



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Estudio de soluciones y análisis de sistemas de contención
y de excavación para la construcción de un edificio
residencial en Gallur (Zaragoza)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Llanos Castaño, Juan Sebastián

Tutor/a: Torrijo Echarri, Francisco Javier

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Estudio de soluciones y análisis de sistemas de contención
Y de excavación para la construcción de un edificio
residencial en Gallur (Zaragoza)

Trabajo de fin de grado

Grado en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Llanos Castaño, Juan Sebastián

Tutor/a: Torrijo Echarri, Francisco Javier

Curso Académico: 2023/2024

ÍNDICE

1. Memoria
2. Anejo I. Estudio geológico y geotécnico
3. Anejo II. Estudio de alternativas
4. Anejo III. Diseño geotécnico de la solución seleccionada
5. Anejo IV. Resultados software CYPE
6. Anejo V. Procedimiento constructivo
7. Anejo VI. Planos
8. Anejo VII. Valoración económica



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



MEMORIA



ÍNDICE

1. Introducción
 - 1.1. Objeto de estudio
 - 1.2. Antecedentes
 - 1.3. Localización del proyecto
 - 1.4. Definición de la estructura
2. Alcance del proyecto
 - 2.1. Normativa empleada
3. Estudio Geológico
 - 3.1. Marco geológico
 - 3.2. Geomorfología
 - 3.3. Hidrología e hidrogeología
 - 3.4. Peligrosidad sísmica
4. Estudio geotécnico
 - 4.1. Trabajos de campo
 - 4.1.1. Sondeos
 - 4.1.2. Ensayos de penetración dinámica estándar (S.P.T.)
 - 4.1.3. Ensayo de penetración dinámica tipo Borro's
 - 4.1.4. Nivel freático
 - 4.2. Ensayos de laboratorio y correlaciones posteriores
 - 4.3. Análisis de los datos
 - 4.3.1. Identificación de los materiales del terreno
 - 4.3.2. Clasificación del terreno
 - 4.3.3. Perfil litológico
 - 4.4. Conclusiones y recomendaciones
5. Estudio de soluciones
 - 5.1. Alternativas a estudiar
 - 5.2. Análisis multicriterio
 - 5.3. Solución seleccionada
6. Diseño geotécnico de la solución adoptada
 - 6.1. Procedimiento constructivo
 - 6.2. Dimensionamiento de la solución adoptada
 - 6.3. Comprobaciones geotécnicas
 - 6.3.1. Estabilidad global
 - 6.3.2. Estabilidad en el fondo de la excavación
 - 6.3.3. Estabilidad de la propia pantalla
 - 6.3.4. Estabilidad en las edificaciones colindantes
7. Valoración económica
8. Conclusiones

1. Introducció

1.1. Objeto de estudio

El presente trabajo de fin de grado tiene como objetivo realizar un estudio de soluciones de sistemas de contención para la excavación de sótano de un edificio, que se va a utilizar como una residencia para personas de tercera edad, en la localidad de Gallur (Zaragoza), además de diseñar geotécnicamente de la solución seleccionada y el correspondiente proceso constructivo del sistema de contención y del vaciado del solar.

1.2. Antecedentes

Recurriendo al código técnico de la edificación (CTE) se siguen las normas establecidas por el mismo, siendo el marco legal que establece las normas básicas de calidad que deben cumplimentar los edificios a nivel nacional, y se requiere que se lleve a cabo un estudio geotécnico previo a la construcción. Éste permite conocer mejor las características del terreno en base al tipo de edificio previsto y el entorno en el que se sitúa, lo que es esencial para realizar un análisis y diseño de cimientos adecuado.

1.3. Localización del proyecto



Figura 1. Situación de zona de estudio (Fuente: Google vía satélite)

El proyecto se llevará a cabo en el municipio de Gallur en Zaragoza, concretamente en la calle Ramón y Cajal, 3, en un solar que cuenta con una superficie de 3280 m².

