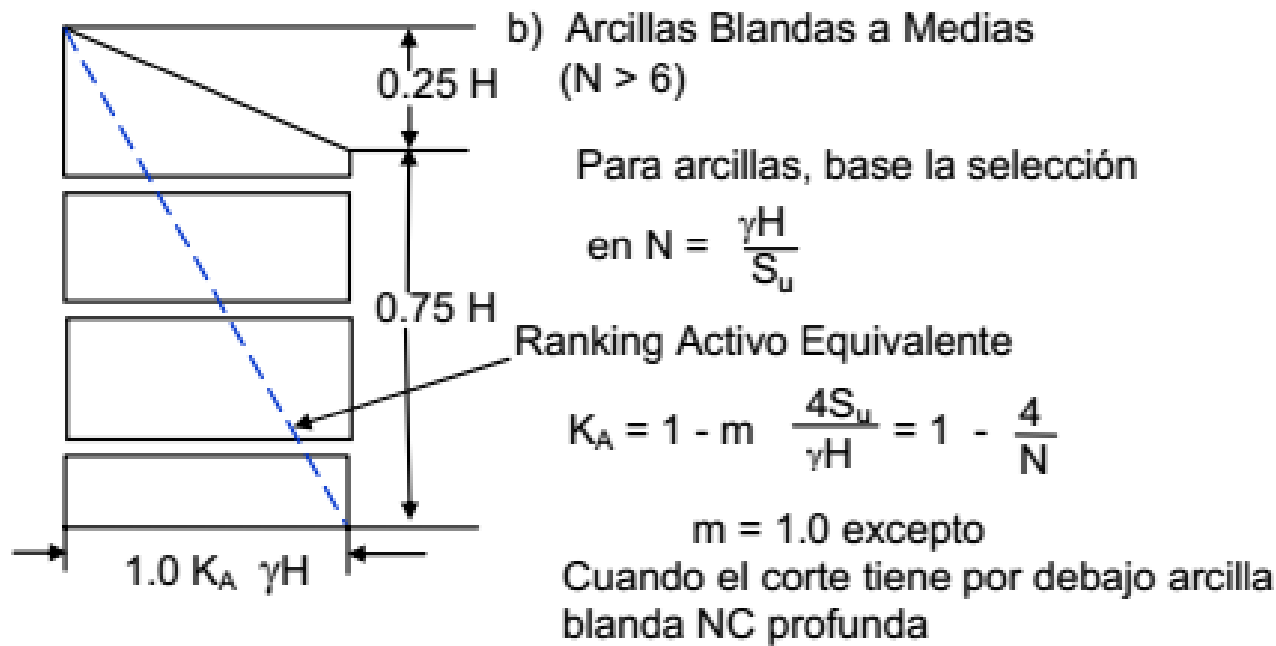
$P_A = .50 K_A \gamma H^2$

$\frac{P_t}{P_A} = 1.30$

Diagramas de Presión para Entibaciones de Terzaghi y Peck (1967)



ENTIBADOS



$$m = 1.0$$

$$P_t = .875 \gamma H^2 \left(1 - \frac{4}{N}\right)$$

$$P_A = .50 \gamma H^2 \left(1 - \frac{4}{N}\right)$$

$$\frac{P_t}{P_A} = 1.75$$

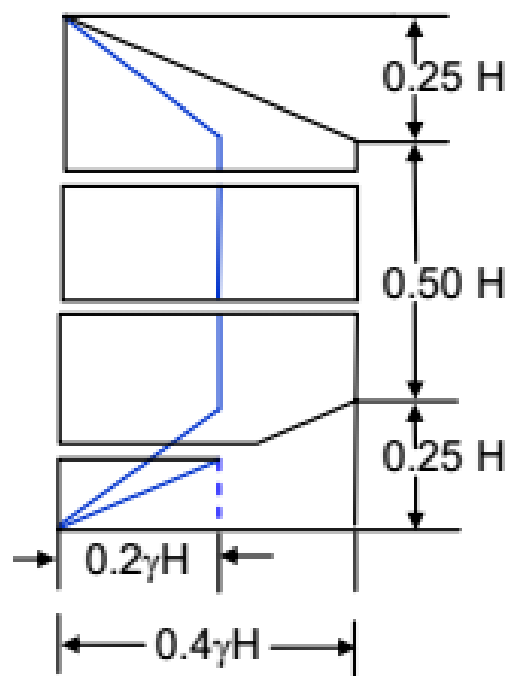
$$\sigma = \gamma H \left[1 - \left(\frac{4c}{\gamma H}\right)\right] \quad \text{o} \quad \sigma = 0.3 \gamma H$$

ELEGIR EL MAYOR DE LOS DOS VALORES

Diagramas de Presión para Entibaciones de Terzaghi y Peck (1967)



ENTIBADOS



c) Arcillas Rígidas

Para $N < 4$

Para $4 < N < 6$, use el mayor de los diagramas b) y c)

$$P_t = .15\gamma H^2 \text{ a } .30\gamma H^2$$

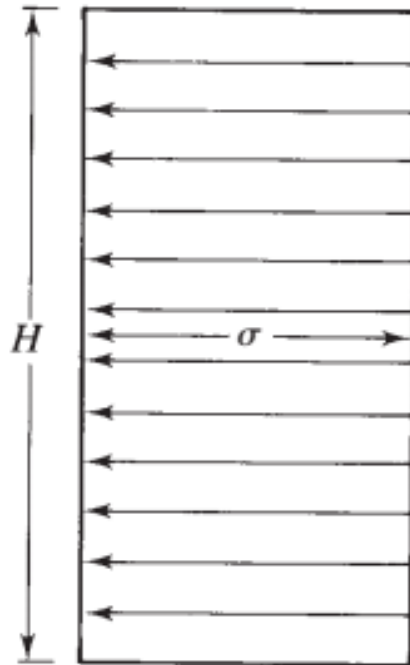
$$\frac{P_A}{N} = 4, P_A = 0$$

$$N < 4, P_A < 0$$

NOTA : Rankine Activo
Equivalente = 0

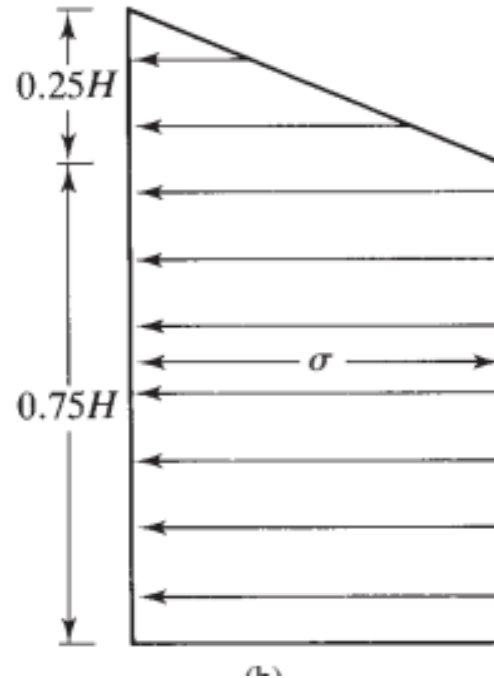
Diagramas de Presión para Entibaciones de Terzaghi y Peck (1967)

