

# PROYECTO ESTRUCTURAL CURSO ANUAL

## TEMA 13 – MUROS DE CONTENCIÓN

AÑO 2021

## Contenido

1. Introducción.....	3
2. Tipos de estructuras de contención.....	3
3. Acciones a tener en cuenta.....	8
3.1. Acciones en general .....	8
3.2. Acciones debidas al empuje del suelo .....	8
3.3. Sub - presión del terreno .....	10
3.4. Combinaciones de acciones para diseño geotécnico según EN 1997-1 .....	11
4. Verificaciones.....	13
5. Descargas verticales en muros de contención.....	14
6. Fisuración debido a deformación restringida .....	17
7. Referencias.....	18

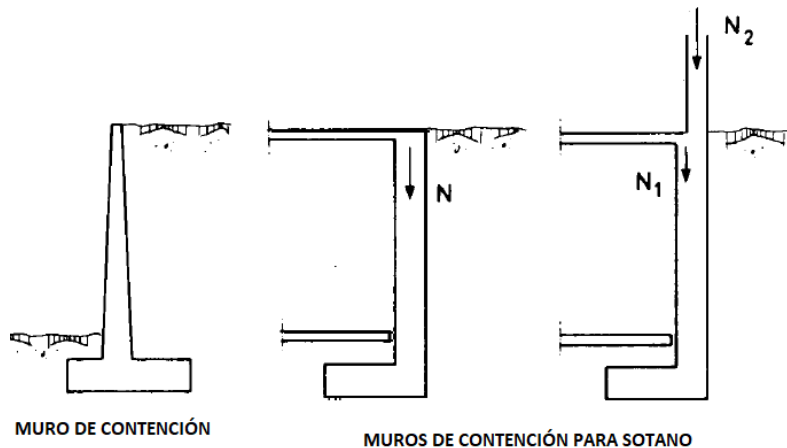
## 1. Introducción

En los proyectos de estructura es usual que existan situaciones en las cuales se necesite generar desniveles en el terreno. En estas situaciones se definen contenciones.

Es usual disponer de contenciones en las siguientes situaciones, por ejemplo:

- Fosas de edificios industriales debidas a requerimientos particulares de equipamiento o proceso
- Fosas en Edificios Arquitectura, en general se disponen espacios para estacionamiento, por ejemplo.
- Muros de contención debidos a explanaciones, rampas, etc.
- Contenciones en alcantarillas, accesos a puentes, etc.

De esta manera, la función principal de los muros de contención es retener las masas de suelo ya sean de suelo artificial o relleno compactado. Existen situaciones en las cuales las contenciones también transmiten cargas verticales, sirviendo de apoyo continuo para entrepisos o recibiendo cargas puntales de pilares. De esta forma, los muros deben transmitir las cargas al suelo o bien puntos de apoyo discretos o bien repartiendo las cargas en el suelo cómo viga de fundación.



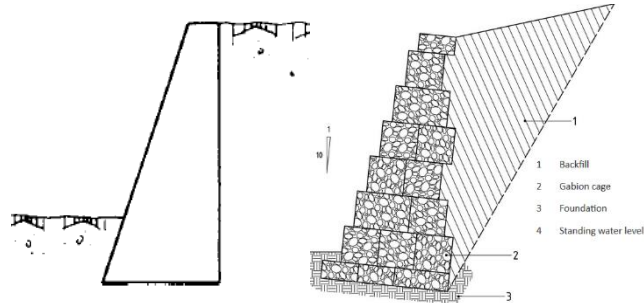
## 2. Tipos de estructuras de contención

Existen varias tipologías de muros de contención, su utilización depende de aspectos particulares del proyecto, cómo pueden ser:

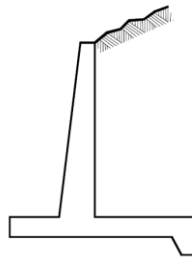
- Tipo de suelo natural y condiciones de la napa freática
- Espacio disponible e interferencias con otros elementos
- Velocidad de ejecución
- Aspectos constructivos referentes a las posibilidades de generar desniveles (ejemplo muros colados)
- Costos de las diferentes soluciones

De esta manera, se nombran a continuación algunos tipos de muro de contención en la práctica usual:

- Muros de gravedad: Se trata de piezas las cuales se estabilizan a las acciones del terreno mediante su peso propio. En general se trata de piezas masivas. Una variante utilizada en otros países son los muros de gaviones.

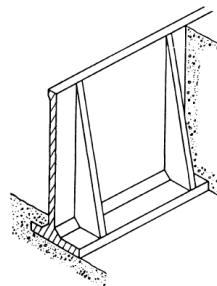


- Muros ménsula: En general para contenciones normales son los más usados. Se trata de una estructura en la cual se intenta contar con el peso del suelo en el trasdós del muro.

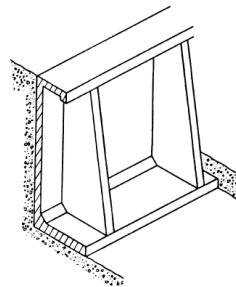


EN L Ó EN MÉNSULA

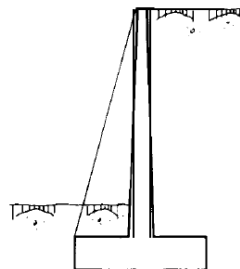
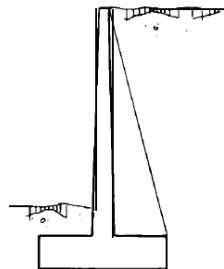
- Muros contrafuerte: es una mejora a la solución de muro ménsula. Se concentran puntos más rígidos los cuales oficina de apoyo a los muros verticales, los cuales pasan de trabajar como ménsulas a trabajar cómo placas apoyadas en varios lados según la disposición de los contrafuertes.