El edificio de 2 plantas, hay que tenerlo en cuenta para el diseño del sistema de contención para la sobrecarga mayor transmitida al terreno, siendo una carga total de 140 kN/m² siendo ésta la carga total transmitida al terreno. Para diseñar el sistema de contención, la mayor sobrecarga transmitida al terreno está en los edificios de 2 plantas con una carga total de 20 kN/m².

1.4. Definición de la estructura

La estructura que se pretende ejecutar y estudiar, consiste en un elemento de contención de tierras de un edificio para una residencia de 4 plantas, cuyas dimensiones aproximadas en planta son de $57 \times 58 \text{ m}^2$, es decir, el área que ocupa el solar.

La estructura transmitirá una carga permanente de 25 kN/m^2 y una sobrecarga de 10 kN/m^2 . Todas las plantas del edificio transmitirán una carga total de 140 kN/m^2 .

2. Alcance del proyecto

El alcance del proyecto queda limitado al ámbito geológico-geotécnico, por lo tanto, el dimensionamiento del sistema de contención en sí que se pretende desarrollar, se realizarán verificaciones geotécnicas y el análisis estructural del elemento serán desestimados en este caso.

2.1. Normativa empleada

Para el presente proyecto, se utilizará el código técnico de la edificación (CTE), concretamente el DB SE-C, ya que se centra en elementos de contención de todo tipo de edificios en relación con el terreno.

3. Estudio geológico

La geología de la zona de estudio se detallará a continuación. En el anejo I (Estudio geológico y geotécnico) contendrá más detalles.

3.1. Marco geológico

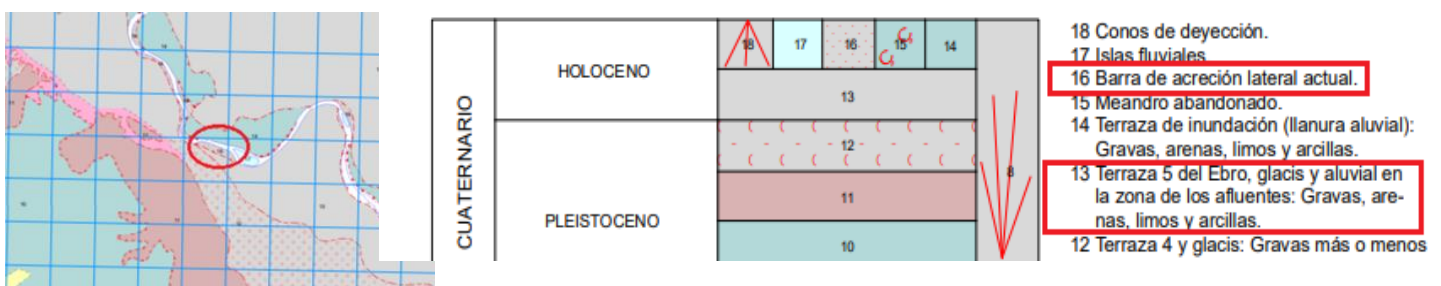


Figura 2. Mapa geológico y constitución (Fuente: IGME)

La zona de estudio está constituida principalmente por gravas, arenas, limos y arcillas, además de barra de acreción lateral. También hay presencia de gravas poco cementadas y gravas más o menos cementadas con niveles de caliches y materia orgánica.

Los depósitos cuaternarios alcanzan una gran extensión, recubriendo de una manera discontinua el 50 por 100 de la superficie total de la Hoja.

Cabe destacar el sistema de terrazas del Ebro, especialmente desarrollado en la margen derecha del río, así como numerosos glacis, algunos de los cuales enlazan con los niveles de terrazas formando un mismo conjunto morfológico.