ENTIBADOS



ARENAS

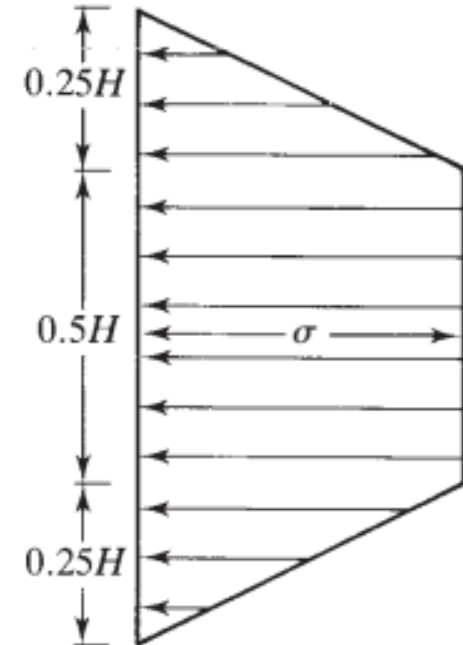
$$\sigma = 0.65\gamma HK_a$$



ARC BLANDAS

$$\sigma = \gamma H \left[1 - \left(\frac{4c}{\gamma H} \right) \right]$$

$$\sigma = 0.3\gamma H$$

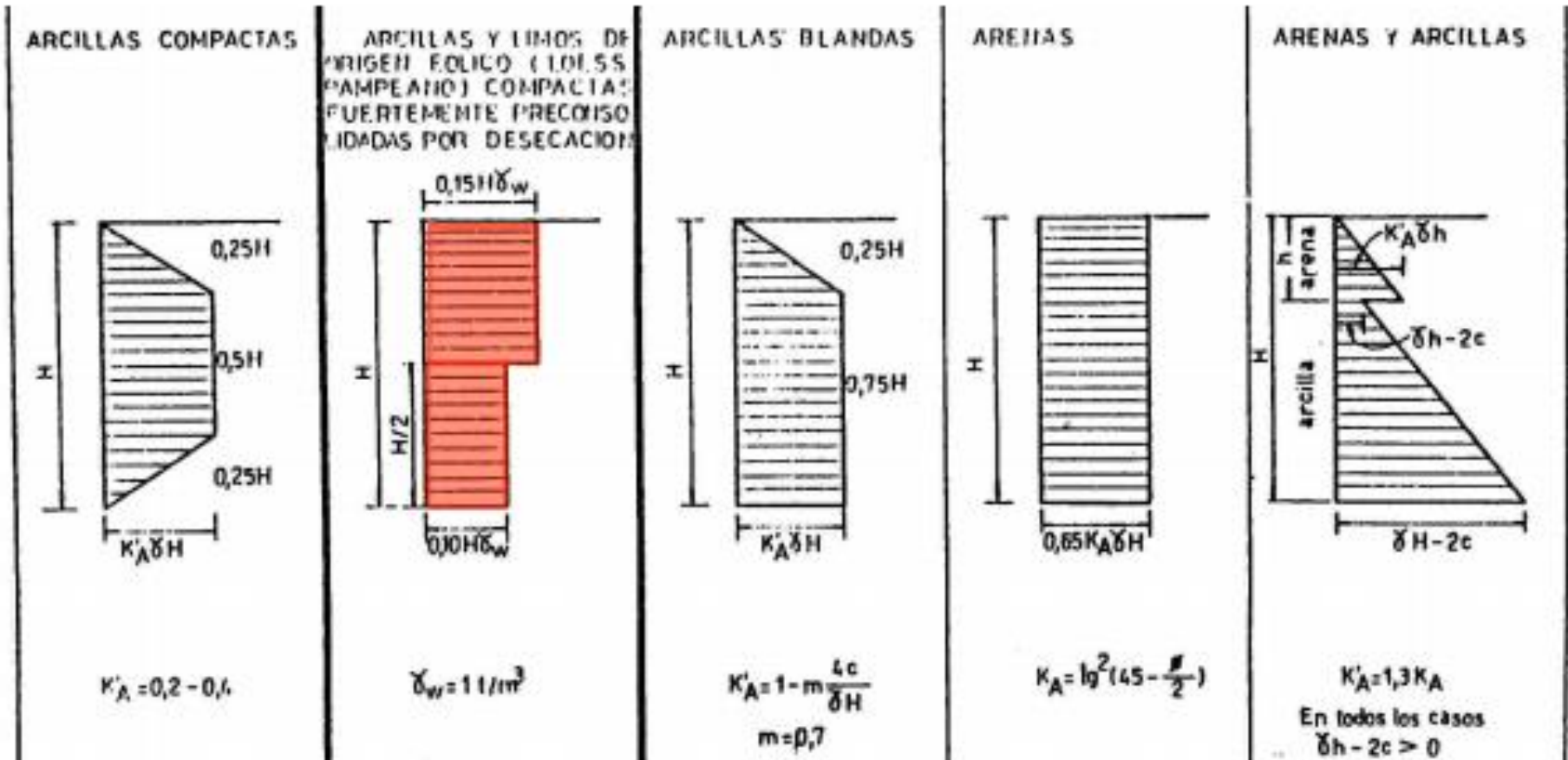


ARC DURAS

$$\sigma = 0.2\gamma H \text{ a } 0.4 \gamma H$$

$$\gamma H/c \leq 4.$$

ENTIBADOS

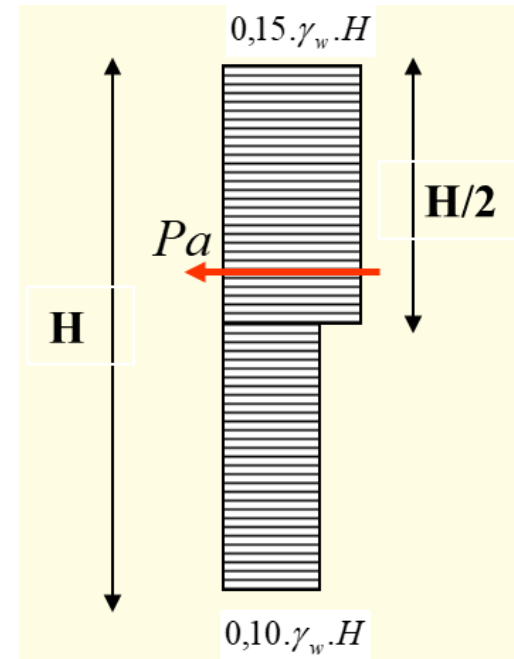
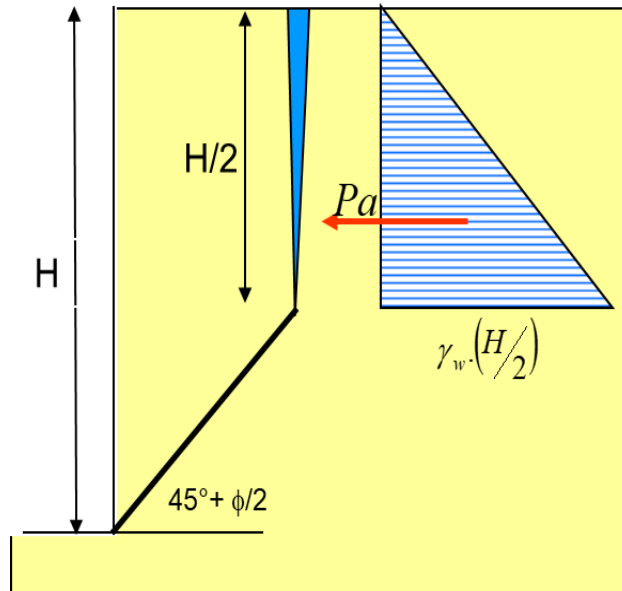
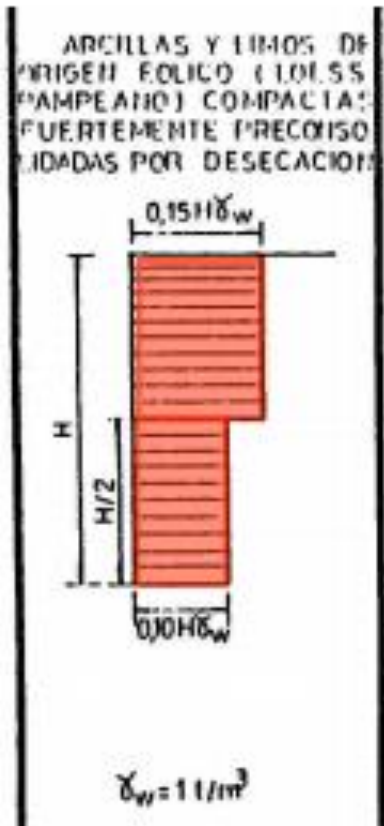


