

MURO DE SÓTANO Y CONTENCIÓN: PROCESO DE EJECUCIÓN

En este número, les ofrecemos una nueva entrega de las fichas prácticas que elabora la Fundación MUSAAT para contribuir a la mejora de la calidad de la edificación. En este caso, aborda el proceso de ejecución del muro de sótano y contención.

UNIDAD CONSTRUCTIVA

MURO DE SÓTANO Y CONTENCIÓN: PROCESO DE EJECUCIÓN

Descripción

Elemento constructivo en contacto con el terreno natural o relleno artificial para su contención.

Daño

Fisuraciones en el propio elemento y en general.

Zonas afectadas dañadas

Muros, compartimentaciones y acabados.

Los muros de sótano generalmente tienen forma de cajones cerrados ocupando los límites de la propiedad y nos permiten edificar bajo rasante al aislarnos del terreno circundante. Están sometidos al empuje del terreno y, en su situación definitiva, a las cargas procedentes de forjados, y en ocasiones a las de soportes o muros de carga que nacen de su cúspide. Los forjados actúan como elementos de arriostramiento transversal.

Los muros como elementos de contención están destinados a detener masas de tierra u otros materiales sueltos cuando no sean capaces de mantener su pendiente natural o cuando deba conseguirse la verticalidad por determinados motivos. Es decir, mantienen una pendiente de transición superior a lo que permitiría la resistencia del terreno, transmitiéndola a la base del muro y resistiendo con deformaciones admisibles los correspondientes empujes.

Por su carácter estructural, además de los muros de sótano (Fig. 3.1) se distinguen, entre otros, los muros de gravedad, de gravedad aligerados, de contrafuertes, en L o en ménsula, los realizados por bataches a medida que se ejecuta la excavación. (Fig. 3.2). (CTE DB SE-C).



Fig. 1:
ejecución
muro
contención.

Fig. 2:
ejecución
muro por
bataches.

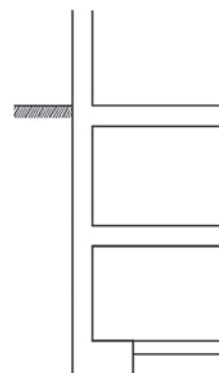


Fig. 3.1:
muros de sótano.

Problemáticas habituales

La problemática más habitual en los muros de contención, y en especial en los muros de sótano, es la aparición de humedades por filtración. El documento, *MUROS DE SÓTANO. Impermeabilización y drenaje Cm-1*, ya publicado, está dedicado a esta problemática.

El resto de patologías son menos frecuentes, en relación a las que originan las humedades por filtración. Una de las más comunes son las fisuras verticales que están asociadas, en general, a la liberación de tensiones de tracción provocadas por la contracción del hormigón.

A continuación, se describen brevemente las causas que pueden producir fallos en este tipo de elemento estructural:

• Causas intrínsecas de lesiones en muros

Defectos de proyecto

Son errores de concepción, de diseño o cálculo del proyecto:

- Información geotécnica: no contar con una campaña de puntos de reconocimiento y ensayos suficientes, interpretación inadecuada de los datos geotécnicos, etc. Siendo más relevante en terrenos con especiales características: arcillas expansivas, suelos colapsables, rellenos antrópicos o suelos blandos naturales.
- Defectos en la evaluación del terreno: esfuerzos perjudiciales en muros (presiones del nivel freático, efecto de asiento, etc.).
- Imprevisión de impermeabilización y drenaje para aliviar los empujes del nivel freático.
- Imprevisión de juntas constructivas o de dilatación.
- Apoyo sobre terrenos no firmes o sobre estratos con buzamiento.
- Ausencia o insuficiente documentación de detalles constructivos: carecer de planos de planta, secciones y detalles para la ejecución de esta unidad de obra. Datos topográficos deficientes o erróneos.
- Incompatibilidades entre materiales o con el ambiente al que quedarán expuestos.

Defectos de puesta en obra

Se relacionan, a continuación, algunos de los principales defectos de la puesta en obra:

- Deficiencia o ausencia de recubrimientos, errores en el armado, etc.
- Defectos en la calidad de los materiales, en especial hormigones: por consistencias inadecuadas, resistencia inferior a la requerida en proyecto, no resistente a la agresividad del terreno, etc.
- Deficiente ejecución del muro: junta hormigonado muro-cimentación deficiente o excesivo vibrado, fallo en los empalmes, defectuosa colocación o extracción del encofrado de juntas entre paneles, cortes del hormigón ocasionando discontinuidades, coqueas, etc.