Por otro lado, hay que señalar los depósitos dados como fondo aluvial o relleno de valle creados por los afluentes y pequeños arroyos que drenan los valles, y que guardan una estrecha relación con las terrazas bajas del Ebro. Existen también otras acumulaciones cuaternarias que tienen una importancia secundaria en el paisaje, tales como los “conos de deyección”.

No existe ninguna evidencia paleontológica para datar las terrazas. Por eso, es necesario acudir a criterios morfológicos para establecer una cronología que, al menos, sitúe de modo relativo estos depósitos cuaternarios dentro del ámbito general de este período.

Las terrazas altas y las terrazas medias se han incluido dentro del Pleistoceno, y las terrazas bajas en el Holoceno.

3.2. Geomorfología

La zona del terreno a investigar está formada por gravas, arenas, limos y arcillas como se ha comentado previamente, que se corresponde a materiales del cuaternario del tipo Pleistoceno y Holoceno, que se encuentran ligas al canal imperial de Aragón, que pasa por dicho municipio.

3.3. Hidrología e Hidrogeología

La cuenca del río Ebro es la principal cuenca hidrográfica en el municipio de Gallur, porque pertenece al periodo cuaternario, tiene una permeabilidad hidrogeológica alta debido a la porosidad intergranular.

3.4. Peligrosidad sísmica



Figura 3. Mapa Sísmico (Fuente: NCSE-02)

De acuerdo con la Norma de construcción Sismorresistente, la peligrosidad sísmica del territorio nacional se determina mediante el mapa de peligrosidad sísmica (figura3). Este mapa proporciona, en términos al valor de la gravedad, g , la aceleración sísmica básica, “ a_b ”, un valor representativo de la aceleración horizontal en la superficie del terreno y el coeficiente de distribución K , que considera la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada lugar.

Además, el artículo 1.2.3. "Criterios de aplicación de la Norma" de la parte general y edificación (NCSE-02) establece que las edificaciones de importancia normal o especial no tendrán que aplicar esta norma cuando la aceleración sísmica básica a_b sea inferior a $0,04g$, donde g es la aceleración de gravedad.

La aceleración sísmica básica en Gallur es inferior a $0,04g$. Como resultado, para llevar a cabo las cimentaciones, no es necesario seguir la norma mencionada.

4. Estudio geotécnico

La empresa Proyex, que ha llevado a cabo una campaña geotécnica, es responsable del análisis geotécnico. Este estudio incluye seis sondeos geotécnicos, junto con ensayos de campo y laboratorio, y siete ensayos de penetración dinámica continua de tipo Borro. El petionario ha establecido la disposición de los ensayos y la duración de los sondeos.

En principio sólo se habían planteado la ejecución de 6 ensayos, pero a la vista del resultado del ensayo pd-6 se planteó la necesidad de repetirlo por evitar rechazos anómalos, dando lugar al ensayo pd-6b.

4.1. Trabajos de campo

4.1.1. Sondeos

Como se ha indicado anteriormente, se han realizado 6 sondeos, los cuales se indican a continuación:

- **Sondeo n°1**

Entre 0'00 y 0'30 m. Terreno vegetal limo-arenoso, marrón claro, con cantos de tamaño grava-gravilla.

Entre 0'30 y 7'00 m. Gravas, gravillas y bolos, con matriz arenosa blanquecina.

- **Sondeo n°2**

Entre 0'00 y 0'20 m. Terreno vegetal limo-arenoso, marrón claro, con cantos de tamaño grava-gravilla.

Entre 0'20 y 0'40 m. Gravas cementadas por carbonato. Mallacán.

Entre 0'40 y 6'80 m. Gravas, gravillas y bolos, con matriz arenosa blanquecina.

- **Sondeo n°3**

Entre 0'00 y 5'90 m. Relleno antrópico de gravas, gravillas y abundante materia orgánica. A base y techo hay cascotes, restos industriales.

Entre 5'90 y 10'00 m. Gravas, gravillas y bolos, con matriz arenosa blanquecina.