SE ASOCIA LA EXCAVACION CON LA APLICACIÓN DE UN SOSTENIMIENTO

ENTIBADOS

Al ejecutar una excavación en este tipo de suelos, se podría generar una grieta y esta se podría llenar de agua generando un empuje hidrostático "Pa".

Este diagrama triangular se divide en dos sectores rectangulares que tengan la misma resultantes que el diagrama triangular.



SE ASOCIA LA EXCAVACION CON LA APLICACIÓN DE UN SOSTENIMIENTO

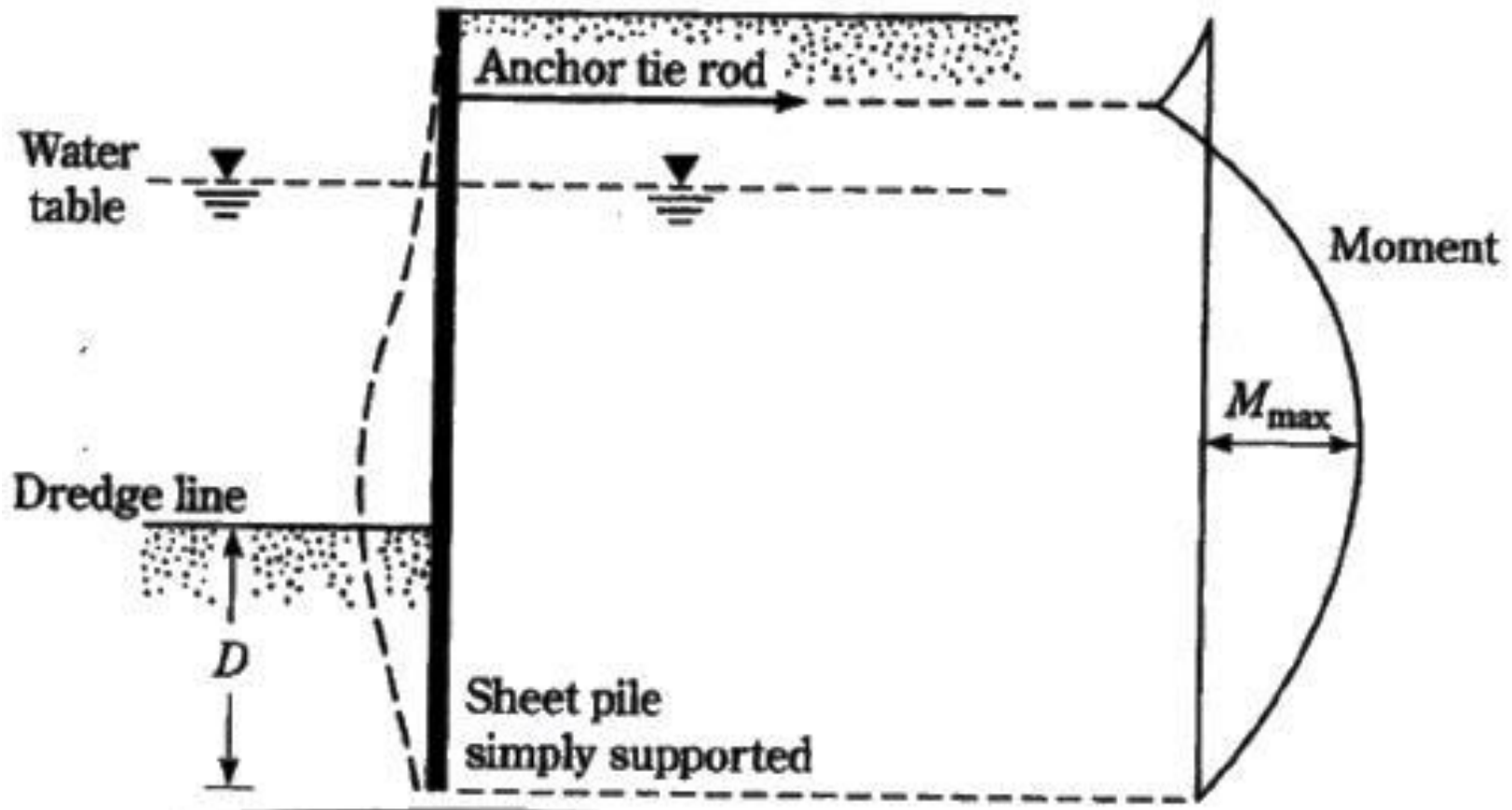
ENTIBADOS – RIGIDEZ?