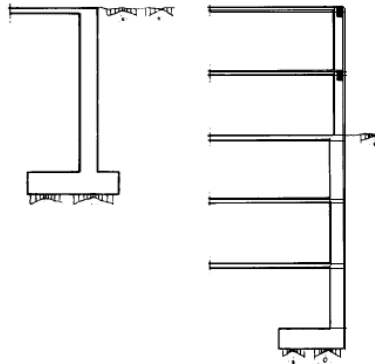
a) Reinforced concrete wall with counterforts



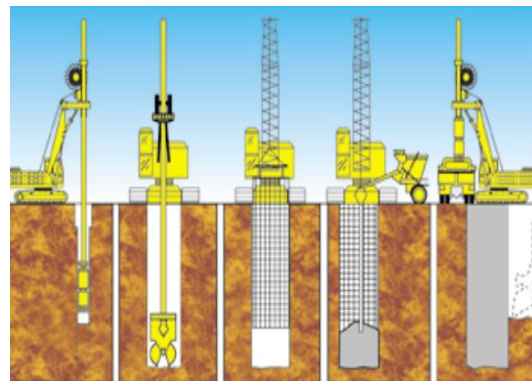
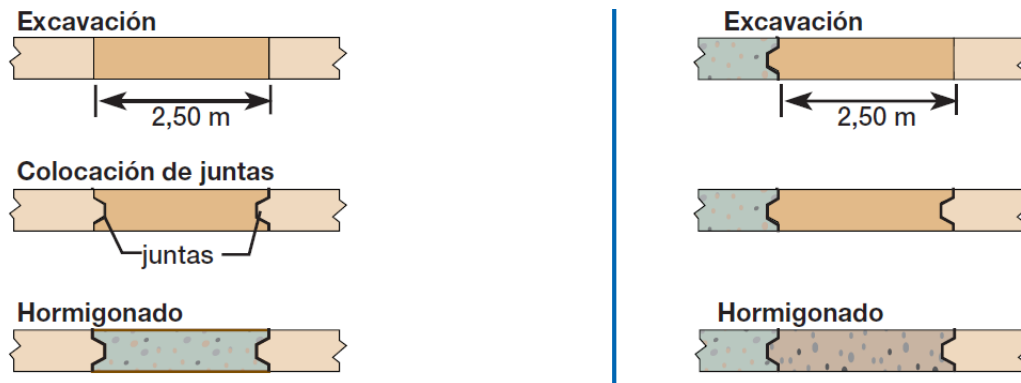
b) Reinforced concrete wall with buttresses



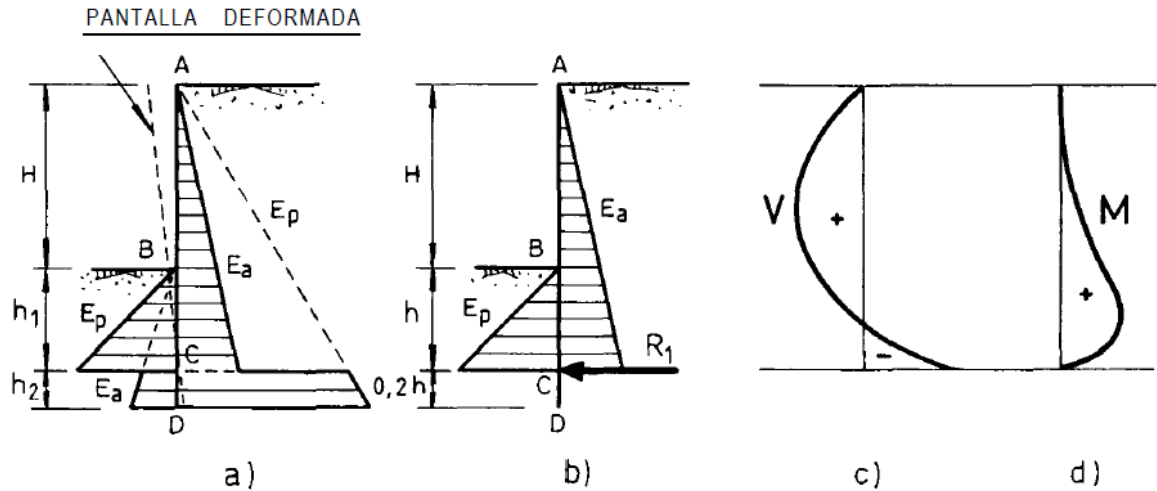
- Muros de sótano: En general se les denomina así a los muros de contención que generan desniveles para espacio de tránsito en edificios (sótanos). Estas piezas tienen la particularidad de que además de estar sometidos a acciones de cargas horizontales, pueden llegar a estar sometidos a acciones verticales (descargas de pilares o de entrepisos). Es usual que además dispongan de apoyos horizontales debidos a las losas las cuales descargan en estas piezas, pudiendo, dependiendo de la configuración del sótano, estar auto – equilibrado a efectos de estabilidad global.



- Muros Colados (muros pantalla): Se realizan ejecutando los muros previos a la excavación de la fosa sin necesidad de generar entibamientos. En general se emplea bentonita para estabilizar el terreno excavado, luego se coloca la armadura y se hormigona el muro, construyendo el muro por “trincheras”, teniendo uniones machimbradas con los nuevos tramos.



Para la estabilidad de estos elementos se requiere de la capacidad de respuesta del suelo.



- Muros anclados: En general son muros los cuales su altura es tan importante, que hace conveniente disponer de anclajes en el terreno para generar apoyos. Esto genera ciertas particularidades en las hipótesis de empuje de suelo. Se ha de tener particular cuidado con la posición en la cual se anclan los tirantes de los anclajes, así cómo también se debe estudiar cuidadosamente la interacción entre el suelo y la estructura para el caso de muros pantalla anclados.

