

### 3. MUROS

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

Se define como muro: “Toda estructura continua que de forma activa o pasiva produce un efecto estabilizador sobre una masa de terreno”. El carácter fundamental de los muros es el de servir de elemento de contención de un terreno, que unas veces es un terreno natural y otras un relleno artificial (Figura 1a).

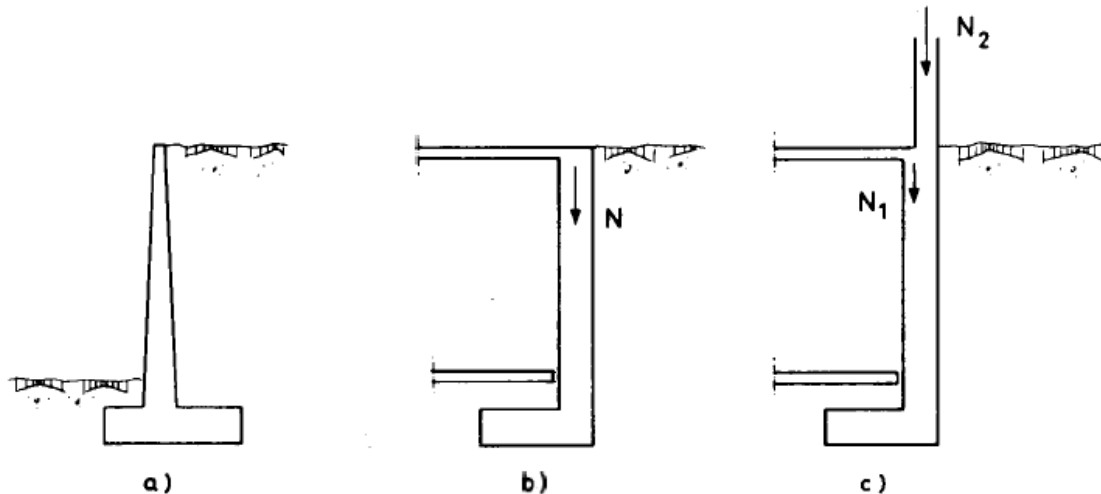


Figura 1

En la situación anterior, el cuerpo del muro trabaja esencialmente a flexión y la compresión vertical debida a su peso propio es generalmente despreciable. Sin embargo, en ocasiones el muro desempeña una segunda misión que es la de transmitir cargas verticales al terreno, en una función de cimiento. La carga vertical puede venir de una cubierta situada sensiblemente a nivel del terreno (figura 1b), o puede ser producida también por uno o varios forjados apoyados sobre el muro y por pilares que apoyen en su coronación transmitiéndole las cargas de las plantas superiores (figura 1c).

Las formas de funcionamiento del muro de contención (figura 1a) y del muro de sótano (figura 1b y 1c) son considerablemente diferentes. En el primer caso, el muro se comporta como un voladizo empotrado en el cimiento, mientras que en el segundo caso, el muro se apoya o ancla en él o en los forjados, mientras que a nivel de cimentación el rozamiento entre cimiento y suelo hace innecesaria casi siempre la disposición de ningún otro apoyo. El cuerpo del muro funciona en éste segundo caso como una losa de uno o varios vanos.

### 3.2 DESIGNACIONES O NOMENCLATURA

Tomando el caso más común de muro, emplearemos las designaciones que se indican en la figura 2

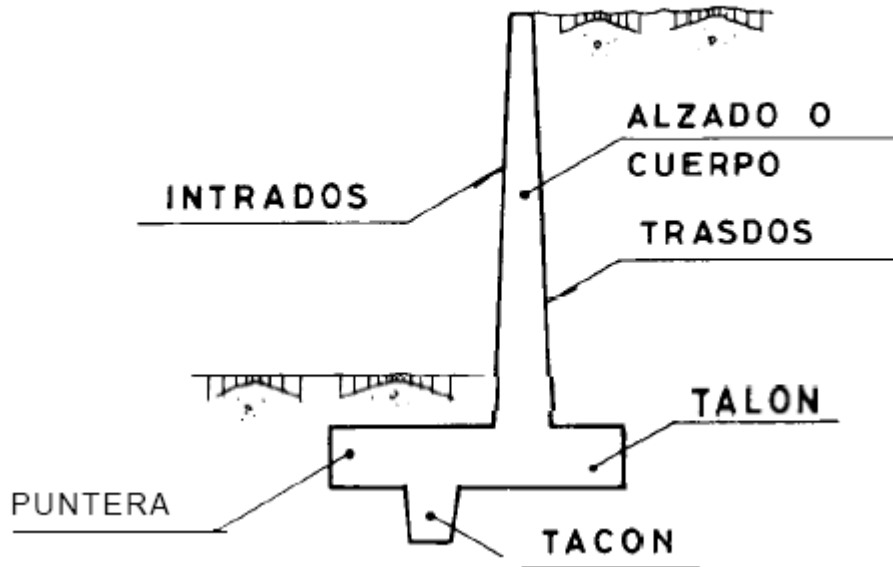


Figura 2

**Puntera:** Parte de la base del muro (cimiento) que queda debajo del intradós y no introducida bajo el terreno contenido.

**Tacón:** Parte del cimiento que se introduce en el suelo para ofrecer una mayor sujeción.

**Talón:** Parte del cimiento opuesta a la puntera, queda por debajo del trasdós y bajo el terreno contenido.

**Alzado o cuerpo:** Parte del muro que se levanta a partir de los cimientos de este, y que tiene una altura y un grosor determinados en función de la carga a soportar.

**Intradós:** Superficie externa del alzado.

**Trasdós:** Superficie interna del alzado, está en contacto con el terreno contenido.

### 3.3 TIPOS GENERALES DE MUROS DE CONTENCIÓN

Los tipos más frecuentes se describen a continuación:

#### MURO DE GRAVEDAD

Son muros de hormigón en masa en los que la resistencia se consigue por su propio peso. Normalmente carecen de cimiento diferenciado (Figura 3a) aunque pueden tenerlo. (Figura 3b)

Su ventaja fundamental es que no van armados, con lo cual no aparece en la obra el tajo de ferralla. Pueden ser interesantes para alturas moderadas y aun eso, solo si su longitud no es muy grande, pues en caso contrario, y en definitiva siempre que el volumen de muro sea importante, la economía que representan los muros de hormigón armado justifica la aparición del tajo de ferralla.

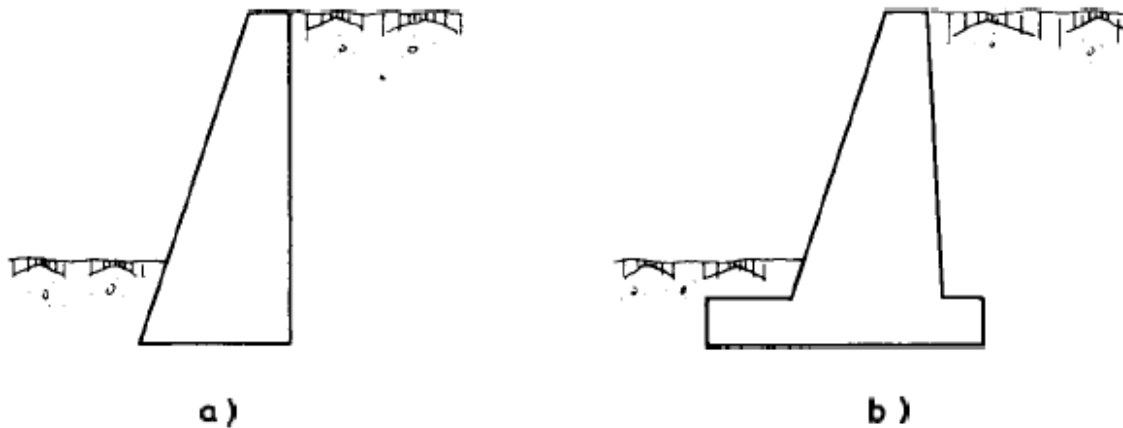


Figura 3

#### MUROS MÉNSULA (O EN L)

Son muros de hormigón armado. En estos muros el momento al vuelco, producido por el empuje de las tierras, es contrarrestado por el peso de las tierras sobre la zapata. La presión transmitida al cimiento suele ser reducida, por lo que su aplicación más conveniente es cuando la cimentación es mala.

Son los de empleo más corriente (Figura 4) y aunque su campo de aplicación depende, lógicamente, de los costes relativos de excavación, hormigón, acero, encofrado y relleno puede en primera aproximación pensarse que constituyen la solución económica hasta alturas de 10 ó 12 m.

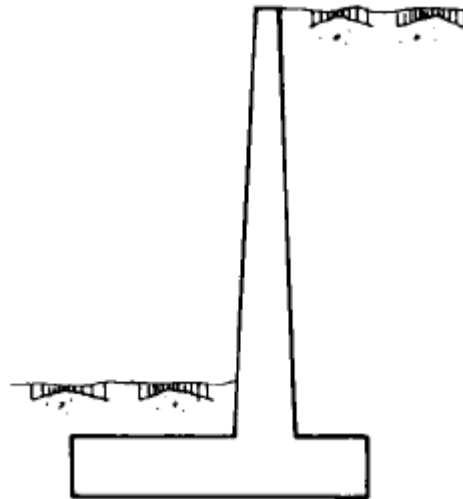


Figura 4

### MUROS DE CONTRAFUERTES

Constituyen una solución evolucionada de la anterior, en la que al crecer la altura y por lo tanto los espesores de hormigón, compensa el aligerar las piezas. Consiste en aligerar un muro de gravedad, suprimiendo hormigón en las zonas que colaboran muy poco en el efecto estabilizador

Esto conduce a ferralla y encofrados más complicados y a un hormigonado más difícil y por lo tanto más costoso, al manejarse espesores más reducidos. Sin embargo, a partir de los 10 ó 12 m. de altura es una solución que debe tantearse para juzgar su interés. Pueden tener los contrafuertes en trasdós (Figura 5a) o en intradós (Figura 5b), aunque la primera solución es técnica y económicamente mejor, por disponer el alzado en la zona comprimida de la sección en T que se forma. La segunda solución, al dejar los contrafuertes vistos produce además, generalmente, una mala sensación estética

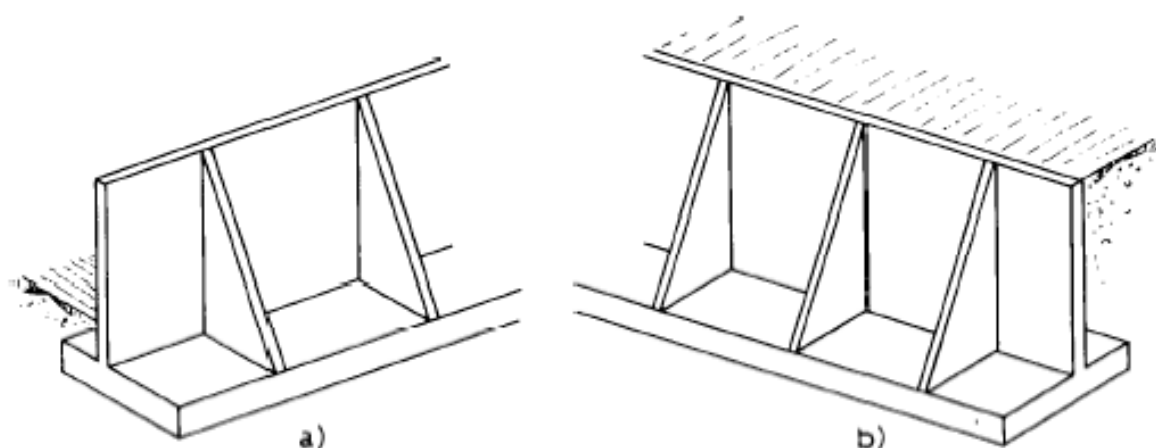


Figura 5

### MUROS DE BANDEJAS (O DE PLATAFORMAS ESTABILIZADORAS)

Su concepto es muy diferente del que origina el muro de contrafuertes. Aquí no se trata de resistir el mismo momento flector, aumentando el canto y aligerando la sección, sino de reducir los momentos flectores debidos al relleno mediante los producidos por la carga del propio relleno sobre las bandejas (Figura 6). Su inconveniente fundamental radica en la complejidad de su construcción. Puede resultar una alternativa al muro de contrafuertes para grandes alturas.