• Causas extrínsecas de fallos de muros

Se engloban tanto los cambios en el propio edificio como en el entorno y, en cualquier caso, modifican sustancialmente las condiciones para las que se diseñó el muro, como por ejemplo:

- Modificaciones de las hipótesis del proyecto que pueden afectar a los muros de contención de hormigón armado. Rellenar elevando los niveles de tierras.
- Variaciones en las condiciones del entorno. Modificaciones del contenido de humedad y el nivel freático: la variación del nivel freático modifica las presiones sobre el muro, pudiendo estar originadas por la desaparición de bombeos de sistemas de riego o abastecimiento, fugas por roturas o pérdidas de conducciones subterráneas, canales, piscinas, colectores...

Uso y mantenimiento:

- Ausencia de mantenimiento.
- Acciones indebidas sobre los materiales y elementos constructivos.
- Cambios de uso.

Lesiones y deficiencias

A continuación, se describen brevemente algunas de las lesiones que nos encontramos en los muros de sótano y de contención de hormigón armado. Si bien algunas de ellas no presentan problema de seguridad estructural, sí pueden afectar en el aspecto funcional o estético. ➤

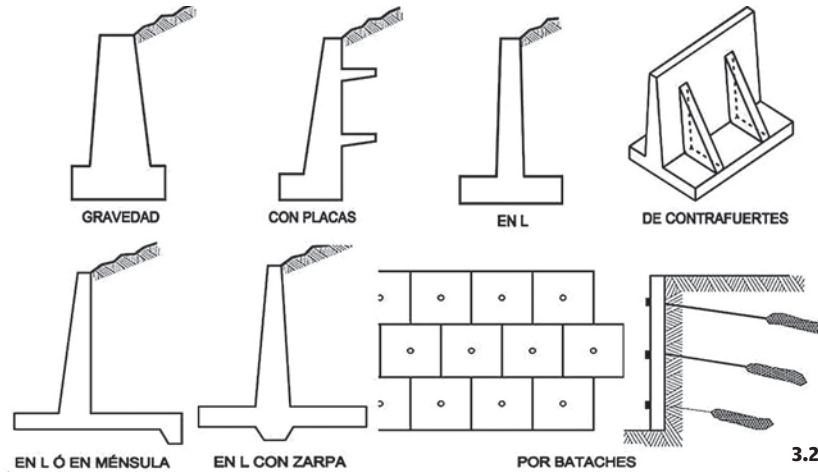


Fig. 3.2: tipos de muros de contención.



Fig. 4: muro de sótano. Filtración.

> • Nidos de grava

El vertido se ha segregado por presentar una granulometría con excesiva cantidad de árido grueso, por la falta de estanqueidad de los encofrados o por vibrados excesivos con la pérdida de lechada.

Fig. 5.1 y 5.2: nidos de grava en muros.

Fig. 6: Fisuración por retracción en alzado de muro.



• Retracciones hidráulicas o térmicas:

Las retracciones, ya sean hidráulicas o térmicas, producen una fisuración abierta desde la coronación cerrándose a medida que desciende por el muro. Generalmente, las de carácter hidráulico surgen durante el endurecimiento del hormigón. Cuanto mayor sea la relación agua/cemento mayor será la retracción hidráulica, ya que mayor será la cantidad de agua a evaporarse. Este efecto se ha incrementado ostensiblemente en los últimos años porque cada vez se utilizan hormigones más resistentes que liberan más calor durante su endurecimiento. Las retracciones térmicas, por su parte, se producen con la obra en servicio. Las causas pueden estar motivadas, entre otras, por la omisión o insuficientes juntas de hormigonado, deficiente cuantía de armadura de retracción (horizontal), exceso de finos en la arena, acción del viento o el sol sobre la superficie del hormigón durante el inicio del fraguado (producen una desecación prematura), separación excesiva de juntas de dilatación o curados inadecuados.

• Fisuración por la corrosión de la armadura

Si el acero no está adecuadamente protegido por el hormigón, al perder este su capacidad pasivante por la carbonatación (pH menor de 9), se corroe y aumenta de volumen, fisurando e incluso desprendiendo el hormigón de recubrimiento de dichas armaduras. Este efecto se produce a lo largo de las armaduras y normalmente dichas fisuras aparecerán manchadas de óxido siendo, por tanto, fácil de detectar. Esta patología puede evitarse con la utilización de:

- Hormigones compactos.
- La correcta ejecución de los recubrimientos de las armaduras.
- El adecuado contenido de cemento y relación agua-cemento.