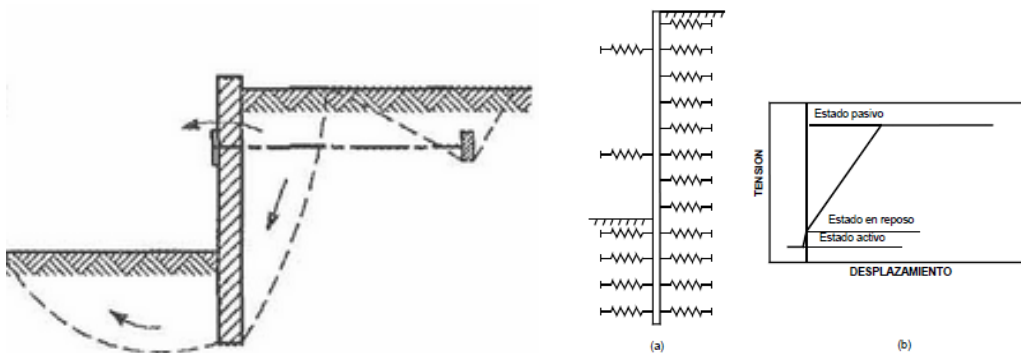
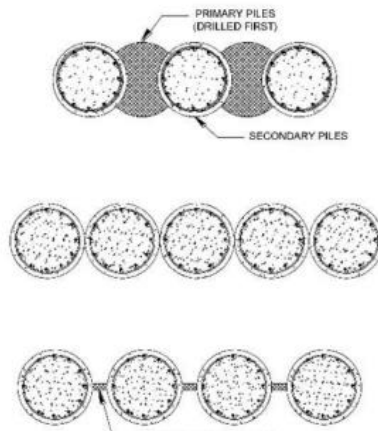
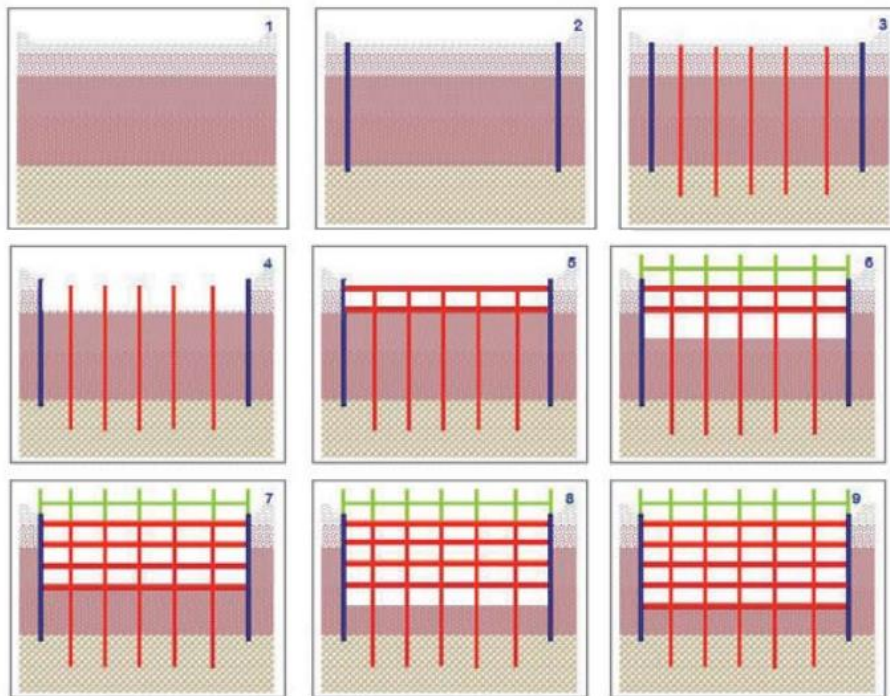


Figura F.14. Pantalla modelada como viga elástica sobre muelles

- Muros de cortina de pilotes: Al igual que los muros colados, son muros que funcionan con un empotramiento en la base que impide el deslizamiento. Tienen la ventaja que pueden perforar la roca pudiendo avanzar en profundidad, mientras que cuchara del muro colado no. Por lo general se ejecutan pilotes de poco diámetro alternando un diámetro entre cada pilote, también pueden ejecutarse de forma secante o tangente.



- Muros con metodología Top-Down: Es una metodología creciente, que como el nombre lo indica determina un procedimiento de construcción desde arriba hacia abajo. Primero se realizan los muros colados y los pilotes, para luego ir excavando y ejecutando cada losa sobre el terreno. Los pilotes se van descubriendo y forman los pilares estructurales.

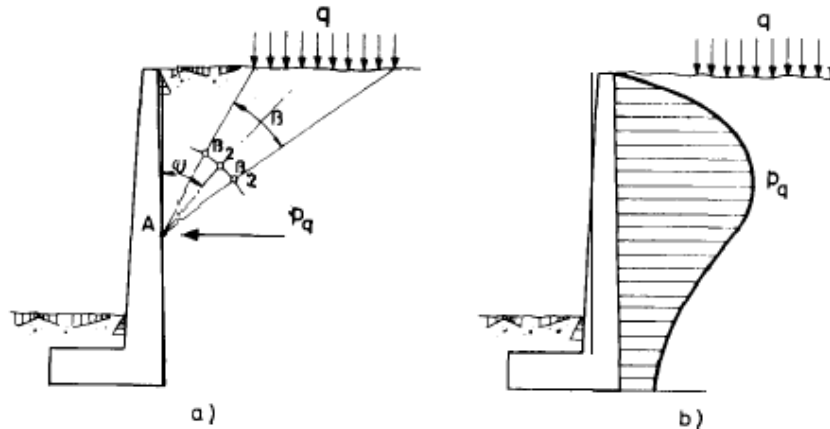


### 3. Acciones a tener en cuenta

#### 3.1. Acciones en general

En general los muros de contención y de sótano están sometidos a acciones de varias índoles. En lo que refiere a cargas externas estrictamente, se tienen las siguientes acciones:

- Acciones debidas al empuje del terreno:
  - Empujes de la masa de suelo
  - Empujes debidos a sobre cargas sobre el suelo contenido
  - Empujes debido a cargas puntuales sobre la masa de suelo



- Acciones debidas a las cargas verticales que descarguen sobre los muros. Esto es claro en los muros de sótano, dónde los mismos muros de contención pueden trabajar cómo elementos de descarga. A saber:
  - Cargas gravitatorias debidas a descargas de entrepisos en los muros
  - Descargas de pilares en muros de contención
- Acciones debidas a posible sub - presión debida al nivel freático.

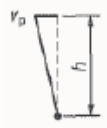
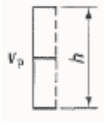
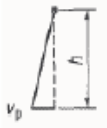
#### 3.2. Acciones debidas al empuje del suelo

Lo que refiere a la magnitud de estas acciones fueron tratadas en el Tema 4 – Definición de Acciones, dónde se presentaron valores orientativos de parámetros de suelo a tener en cuenta. Se recomienda al lector profundizar con la referencia “SE-C – Seguridad Estructural Cimientos – CTE”.





En lo que refiere a los empujes de suelo, se debe tener en cuenta, particularmente en los muros de sótano, los cuales tienen vínculos asemejables a apoyos fijos, que el empuje que se desarrolla en la masa de suelo depende directamente de la deformación que pueda llegar a desarrollar el elemento de contención.