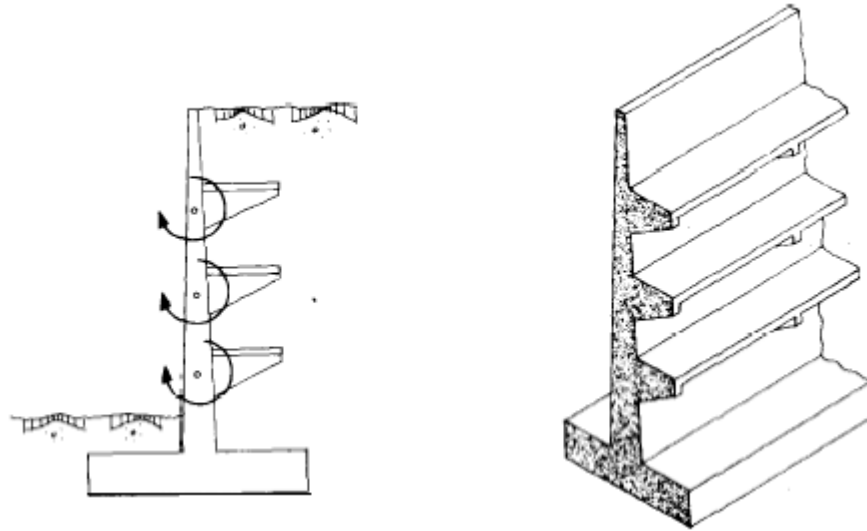


Figura 6

### MUROS ANCLADOS

Es un tipo de estructura mixta que elimina los problemas de estabilidad al vuelco, disminuye los momentos flectores que sobre él actúan y reduce las tensiones que actúan sobre el terreno de cimentación (Figura 7).

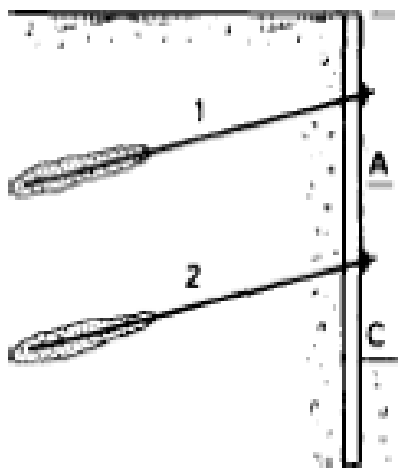


Figura 7

### MUROS DE GAVIONES

Los gaviones son elementos generalmente con forma de prisma rectangular que consisten en unas jaulas de mallazo galvanizado rellenas de un material de naturaleza granular tipo grava. Los diferentes elementos que constituyen el muro proyectado quedan unidos entre si mediante ligaduras de alambre. Es pues un tipo de muro que trabaja fundamentalmente por gravedad. (Figura 8) No sólo se fabrican de tipo rectangular. Las diversas casas comerciales presentan también en sus catálogos elementos cilíndricos y corazas o losas, dependiendo de la finalidad a la que se empleen.

Los tipos más corrientes de gaviones (paralelepípedos o rectangulares) tienen unos volúmenes que varían entre 0.5 y 5 m<sup>3</sup>, lo cual supone para un ancho de 1 m y una altura de 0.5 a 1 m, unas longitudes variables entre 1 y 5 m..Generalmente los muros de gaviones suelen ser de altura moderada (menor de 6-7 m), aunque se han construido de altura superior y han funcionado correctamente. La construcción de este tipo de muros es muy simple, colocando los distintos elementos con diferentes disposiciones e, incluso, escalonando el trasdós, el intradós, o ambos.

Las principales ventajas de los muros de gaviones son: su rápida y sencilla instalación, su elevada permeabilidad y que son unas estructuras flexibles que admiten asentamientos diferenciales del terreno importantes.



Figura 8

## MUROS PANTALLA

El sistema de muros pantalla consiste, esencialmente, en ejecutar una pared del hormigón, realizándola sin entibación. El equilibrio 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 una tubería adecuada. El método se ha revelado como excepcionalmente útil y ha permitido el desarrollo de una serie de soluciones y procesos constructivos que no resultarían posibles o lo serían a muy elevado coste con los otros tipos de muro.

El **proceso de ejecución** comprende las siguientes etapas. (Nos referimos al caso más frecuente de empleo de lodos bentoníticos).

**1) Construcción de los muretes guía:** Estos muretes suelen ejecutarse en hormigón en masa o mejor en hormigón ligeramente armado (Figura. 9a) y tienen espesor del orden de 25 cm y profundidad de 0,70 a 1 m. Su separación es ligeramente superior al ancho teórico de la pantalla. La misión de estos muretes-guías es, precisamente, guiar a la máquina correspondiente en la excavación de la pantalla. La necesidad de disponer estos muretes, obliga en los casos en que la pantalla se dispone junto a una construcción existente (Figura. 9b), a retranquearla en una distancia igual al espesor del murete.

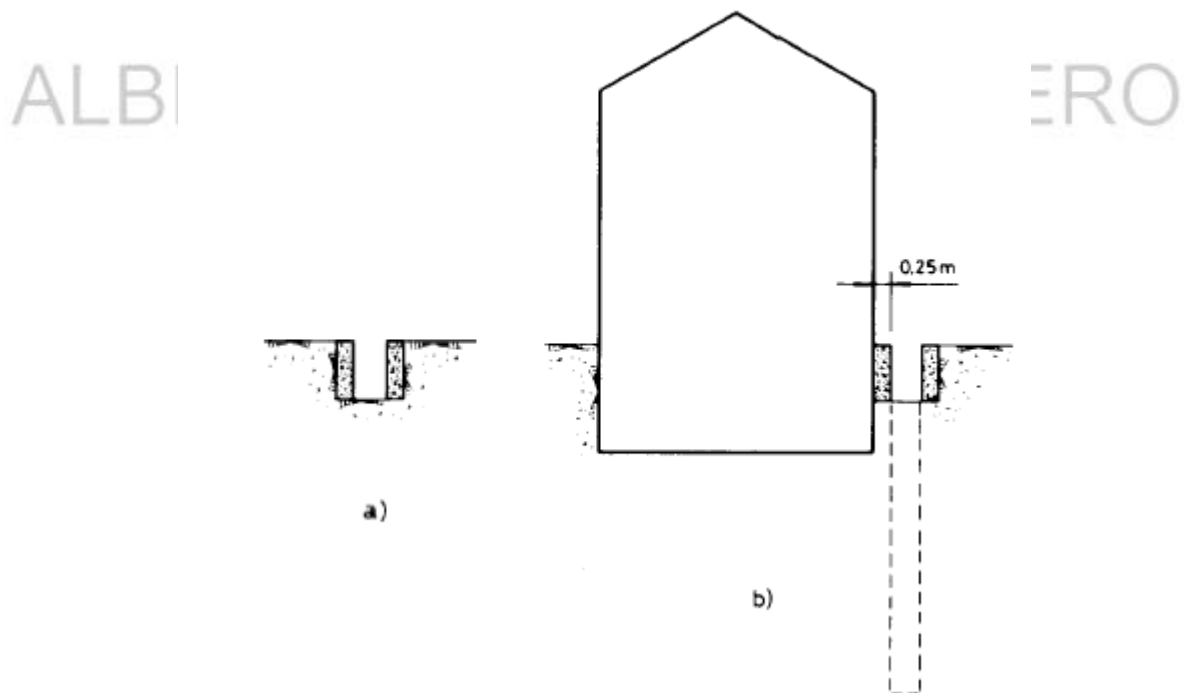


Figura 9

**2) Excavación:** Se realiza con máquinas especiales, provistas de cuchara y para mantener el equilibrio de las paredes de la excavación se reemplaza el suelo extraído por lodo bentonítico, que debe mantenerse siempre al nivel de los muretes-guía.

La excavación se realiza por paneles, mediante uno de los dos procedimientos indicados en la (Figura 10)



Figura 10

La longitud de panel suele oscilar de 3 a 5 m. El proceso de ejecución de un panel se indica en la figura 11. En la figura 11a) el panel está ya completamente excavado y lleno de lodo. En la figura 11 b) se colocan las juntas, que pueden ser de muy diversos tipos. En la figura 11c) se ha indicado la solución en tubos extraíbles.