• Flexión parcial en muro de contención:

Cuando se calcula y arma un muro en ménsula y las tierras pierden su cohesión inicial en una zona del muro, se origina un empuje parcial que provoca una flexión horizontal. Si el muro no tiene la armadura suficiente aparecerá una fisura de tracción horizontal que es abierta por la parte superior y que se cierra a medida que desciende, similar a las causadas por la retracción. Como causas principales se encuentra el aumento de los empujes o la deficiente armadura horizontal en la cara interior del muro.



Fig. 7: desprendimiento por corrosión de armaduras.

Fig. 8: fisura por flexión parcial en muro.

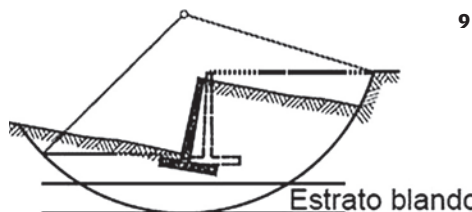
Fig. 9: deslizamiento de muro.

• Asiento de la cimentación del muro de contención:

Si el asiento se produce en un extremo del muro, se manifiesta con una fisura inclinada sensiblemente a 45° ascendiendo hacia el extremo que experimenta el descenso. Si el asiento se produce en un punto intermedio las fisuras a ambos lados del punto de descenso formarán una "V" invertida. La causa fundamental es la variación de las condiciones del terreno por fugas o achique de agua, asiento de consolidación en terrenos medianeros, etc., modificando la capacidad portante del mismo.

• Deslizamiento de un muro de contención:

Deslizamiento de la base del muro: se produce si la dimensión de la puntera es insuficiente y la cimentación no se encuentra arriostrada, el empuje de las tierras origina un desplazamiento de la base del muro hacia el interior.



Deslizamiento profundo: se produce cuando, debajo de la cimentación, existe un estrato o nivel del suelo muy blando, de tal forma que al girar la cimentación hace que bascule el muro hacia dicho estrato.

• Vuelco de un muro de contención:

El vuelco del muro de contención está provocado por la incapacidad de soportar el momento producido por el empuje de las tierras. El primer efecto es la pérdida de la verticalidad, aprovechando casi siempre las juntas de hormigonado, con la aparición de fisuras y/o grietas verticales desde la coronación del muro y cerrándose a medida que desciende. Las causas suelen tener su origen en un cálculo deficiente; cimentación, puntera o talón, con dimensiones inferiores a las exigidas para soportar las solicitaciones; empujes del terreno superiores a los previstos, etc.

Recomendaciones técnico-constructivas

• Ejecución de muros de contención de hormigón

En general, las fases de ejecución de los muros de contención de hormigón armado son las que se relacionan a continuación:

- Excavación del terreno para la cimentación: continua o por bataches (muros a dos o una cara).
- Ejecución de la cimentación: hormigón de limpieza, colocación de armaduras, vertido y vibrado del hormigón.
- Colocación de la primera cara del encofrado para muros a dos caras.
- Colocación de la armadura del muro.
- Juntas de retracción y hormigonado.
- Colocación del encofrado de la otra cara del muro.
- Vertido y compactación del hormigón.
- Desencofrado y curado del hormigón del muro.

• Excavación

Para la ejecución de los muros a una cara la excavación se podrá realizar **continua** cuando las condiciones del terreno, según el estudio geotécnico, permitan un corte vertical, abriéndose los tramos en función de las juntas de hormigonado previstas. De no ser así, la excavación se realizará por **bataches** alternos, debiéndose justificar la distancia entre bataches y la pendiente del terreno, en función de los parámetros definidos en el estudio geotécnico. En el caso de no disponer de ellos, la longitud del batache en planta no será superior a los 3,5 metros y la pendiente será de 45°.

Para la ejecución de los muros a dos caras habrá de tenerse en cuenta la sobre excavación necesaria para encofrado/desencofrado del trasdós de muro y las labores posteriores de impermeabilización, drenaje y relleno con suficientes garantías de seguridad.