En función de esto, se debe verificar en caso de utilizar tanto los empujes activos cómo en reposo que la deformación que desarrolle la contención haga posible que se desarrolle la movilización necesaria en el suelo. En el desarrollo del tema 4, se presentaron referencias normativas las cuales establecen lineamientos claros de desplazamientos necesarios para cada tipo de empuje.

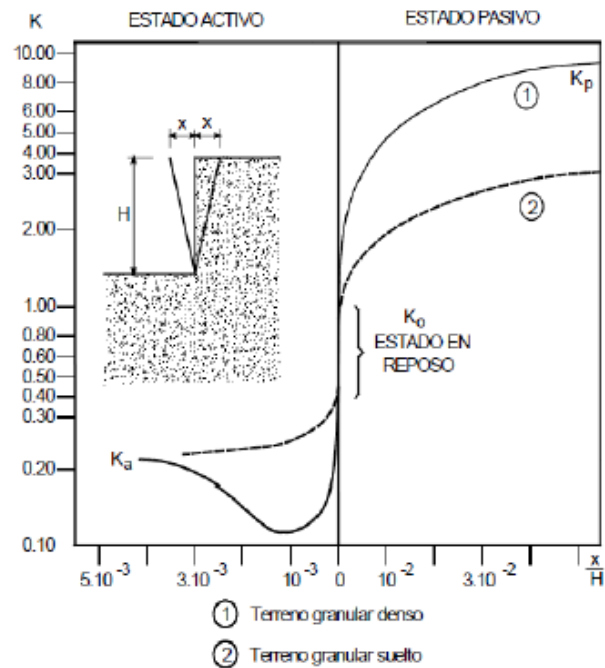


Kind of wall movement	$v_p/h$ loose soil %	$v_p/h$ dense soil %
a) 	7 (1,5) to 25 (4,0)	5 (1,1) to 10 (2,0)
b) 	5 (0,9) to 10 (1,5)	3 (0,5) to $\beta$ (1,0)
c) 	6 (1,0) to 15 (1,5)	5 (0,5) to 6 (1,3)

where:  
 $v_p$  is the wall motion to mobilise passive earth pressure  
 $h$  is the height of the wall

Kind of wall movement	$v_j/h$ loose soil %	$v_j/h$ dense soil %
a) 	0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
b) 	0,2	0,05 to 0,1
c) 	0,8 to 1,0	0,2 to 0,5
d) 	0,4 to 0,5	0,1 to 0,2

where:  
 $v_a$  is the wall motion to mobilise active earth pressure  
 $h$  is the height of the wall



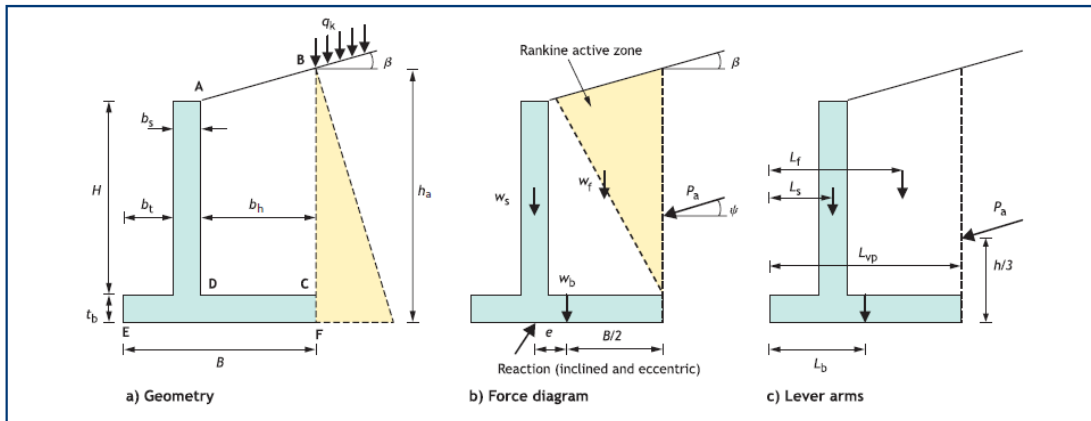
Adicionalmente, el EN 1997-1 establece lo siguiente respecto a los datos geométricos referentes a los niveles de los rellenos para muros de contención:

- Para muros ménsula, se debe considerar una variación de nivel de terreno ( $\Delta a$ ) igual al 10% de la altura del muro con un límite de 50 cm

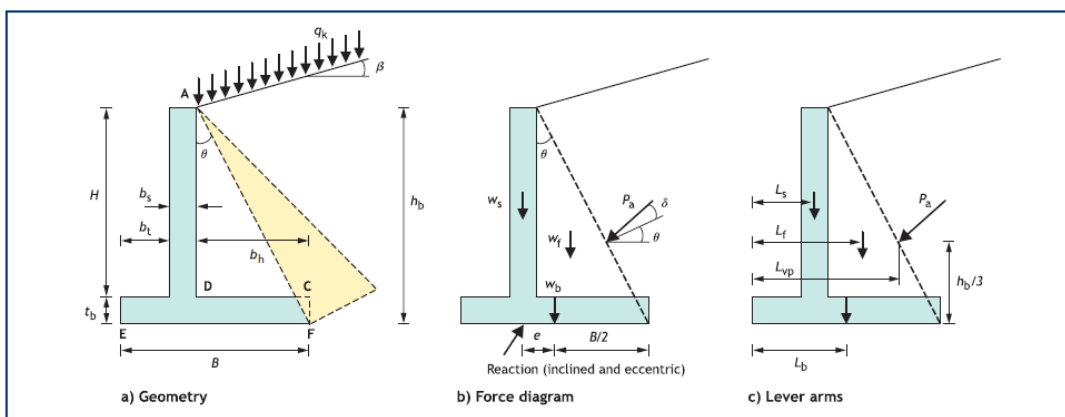
- Para muro apoyado en varios bordes, se debe considerar una variación de nivel de terreno ( $\Delta a$ ) igual al 10% de la distancia entre el apoyo más bajo de la contención y el nivel de excavación con un límite de 50cm.