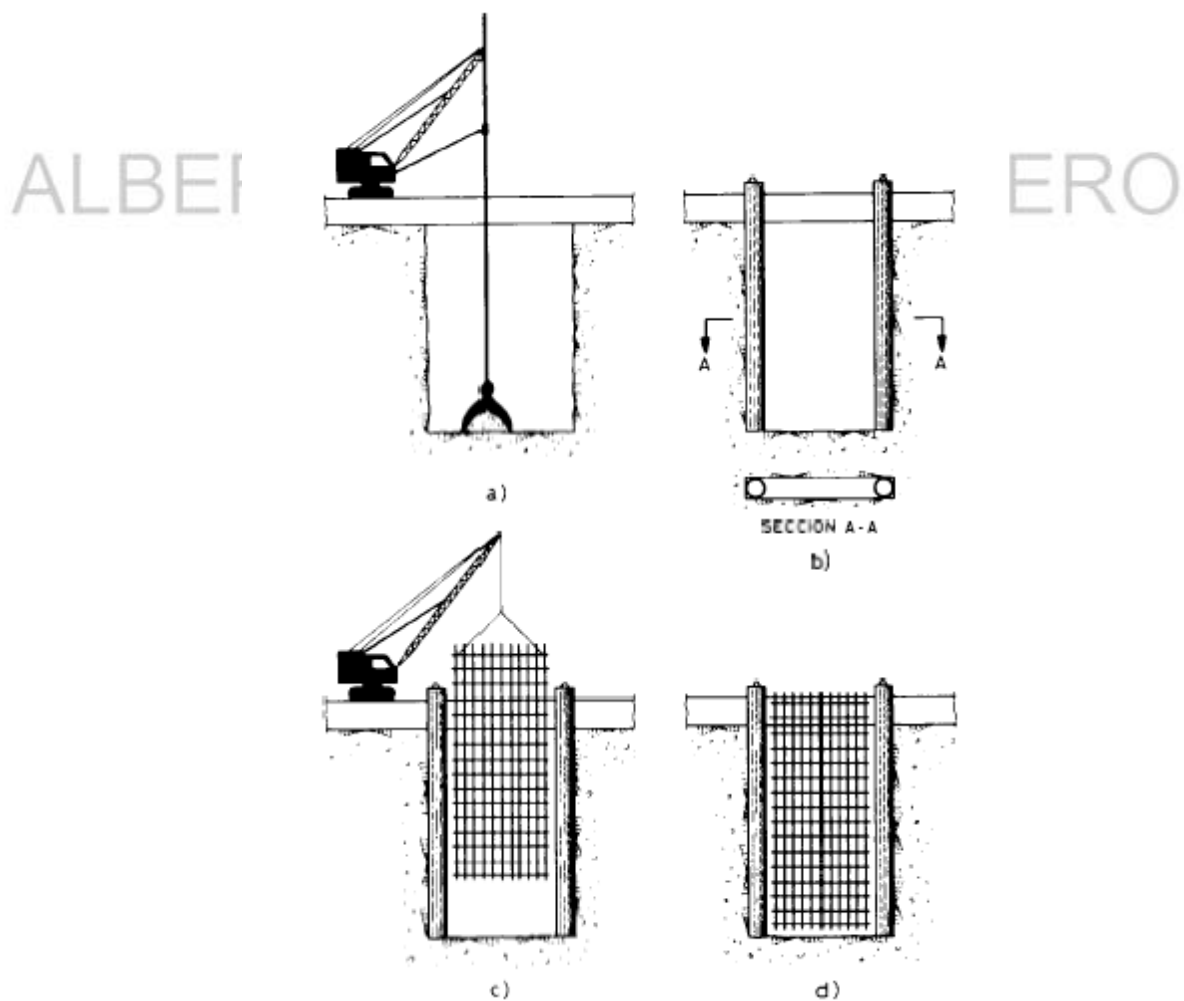


Figura 11



**3) Colocación de la armadura:** A continuación se introduce la jaula de armadura (Figura. 11 c y d) que deberá ir convenientemente rigidizada y usualmente se realizan barras corrugadas. La jaula debe proyectarse de forma que mantenga recubrimientos del orden de 7 u 8 cm, dadas las posibles irregularidades de las paredes de la excavación. La separación mínima entre barras verticales debe ser de 10 cm, mejor 15 cm. Entre barras horizontales 15 cm, mejor 20 cm.

Dado que la jaula de armaduras se sumerge en el lodo bentonítico es esencial el empleo de barras corrugadas para no reducir excesivamente la adherencia. Si la pantalla ha de quedar con huecos, las reservas correspondientes pueden materializarse con poliestireno expandido o un material similar inerte. La tendencia a flotar de estos materiales hace que su fijación a la armadura de la jaula deba ser especialmente cuidadosa.

**4) Hormigonado:** Se realiza mediante tubería (Figura. 13 a y b)

**5) Extracción de juntas:** Si esta operación es necesaria se realiza antes de que endurezca mucho el hormigón. (Figura 14)

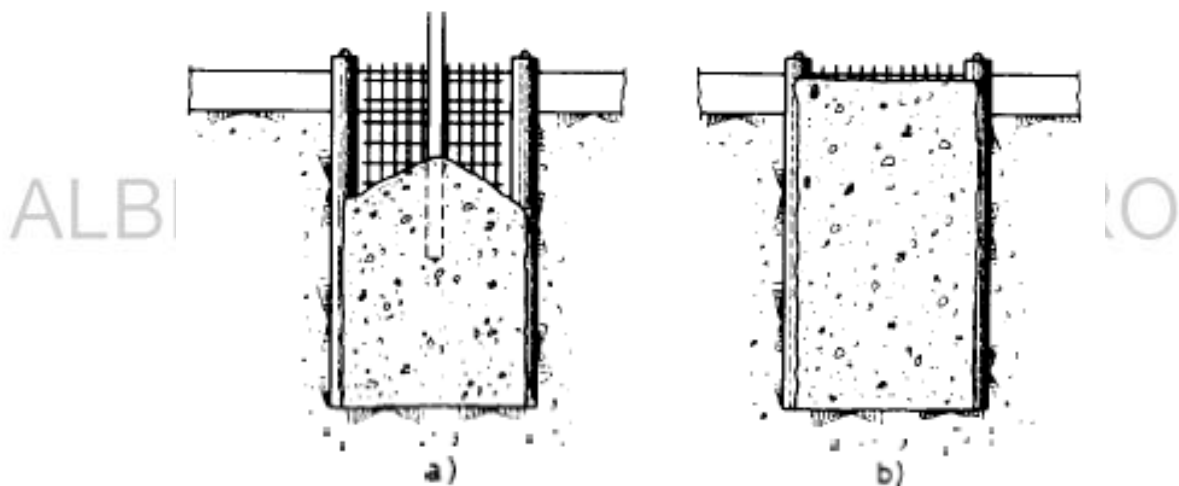


Figura 13

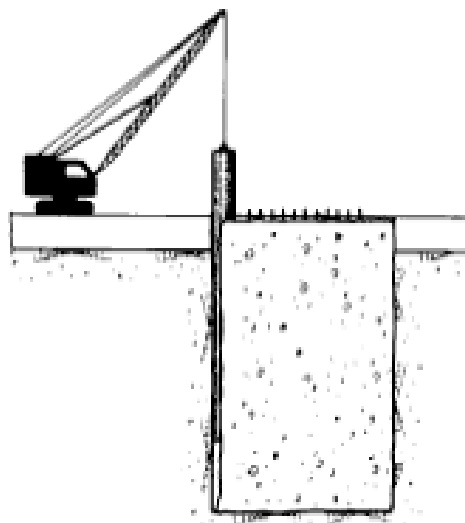


Figura 14

El campo de utilización es muy variado como se indicó anteriormente, tanto en edificación como en obras públicas. En la figura 15 se indica la aplicación de las pantallas al procedimiento conocido como «método del metro de Milán» por haberse empleado allí por primera vez.

En la figura 15a) se aplica a la construcción de un aparcamiento subterráneo en una calle. En una primera fase se ejecutan los dos muros pantalla. En la segunda fase se excava hasta el nivel AB y se colocan vigas y/o placas prefabricadas sobre las cuales se ejecuta inmediatamente el pavimento y se abre la zona al tráfico. En una tercera fase (Figura. 15 b) se construyen en túnel las plantas inferiores del aparcamiento.

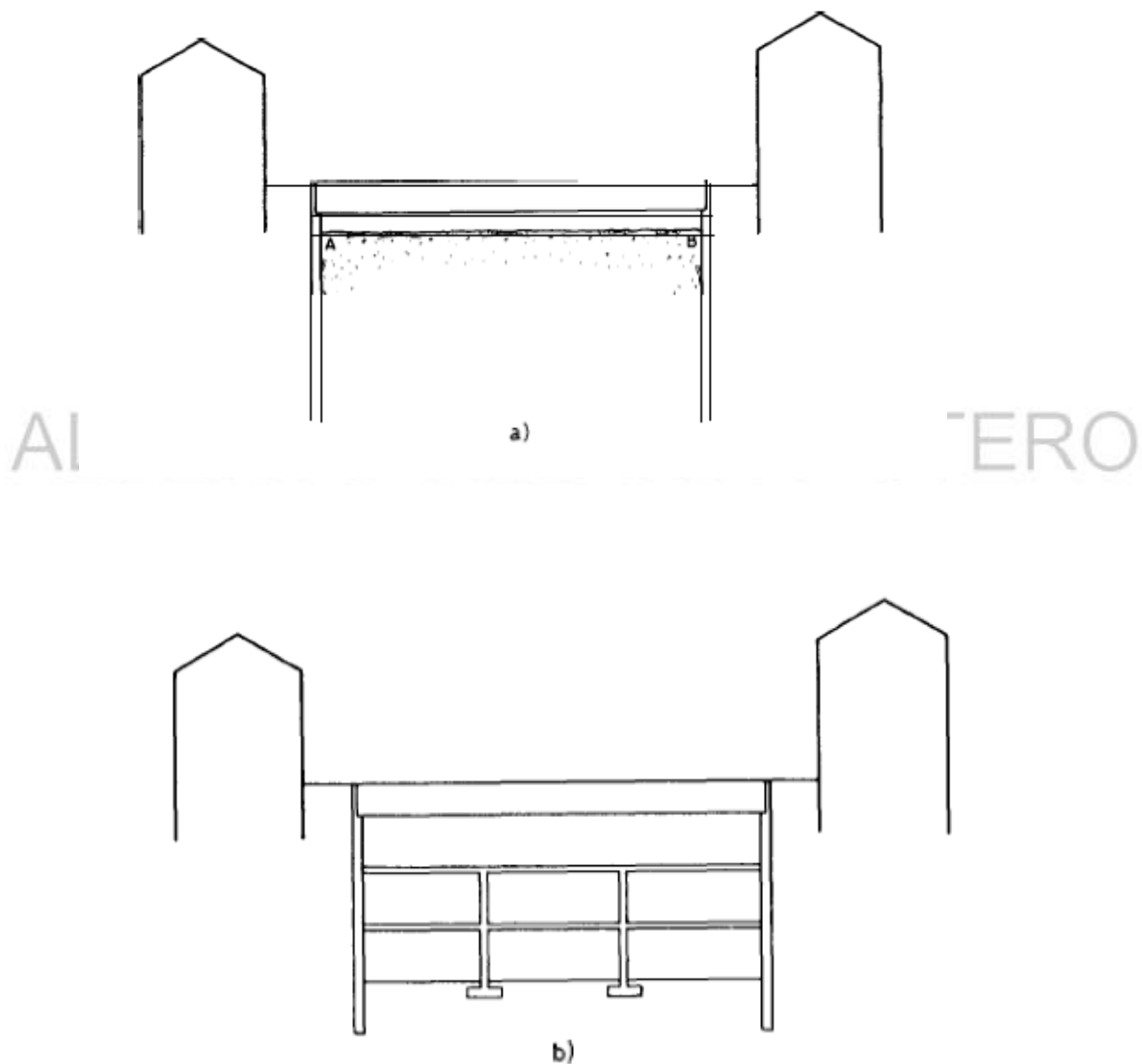


Figura 15

Un segundo ejemplo se indica en la figura 16, en la que se muestra la ejecución de una excavación de forma que las dos pantallas se van arriostrando mediante los forjados a medida que se ejecuta la excavación, de forma que los esfuerzos sobre las pantallas se mantienen en valores relativamente reducidos.

