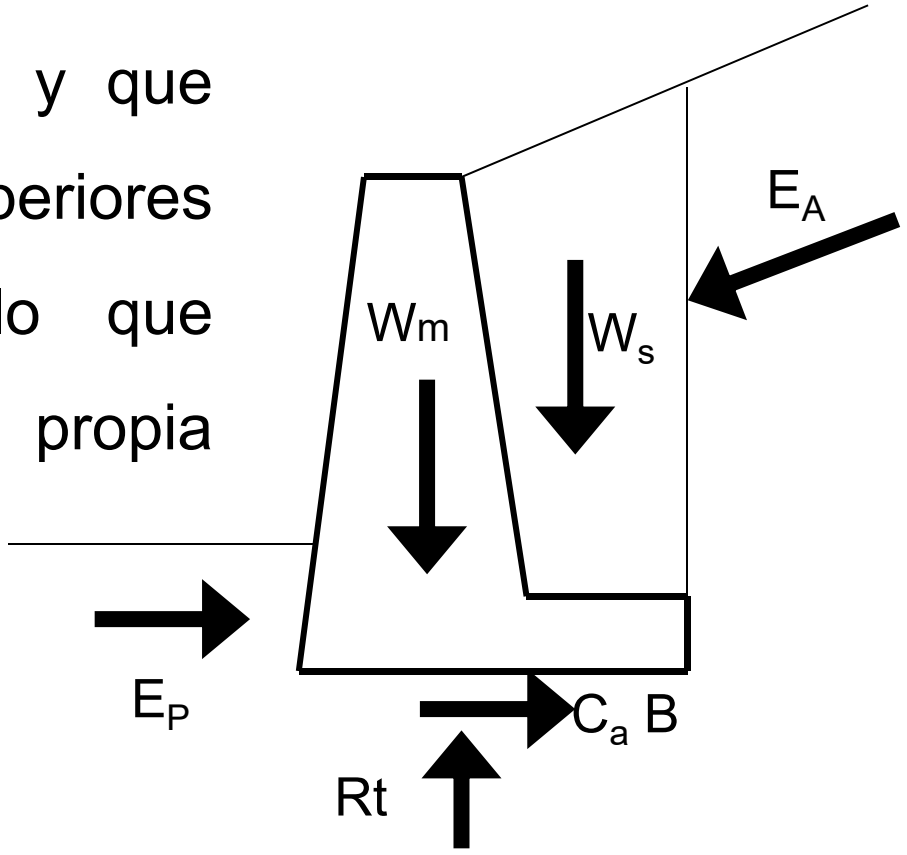
GEOTECNIA APLICADA 94.09

SOTENIMIENTO LATERAL

ESTRUCTURAS DE SOSTENIMIENTO

Las estructuras de sostenimiento tienen como finalidad resistir las presiones ó empuje generado lateralmente por suelo natural, relleno artificial, o líquidos; y que pueden incluir cargas superiores sobre la superficie de lo que empuja, o sobre la propia estructura.



El empuje sobre las estructuras de sostenimiento depende de:

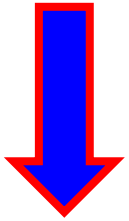
- Tipo de terreno
- Geometría de la estructura
- Procedimiento constructivo
- Deformaciones posteriores a la construcción
- Acciones externas sobre la superficie del terreno
- Flujo de agua

Es necesario determinar la magnitud, dirección y punto de aplicación de las presiones que el suelo ejercerá sobre la estructura.

EMPUJES

La presión del terreno sobre un muro está condicionada por la deformabilidad del muro.

Para el caso en el que las deformaciones del muro y el terreno son prácticamente nulas.

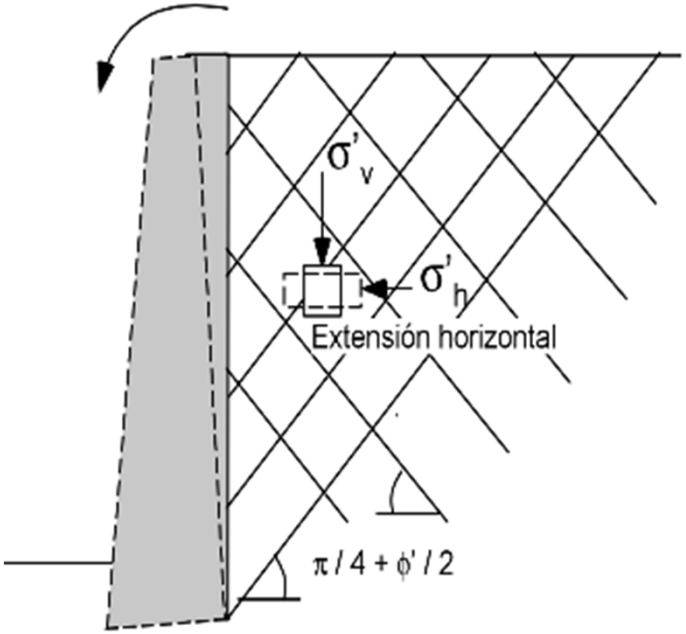


Empuje en reposo

$$ph = ko \cdot pv$$

EMPUJES

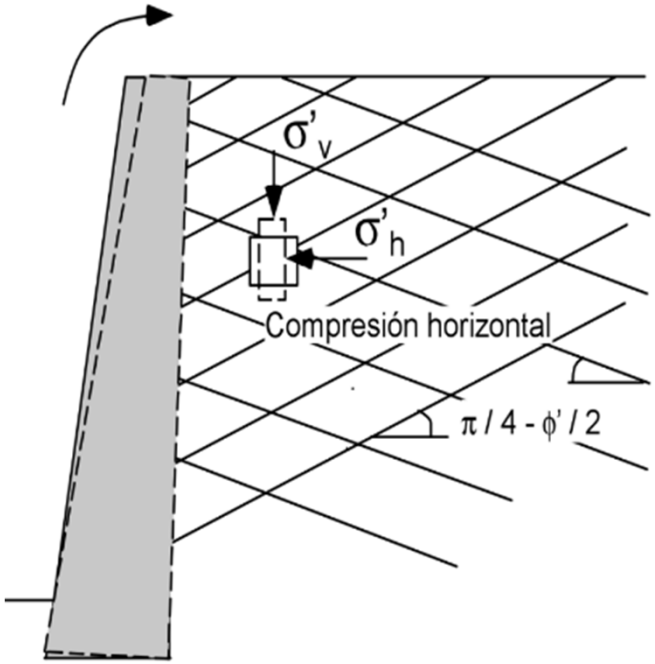
La estructura de contención se mueve una magnitud “x”, de forma que el terreno se descomprime.



Empuje Activo

$$ph = k_A \cdot pv$$

La estructura de contención es la que empuja contra el terreno (se mueve una magnitud “x”).