- **Sondeo n°4**

Entre 0'00 y 0'30 m. Terreno vegetal limo-arenoso, marrón claro, con cantos de tamaño grava-gravilla.

Entre 0'30 y 6'00 m. Gravas, gravillas y bolos, con matriz arenosa blanquecina.

- **Sondeo n°5**

Entre 0'00 y 1'60 m. Relleno antrópico blanquecino de cantos de tamaño grava-gravilla.

Entre 1'60 y 4'60 m. Gravas, gravillas y bolos, con matriz arenosa blanquecina.

- **Sondeo nº6**

Entre 0'00 y 0'30 m. Terreno vegetal limo-arenoso, marrón claro, con cantos de tamaño grava-gravilla.

Entre 0'30 y 4'00 m. Gravas, gravillas y bolos, con matriz arenosa blanquecina.

4.1.2. Ensayos de penetración dinámica estándar (S.P.T.)

La resistencia a la penetración estándar (Sse define como el número de golpes necesarios para que la maza de $63'5 (\pm 0'5)$ kg, al golpear la cabeza del varillaje, desde una altura de 760 (± 10)mm, haga que el tomamuestras penetre 300 mm, después del descenso inicial debido al propio peso del equipo y la penetración de asiento.

Se utiliza habitualmente un tomamuestras bipartido, que tiene un diámetro exterior de 51 mm y 35 mm de interior.

En suelos con gravas, la zapata se reemplaza a veces por una zapata cónica de acero macizo de 51 mm de diámetro y 60° de ángulo cónico. Esta sustitución en el registro del ensayo.

Este dispositivo de golpeo empleado es el martillo de seguridad, un dispositivo automático que garantiza que la energía transferida al varillaje sea la igual en todos los golpes y ensayos, con una frecuencia de golpeo uniforme.

El rechazo se determina cuando se alcancen 50 golpes durante la penetración de asiento o en cualquiera de los dos intervalos de 150 mm, registrando la penetración alcanzada en cada ensayo. El ensayo debe realizarse sin interrupción y con una frecuencia de golpeo inferior a 30 golpes por minuto.

La muestra obtenida con el tomamuestras bipartido se coloca en recipientes herméticos identificados con etiquetas, junto con los resultados obtenidos.

Se han realizado los siguientes ensayos SPT, obteniéndose los resultados que se recogen en el siguiente cuadro:

Sondeo n°	Prof. m	N° de golpes				Litología
		N ₁₅	N ₁₅	N ₁₅	N ₃₀	
1	1'60-2'10	21	31	43	74	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
	3'20-3'40	46	Rzo.	--	Rzo.	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
	4'60-5'20	23	33	38	71	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
	6'40-7'00	30	27	44	71	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
2	1'50-1'60	Rzo.	--	--	Rzo.	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
	3'00-3'25	37	Rzo.	--	Rzo.	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
	4'50-4'60	Rzo.	--	--	Rzo.	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
	6'40-6'80	18	46	Rzo.	Rzo.	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
3	1'50-2'10	5	4	4	8	Relleno antrópico
	3'00-3'60	5	3	3	6	Relleno antrópico
	4'80-5'40	17	14	11	25	Relleno antrópico
	7'00-7'60	21	21	10	31	Relleno antrópico
	9'00-9'40	34	38	Rzo.	Rzo.	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
4	2'00-2'60	26	24	22	46	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
	4'00-4'60	16	17	20	37	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
5	2'00-2'60	27	34	37	71	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
	4'20-4'60	21	47	Rzo.	Rzo.	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
6	2'00-2'40	16	23	Rzo.	Rzo.	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
	3'60-4'00	31	40	Rzo.	Rzo.	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa

Tabla 1. Realización ensayos S.P.T. (Fuente: Propia)

Nota: Rzo (rechazo) indica que la penetración no puede continuar debido a la alta resistencia del terreno.