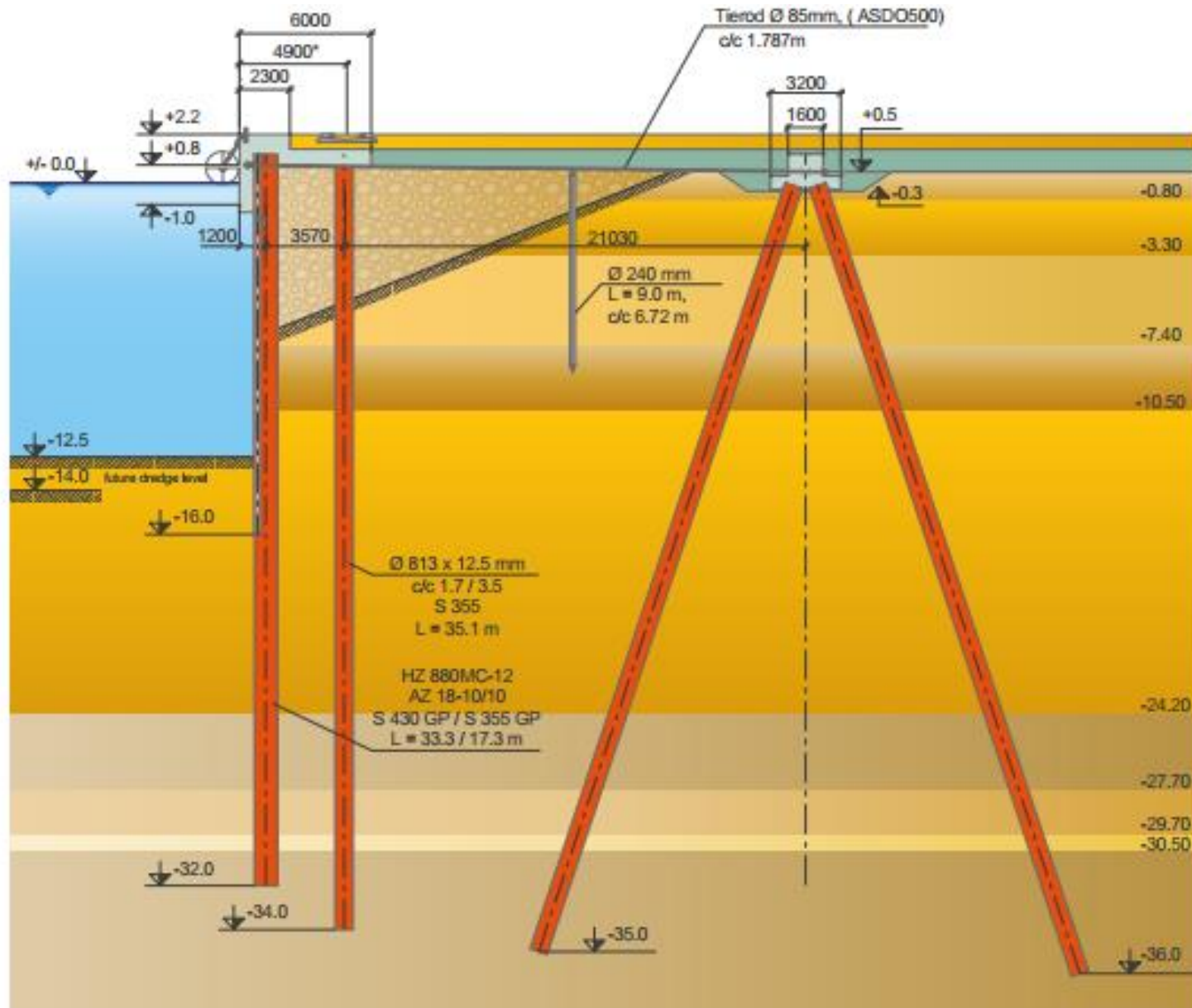
TABLESTACADOS CON ANCLAJES

Deformation and moment distribution over the sheet pile.