Empuje Pasivo

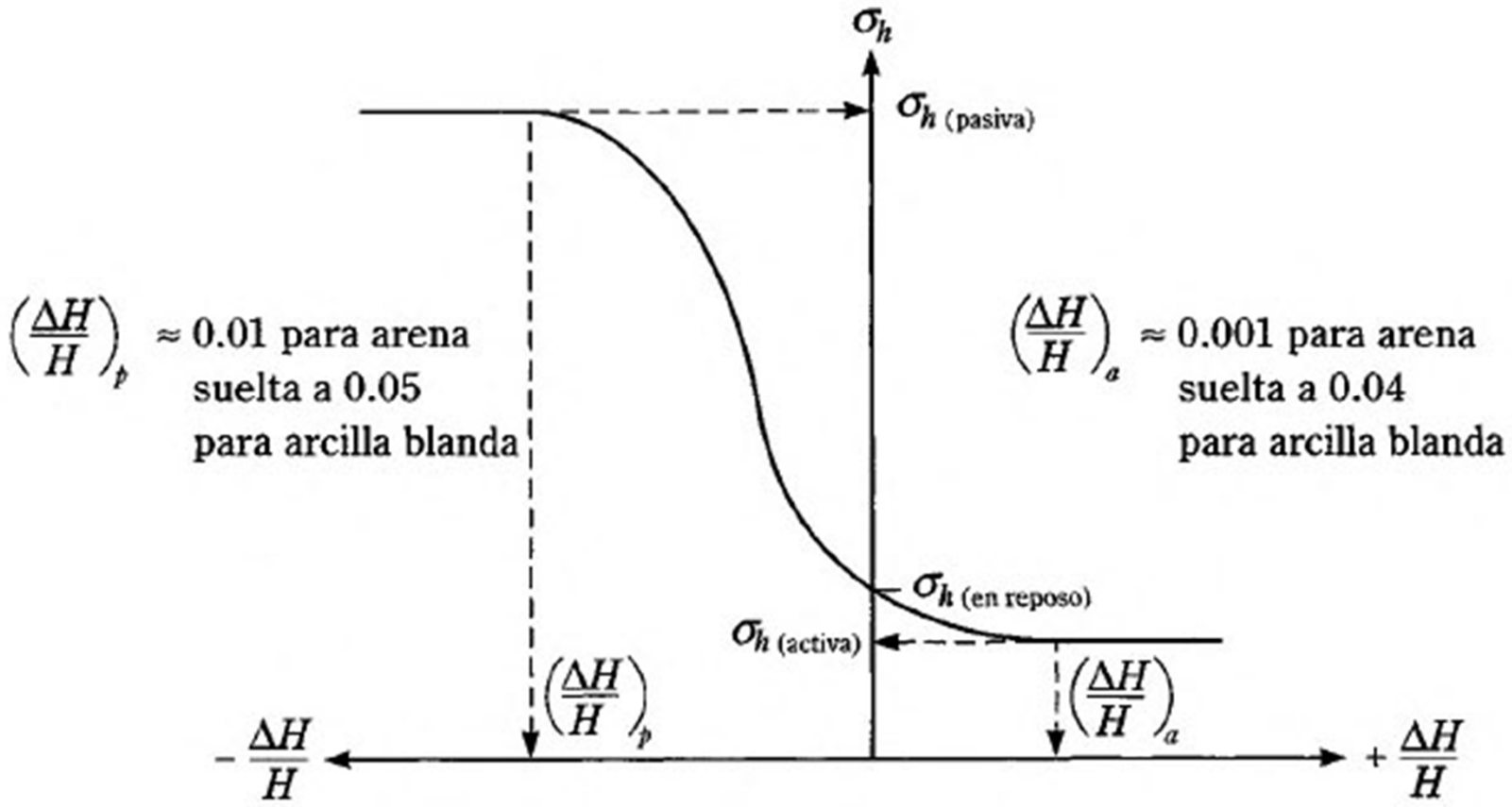
$$ph = k_p \cdot pv$$

- **Movimientos necesarios para provocar el Estado Límite de Empuje Activo en terrenos granulares de densidad media** para una altura H de muro; del orden de:

  - ✓ Desplazamiento por Rotación alrededor de la cabeza = **0, 2%** H
  - ✓ Desplazamiento por Rotación alrededor del pie = **0, 5%** H
  - ✓ Traslación Horizontal = **0, 1%** H

- **Valores típicos de Rotación x/H necesaria para movilizar el Empuje en Estados Límites**

Tipo de terreno	Empuje Activo K_A	Empuje Pasivo K_P
Granular denso	**0, 1** %	**2** %
Granular suelto	**0, 4** %	**6** %
Cohesivo duro	**1** %	**2** %
Cohesivo blando	**2** %	**4** %



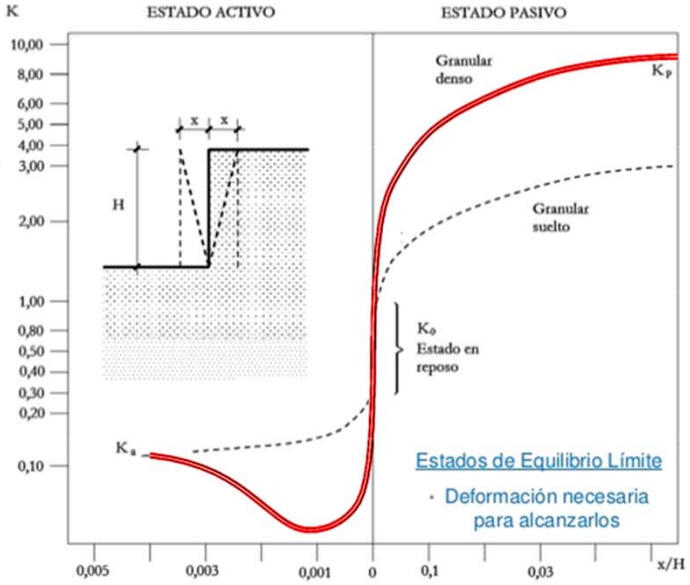
El empuje pasivo requiere mucha más deformación que el empuje activo. Esto justifica que se penalice con un factor (2 a 3).

Empuje de tierras. Estados límites

•Existen, pues, dos estados límites; **ACTIVO y PASIVO**

•El movimiento horizontal necesario en la cabeza del muro (δ_H), suponiendo que este gira al nivel de fondo de excavación (profundidad H), para llegar a dichos estados ha sido definido por Sowers

Tipo de suelo y compacidad o consistencia	Rotación x/H	
	Estado activo	Estado pasivo
Granular denso	10^{-3}	$2 \cdot 10^{-2}$
Granular suelto	$4 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-2}$
Cohesivo duro	10^{-2}	$2 \cdot 10^{-2}$
Cohesivo blando	$2 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$



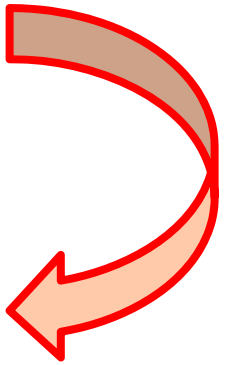
•Las tensiones horizontales, pueden escribirse respecto de las verticales

- **ESTADO DE REPOSO;** $\sigma'_{H0} = K_0 * \sigma'_v$, siendo K_0 el coeficiente de empuje al reposo
- **ESTADO LÍMITE ACTIVO;** $\sigma'_{Ha} = K_a * \sigma'_v$, siendo K_a el coeficiente de empuje activo
- **ESTADO LÍMITE PASIVO;** $\sigma'_{Hp} = K_p * \sigma'_v$, siendo K_p el coeficiente de empuje pasivo

•Existen varios métodos para calcular los empujes activo y pasivo, destacando los de Rankine, Coulomb, Caquot & Kerisel, Sokolowski …

Como consecuencia de las deformaciones, se producen:

- Asentamientos en el coronamiento
- Fisuras
- Riesgo de falla progresiva



Proyecto de las estructuras de sostenimiento:

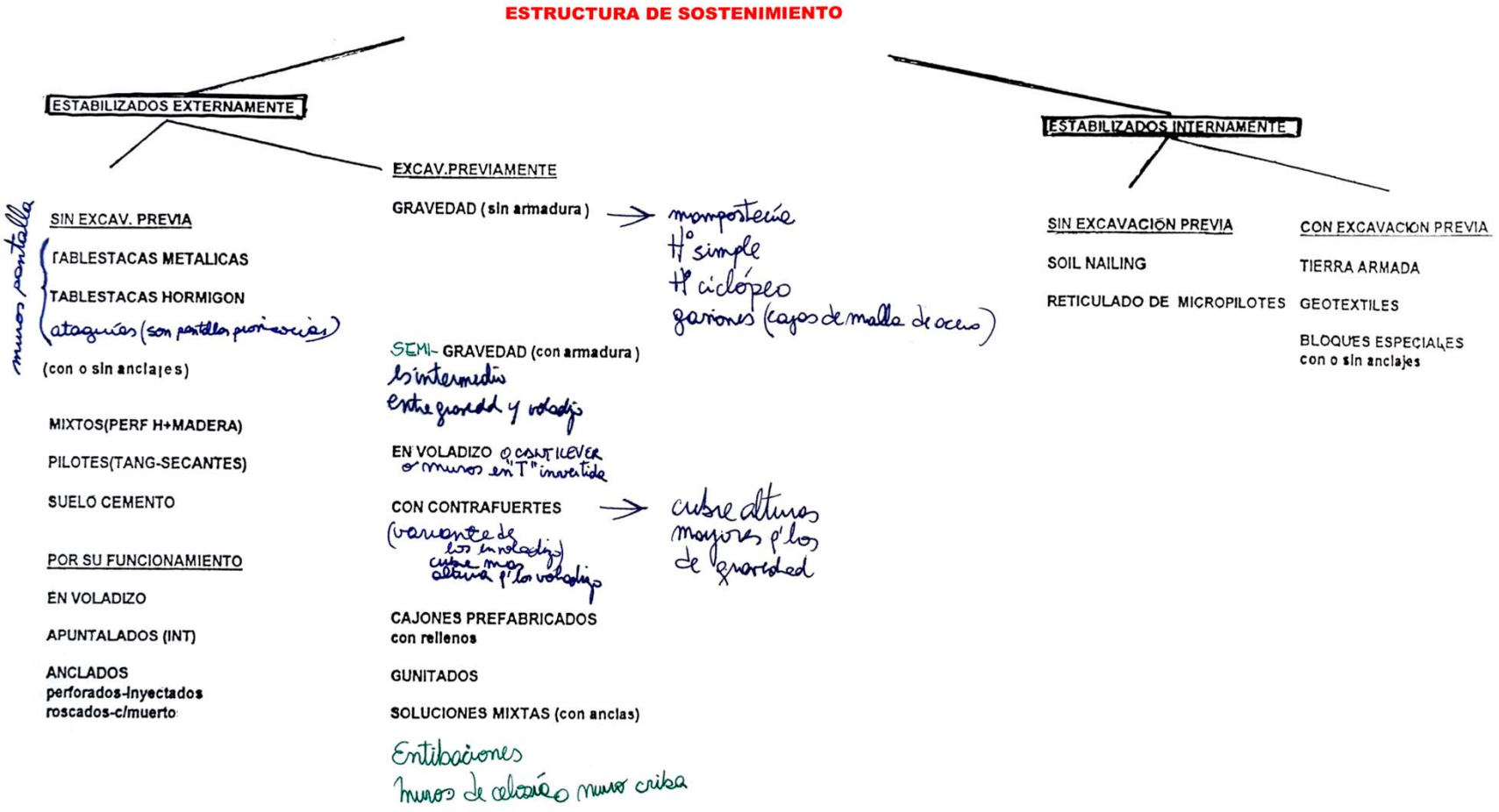
a- Selección del tipo de estructura y dimensiones.