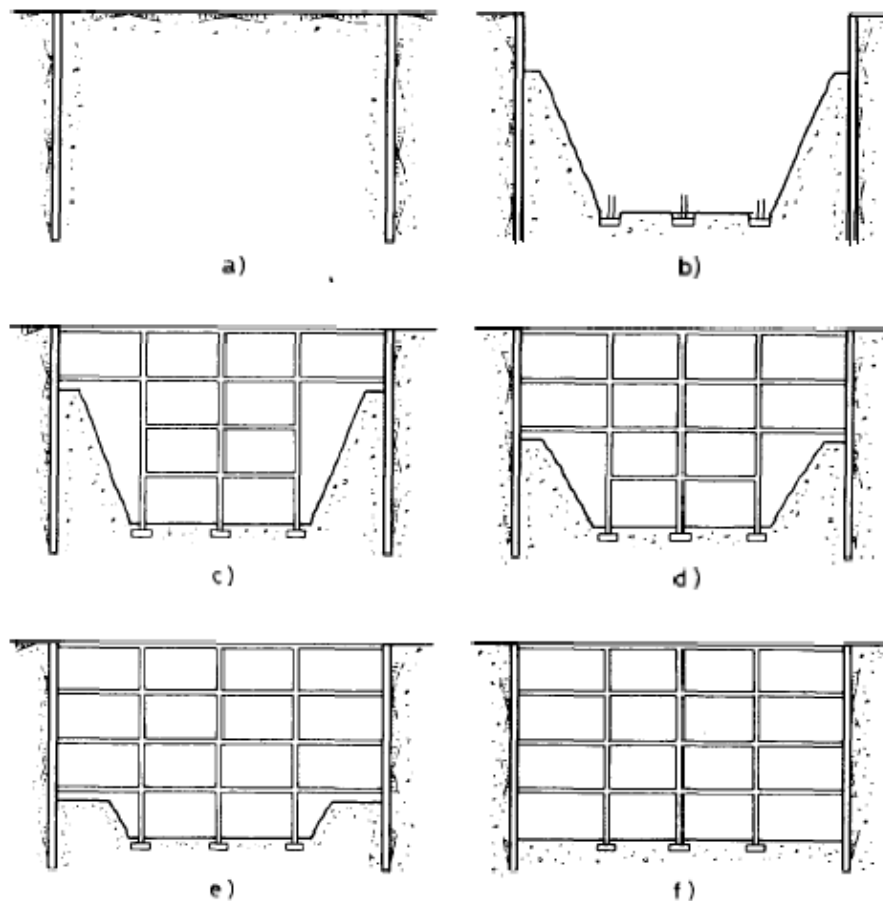


Figura 16

Una variante del método indicado en la figura 16 se indica en la figura 17. El recinto entre las pantallas se excava hasta el nivel AB y se realiza una serie de anclajes pretensados. Posteriormente se excava hasta el nivel CD y se realiza una segunda serie de anclajes. Una alternativa es el empleo de acodalamientos metálicos provisionales entre pantallas, que resulta una solución más rígida que la de anclajes.

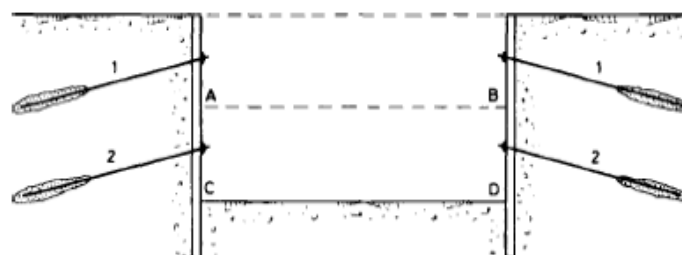


Figura 16

Otro ejemplo es la construcción del metro de Málaga (Figura 17)

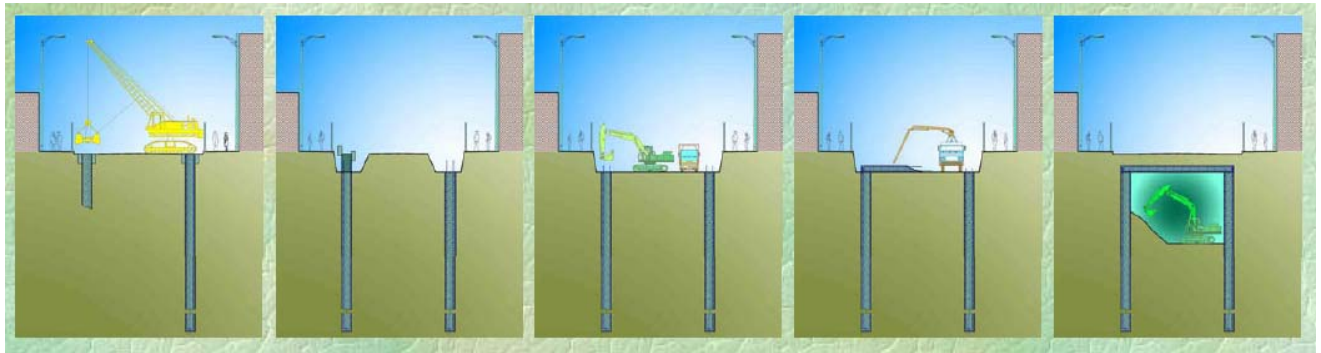


Figura 17

### MUROS PREFABRICADOS

Los muros prefabricados de hormigón son aquellos fabricados total o parcialmente en un proceso industrial mediante elementos de hormigón. Posteriormente son trasladados a su ubicación final, en donde son instalados o montados, con la posibilidad de incorporar otros elementos prefabricados o ejecutados en la propia obra. Existe una extensa variedad de este tipo de muros: muros completamente prefabricados, muros de pantalla prefabricada con tirante y zapata "in situ", muros de pantalla prefabricada y zapata "in situ", muros jaula (o de jardinería), muros de tierra armada, Muro de bloques aligerados, etc... Comentaremos en detalle en que consisten solo los siguientes:

#### Muro de Tierra Armada

Es un tipo de muro desarrollado por la empresa Tierra Armada, S.A., y esencialmente está construido por un paramento o piel formado por «escamas» prefabricadas a las que se enlazan armaduras que se anclan por rozamiento en el terreno (Figura 18) que se va terraplenando por tongadas. La combinación de las distintas piezas prefabricadas junto con la tierra compactada y las armaduras refuerzo dan como resultado un sistema estructuralmente resistente y estable debido a su gran peso propio.

Las escamas se prefabrican y luego se transportan y se colocan de acuerdo con la figura 19. Cada escama lleva pasadores metálicos y alojamientos para su enlace con las contiguas. El comienzo del montaje de las escamas se realiza a partir de una solera o murete de arranque. La ocupación requerida por este tipo de muro, que va a depender de las características geotécnicas del relleno, es muy superior a la que necesitan los muros de pantalla y contrafuerte.

Sus principales ventajas son las siguientes:

- Su construcción es fácil y rápida
- Su coste es inferior al de los demás sistemas alternativos (entre un 20 y un 50% menor) y suele quedar perfectamente definido de antemano, sin que posteriormente existan sorpresas.
- No tiene limitaciones prácticas, en longitud y altura.

Su construcción está particularmente recomendada en terrenos malos como cimentación



Figura 18



Figura 18

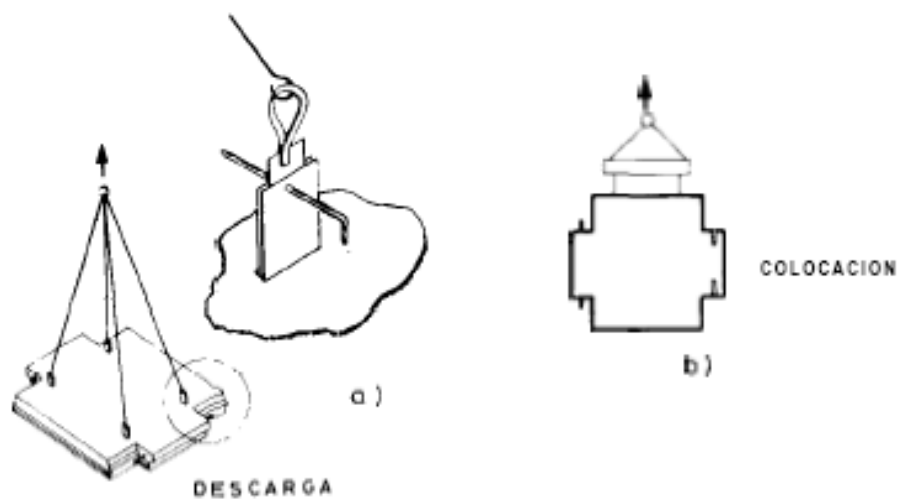


Figura 19

### Muros Jaula o Jardinera

Consisten en una estructura prefabricada de hormigón en forma de jardinera que se rellena de material tipo suelo (Figura 20). Existen diversas patentes hoy en día de este tipo de muros, fabricándose los elementos que los constituyen en una amplia gama de tamaños, con objeto de adaptarse a cualquier situación, por complicada que sea.

Se suele utilizar este muro en las vías de comunicación de gran capacidad de entrada a las grandes ciudades, debido a problemas de espacio y al buen aspecto estético que presentan si además se plantan diversas especies vegetales. Sus principales ventajas son la rapidez y la facilidad de su montaje, por lo que pueden estar especialmente indicados en aquellos casos en los que se requiera una estabilización inmediata.



Figura 20



### 3.4 FORMAS DE AGOTAMIENTO

En general el muro puede alcanzar los siguientes estados límites, de servicio o últimos.

**A) Giro excesivo del muro:** considerado como un cuerpo rígido (Figura. 20)

**B) Deslizamiento del muro** (Figura 21)

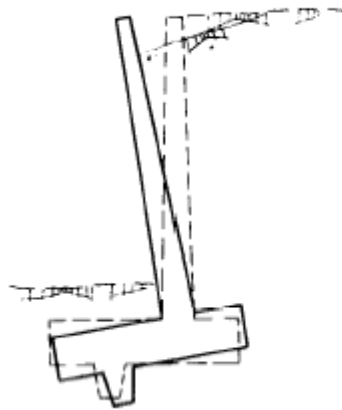


Figura 20

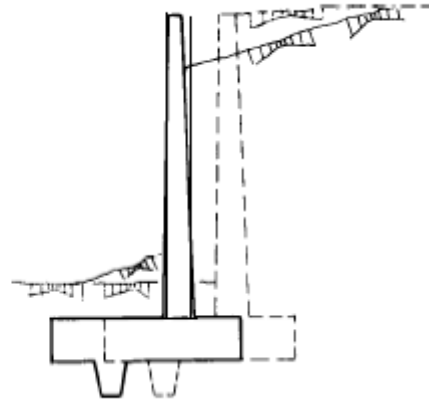


Figura 21

**C) Deslizamiento profundo de muro** (Figura. 22). Es debido a la formación de una superficie de deslizamiento profunda, de forma aproximadamente circular. Este tipo de fallo puede presentarse si existe una capa de suelo blando en una profundidad igual a aproximadamente a vez y media la altura del muro, contada desde el plano de cimentación de la zapata. En ese caso debe investigarse la seguridad frente a este estado límite, por los procedimientos clásicos.

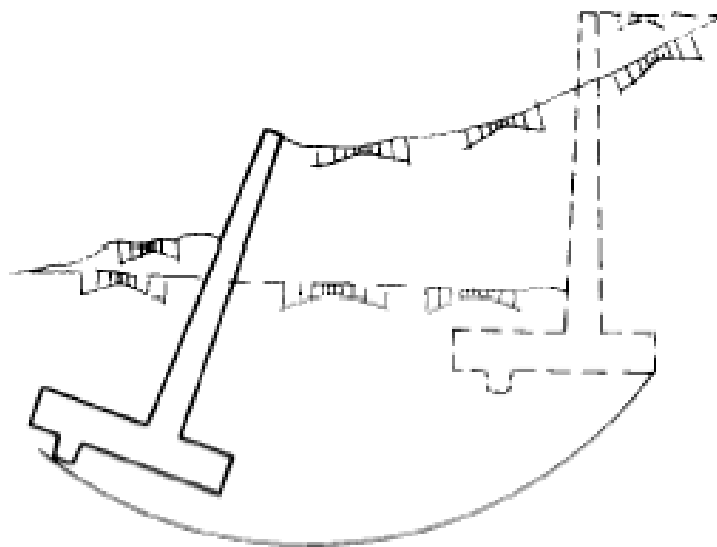


Figura 22

**D) Deformación excesiva del alzado** (Figura 23). Es una situación rara salvo en muros muy esbeltos, lo cual es un caso poco frecuente.