Se deberá tener en cuenta el arreglo de empujes que sea más desfavorable:

Calculation model A



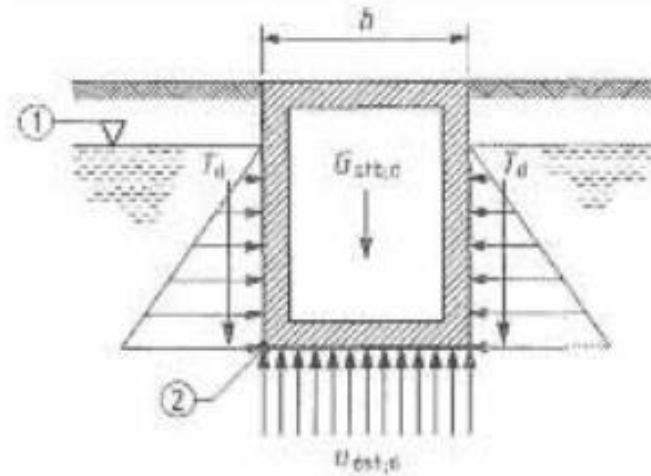
Calculation model B



### 3.3. Sub - presión del terreno

Existen casos en los cuales el nivel freático se encuentra por encima del nivel del nivel de piso de las fosas para las cuales se está proyectando las contenciones.

En este caso, en el caso de no poder disponer de ningún elemento que pudiese desagotar las presiones del agua deprimiendo el nivel de la napa freática, sé que la presión hidrostática actúa sobre la estructura, tanto sobre los muros de contención cómo sobre los pavimentos de los sótanos, los cuales pudieran estar en contacto con el agua.



Cómo resultado de esto, se puede tener acciones horizontales sobre los muros de contención, así como también el empuje del agua sobre los pisos del sótano. Debido a esto, es necesario diseñar pavimentos que sean capaz de sobrellevar estas cargas, en el caso de que el peso propio de los elementos no sea suficiente como para soportar la flotación, debiendo dimensionar a las losas para estas cargas y anclarlas debidamente en los puntos dónde descarga la estructura.

Se debe observar, además, de que, en función de la carga permanente de la estructura, es necesario verificar además la flotación del elemento estructural (estabilidad global ante flotación).

### 3.4. Combinaciones de acciones para diseño geotécnico según EN 1997-1

En lo que refiere a verificaciones y combinaciones de acciones, EN 1997-1 plantea un esquema de verificaciones de estados límites últimos para diseño geotécnico. De esta manera, se determinan factores de seguridad parciales para mayoración de acciones y factores de seguridad para minoración para los parámetros resistentes del suelo.

En el Anexo A de EN 1997-1 se determinan los diferentes factores de seguridad a tener en cuenta en conjunto con las combinaciones de acciones determinadas en EN1990. Se presentan los diferentes sets:

- Verificaciones de estabilidad (EQU):

Table A.1 Partial factors on actions ( $\gamma_f$ )

Action	Symbol	Value
Permanent		
Unfavourable <sup>a</sup>	$\gamma_{G,dst}$	1,1
Favourable <sup>b</sup>	$\gamma_{G,stab}$	0,9
Variable		
Unfavourable <sup>a</sup>	$\gamma_{Q,dst}$	1,5
Favourable <sup>b</sup>	$\gamma_{Q,stab}$	0

Table A.2 – Partial factors for soil parameters ( $\gamma_M$ )

Soil parameter	Symbol	Value
Angle of shearing resistance <sup>a</sup>	$\gamma_{\varphi'}$	1,25
Effective cohesion	$\gamma_{c'}$	1,25
Undrained shear strength	$\gamma_{cu}$	1,4
Unconfined strength	$\gamma_{qu}$	1,4
Weight density	$\gamma_{\gamma}$	1,0

- Verificaciones de resistencia y geotécnicas (STR and GEO)

Table A.3 – Partial factors on actions ( $\gamma_F$ ) or the effects of actions ( $\gamma_E$ )

Action		Symbol	Set	
			A1	A2
Permanent	Unfavourable	$\gamma_G$	1,35	1,0
	Favourable		1,0	1,0
Variable	Unfavourable	$\gamma_Q$	1,5	1,3
	Favourable		0	0

Table A.4 – Partial factors for soil parameters ( $\gamma_M$ )

Soil parameter	Symbol	Set	
		M1	M2
Angle of shearing resistance <sup>a</sup>	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Effective cohesion	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Undrained shear strength	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Unconfined strength	$\gamma_{qu}$	1,0	1,4
Weight density	$\gamma_{\gamma}$	1,0	1,0

Table A.5 – Partial resistance factors ( $\gamma_R$ ) for spread foundations

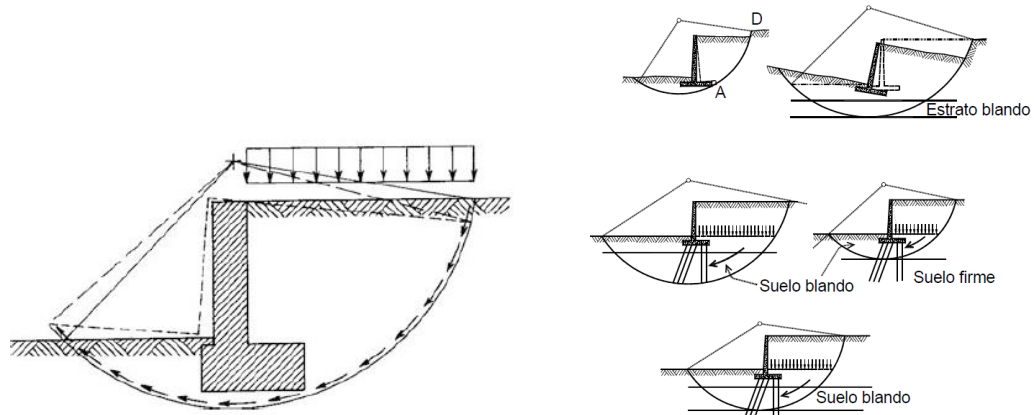
Resistance	Symbol	Set		
		R1	R2	R3
Bearing	$\gamma_{R,v}$	1,0	1,4	1,0
Sliding	$\gamma_{R,h}$	1,0	1,1	1,0

## 4. Verificaciones

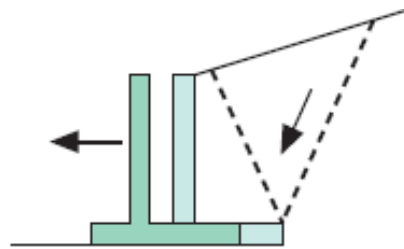
Se presenta a continuación el general de las verificaciones a realizar en elementos de contención, pudiendo haber aplicaciones particulares para cada caso.