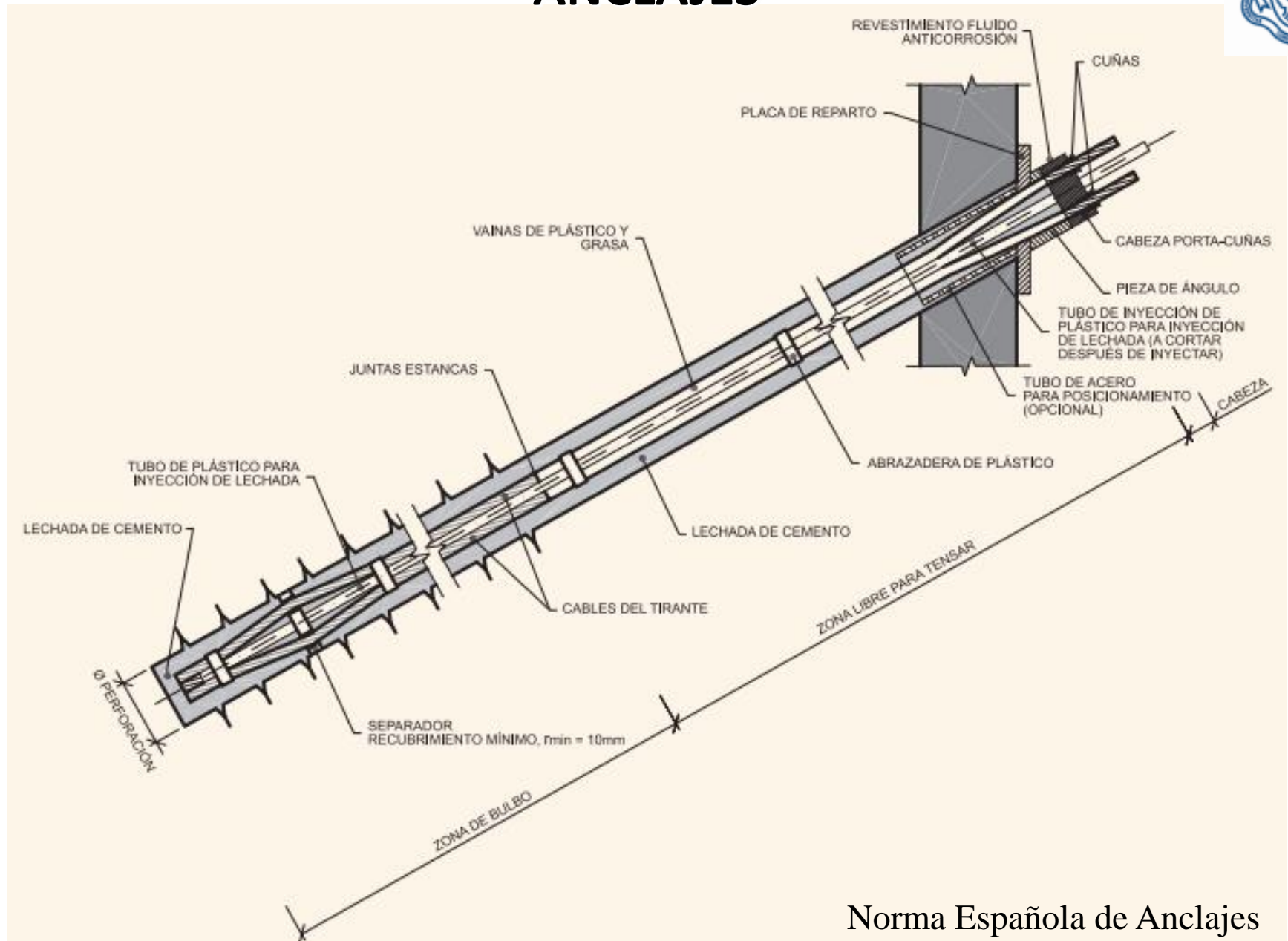


TABLESTACADOS CON ANCLAJES





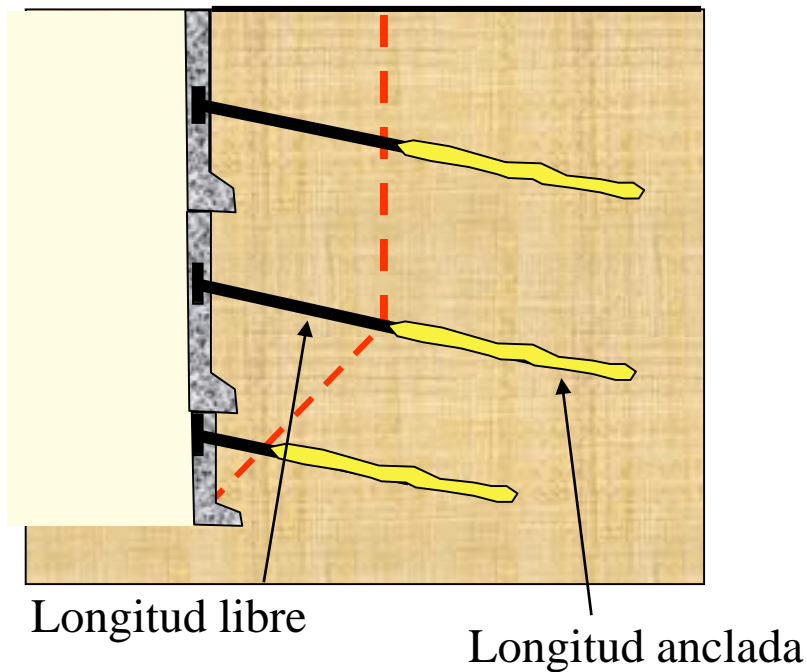
ANCLAJES



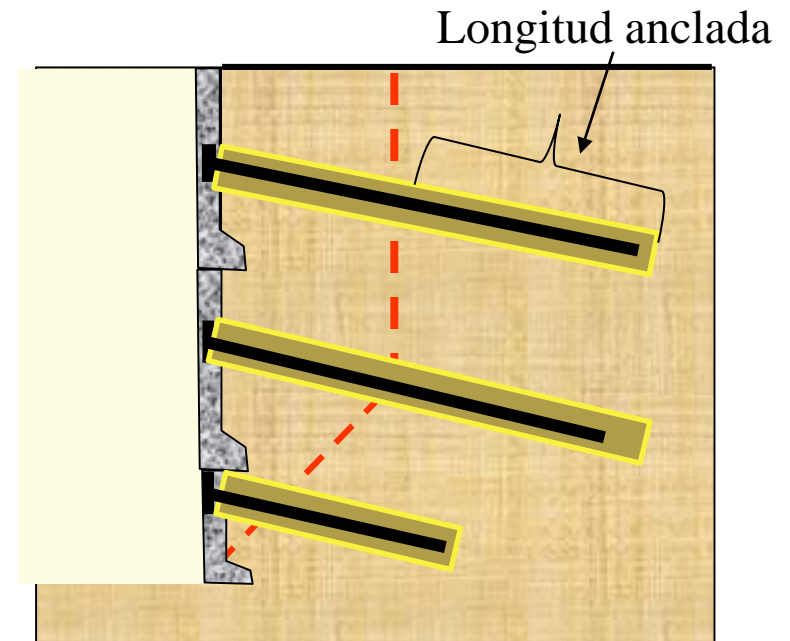
Norma Española de Anclajes

ANCLAJES

Activos con longitud libre y bulbo



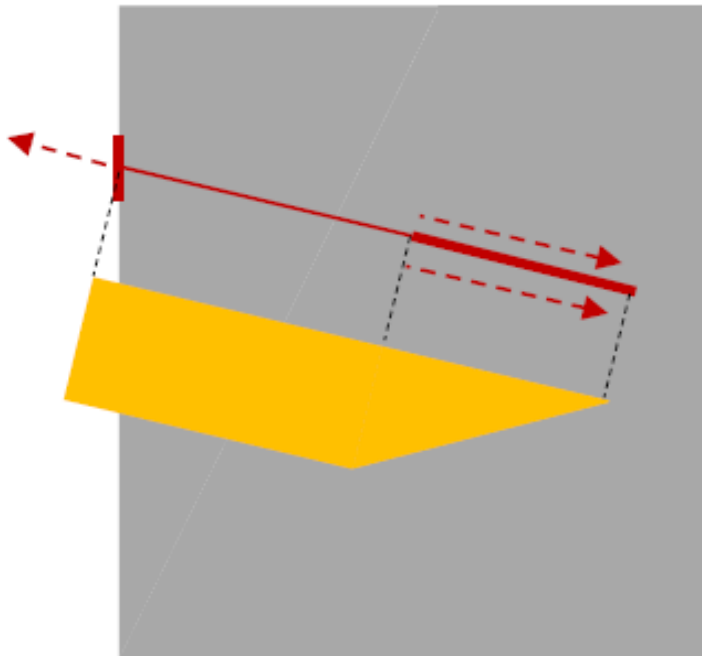
Pasivos sin longitud libre ("similar a un pilote horizontal o sub-horizontal")