b- Análisis de la estabilidad frente a las fuerzas que la solicitan.

En caso que la estructura seleccionada no sea satisfactoria, se modifican las dimensiones y se efectúan nuevos cálculos hasta lograr la estabilidad y resistencia según las condiciones mínimas establecidas.

c- Diseño de los elementos ó partes de la estructura de contención.

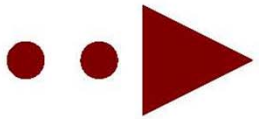
TIPOLOGÍA DE LAS ESTRUCTURAS DE SOSTENIMIENTO


ESTRUCTURA DE SOSTENIMIENTO
ESTABILIZADOS EXTERNAMENTE
ESTABILIZADOS INTERNAMENTE
EXCAV.PREVIAMENTE
SIN EXCAV. PREVIA
TABLESTACAS METALICAS
TABLESTACAS HORMIGON
ataguías (son pantallas provisorias)
(con o sin anclajes)
MIXTOS(PERF H+MADERA)
PILOTES(TANG-SECANTES)
SUELO CEMENTO
POR SU FUNCIONAMIENTO
EN VOLADIZO
APUNTALADOS (INT)
ANCLADOS
perforados-inyectados
roscados-c/muerto
GRAVEDAD (sin armadura)
mampostería
Hº simple
Hº ciclópeo
gaviones (cajas de malla de acero)
SEMI- GRAVEDAD (con armadura)
EN VOLADIZO o CANTILEVER o muros en "T" invertida
CON CONTRAFUERTES
(variante de los en voladizo) cubre mayor altura p/los voladizo
cubre alturas mayores p/los de gravedad
CAJONES PREFABRICADOS
con rellenos
GUNITADOS
SOLUCIONES MIXTAS (con anclas)
Entibaciones
muros de contención o muros criba
SIN EXCAVACIÓN PREVIA
SOIL NAILING
RETICULADO DE MICROPILOTES
CON EXCAVACION PREVIA
TIERRA ARMADA
GEOTEXTILES
BLOQUES ESPECIALES
con o sin anclajes

Tipos de estructuras de sostenimiento

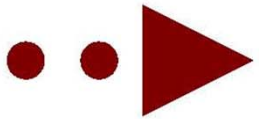
•***Atendiendo a su comportamiento estructural:***

–**RÍGIDAS;** Cumplen su función sin cambiar de forma. Ello implica que sus movimientos serán prácticamente de giro y desplazamiento del conjunto, sin que aparezcan deformaciones apreciables de flexión.



MUROS

–**FLEXIBLES;** Cumplen su función experimentando deformaciones apreciables de flexión.



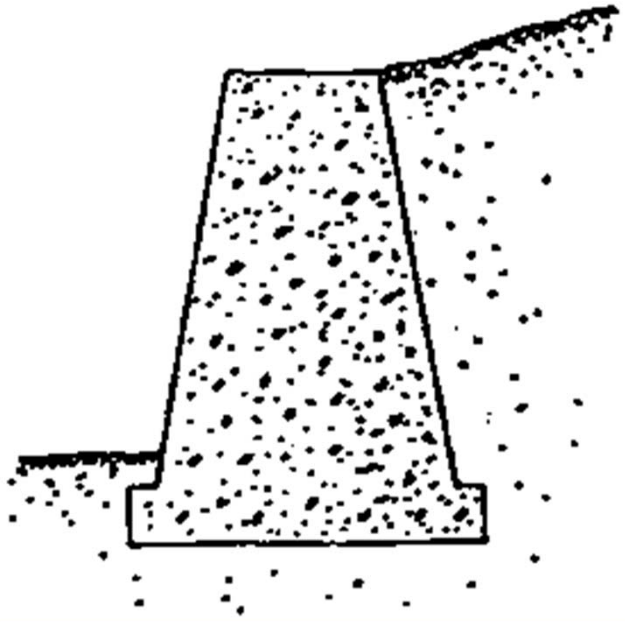
TABLESTACADOS

PANTALLAS CONTINUAS

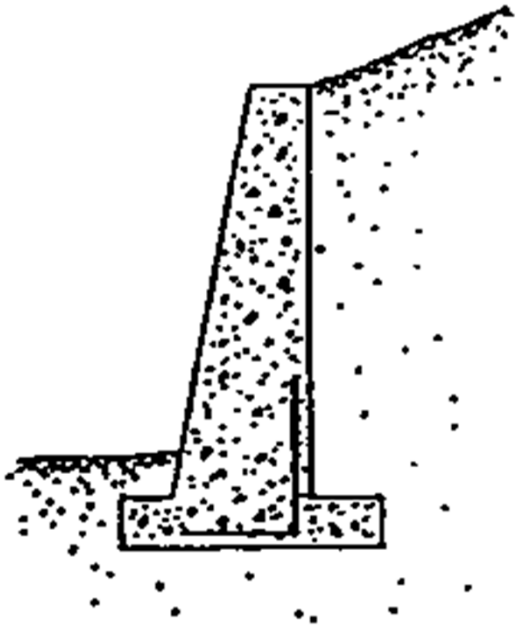
MUROS DE SOSTENIMIENTO

a) Muros de gravedad:
Muro de mampostería u hormigón simple, la resistencia se consigue por su propio peso, sin que se produzcan tracciones en el material.
Las solicitaciones son muy bajas.
Requieren un buen suelo de fundación.

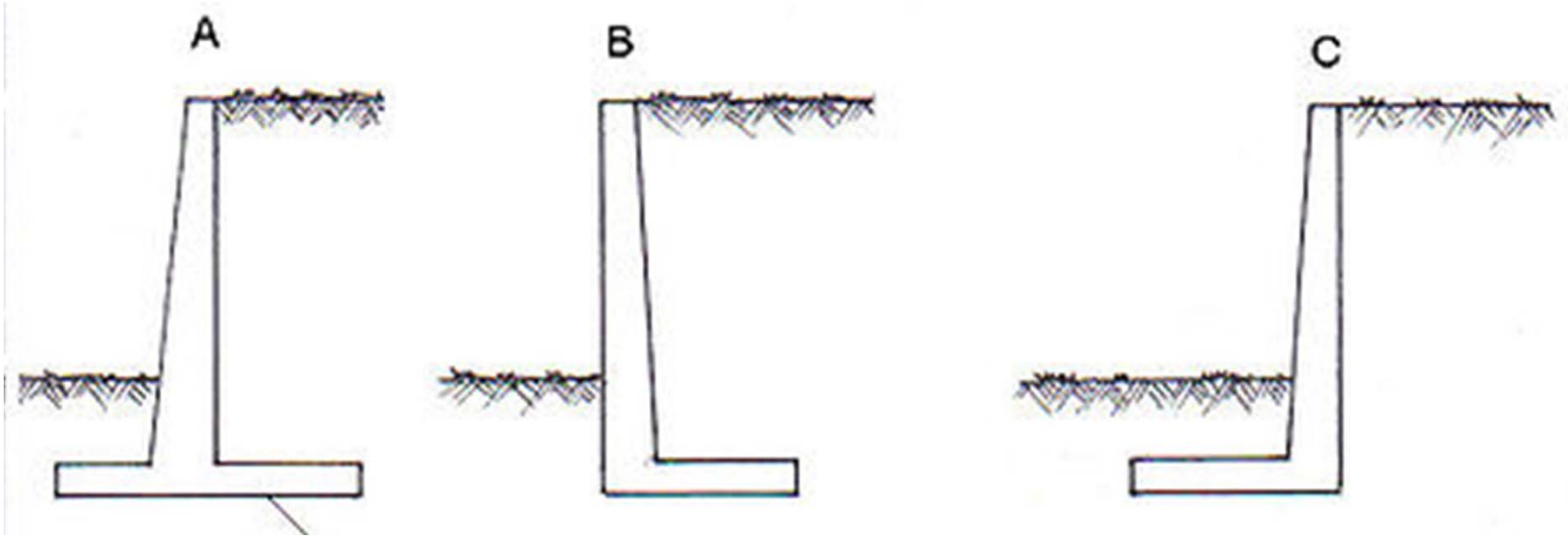
Altura menor de 5 m



b) Muros de semigravedad: algo más esbeltos que los de gravedad y requieren algún refuerzo, consistente en armadura vertical colocada a lo largo del paramento interior y otras que se continúan dentro de las zapatas.