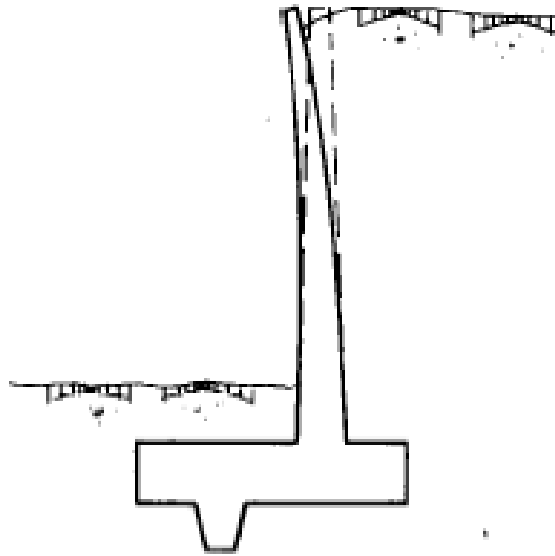


Figura 23

**E) Fisuración excesiva** (Figura 24). Puede presentarse en todas las zonas de tracción, y se trata de una fisuración especialmente grave si su ancho es excesivo, ya que en general el terreno está en estado húmedo y la fisuración no es observable.

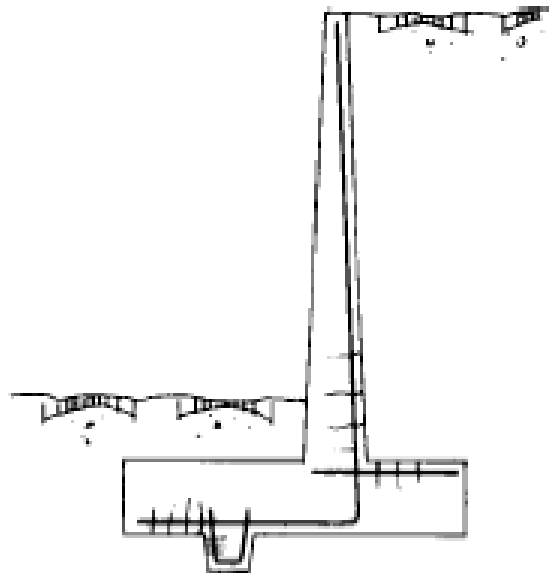


Figura 24



**F) Rotura por flexión** (Figura 25). Puede producirse en el alzado, la puntera o el talón. Como las cuantías en muros suelen ser bajas, los síntomas de prerrotura sólo son observables en la cara de tracción, que en todos los casos está oculta, con lo cual no existe ningún síntoma de aviso.

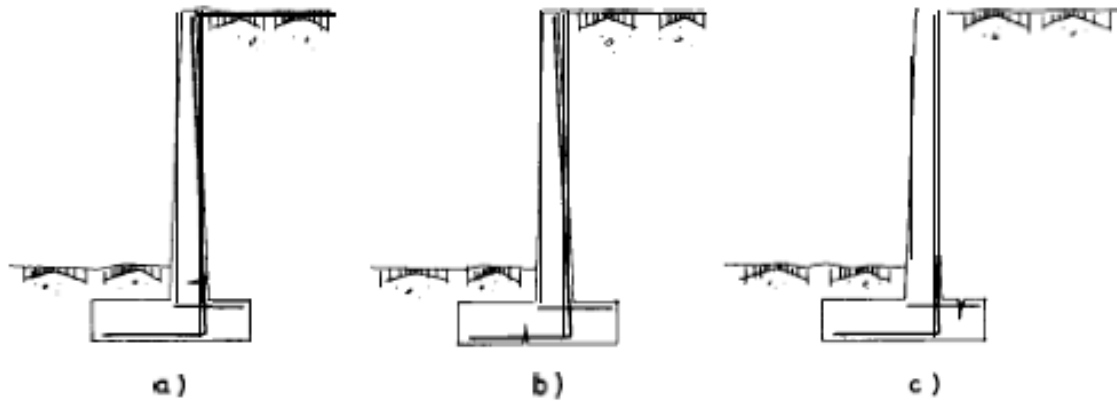


Figura 25

**G) Rotura por esfuerzo cortante.** Puede presentarse en alzado, puntera, talón o tacón (Figura 26)

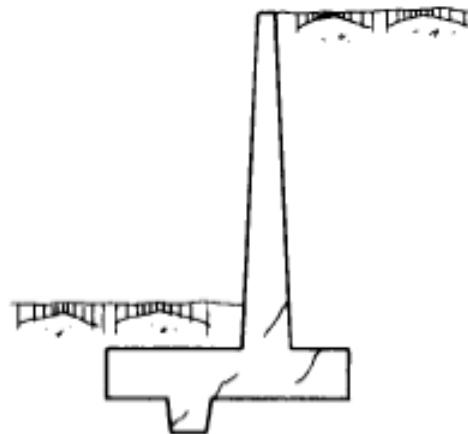


Figura 26

**H) Rotura por esfuerzo rasante.** La sección peligrosa suele ser la de arranque del alzado, AB (Figura 27) que es una junta de hormigonado obligada, en zona de máximo momento flector y máximo esfuerzo cortante.

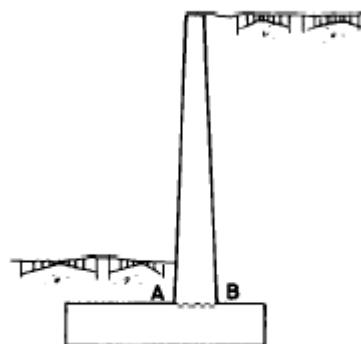


Figura 27

**l) Rotura por fallo de solape.** La sección peligrosa suele ser la de arranque de la armadura de tracción del alzado, donde la longitud de solape (Fig. 28) debe ser cuidadosamente estudiada, ya que por razones constructivas el solape se hace para la totalidad de la armadura en la zona de máximos esfuerzos de flexión y corte.

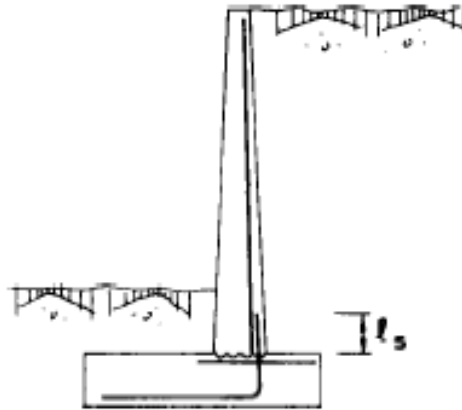


Figura 28

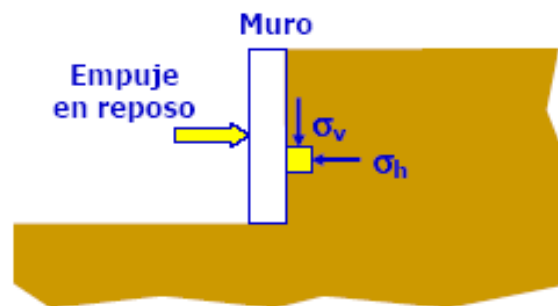
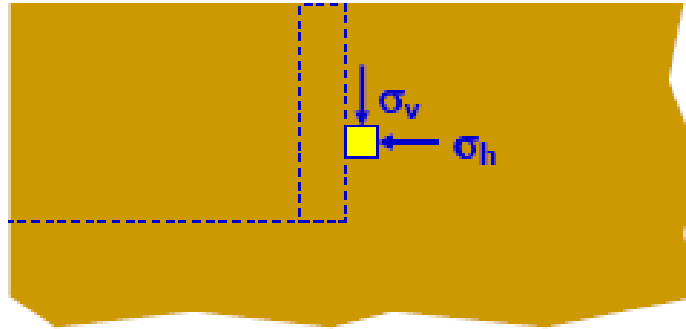
### 3.5 EMPUJE DEL TERRENO SOBRE LOS MUROS

Sea un punto en el interior de un terreno seco a una profundidad "z" la tensión vertical del mismo se puede definir como,  $\sigma_v(z) = \gamma \cdot z$  (donde  $\gamma$  es el peso específico del terreno), esas tensiones verticales generaran unas tensiones horizontales que se relacionan mediante el coeficiente de empuje al reposo  $K_0 = \sigma_v / \sigma_h$ , que en suelos normalmente consolidados y arenas es  $K_0 = 1 - \text{Sen} \varnothing'$  (donde  $\varnothing'$  es el ángulo de rozamiento del terreno)

La presión del terreno sobre un muro está fuertemente condicionada por la deformabilidad del muro, entendiendo por tal no sólo la deformación que el muro experimenta como pieza de hormigón, sino también la que en el muro produce la deformación del terreno de cimentación.

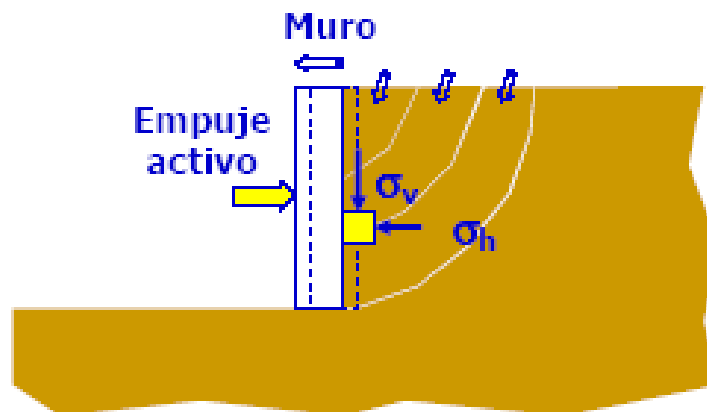
Si el muro y el terreno sobre el que se cimenta, son tales que las deformaciones son prácticamente nulas, se está en el caso de **empuje al reposo**. Según la teoría de Rankine

$K_a = \frac{1 + \text{Sen} \varnothing'}{1 - \text{Sen} \varnothing'}$  (donde  $K_a$  es el coeficiente de empuje al reposo) Algunos muros de gravedad y de sótano arriostrados pueden encontrarse en ese caso.

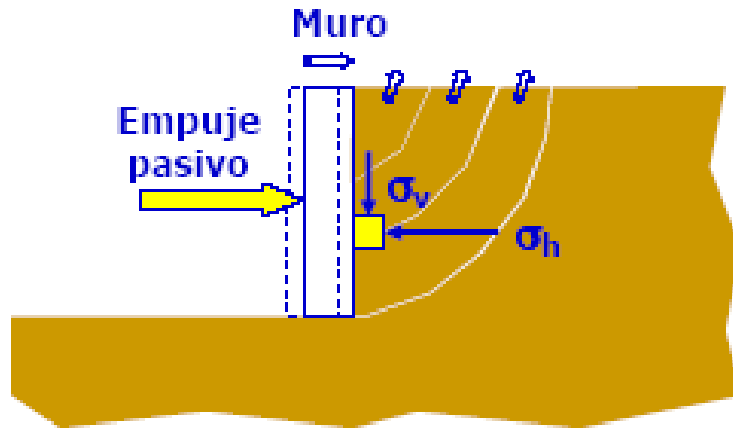


Si el muro se desplaza, permitiendo la expansión lateral del suelo se produce un fallo por corte del suelo y la cuña de rotura avanza hacia el muro y desciende. Las tensiones verticales no varían (dependen de la profundidad) • Las horizontales, empujes, disminuyen ya que el terreno situado a la derecha sufrirá una relajación disminuyendo su tensión horizontal.