ANCLAJES

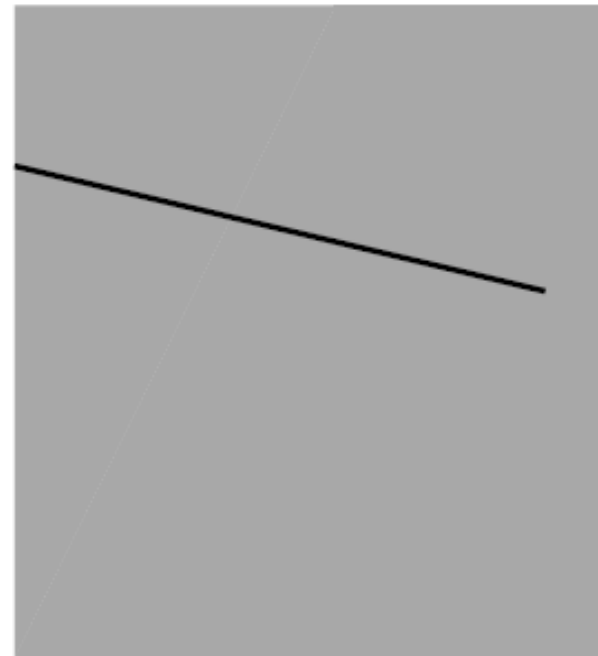
Anclaje activo

- Tiene carga en el momento que se instala

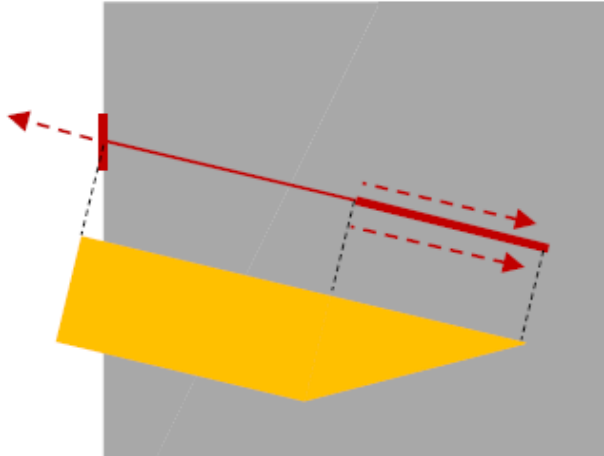


Anclaje pasivo

- No tiene carga cuando se instala

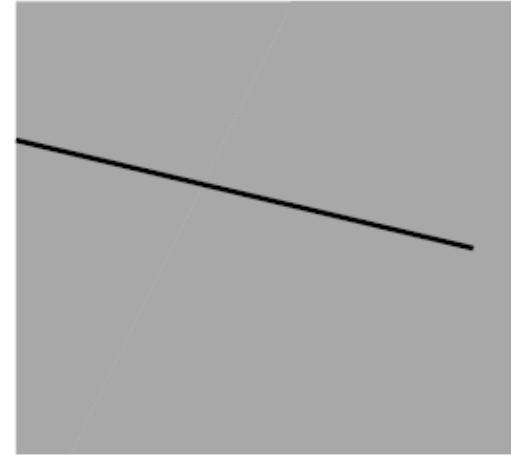


ANCLAJES



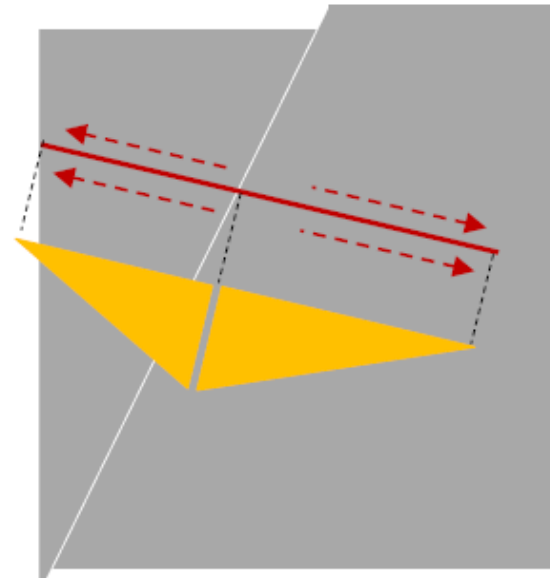
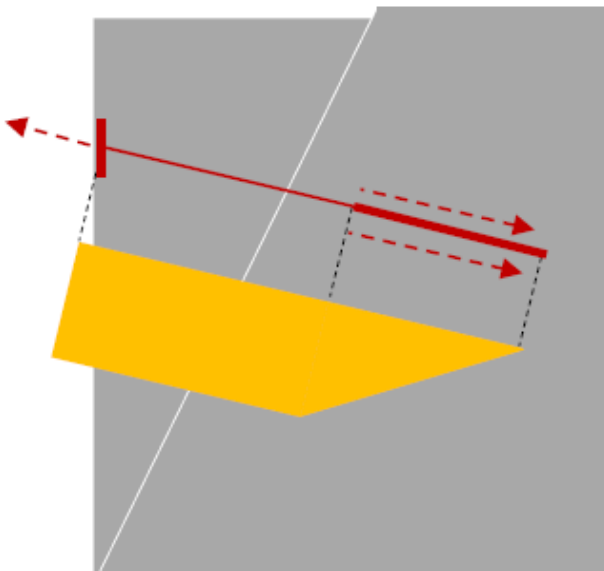
Anclaje activo

- Carga crece poco con la deformación



Anclaje pasivo

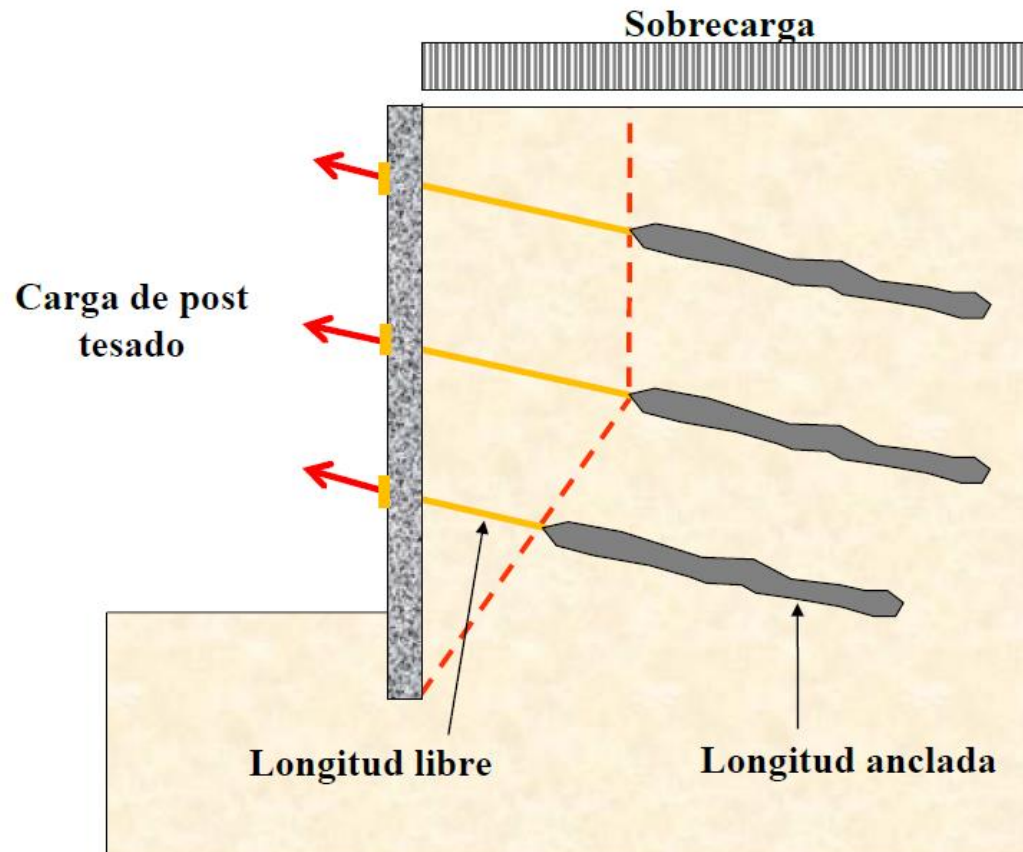
- Carga crece linealmente con la deformación del terreno





ANCLAJES

Anclajes Activos: son anclajes post tesados que se utilizan básicamente para impedir que el suelo se deforme cuando ejecutamos la excavación. **La carga de post tesado tiene que ser semejante al empuje de suelos.**