c) MURO CANTILEVER O EN VOLADIZO

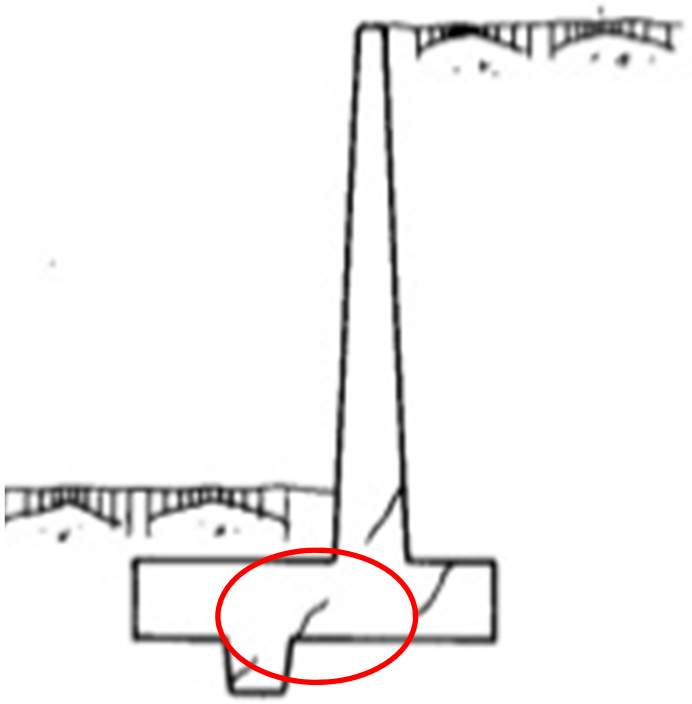


En su estructura se distinguen dos elementos fundamentales: la zapata de fundación y la pantalla o superestructura. La zapata puede tener distintas disposiciones, de acuerdo principalmente al espacio disponible en el terreno de fundación. Se tienen así, los muros en forma de “T”, de “L” o de “L” invertida, según lo cual la zapata dispone de una parte exterior, de una interior ó de ambas.

La estabilidad la deben al peso propio y fundamentalmente al peso del material que actúa sobre la fundación.

Se comportan como voladizos empotrados en su base y las solicitaciones importantes requieren armaduras.

Para solucionar el problema de deslizamiento
se incopora una «zarpa» o diente
debajo de la base del muro

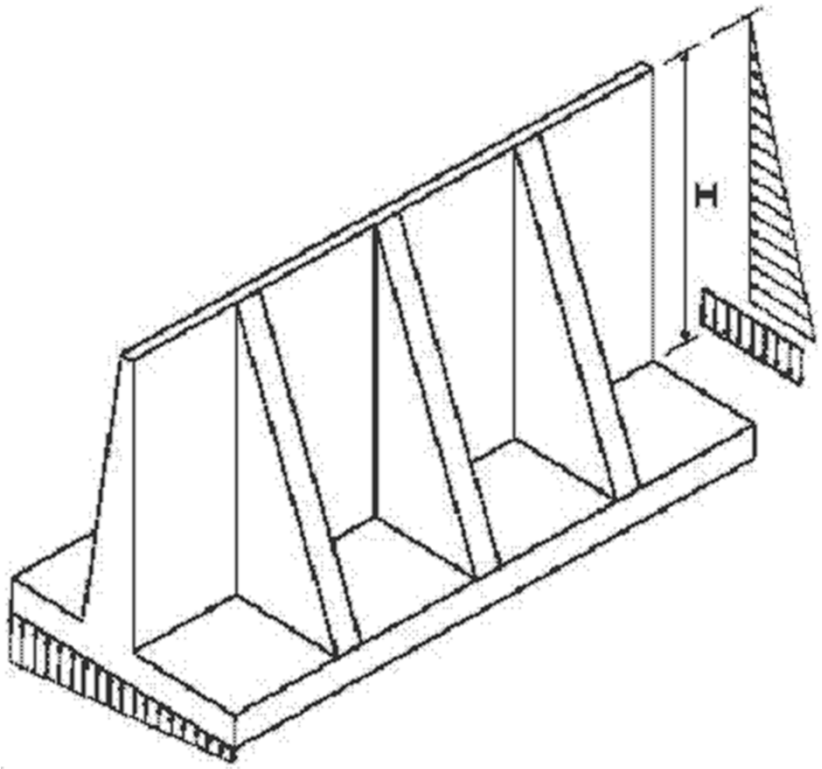


c) Muros con estribos y contrafuertes:

Se construyen también en hormigón armado cuando la altura es considerable y permiten el aligeramiento de la sección.

El empuje es transmitido a los contrafuertes a través de la losa de hormigón.