El empuje se reduce desde el valor del empuje al reposo hasta el denominado valor de **empuje activo**, que es el mínimo valor posible del empuje. El cociente entre las tensiones se denomina ahora coeficiente de empuje activo  $K_a$  y es menor que  $K_0$ . Según la teoría de Rankine  $K_a = \frac{1 - \text{Sen}\phi'}{1 + \text{Sen}\phi'}$ . Es el caso del empuje sobre muros que no tienen impedido el movimiento hacia el intradós (muros de gravedad, en "L", ...)



Por el contrario, si se aplican fuerzas al muro de forma que éste empuje al relleno, el fallo se produce mediante una cuña mucho más amplia, que experimenta un ascenso. Este valor recibe el nombre de **empuje pasivo** y es el mayor valor que puede alcanzar el empuje. Es el caso de pantallas ancladas en el terreno. El empuje al reposo es por tanto de valor intermedio entre el empuje activo y el empuje pasivo.

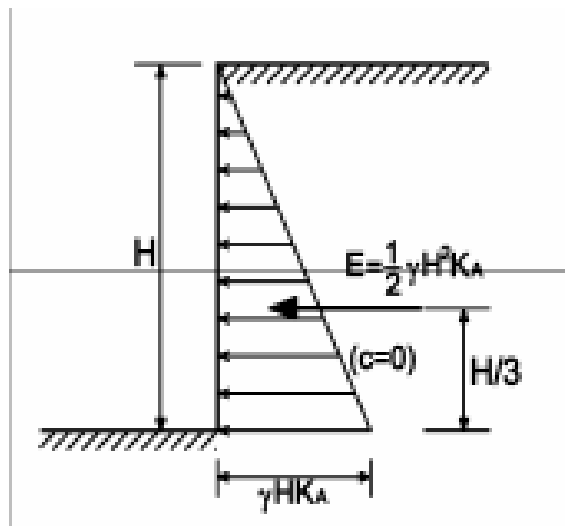


ALBERTO VILLARINO OTERO

### 3.6 DIAGRAMAS DE EMPUJES

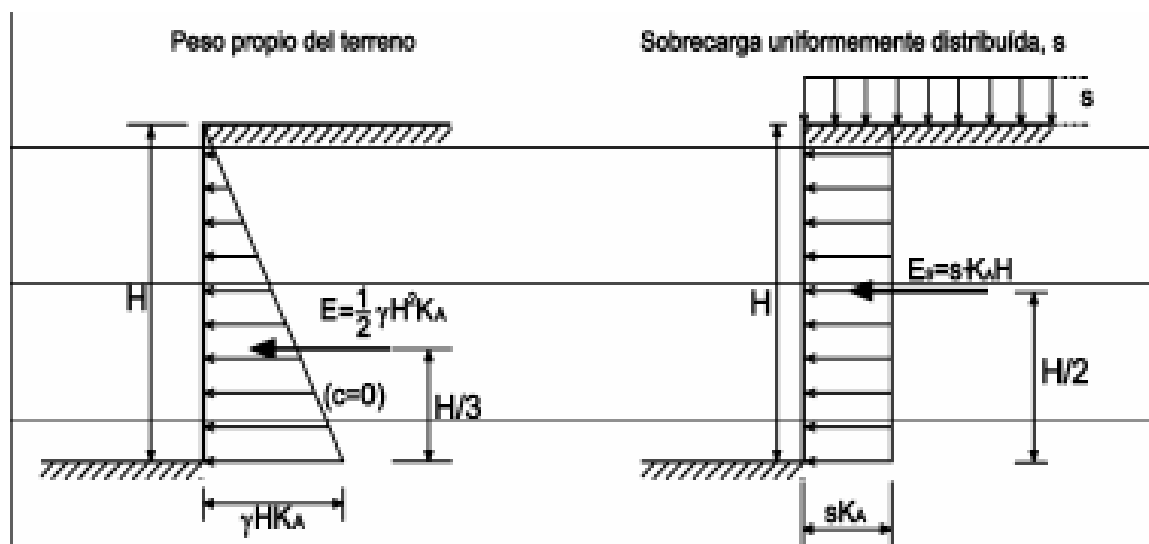
En el caso de existir únicamente el empuje del terreno la ley de empujes es triangular y su resultante esta situada a  $H/3$  des de la base del muro

$$e = K \cdot \sigma_v = K \cdot \gamma \cdot H \Rightarrow E = \frac{1}{2} \cdot K \cdot \gamma \cdot H^2$$



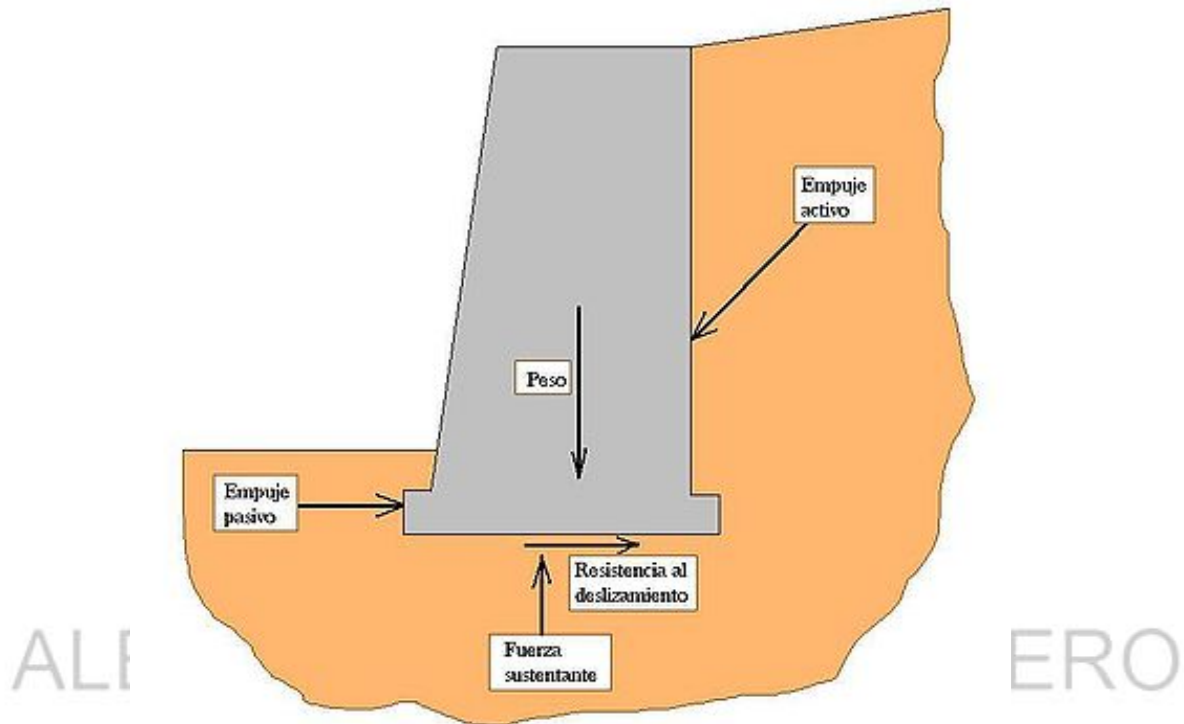
En el caso de la existencia de una sobrecarga en el terreno, se añade un término constante y el diagrama de empujes se hace trapezoidal por superposición:

$$e = K \cdot \sigma_v = K \cdot (\gamma \cdot H + s) \Rightarrow E = \frac{1}{2} \cdot K \cdot \gamma \cdot H^2 + K \cdot s \cdot H$$



### 3.7 COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Siendo el muro de la figura Consideremos el muro de la figura sometido a un empuje E, siendo N la resultante de todas las cargas verticales



Su seguridad a vuelco será :

**Seguridad a vuelco:**  $C_{sv} = \text{Momentos estabilizadores} / \text{Momentos volcadores}$

**Seguridad a deslizamiento:**  $C_{sd} = (C + \sigma_N \cdot \text{Tg } \delta) / \sigma_T$

Donde:

C= Cohesión del terreno

$\sigma_N$ = Tensiones normales a la base del muro

Tg  $\delta$ = tangente del ángulo de rozamiento terreno-muro

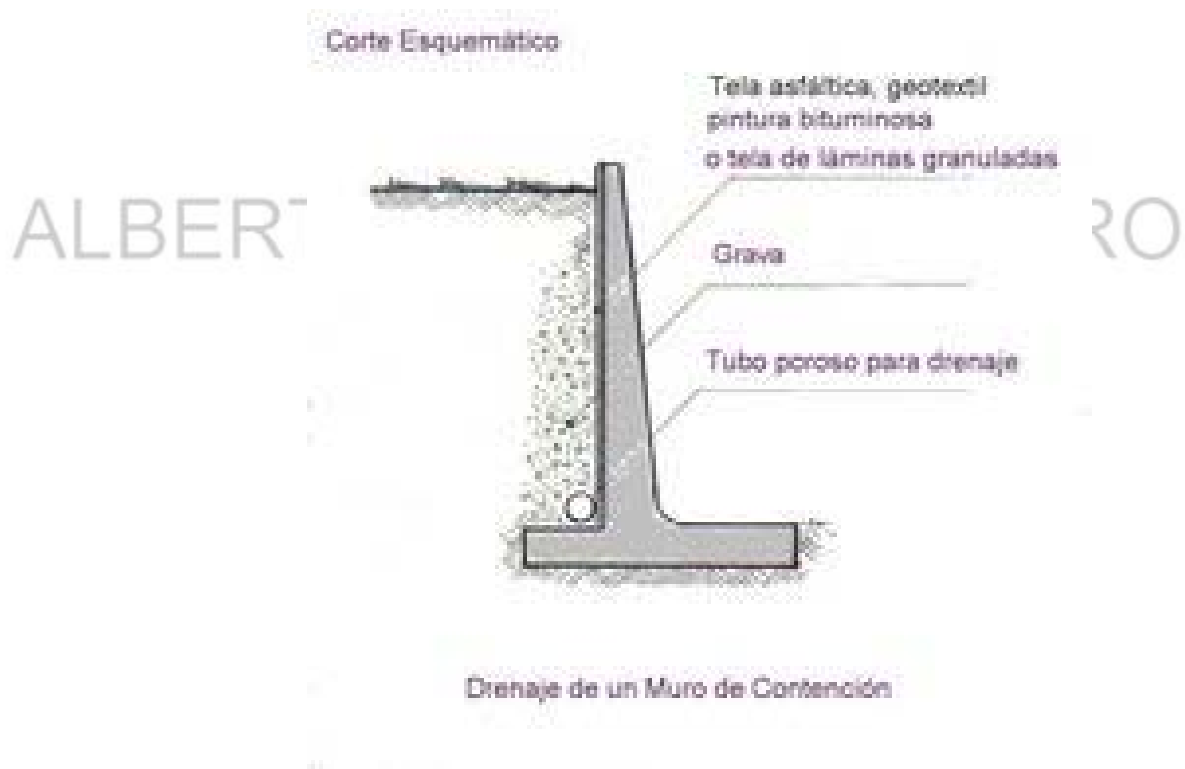
$\sigma_T$ =tensiones tangenciales ala base del muro

### 3.8 DRENAJE

Los empujes pueden triplicarse si no hay o no funciona el sistema de drenaje. Es necesario garantizar la posibilidad de establecimiento de la red filtrante de drenaje del relleno del trasdós.