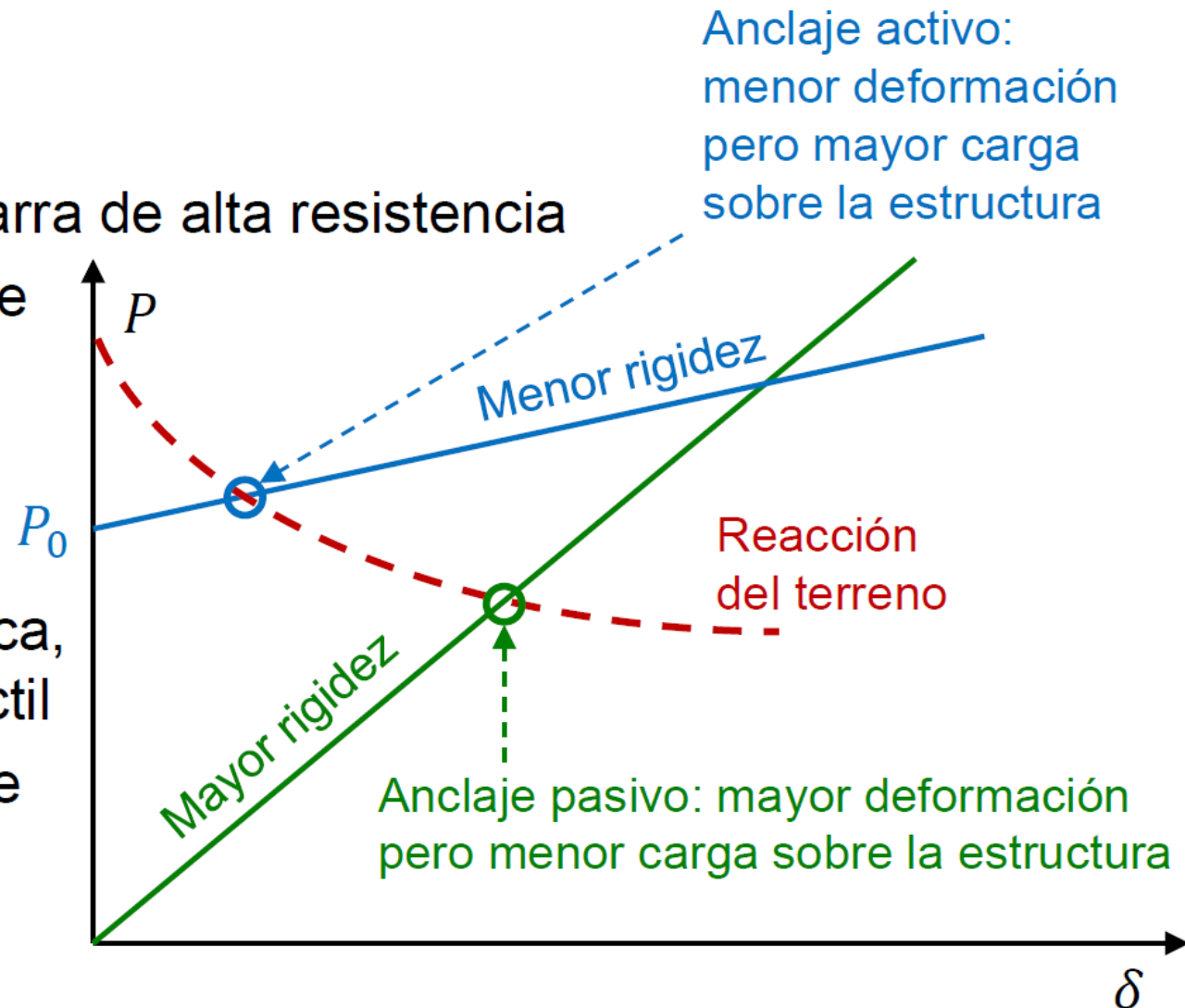
ANCLAJES

Anclajes activos

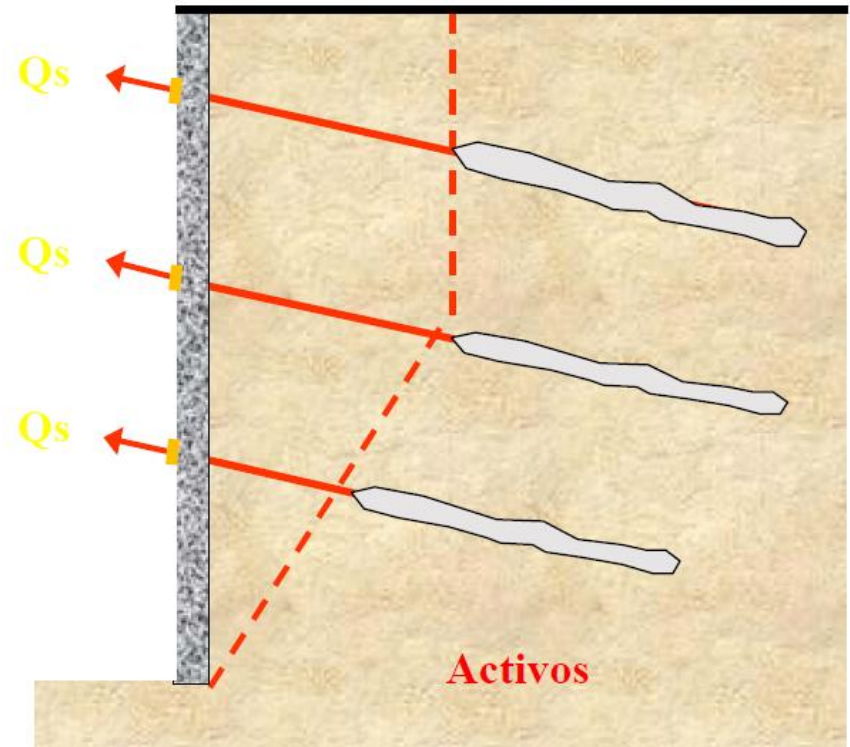
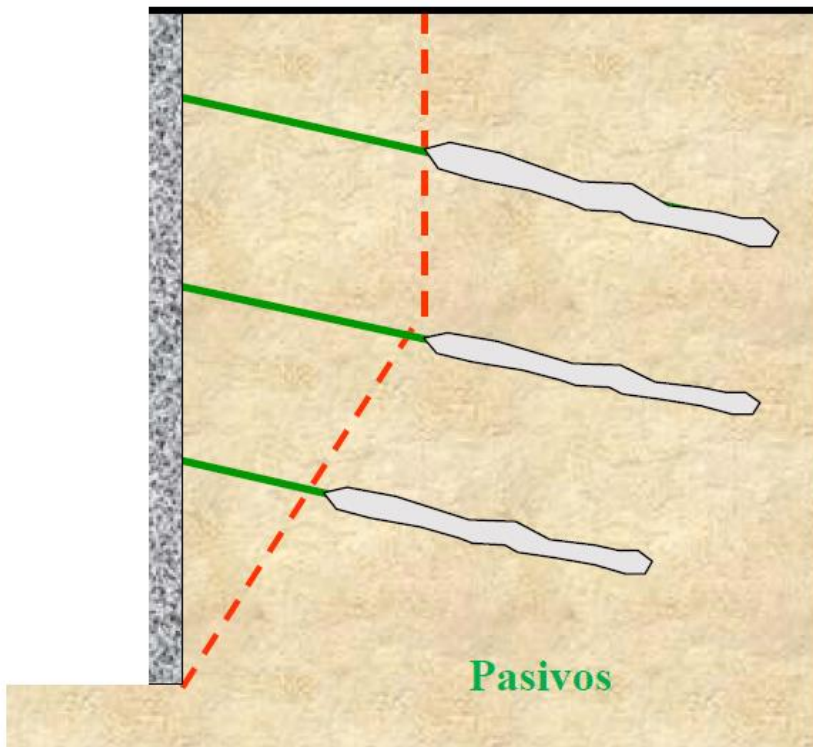
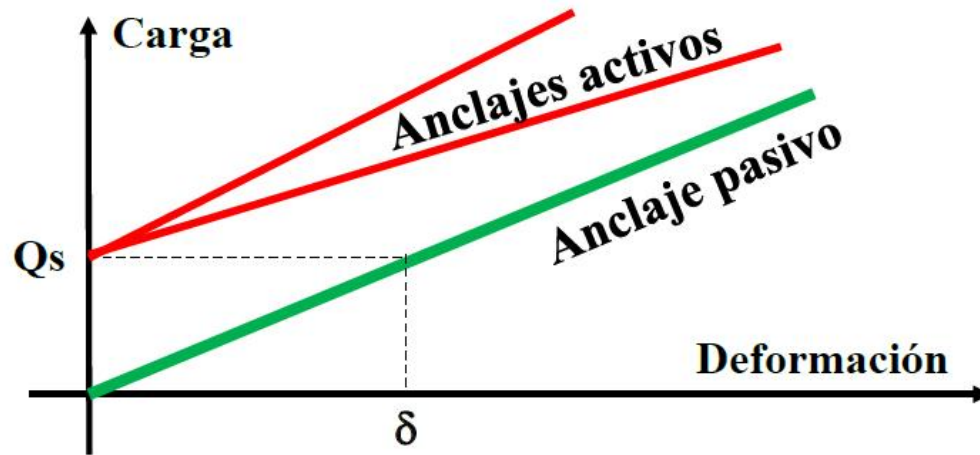
- Material: cable o barra de alta resistencia
- Tienen longitud libre
- Tienen baja rigidez
- $P_0 \cong 65\% P_{max}$