4.1.3. Ensayo de penetración dinámica tipo Borro's

El ensayo de penetración dinámica tipo Borro's no tiene una norma estricta. Sin embargo, se asemeja a la Prueba de Penetración Dinámica Pesada, regulada por la norma UNE 103802. Básicamente, ambos ensayos son similares en cuanto a la dinámica del ensayo, aunque difieren las características de la puntaza, así como en la altura y peso de la maza.

La resistencia del terreno a la penetración de una punta de hierro maciza en el extremo de una varilla es el objetivo del ensayo continuo de penetración dinámica. El impacto de una maza en caída libre hace que esta puntaza se adhiera al terreno. Para minimizar el rozamiento con el suelo, el varillaje tiene un diámetro inferior al de la puntaza.

En el ensayo tipo Borro's, la puntaza es prismática con base cuadrada, con un área de 16 cm², una altura de 20 cm y terminada en una pirámide de altura 4 cm y ángulo de 45° en el vértice. El varillaje tiene un diámetro de 32 mm y la maza pesa 65 Kg, cayendo desde una altura de 50 cm. El número de golpes necesarios para clavar una varilla de 20 cm indica la resistencia del terreno a la penetración dinámica. n20 será el símbolo de este número de golpes.

En los equipos empleados se dispone de martillo de seguridad, dispositivo que permite izar la maza y liberarla siempre a la misma altura, en caída libre por la guiadera, garantizando así la uniformidad en la energía de golpeo y en la frecuencia.

La realización del ensayo se inicia clavando la puntaza en el terreno hasta alcanzar los primeros 20 cm. Una vez hincada la puntaza, se coloca el anillo-guía en su posición definitiva en la base del equipo y se continúa con la penetración. Si es necesario hacer alguna pequeña excavación en el terreno para introducir la puntaza al comienzo del ensayo (por ejemplo, perforar un firme), se deberá registrar con precisión la profundidad de inicio del ensayo. El ensayo continúa con los golpes necesarios para introducir cada una de las divisiones de 20 cm de las varillas. La velocidad de golpeo de la maza debe mantenerse en un intervalo de 15 a 30 golpes por minuto.

Se dará por finiquitado el ensayo cuando dadas 2 andanadas, de 100 golpes cada una, la penetración sea igual o inferior a 5 cm (en cada una de ellas aisladamente). Siempre y cuando la penetración sea inferior a 20 cm, el número de golpes que se considerará será el proporcional correspondiente.

4.1.4. Nivel freático

En los sondeos realizados no se ha detectado nivel de agua, aunque pueden aparecer puntualmente, pequeños rezumes de agua. Estos rezumes pueden ser debidos a la diferencia de permeabilidad del material y se presentan en pequeñas bolsadas, por lo que, en caso de aparecer, no tendrán influencia en las cimentaciones.

4.2. Ensayos de laboratorio y correlaciones posteriores

Las muestras fueron examinadas por personal calificado una vez en el laboratorio y agrupadas de manera adecuada. Se decidió que las muestras de los materiales que pasaron por los sondeos fueran sometidas a ensayos. Los ensayos realizados fueron:

- a). Análisis granulométrico por tamizado (UNE-103101).
- b). Determinación de los límites de Atterberg para poderlas clasificarlas por el procedimiento de Casagrande (UNE-103103/4).
- c). Determinación de la humedad natural (UNE 103300).
- d). Determinación de la densidad aparente (UNE-7045).
- e). Determinación del contenido en sulfatos solubles (UNE 103201).
- f). Determinación del contenido en materia orgánica (UNE-103204).