La solución habitual es emplear tubos de hormigón sin finos o de placas de hormigón sin finos. En general, los tubos de hormigón sin finos basta con que estén rodeados de una arena limpia del tipo de la utilizable en hormigones. El relleno en sí ha de ser también permeable. Si el muro es muy alto o el relleno no muy permeable, pueden disponerse drenes verticales a 5 ó 6 m. de separación.

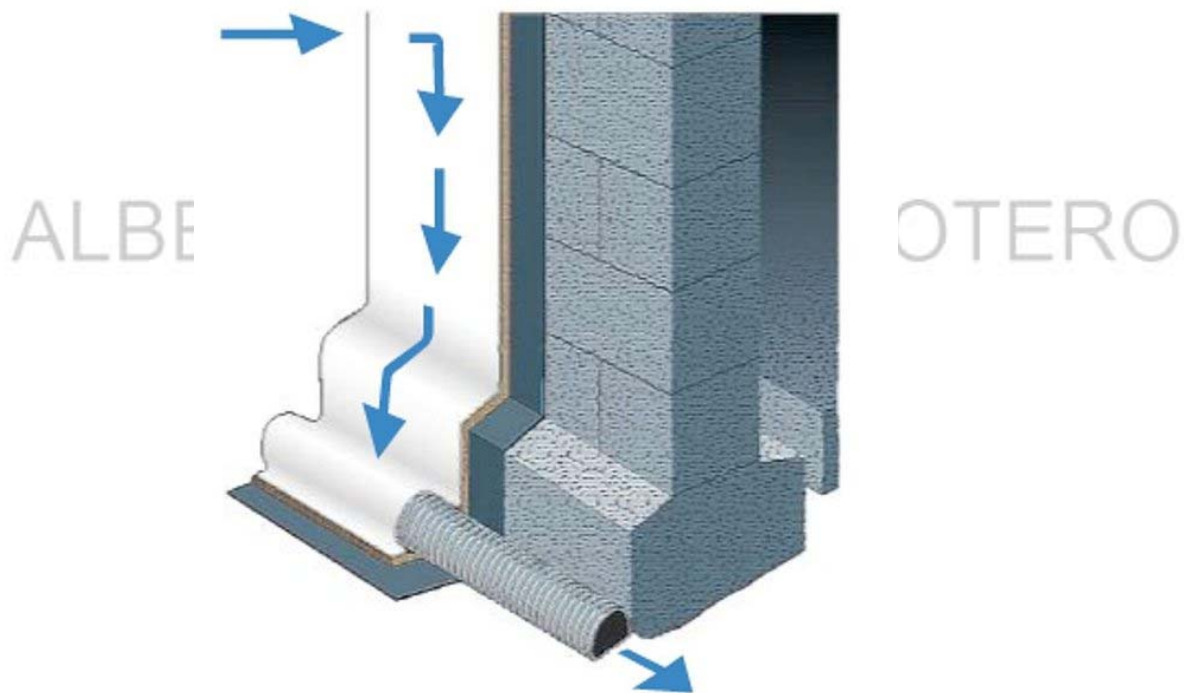
En casos especiales, puede recurrirse a la solución de revestir el trasdós con placas de hormigón sin finos adosadas a la impermeabilización. El coste del drenaje es muy bajo en el coste total del muro y sin embargo, su influencia sobre el valor del empuje y sobre la impermeabilización del muro son muy importantes.



### 3.9 IMPERMEABILIZACIÓN

Si no dispone, no es posible garantizar la impermeabilidad del muro, con los problemas estéticos y/o funcionales que ello supone y que deberán ser considerados y solucionados. Aunque esto no importe, la impermeabilización es siempre recomendable, salvo que las condiciones de fisuración estén completamente garantizadas.

Una solución muy simple y muy económica es la de dar una pintura asfáltica sobre toda la superficie del trasdós. Cuando se desea una garantía alta de impermeabilidad, debe disponerse una lámina asfáltica. , si es de temer que durante la ejecución del relleno se dañe la impermeabilización, conviene protegerla con una capa de mortero. Junto a la coronación es conveniente disponer una cuneta de recogida y una capa de arcilla compactada y con ligera pendiente, que reduzca la entrada de agua de lluvia al relleno del trasdós.

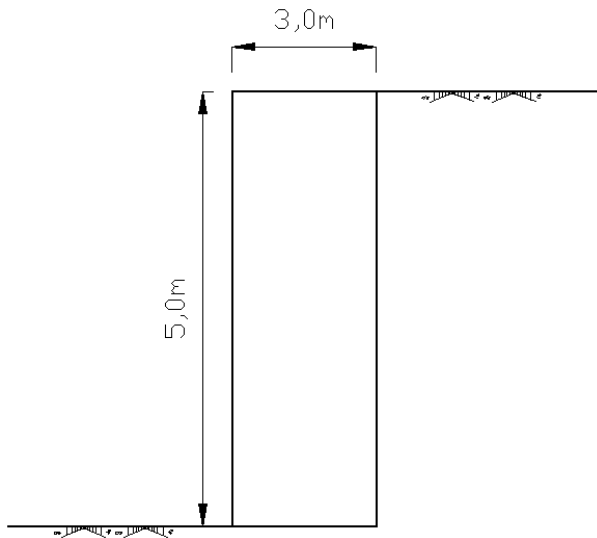




### 3.10 PROBLEMAS

#### PROBLEMA N° 1

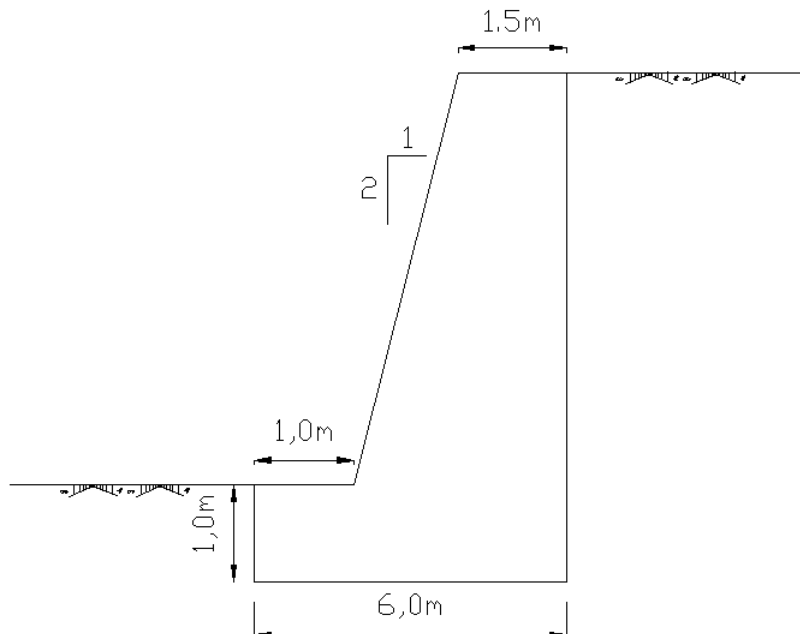
Dado muro de hormigón en masa de  $\gamma=2,2 \text{ t/m}^3$  de 5m de altura y 3m de ancho. El relleno del trasdós es un suelo de  $\gamma=2,1 \text{ t/m}^3$  cohesión  $0 \text{ T/m}^2$  y ángulo de rozamiento interno  $\phi=30^\circ$ . El ángulo de rozamiento en la base del muro es  $\delta=22,5^\circ$ . Suponiendo empuje activo y ausencia de nivel freático, calcular el factor de seguridad al vuelco y al deslizamiento.



Solución:  $C_{sv}=3,4$  y  $C_{sd}=1,56$

### PROBLEMA N° 2

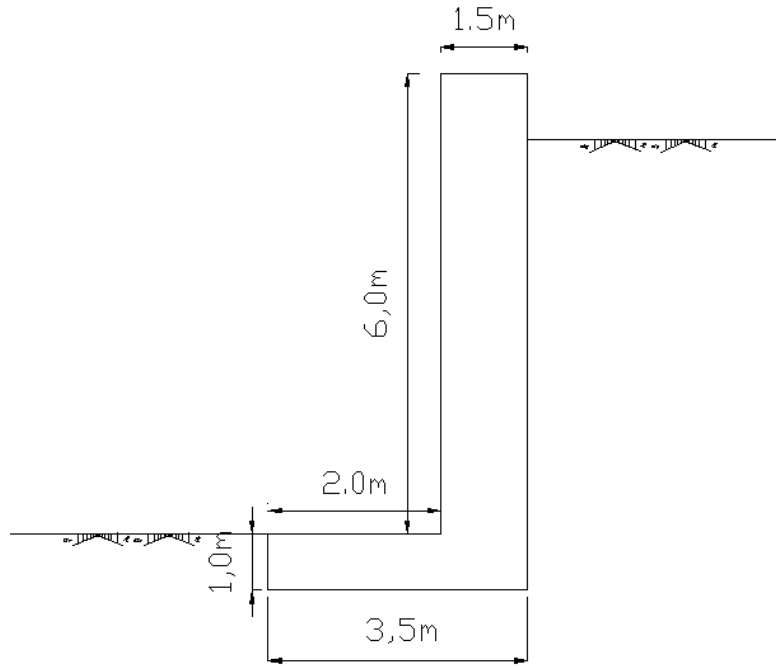
Dado el muro de hormigón en masa de la figura de  $\gamma = 2,3 \text{ t/m}^3$  y sabiendo que el terreno en el trasdós tiene un  $\phi = 32^\circ$   $C = 0 \text{ t/m}^2$  y  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$  y en la puntera del muro el terreno tiene estos otros parámetros geotécnicos  $\phi = 30^\circ$   $C = 0 \text{ t/m}^2$   $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ . Suponiendo empuje activo y pasivo, calcular el coeficiente de seguridad al vuelco.



Solución:  $C_{sv} = 5,57$

### PROBLEMA N° 3

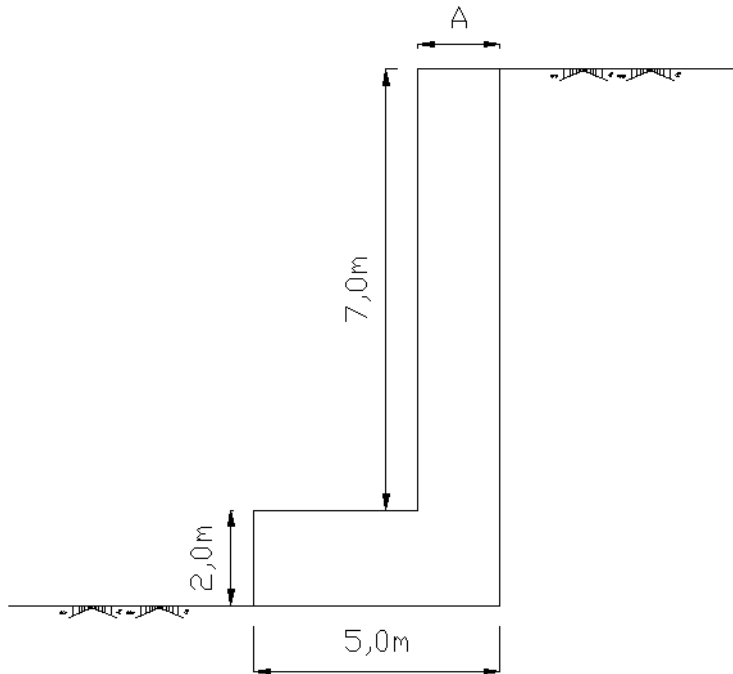
El muro de hormigón en masa de la figura tiene un  $\gamma = 23 \text{ kN/m}^3$  y sostiene un suelo granular de  $\phi = 30^\circ$   $C = 0 \text{ t/m}^2$  y  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$  y se encuentra a 5 m de la base de la cimentación del muro. El ángulo de rozamiento en la base del muro es  $3/4 \cdot \phi$  del suelo granular. Suponiendo empuje activo y pasivo, calcular el factor de seguridad al vuelco y al deslizamiento.