Anclajes pasivos

- Material: barra, placa, hélice de acero dúctil
- No tienen long. libre
- Tienen alta rigidez
- $P_0 \cong 0 \text{ kN}$



ANCLAJES ACTIVOS Y PASIVOS. COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES





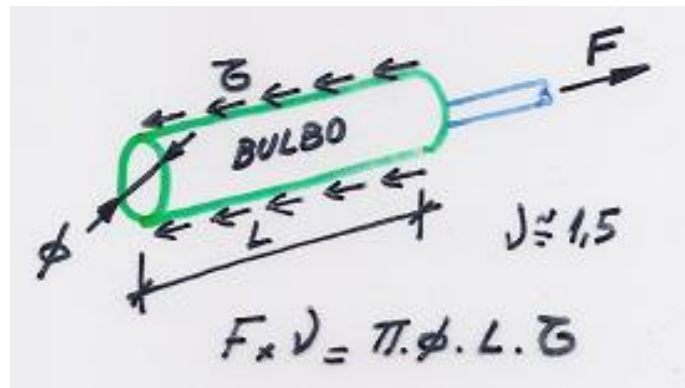
ANCLAJES

ESTABILIDAD LOCAL

3.2.2.2. Evaluación de la estabilidad del propio anclaje

La evaluación de la estabilidad del propio anclaje comprende los siguientes procesos:

- 1) Mayoración de las cargas actuantes.
- 2) Comprobación de la tensión admisible del acero del tirante (rotura del tirante a tracción).
- 3) Comprobación del deslizamiento del tirante dentro del bulbo.
- 4) Comprobación de la seguridad frente al arrancamiento del bulbo (deslizamiento bulbo-terreno).



ANCLAJES COLOCACION

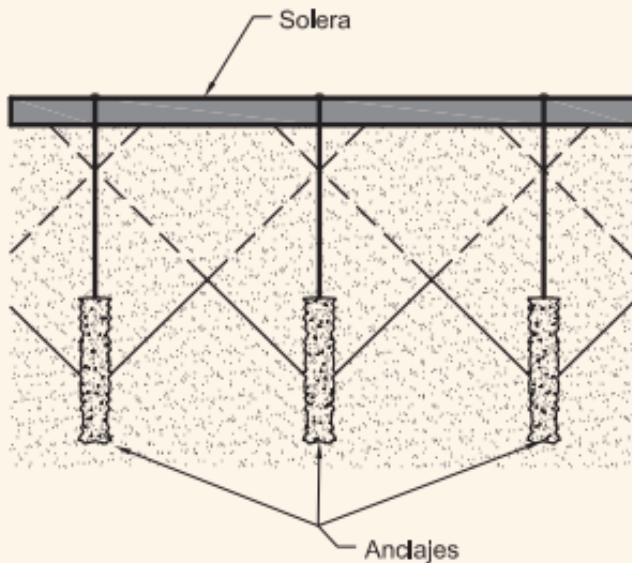


ANCLAJES ACTIVOS

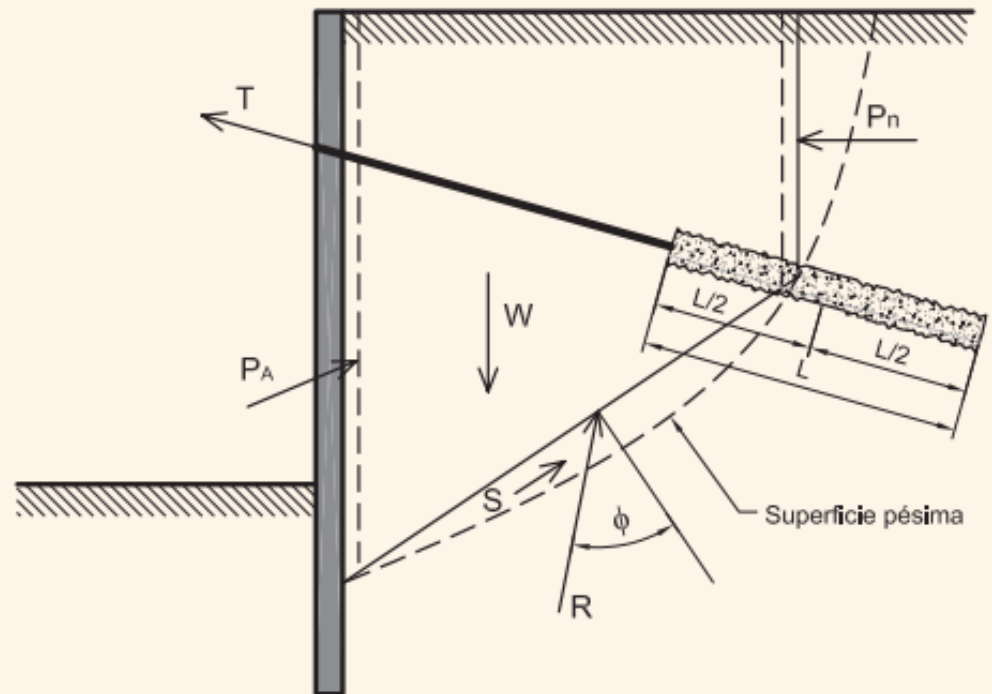


ANCLAJES

ESTABILIDAD GLOBAL



c) Interacción entre bulbos



d) Análisis en el caso de una pantalla



CASO DE EXCAVACION Y SOSTENIMIENTO