Los resultados obtenidos en los ensayos se recogen en el siguiente cuadro:

<i>Sondeo</i> <i>n°</i>	<i>Prof</i> <i>(m)</i>	<i>Clasific.</i> <i>Casagran</i>	<i>Finos</i> <i><0'08 mm</i> <i>(%)</i>	<i>LL</i> <i>(%)</i>	<i>LP</i> <i>(%)</i>	<i>IP</i>	<i>H_n</i> <i>(%)</i>	<i>r</i> <i>(g/cm³)</i>	<i>SO₄</i> <i>(mg/kg)</i>	<i>M.O.</i> <i>(%)</i>
2	3'00- 6'80	GW-GM	9,8	NO	NO	NP	--	--	<1200	--
3	1'50- 2'10	--	--	--	--	--	7,5	--	9240	2,85
4	3'40- 6'00	GW-GM	11,5	NO	NO	NP	--	--	--	--

Tabla 2. Resultados ensayos S.P.T. (Fuente: Propia)

4.3. Análisis de los datos

4.3.1. Identificación de los materiales del terreno

Se han identificado dos niveles principales en el terreno, como se muestra en el perfil litológico adjunto, basándose en el estudio geológico realizado y los hallazgos de los ensayos de campo. Los niveles son los siguientes:

NIVEL I o RELLENO

Formado por gravas, gravillas y abundante matriz orgánica, a base y techo se localizan restos de cascotes. Este nivel presenta una potencia variable entre 1'60 (S-5) y 5'90 metros (S-3), sin que se detecte en el resto de los sondeos.

En el reconocimiento efectuado se ha podido constatar cierta morfología en el terreno, lo que unido a la variación de espesores de este relleno nos hace pensar que esta zona fue una antigua extracción de gravas, cuyo hueco generado fue rellenado posteriormente con residuos, que son los localizados en el reconocimiento. La delimitación en planta de este relleno en base a los sondeos realizados se refleja en el croquis del anexo I.

El porcentaje en sulfatos solubles (expresado como SO_4) determinado en laboratorio dio un valor de 9240 ppm, lo que lo clasifica como de agresividad media (exposición Q_b) frente al hormigón, según la instrucción EHE. Estos materiales presentan un contenido en humedad natural determinada en laboratorio del 7,5%. El contenido en materia orgánica determinada en laboratorio dio un valor del 2,85%.

NIVEL II

Constituido por bolos, gravas y gravillas con matriz arenosa. A parece a una profundidad variable entre 0'20-0'30 m (S-2, S-4 y S-6) y 5'90 m (S-3) en los sondeos realizados. Se describen granulométricamente como "gravas y arenas con finos limosos no plásticos" (GW-GM según criterios de Casagrande), con un porcentaje de finos menores de 0'08 mm del 9,8-11,5%, que no presentan límites de Atterberg. Estos materiales pertenecen a los depósitos de terraza del río Ebro típicos en esta zona.

El porcentaje de sulfatos solubles (expresado como SO_4) determinado en laboratorio dio un valor inferior a 1200 que según las instrucciones de EHE, no es agresivo con el hormigón, no siendo necesario el uso de cemento sulfuresistente para la fabricación de hormigón.

Desde el punto de vista resistente este material se caracteriza a partir de los ensayos de penetración dinámica estándar (S.P.T.), que dieron valores de rechazo a todas las profundidades ensayadas, excepto 5 ensayos donde se obtuvieron valores de N_{30} variables entre 46 y 74. No obstante, para el cálculo de los parámetros geotécnicos que caracterizan este nivel (densidad relativa, ángulo de rozamiento y módulo de deformación), consideramos un valor medio de $N_{30} = 50$ golpes (establecido como valor representativo de este material), y un valor de densidad $g = 2'0 \text{ g/cm}^3$.