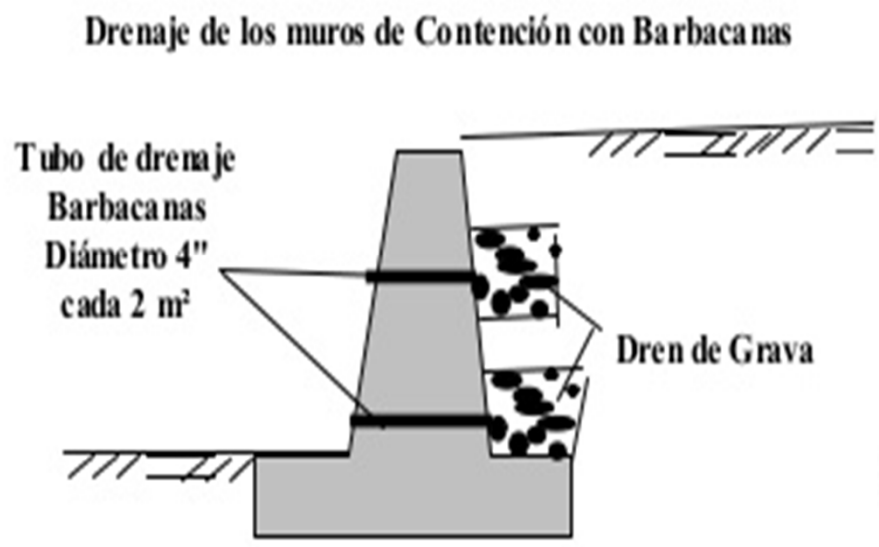
Altura más de 10m

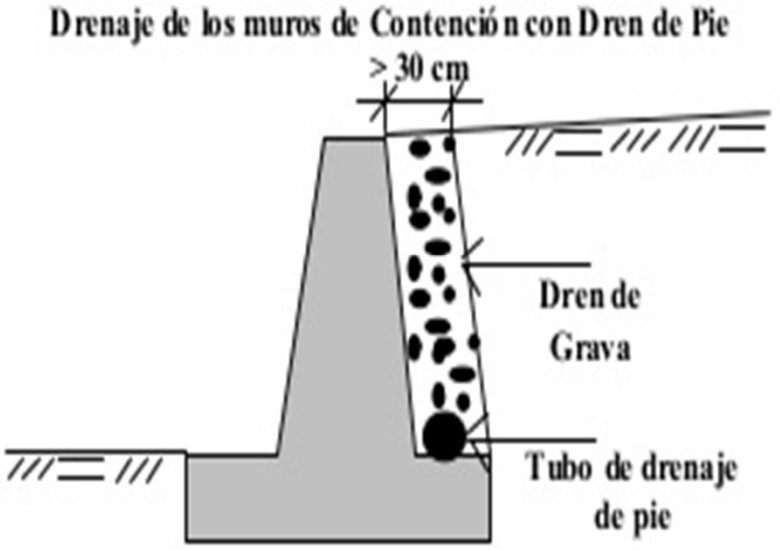


DRENAJE

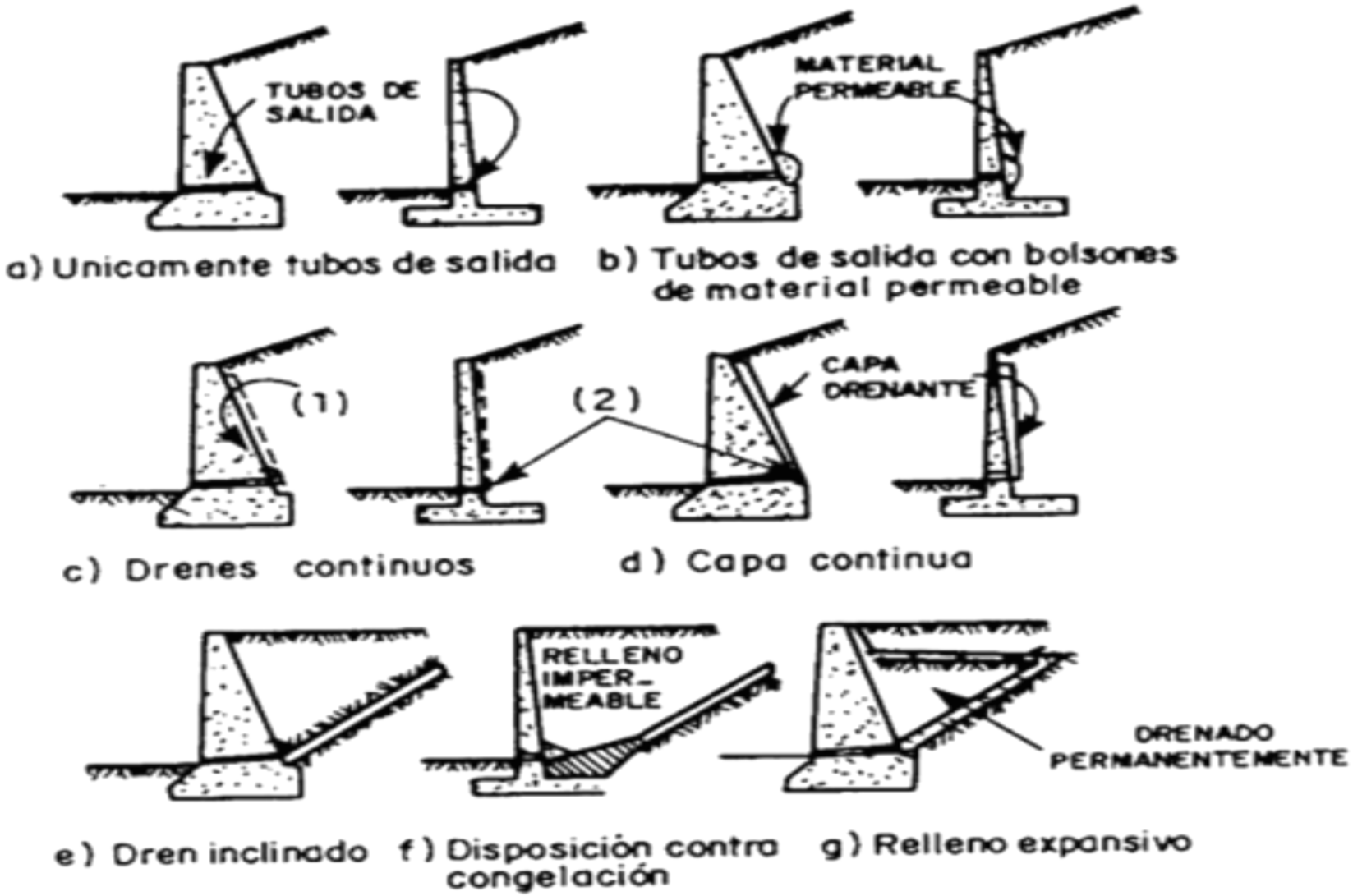
Se pueden acumular importantes cantidades de agua debido a la existencia de la napa freática ó por infiltración de agua dentro del relleno soportado por el muro de contención,

Los drenajes se utilizan para disipar la presión hidrostática, por la presencia de agua dentro del relleno, que puede desestabilizar el sistema.



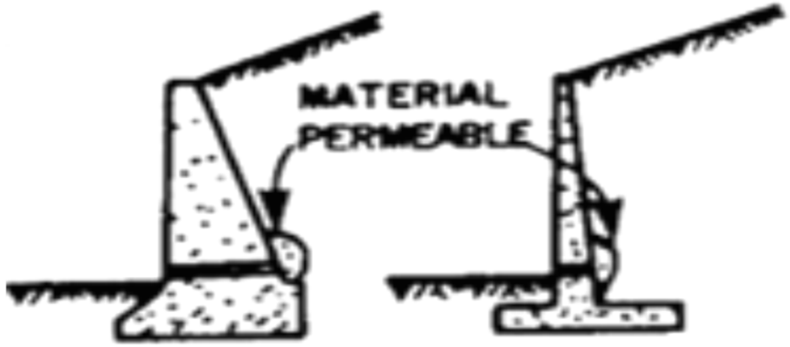


DRENAJE

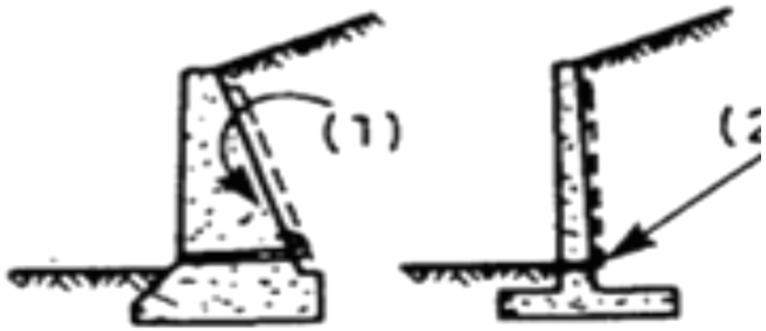

TUBOS DE SALIDA
MATERIAL PERMEABLE
a) Unicamente tubos de salida
b) Tubos de salida con bolsones de material permeable
(1)
(2)
CAPA DRENANTE
c) Drenes continuos
d) Capa continua
RELLENO IMPER-MEABLE
DRENADO PERMANENTEMENTE
e) Dren inclinado
f) Disposición contra congelación
g) Relleno expansivo

a) Únicamente tubos de salida: solamente será útil en rellenos formados por material granular sin finos, muy permeable.

b) Tubos de salida con bolsones de material permeable: No se podrá usar cuando el relleno tenga finos susceptibles de contaminar el material permeable, y en general, sólo será conveniente en rellenos en que el agua pueda movilizarse hacia el material permeable y hacia los tubos de salida.



c) Drenes continuos: Se utiliza un dren horizontal que une las entradas de los tubos de salida y que se descargan lateralmente afuera del muro. A veces se complementa con un sistema de drenes verticales adosados al respaldo del muro.



d) Capa continua: Se disponen en forma continua cubriendo todo el respaldo.

e) Dren inclinado.

f) Disposición contra congelación.

g) Relleno expansivo.

e) Dren inclinado f) Disposición contra congelación g) Relleno expansivo

Sistemas de drenaje más complicados y por lo tanto más costosos, que se usarán cuando sea imprescindible impedir que en ciertas zonas del relleno se puedan generar presiones neutras.

Tratar de diseñar drenes que necesiten el menor mantenimiento posible.