Tanto la excavación de los últimos 20 cm como el refinado del fondo no se realizará hasta que no se vaya a verter el hormigón de limpieza. Asimismo, el corte de la excavación deberá permanecer abierto el menor tiempo posible, debiéndose proceder a la inmediata ejecución del cimiento y del tramo de muro correspondiente.

• Hormigón de limpieza o de relleno

El hormigón de limpieza tiene por misión crear una superficie plana y horizontal de apoyo de la cimentación del muro y, en suelos permeables, evitar que penetre la lechada del hormigón estructural en el terreno y queden los áridos de la parte inferior mal recubiertos. El espesor mínimo será de 10 cm, el nivel de enrase será el previsto en el proyecto para la base de la cimentación.

• Ejecución del cimiento

Sobre el hormigón de limpieza se montará el armado de la cimentación, respetando los recubrimientos definidos en la normativa vigente y el proyecto de ejecución, tanto con el fondo como con los laterales de la excavación (separadores).

En el caso de que las esperas no cumplan con el recubrimiento mínimo se podrá realizar el grifado de las armaduras, siempre que el desplazamiento no supere cuatro veces el diámetro de la barra de espera, y se dispongan de estribos adicionales.

Si el desplazamiento entre barras es superior al indicado o las esperas se encuentran fuera

del límite del espesor del muro, se procederá al corte de las armaduras y a la apertura de taladros en la alineación correcta, la aplicación de resinas previa limpieza con aire comprimido o soplado con bombín, evitando la utilización del agua para la limpieza del taladro, introduciendo posteriormente las armaduras en dichos taladros, asegurándose una adecuada mezcla y relleno de los mismos.



Fig. 10: grifado excesivo de las armaduras en espera del muro.

► • Encofrados y colocación de armaduras

Los paneles del encofrado se apearán debidamente con puntales o tornapuntas, recogidos en la parte inferior por durmientes fijados al elemento estructural. Deberán ser capaces de resistir las acciones a las que van a estar sometidos durante el proceso de construcción y tener la rigidez suficiente para asegurar que se van a satisfacer las tolerancias especificadas en el proyecto.

El encofrado del lateral del muro permitirá el paso de las armaduras en espera y la colocación de juntas de retracción, en su caso. Se deberá de sellar la parte baja del encofrado para evitar la pérdida de lechada, mediante el macizado con terreno húmedo o con la aplicación de espuma de poliuretano.

Las armaduras deberán estar exentas de óxidos no adherentes, cualquier otra sustancia perjudicial, o manchadas con desencofrante, debiéndose limpiar con disolventes volátiles.

Las barras se atarán en sus intersecciones, de forma alternativa, al tresbolillo. La longitud de anclajes y empalme de las armaduras cumplirán las especificaciones del artículo 69.5 de la EHE-08.

Los recubrimientos de las armaduras del muro deberán cumplir las especificaciones indicadas en el artículo 37.2.4 de la EHE-08.

La distancia entre separadores o calzos no será superior a 50 veces el diámetro de las armaduras o 50 cm, colocándose a la misma altura en las caras opuestas de las armaduras. La distancia máxima entre calzos para conseguir la separación entre emparrillados de ambas caras no será superior a 100 cm. (Tabla 69.8.2 EHE-08).



Fig. 11.1 y 11.2: colocación separadores en el armado del muro.

• Juntas de retracción y hormigonado

La junta de hormigonado entre el alzado del muro y el cimiento no debe tratarse, dejando la rugosidad natural del hormigón. Cuando los efectos de la retracción puedan ser importantes se intercalarán falsas juntas, debilitando la sección del muro para pre-determinar el plano de rotura.

La separación entre estas juntas será de 8 a 12 m (CTE).

No obstante, dependiendo de la altura del muro se recomienda la disposición que se indica en la tabla siguiente:

ALTURA DEL MURO (m)	DISTANCIA RECOMENDADA ENTRE JUNTAS, EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DEL MURO (m)
$H \leq 2,40$	3H
$2,40 \leq H \leq 3,60$	2H
$H > 3,60$	H

Al objeto de reducir la aparición de posibles fisuras por retracción se relacionan a continuación las siguientes recomendaciones:

- Adecuado control de la relación agua/cemento.
- Utilización de fluidificantes (máximo el 2% del peso del cemento), no sobrepasando el asiento del cono de Abrams los 9 cm.
- Evitar la utilización de acelerantes.
- Colocación de la armadura horizontal al exterior de la cara del muro.
- Disposición de dos barras de 16 mm de diámetro en la coronación del muro, bajo el apoyo del forjado.
- Evitar el desencofrado prematuro en tiempo caluroso (al menos 2 días).
- Realizar un curado intenso.