4.3.2. Clasificación del terreno

La siguiente tabla muestra los parámetros necesarios para cada nivel de terreno:

NIVEL	Potencia (m)	Prof. Base (m)	Descripción litológica	E (kN/m/m ²)	ϕ (°)	ρ (g/cm ³)
I	≤ 5,90	≤ 5,90	Relleno limoso de gravas y cascotes	–	–	1,7(*)
II	>6,70	–	Gravas y arenas limosas (GW-GM)	400-425	38-39	2,0(*)

Tabla 3. Parametrización final del terreno. (Fuente: Propia)

(*) valor estimado

4.3.3. Perfil litológico

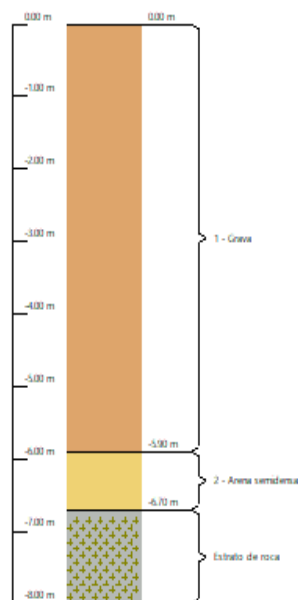


Figura 4. Perfil de litología (Fuente: Propia)

4.4. Conclusiones y recomendaciones

Además de las características del terreno, se deben considerar los resultados obtenidos. No se detectó nivel de agua a partir de los sondeos, alcanzando una profundidad máxima de 10,00m.

Según la instrucción EHE, el contenido de sulfatos solubles (expresados como SO₄) en el laboratorio fue inferior a 1200 ppm, lo que indica que el terreno natural no es agresivo con el hormigón. Por lo tanto, para los elementos de la obra en contacto con el terreno natural, no es necesario utilizar cementos sulforresistentes. La propia naturaleza del nivel de relleno, así como su contenido en sulfatos solubles (9240 ppm SO₄), indican que el hormigón es agresivo.

El perfil del terreno atravesado consta fundamentalmente de 2 niveles litológicos descritos anteriormente, siendo Nivel I constituido por gravas, gravillas y abundante matriz orgánica, y un Nivel II constituido por bolos, gravas y gravillas con matriz arenosa.

5. Estudio de soluciones

5.1. Alternativas a estudiar

Alternativa 0: No realizar ninguna actuación.

Alternativa 1. Muro de sótano por bataches

- **Ventaja:** Es a alternativa menos costosa.
- **Desventajas:** Se debe de emplear alguna técnica de mejora del terreno ya que es poco compacto, y que no se derrumbe los bataches. Es inseguro construir bataches en suelos sin cohesión. El nivel freático debe reducirse antes de su construcción, ya que podría afectar los edificios y las carreteras cercanas.

Alternativa 2. Tablestacas

- **Ventajas:** Impide que el terreno se derrumbe sobre la excavación. Pueden ejecutarse bajo el nivel freático. Es de fácil manejo, debido a que pesa poco. Se pueden recuperar.
- **Desventajas:** Su coste económico es elevado. Se oxidan muy fácil. Las cimentaciones colindantes pueden verse afectadas por su hinca.

Alternativa 3. Muros pantalla

- **Ventajas:** Impide que el terreno se derrumbe sobre la excavación. Se pueden construir bajo el nivel freático. Permite la excavación de sótanos de profundidades considerables. Es rápido de construirse. No tiene efecto sobre las cimentaciones colindantes.
- **Desventajas:** Su coste económico es elevado.

5.2. Análisis multicriterio

Para llevar a cabo el análisis multicriterio se han empleado dos métodos. El primero es el análisis de preferencias PATTERN, mientras que el segundo es un estudio de sensibilidad. En el caso del método de PATTERN, la metodología de análisis se basa en el desarrollo del siguiente proceso:

- 1º. Determinación de los criterios más adecuados para la selección del sistema de contención. En estudio, los criterios definidos son: Seguridad, rapidez, economía conservación, impacto ambiental, efectos externos.
- 2º. Fijación de pesos, que indican la importancia relativa de cada criterio.
- 3º. Cálculo de evaluación ponderada.
- 4º. Equiparación de opciones.

Los pesos de los criterios se ajustan para el análisis de sensibilidad. En el Anejo II “Estudio de soluciones” contiene una descripción detallada del análisis multicriterio completo.