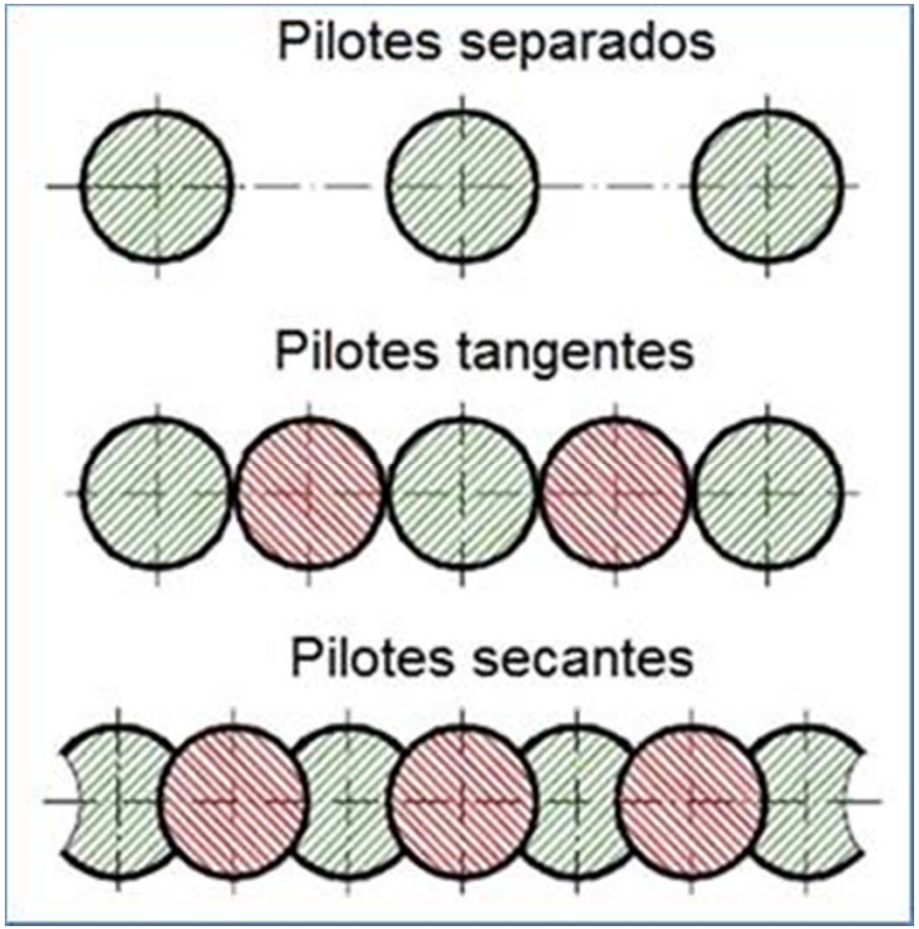
Si se tapan, no funcionan y aumenta la carga peligrosamente.

MURO DE PILOTES

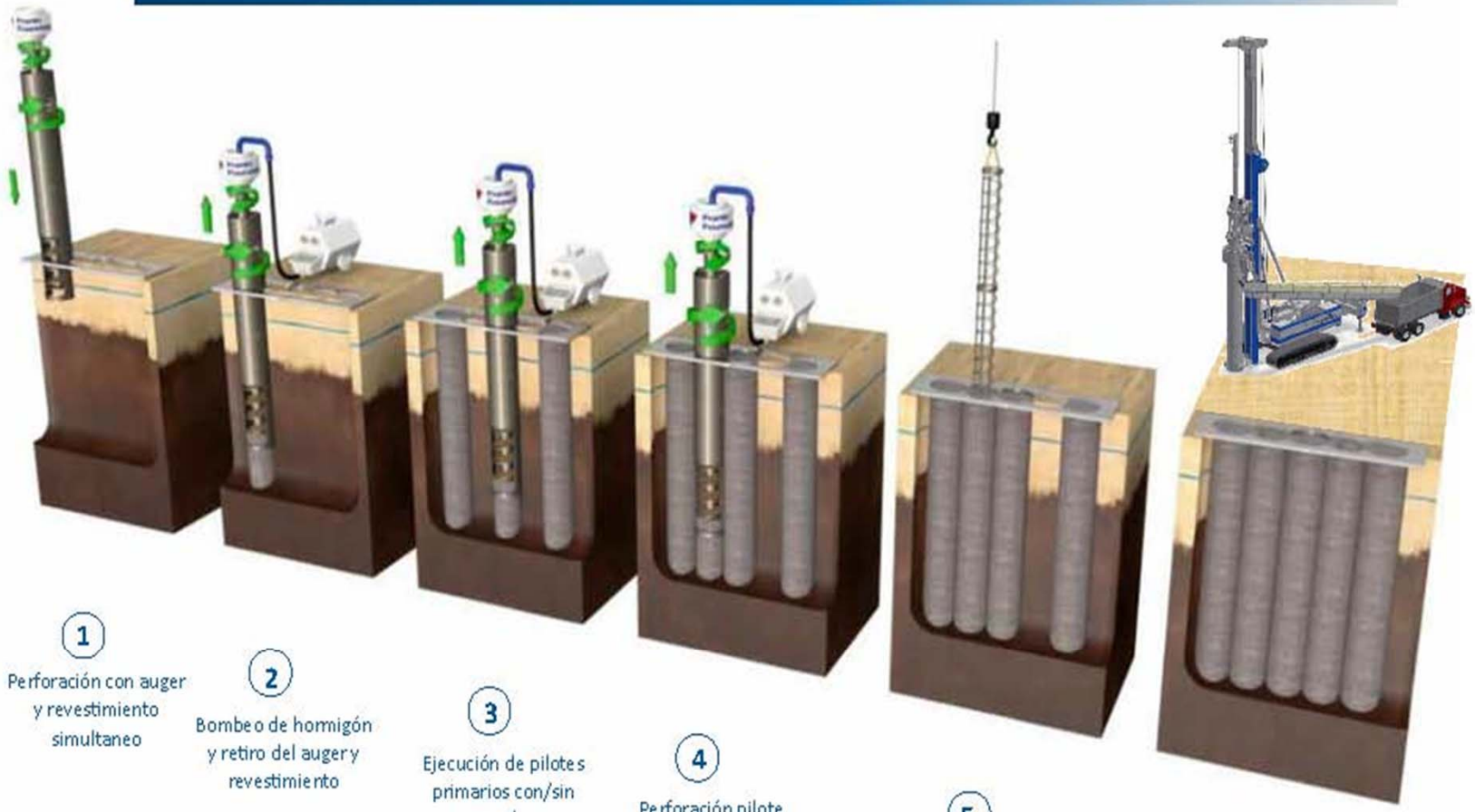
PANTALLAS DE PILOTES

Las pantallas de pilotes de hormigón armado se realizan teniendo una separación entre los pilotes (suelos cohesivos), con los pilotes tangentes ó de manera sobrepuesta (secantes), dependiendo de los empujes del suelo y de la presencia de agua.

Normalmente se utilizan pilotes perforados, aunque en ocasiones son pilotes prefabricados hincados.



Pantalla de Pilotes Secantes



1 Perforación con auger y revestimiento simultaneo

2 Bombeo de hormigón y retiro del auger y revestimiento

3 Ejecución de pilotes primarios con/sin armadura

4 Perforación pilote secundario, escareando parte de los primarios vecinos y hormigonado posterior

5 Instalación de armadura en pilote secundario (jaula o perfil)

6 Conformación de la pantalla de pilotes secantes

MURO DE PILOTES

La separación entre pilotes es función del terreno, de los esfuerzos y de la capacidad de flexión de los pilotes.

Si no hay necesidad de estanqueidad, los pilotes pueden disponerse con una separación inferior al doble del diámetro.

En la estabilidad del terreno entre pilotes separados se puede tener en cuenta el efecto de arco.

Cuando hay que excavar bajo el nivel freático será necesario que los pilotes sean secantes.

MUROS COLADOS

MUROS COLADOS

Son elementos verticales de hormigón armado de sección rectangular.

Se ejecutan previamente a la excavación.

La estabilidad de la excavación se mantiene bien por sí misma o gracias al empleo de lodos bentoníticos, que rellenan completamente la excavación. Estos lodos son posteriormente desplazados por el hormigón, que se coloca mediante un tubo tremie.