Se tiene que las verificaciones a realizar son las siguientes:

- Estabilidad global del suelo contenido por el elemento de contención (estabilidad del talud). Se realiza la verificación con los conceptos de mecánica de suelos:



- Seguridad al Deslizamiento: Se tiene en cuenta la capacidad de rozamiento del terreno principalmente. Eventualmente es posible tener en cuenta posibles anclajes en el terreno cómo la capacidad pasiva del suelo en caso de que sea posible tener los desplazamientos necesarios para que el mismo se desarrolle.



$$H_d \leq R_d + R_{p;d} \quad R_d = (V_d \tan \delta_k) / \gamma_{R,h}$$

- Seguridad al vuelco: Se asocia con verificar el corrimiento de la excentricidad del torsor respecto al eje de la zapata.

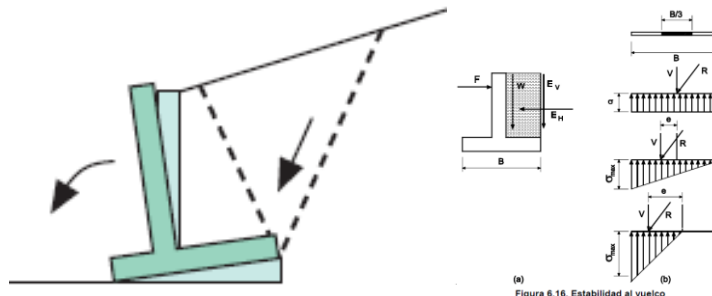
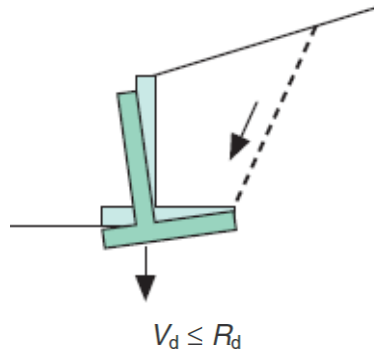
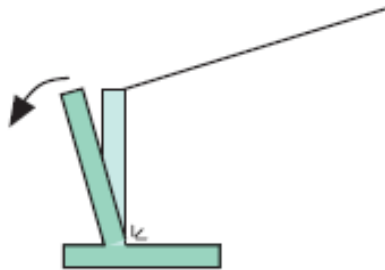


Figura 6.16. Estabilidad al vuelco

- Capacidad geotécnica: Verificación de tensiones en el suelo



- Falla estructural: Falla del muro como pieza de hormigón armado, verificándose los estados límites correspondientes (ELS y ELU). Se debe tener en cuenta de que es de especial importancia el estado límite de fisuración.



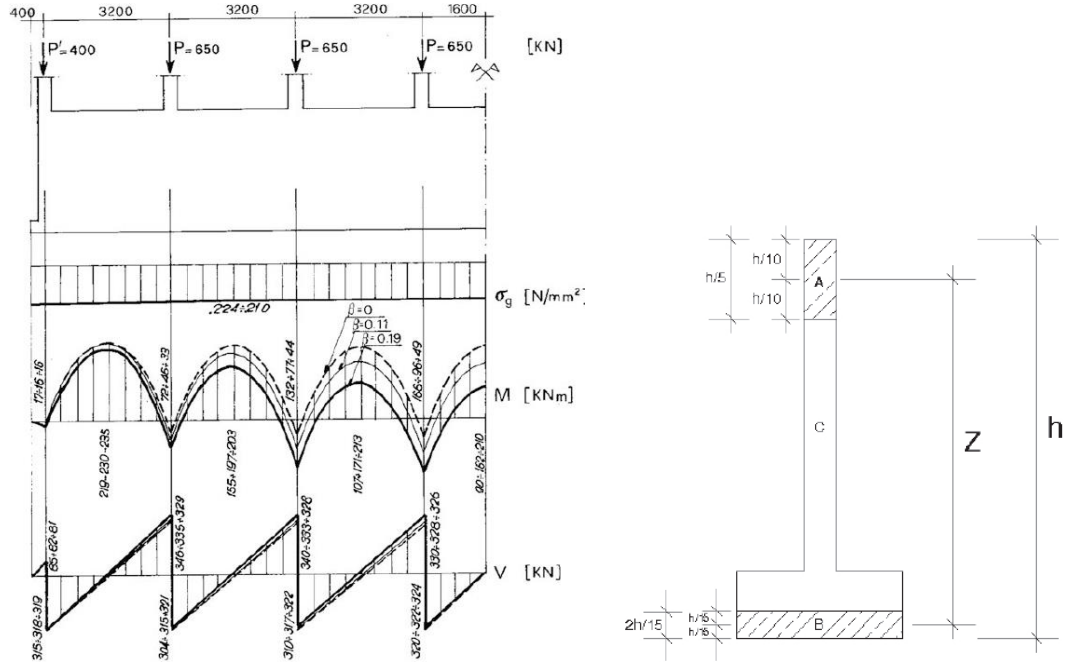
Dónde:

$$R_d = R[\gamma_f F_{rep}; X_k/\gamma_M; a_d]/\gamma_R$$

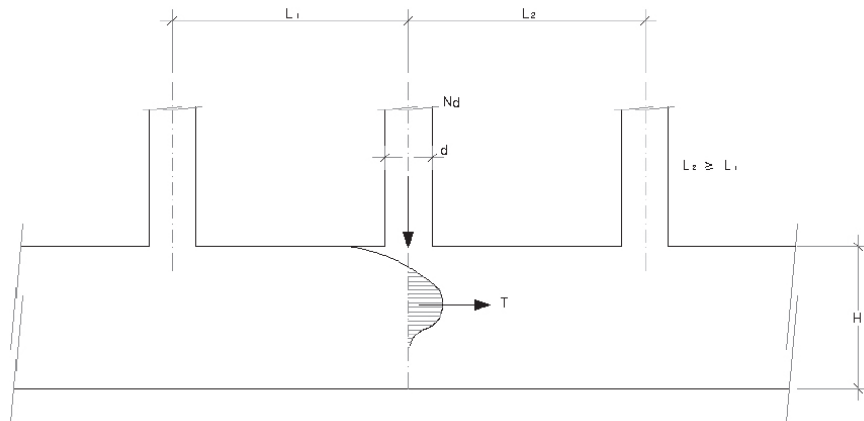
## 5. Descargas verticales en muros de contención