Evitar las juntas de hormigonado en horizontal, deberán ser verticales para minimizar las fisuras de retracción.



Fig. 12: junta de hormigonado y retracción.

• Vertido y compactación del hormigón

El hormigón y sus materiales constituyentes deberán cumplir el artículo. 71.3.1-2 de la EHE-08.

El vertido y colocación del hormigón deben efectuarse de manera que no se produzca la disgregación de la mezcla. El peligro de disgregación es mayor, en general, cuanto más grueso es el árido y más discontinua su granulometría, siendo sus consecuencias tanto peores cuanto menor es la sección del elemento que se hormigona.

El vertido no debe efectuarse desde gran altura (dos metros como máximo en caída libre). El hormigón debe ir dirigido durante el vertido, mediante trompas de hormigonado u otros dispositivos que impidan su choque libre contra el encofrado o las armaduras; de no ser así, produce inevitablemente la disgregación de la masa, incluso puede desplazar las armaduras o dañar la superficie de los encofrados.

El espesor de las capas o tongadas de hormigón no será superior al que permita una compactación completa de la masa, estando comprendido entre los 30 y 60 cm.

Una inadecuada compactación del hormigón en obra puede conducir a una permeabilidad excesiva en el caso de compactación insuficiente o formación de una capa superficial débil en el caso de una compactación excesiva.

• Mantenimiento y conservación

En el proyecto de todo tipo de estructuras será obligatorio incluir un Plan de Inspección y Mantenimiento, que defina las actuaciones a desarrollar durante toda la vida útil (artº. 103.3 EHE-08).

La frecuencia de estas inspecciones deberá ser establecida por el Autor del Proyecto, en función de las condiciones operativas, estacionales, etc. (artº. 103.2 EHE-08).

La inspección principal de una estructura es el conjunto de actividades técnicas, realizadas de acuerdo con un plan previo, que permite detectar, en su caso, los daños que exhibe la estructura, sus condiciones de funcionalidad, durabilidad y seguridad del usuario e, incluso, permite estimar su comportamiento futuro. Este tipo de actividades de mantenimiento son de gran responsabilidad y requieren ser realizadas por personal con la formación y los medios adecuados (artº. 103.3 EHE-08).

Al menos, se solicitará, por parte de la propiedad, a un técnico una revisión inmediata siempre que aparezcan lesiones en el edificio (fisuras, grietas, desplomes, etc.), y cada cinco años una inspección general, observando si aparecen fisuras o cualquier otro tipo de lesión, nuevas construcciones adyacentes o cargas incompatibles con las hipótesis iniciales del proyecto.

REFERENCIAS

FUNDACIÓN MUSAAT

AUTOR

● Alberto Moreno Cansado

COLABORADOR

● Manuel Jesús Carretero Ayuso

COORDINACIÓN

● Juan Carlos Gárgoles Almarza

Calle del Jazmín, 66 - 28033 Madrid
www.fundacionmusaat.musaat.es

IMÁGENES

● Moreno Cansado, Alberto
(Fig.: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11 y 12).

● CTE/DB-SE-C
(Fig.: 3.1, 3.2 y 9).

BIBLIOGRAFÍA y NORMATIVA

● *Puesta en obra del hormigón*. Eduardo Montero Fernández de Bobadilla. ● *Fichas de patología*. ASEFA. ● *Muros de contención y muros de sótano*. J. Calavera. ● *Patología de estructuras de hormigón armado*. Juan Pérez Valcárcel. ● *Diagnóstico y causas patología en la edificación*. M. Muñoz H. ● CTE/DB-SE-C; ● CTE/DB-HS-1; ● EHE-08 ; ● Normas UNE

CONTROL: ISSN: 2340-7573 Data: 14/1 Ord.: 4 Vol.: C Nº: Cm-2 Ver.: 1

NOTA: los conceptos, datos y recomendaciones incluidas en este documento son de carácter orientativo y están pensados para ser ilustrativos desde el punto de vista divulgativo, fundamentados desde una perspectiva teórica, así como redactados desde la experiencia propia en procesos patológicos.

© del Autor

© de esta publicación, Fundación MUSAAT

Nota: en este documento se incluyen textos de la normativa vigente