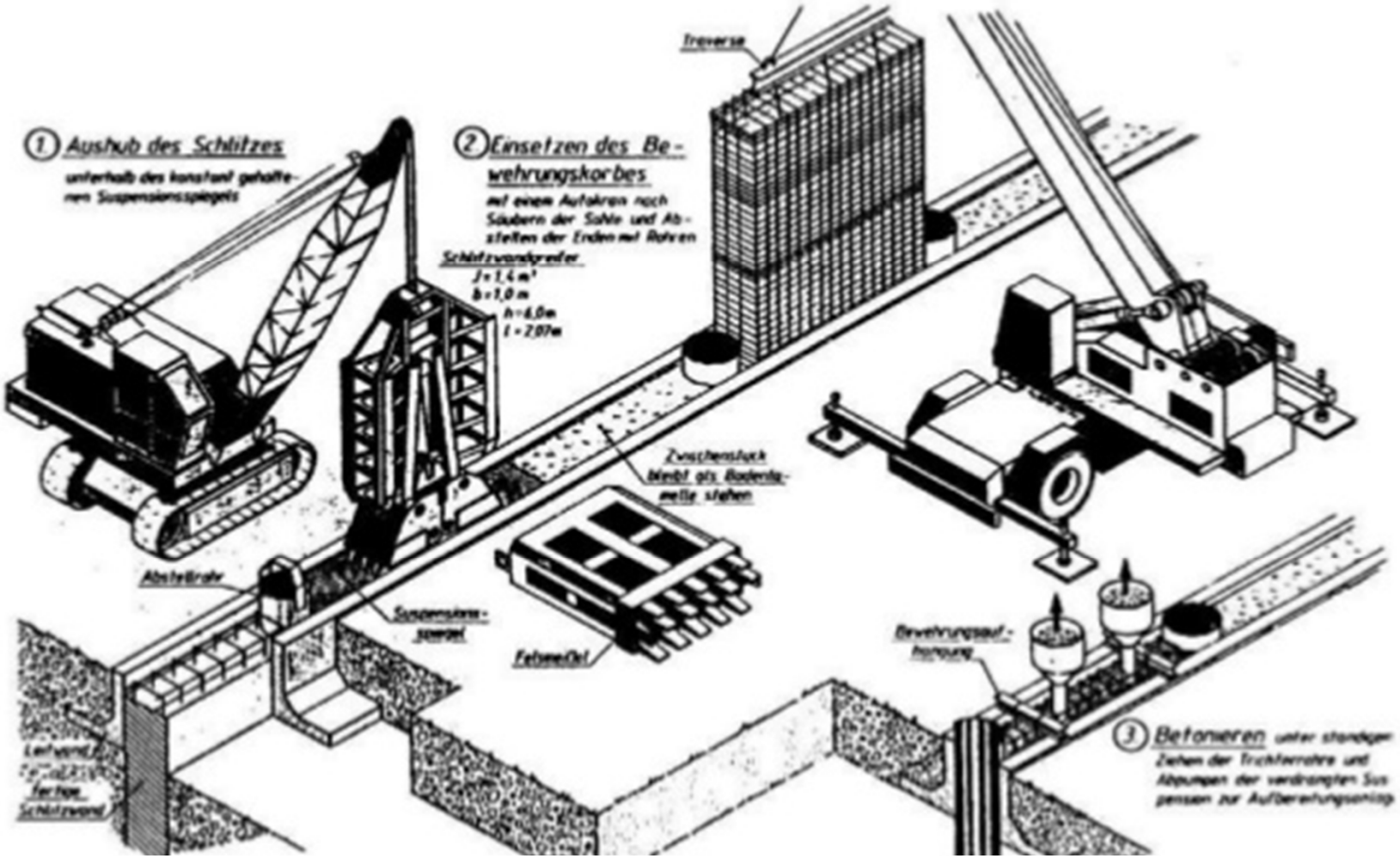
MUROS COLADOS

El peso propio de la pantalla es un factor de influencia muy escasa.

El empotramiento en el terreno por debajo del fondo de la excavación es, con frecuencia, indispensable para su estabilidad, constituyendo en ocasiones el único elemento que la proporciona.

Pueden requerir sujeción en uno o varios puntos de su altura libre, además del empotramiento.

PROCESO DE EJECUCIÓN



PROCESO GENERAL DE EJECUCION DE PANTALLA

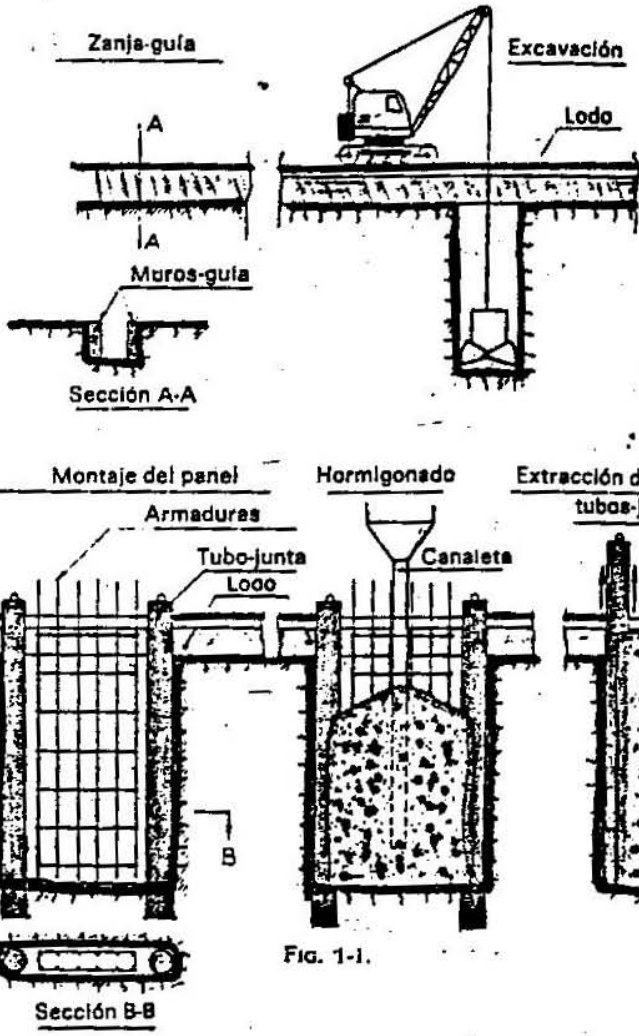


FIG. 1-1.

EXCAVACIÓN

Para la excavación se utiliza maquinaria especial en función de las características del suelo como son las cucharas bivalvas ó sistemas de hidrofresa.

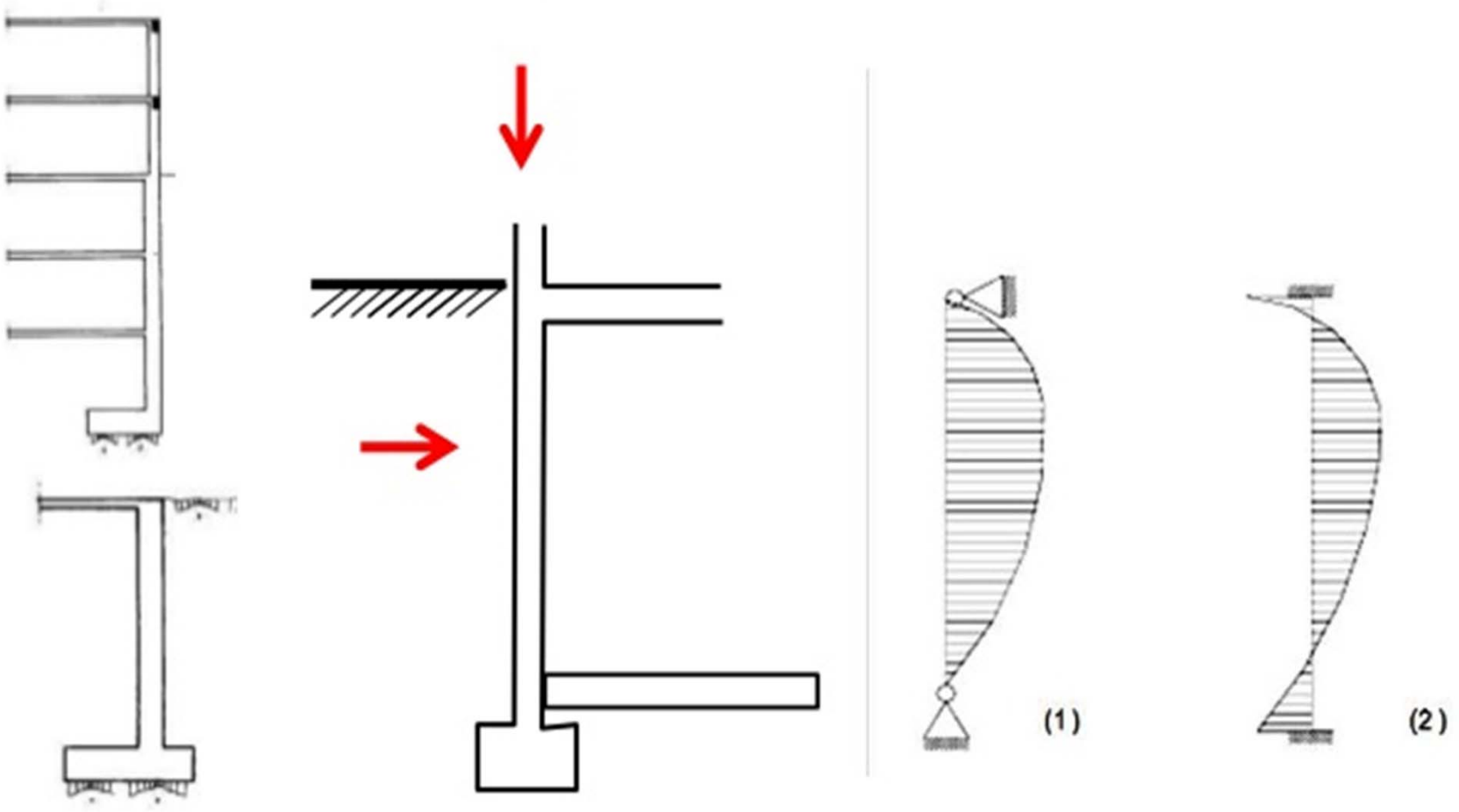
Cuchara bivalva

Hidrofresa

MUROS CON DEFORMACIÓN RESTRINGIDA

MUROS DE SOTANO

MUROS DE SÓTANO



MUROS DE SÓTANO

Resisten las cargas verticales y el empuje del suelo y agua, cuando esté por debajo del nivel freático.