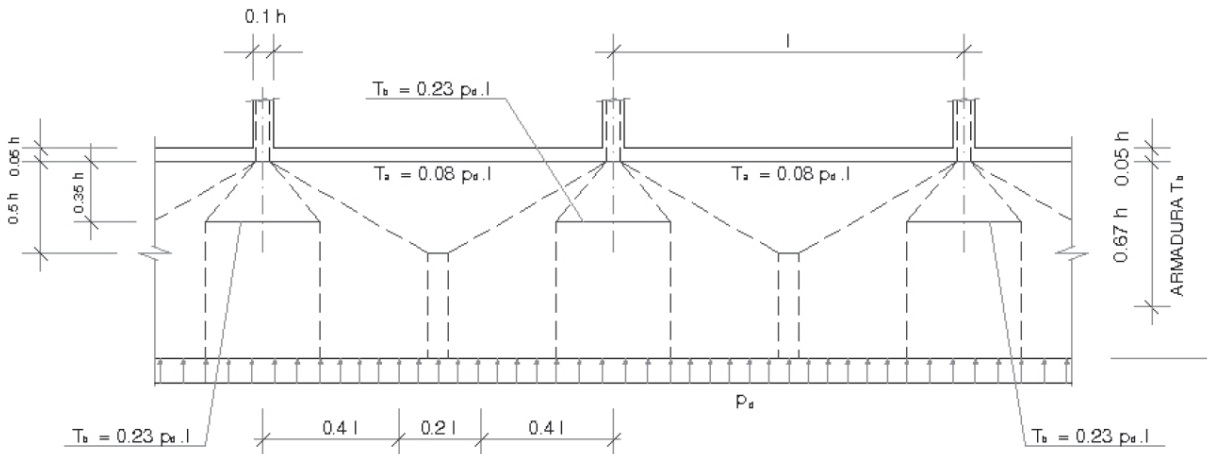
Cómo se mencionó anteriormente, existen casos en los cuales los muros de contención ofician además de elementos de cimentación. Puede utilizarse a los muros de contención como apoyo para entresijos que se ubican en niveles superiores a los niveles de suelo, descarga de pilares de que se encuentran con los muros, o incluso, pueden oficiar de anclaje para el caso de sub - presión en losas de piso.

De esta manera, aparte de las flexiones debidas a los empujes de suelo, es necesario estudiar los muros como vigas (o vigas de gran altura según la relación largo y canto de las mismas). En función de las condiciones de apoyo, puede suceder de que o bien los muros repartan las cargas en el terreno de fundación, o bien vía su rigidez en puntos discretos (como cabezales con pilotes o puntos más rígidos).



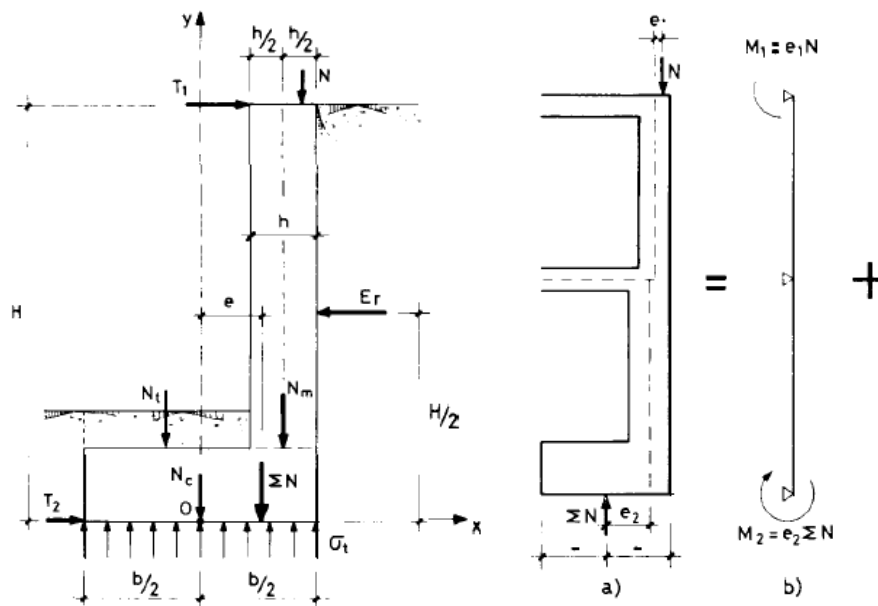
En adición a lo anterior, en el caso de descargas concentradas, se debe tener especial cuidado con las introducciones de cargas en los muros de contención:





Se debe tener en cuenta en el diseño el efecto de las cargas de compresión que puedan existir sobre los muros. Por este motivo, los efectos debidos a los fenómenos de esbeltez se deben tener en cuenta así como también se deben tener las consideraciones relativas a armaduras comprimidas acorde a lo que plantean los criterios normativos para pilares pantalla (arriostramiento de la armadura vertical del muro).

En los casos que se tiene muros descargando de sótano descargando en una medianera, en el caso de que los mismos descarguen directamente sobre el terreno, se tiene un caso similar a las fundaciones de medianera, en las cuales las cuales el eje de la fundaciones no puede coincidir con el eje de la línea de descarga. En este escenario, es necesario de recurrir a los demás elementos a los cuales se vincula el muro para estabilizar el mismo. El dimensionado de los diferentes elementos deben ser capaces de conectar las diferentes reacciones que estabilizan la pieza.