Solución:  $C_{sv} = 5,75$  y  $C_{sd} = 2,48$

#### PROBLEMA N° 4

El muro de hormigón armado de la figura de  $\gamma = 2,2 \text{ t/m}^3$  sostiene un terreno de  $\phi = 32^\circ$   $C = 0 \text{ t/m}^2$  y  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ . Calcular la dimensión 'A' de la coronación del muro para que su coeficiente de seguridad al vuelco sea de 1,8.



Solución:  $A = 0,95\text{m}$

Technical drawing of a stepped profile. The profile consists of a horizontal base of 2,0m, a vertical section of 1,0m, and a top horizontal section of 0,4m. The total height is 5,0m. The drawing includes dimension lines and labels for each segment: 2,0m for the base, 1,0m for the vertical section, 0,4m for the top horizontal section, and 5,0m for the total height. A small decorative element is visible on the left side of the base.

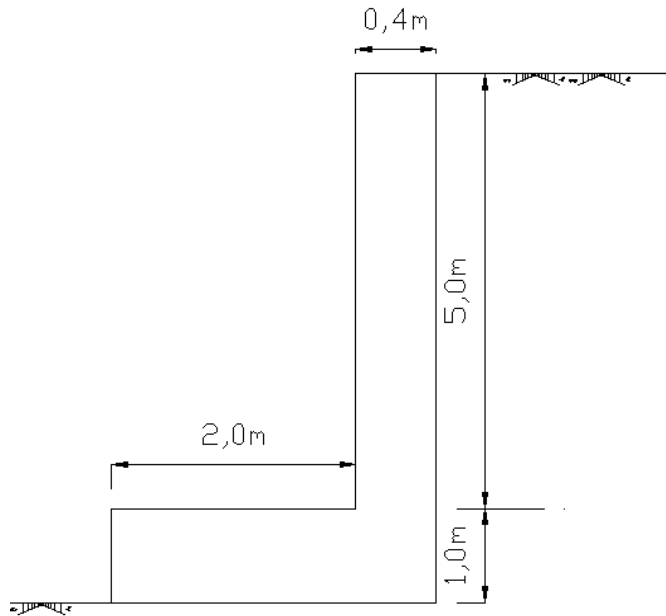
ALBERTO VILLARINO OTERO

---

Página 122/282

### PROBLEMA N° 6

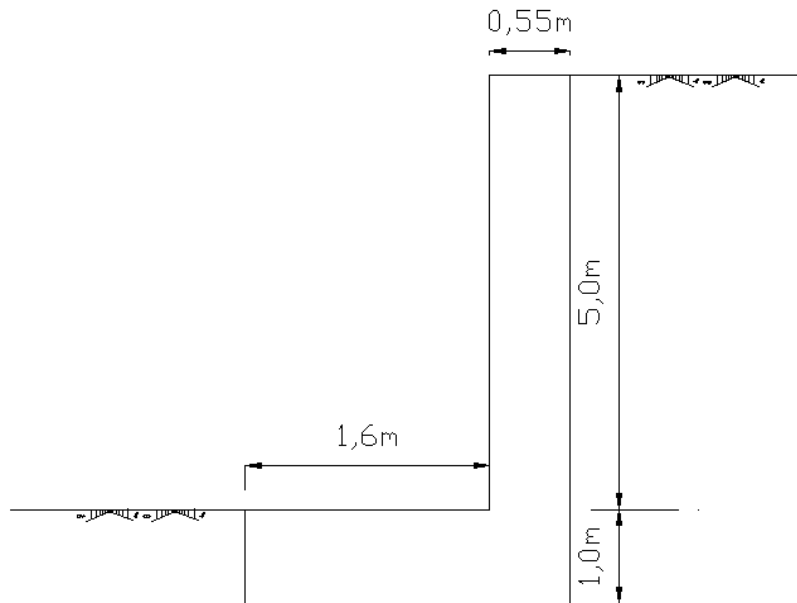
Se pretende construir un muro de hormigón armado, cuya sección es la de la figura. El hormigón de la zapata es del tipo HA-20 con un  $\gamma_z = 2,2 \text{ t/m}^3$  y el del alzado es del tipo HA-30, con un  $\gamma_a = 2,3 \text{ t/m}^3$ . El terreno contenido por el muro tiene un coeficiente de empuje activo  $K_a = 0,3$ . Se desea conocer cual debe ser la densidad del terreno para que esté asegurada la seguridad al vuelco ( $C_{sv} = 1$ ).



Solución:  $\gamma = 1,52 \text{ t/m}^3$

### PROBLEMA N° 7

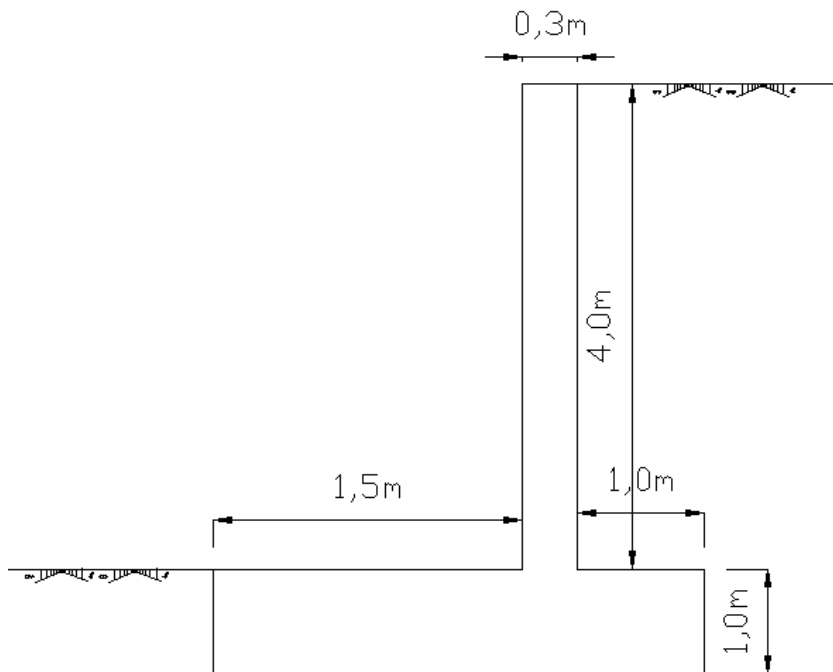
El un muro de hormigón armado de la figura esta compuesto por un hormigón tipo HA-30 con un  $\gamma_M = 2,5 \text{ t/m}^3$ . El terreno contenido por el muro tiene un coeficiente de empuje activo  $K_a = 0,3$  y  $\gamma_T = 1,8 \text{ t/m}^3$ . Sabiendo que en la puntera del muro existe un empuje pasivo correspondiente a un terreno de  $\phi = 30^\circ$   $C = 0 \text{ t/m}^2$ , se desea conocer cual debe ser la densidad de ese terreno para que esté asegurada la seguridad al vuelco ( $C_{sv} = 1$ ).



Solución:  $\gamma = 1,52 \text{ t/m}^3$

### PROBLEMA N° 8

Se pretende construir un muro de hormigón armado, cuya sección es la de la figura. El hormigón de la zapata es del tipo HA-25 con un  $\gamma_z = 2,2 \text{ t/m}^3$  y el del alzado es del tipo HA-30, con un  $\gamma_a = 2,3 \text{ t/m}^3$ . El terreno contenido por el muro tiene  $\phi = 32^\circ$   $C = 0 \text{ t/m}^2$  y  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$  y el terreno en la puntera del muro  $\phi = 30^\circ$   $C = 0 \text{ t/m}^2$  y  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ . El ángulo de rozamiento en la base del muro es  $3/5 \cdot \phi$  del terreno que sostiene el muro. Calcular el coeficiente de seguridad al deslizamiento.

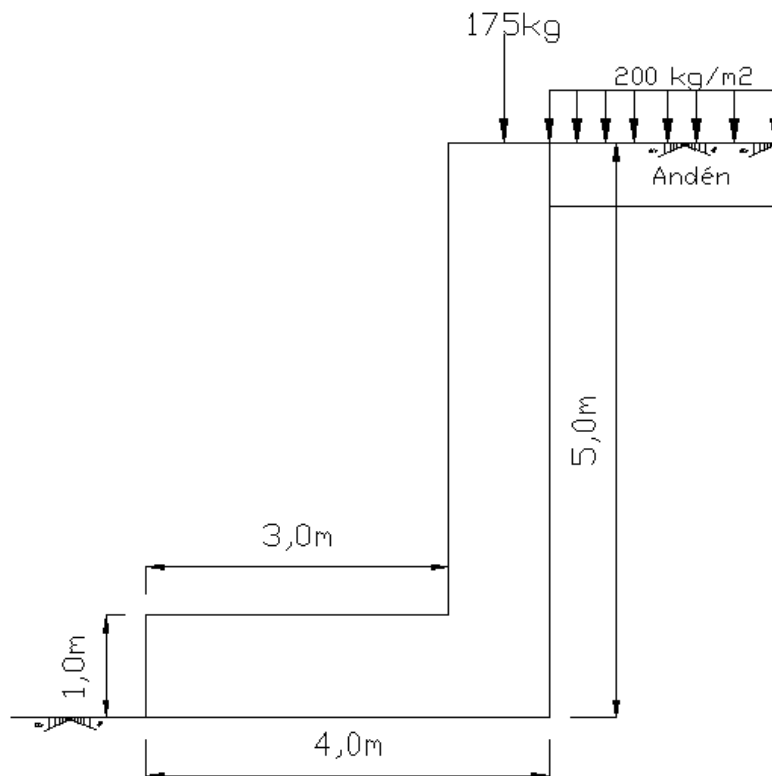


Solución:  $C_{sd} = 1,44$



### PROBLEMA N° 9

Se pretende construir un muro de hormigón armado HA-25 con un  $\gamma = 2,2 \text{ t/m}^3$ , cuya sección es la de la figura, que contiene el terreno sobre el que se apoya un andén de una estación de tren. Las características de dicho terreno son  $\phi = 30^\circ$   $C = 0 \text{ t/m}^2$  y  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ . La sobrecarga de uso sobre dicho andén correspondiente al tránsito de persona es de  $200 \text{ kg/m}^2$ , despreciándose la sobrecarga debida al pavimento del andén. En la coronación del muro se dispone una barandilla de acero cuya carga se estima como concentrada en la mitad de la coronación y de valor  $175 \text{ kg}$ . Considerar empuje activo y determinar si con todas las cargas actuantes el muro es seguro al vuelco.



Solución:  $C_{sv} = 3,68$