No trabajan como ménsula, sino que tienen apoyos en distintos niveles.

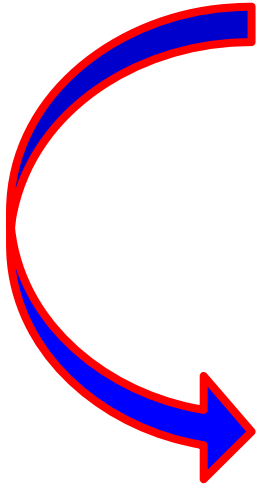
La distribución de presiones es función de las propiedades del suelo y de las restricciones a las deformaciones que va imponiendo el método constructivo.

EXCAVACIONES

Excavación por troneras

Excavación por pocetes

EXCAVACIONES ENTRE MEDIANERAS



- **submuración**
  de las estructuras linderas que por medio de una estructura transfiera la carga a un nivel por debajo de la excavación proyectada.

- **contención de los empujes**.

EXCAVACIONES ENTRE MEDIANERAS

En el **estado provisorio**, el muro de submuración y/o contención deberá contemplar:

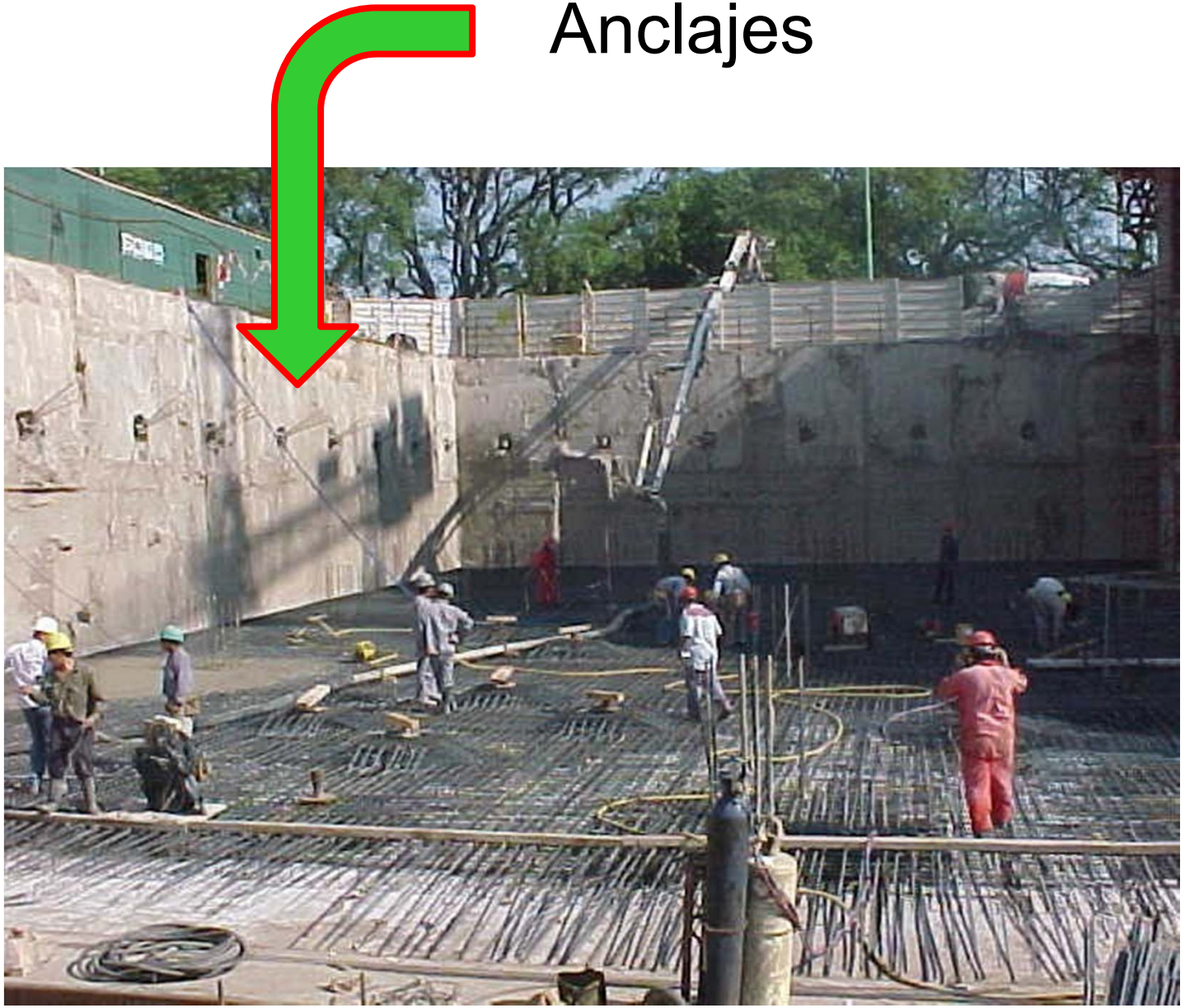
- Peso de los muros existentes sobre él
- Empuje del terreno circundante.
- Empuje de fundaciones linderas.
- Empuje producido por cargas superficiales.

El muro se considerará apoyado en los apoyos provisorios que podrán ser:

- Puntales
- Anclajes

Puntales

Anclajes



LEY 4580 (13/06/2013)
Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Expediente Nº 1274-D-2012

5.2.2.7 “ANCLAJES”

5.2.2.7.1 Generalidades de los Anclajes

a) **Autorízase en las obras en construcción la utilización de anclajes de tracción para soporte de muros de submuración y entibamiento que traspasen los límites del predio, tanto en relación a los linderos como así en lo relativo a la línea oficial**, en virtud de lo establecido en los artículos 5.2.2.2., 5.2.2.3 del presente Código.

b) El sistema de anclajes deberá tender a resguardar y garantizar la seguridad de trabajadores, los linderos y la vía pública.

5.2.2.7.4 Documentación a presentar

a) **Estudio de Suelos** en el cual se contemple la determinación de los empujes y la capacidad portante del suelo.

b) Posteriormente a haberse registrado los planos, y como requisito previo al inicio de las tareas, se deberá presentar la siguiente **documentación**:

1. Fincas Linderas

1.1 **Plano de relevamiento de linderos** que incluya las características de los muros divisorios y de las fundaciones.

1.2 Estudios que acrediten la no interferencia con instalaciones y/o construcciones vecinas, públicas o privadas.

1.3 La Dirección de Registro de Obras y Catastro o quien en el futuro desempeñe sus funciones, entregará copia de la documentación estructural de las fincas linderas (en caso de poseerla en sus archivos) a la del solicitante, quien deberá contar con la copia certificada y/u original de su título de propiedad y la encomienda profesional expedida por el Consejo Profesional correspondiente.

2. Proyecto de Excavación.

2.1 Plano de replanteo de las estructuras de recalce y contención con indicación de la secuencia de ejecución.

2.2 Memoria de excavación.

2.3 Memoria de procedimientos a emplear en las tareas de excavación y recalce de muros.

2.4 Cálculo de las estructuras de contención:

2.4.1 Determinación de las sobrepresiones provenientes de fundaciones de linderos.

2.4.2 Determinación del empuje producido a causa de la existencia de napa freática.

2.4.3 Determinación de las cargas gravitatorias en los muros a recalzar.

2.4.4 Cálculo de elementos estructurales y sus correspondientes diagramas.

2.4.5 Dimensionamiento y verificación de los elementos estructurales.

2.4.6 Verificación de la tensión del suelo, en cada secuencia del proceso de construcción de muros.

2.5 Memoria de procedimientos a emplear para la excavación de fundaciones, aun cuando el proyecto no contemple la construcción de subsuelo.

FIN

GRACIAS POR SU ATENCION !!!