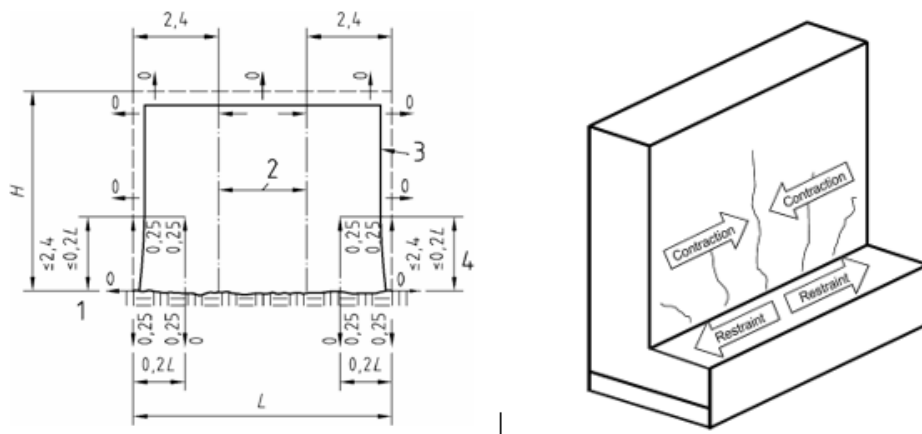




## 6. Fisuración debido a deformación restringida

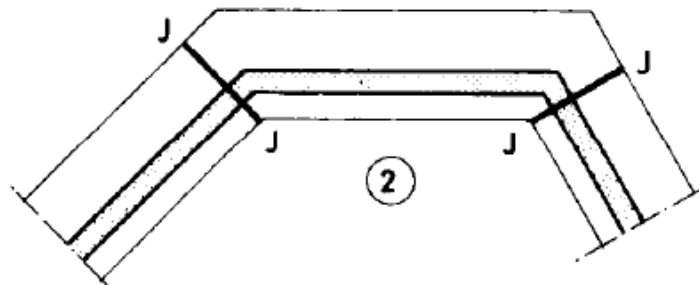
Un aspecto importante a tener en cuenta en el diseño de muros de contención es la fisuración debida a las deformaciones restringidas. Dichas deformaciones pueden deberse a descensos de temperatura y efectos debido a la retracción. Estos fenómenos pueden ser no menores en el caso de muros de gran longitud sin juntas de contracción o dilatación, dando como resultados defectos en la apariencia y posibles entradas de agua o humedad.

De esta manera se deben estudiar cuidadosamente las deformaciones restringidas de los muros debido piezas coladas en diferentes etapas (como por ejemplo unión de muro y zapata hormigonada en primera etapa) o rozamiento con otros elementos (rozamiento con el suelo, por ejemplo). Los documentos EN 1992-3 entre otros dan lineamientos claros respecto a cómo evaluar el ancho de fisura en este tipo de piezas.



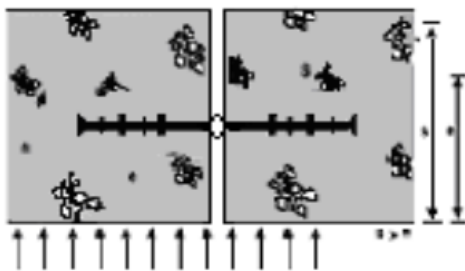
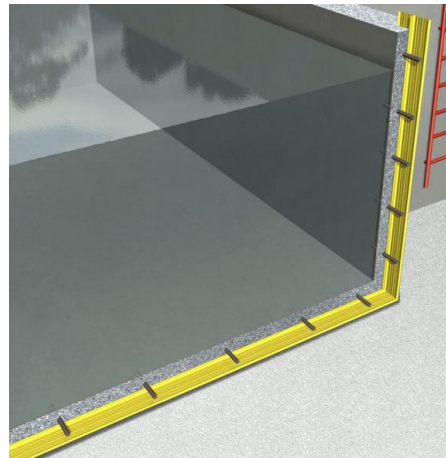
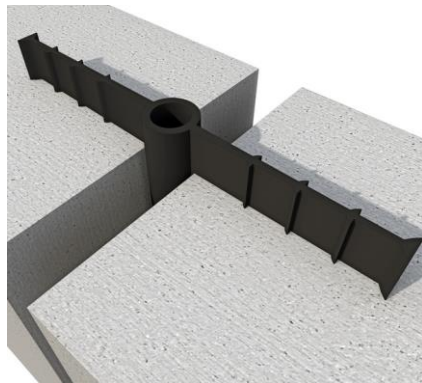
En la norma nombrada anteriormente (EN 1992-3) se tratan además temas particulares referentes a estructuras de contención de líquidos, las cuales tratan en forma bastante clara los requisitos relativos a estanqueidad en reservorios los cuales

Para reducir las cuantías de armado en muchos casos se dispone de juntas de contracción, de manera de poder acortar los acortamientos impuestos por las piezas. También en muchos casos se dispone de juntas de trabajo o de dilatación, es recomendable de disponer de juntas con reglas simples, las cuales ayuden a simplificar los movimientos de las piezas de hormigón.

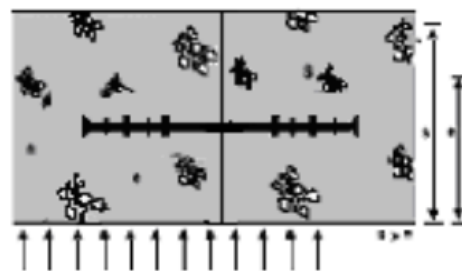


Lo anterior en muchas situaciones no es posible o conveniente debido a que los muros laterales pueden oficiar de borde de apoyo para los muros aladaños.

En lo que refiere a las juntas, tanto de contracción, construcción cómo de dilatación, particularmente en los caos en los cuales puede haber presencia de nivel freático o en estructuras de retención de agua, se debe tener especial cuidado en el detalle de juntas a utilizar de manera de garantizar la estanqueidad necesaria. Es usual de esta manera el uso de juntas WaterStop, aunque existen otros tipos de juntas que pueden ser utilizados.



Modelo O



Modelo V

## 7. Referencias

- Muro de contención y de Sótano, J. Calavera.
- Recomendaciones para el análisis de muros de Sótanos sometidos a cargas verticales originadas por pilares de fachada, J. Calavera
- Concrete Buildings Scheme Design Manual, O Brooker, The Concrete Centre
- Manual for the design to Concrete Building Structures to Eurocode 2, ICE, The Concrete Centre
- Designers' Guide to Eurocode 2: Design of concrete structures, ICE
- Designer's Guide to Eurocode 7: Geotechnical Design, ICE
- Hormigón Armado 14 va Edición, Pedro Jiménez Montoya