5.3. Solución seleccionada

Se ha llegado a la conclusión de que la implementación de un sistema de contención previo a la excavación mediante el uso de muros de pantalla de hormigón in situ es la opción más adecuada. El estudio de soluciones y las alternativas se han analizado en profundidad. Esto evita el daño a las cimentaciones y vías colindantes al terreno donde se llevará a cabo la obra.

6. Diseño geotécnico de la solución adoptada

6.1. Procedimiento constructivo

La construcción de muros pantalla se llevará a cabo por etapas de manera alternada. Los siguientes pasos son:

1. Ejecución del murete guía: Los muretes guía se construyen en la parte superior de la excavación y sirve como guía para la excavación de las pantallas, como indica su nombre. Las vigas transversales conectan los muretes guía a lo largo del perímetro de la excavación.
2. Perforación de zanjas: En general, se utilizan cucharas bivalvas para excavar las zanjas bajo un fluido estabilizante, que generalmente es lodo tixotrópico. Durante el proceso de construcción, el lodo estabiliza la excavación hasta el hormigonado y luego se recicla el fluido estabilizante.
3. Colocación de juntas entre paneles: Para garantizar la impermeabilidad y la seguridad de los diferentes paneles de muro de pantalla.

4. Colocación de armaduras: Se colocan en forma de jaulas suspendidas en el aire para que no se muevan durante el transporte. Además, deben tener rigidizadores para reducir las cargas a las que están sometidas.
5. Hormigonado: Se realiza a través del sistema "tremie". Este sistema tiene un embudo que facilita la introducción de concreto por un tubo de acero vertical. El extremo inferior de este tubo permanece siempre embebido en concreto durante al menos tres metros, lo que reduce significativamente la segregación y el lavado.
6. Ejecución de la viga de coronación: Finalmente se construye una viga de atado en la coronación del muro después de demoler las cabezas de la pantalla.
7. Desmochado de las cabezas de las pantallas: Antes de comenzar el vaciado del sótano, se elimina la parte superior del muro pantalla, que se había contaminado con lodo después del hormigonado.

6.2. Dimensionamiento de la solución adoptada

Para llevar a cabo el dimensionamiento del muro, se ha recurrido al Software CYPE, que incluye un asistente especializado para el diseño de muros pantalla de hormigón armado en edificación. Este asistente facilita la determinación de las dimensiones del muro, y para ello se debe indicar paso a paso la fase de construcción y servicio, así como las variantes que influyen en cada fase. A continuación, se detalla el procedimiento seguido:

1. Se indica la profundidad de excavación, siendo la dispuesta de 3m.
2. Se indica los estratos que forman al terreno, posteriormente se deberán modificar los parámetros de estos ya que el software los predetermina. Como no se tiene presencia de nivel freático, no se indica, siendo la sobrecarga del terreno de 20 kN/m².
3. La cota y el método de anclaje de las etapas intermedias de la excavación se indican, en este caso con un puntal colocado a -0,50 m.
4. Se indican las dimensiones y la cota de los forjados para la fase de construcción, siendo el forjado de planta baja de 0,30m de canto y el forjado de cimentación de 0,30m de canto a cota -2.70m
5. Se muestran las cargas de uso de 140 kN/m y 5 kN/m para cada forjado durante la fase de servicio.

Después de eso, CYPE crea un muro con medidas iniciales especificadas. La altura se ajusta para que sea la más viable. Además, se realizaron cambios en las medidas del suelo, incluyendo las obtenidas en el Anejo I "Estudio geológico y geotécnico", para posteriormente determinar las medidas del muro de contención.

El procedimiento utilizado para dimensionar el muro se especifica en el Anejo III, "Diseño geotécnico de la solución adoptada".

6.3. Comprobaciones geotécnicas

Se utilizarán el código técnico de edificación (CTE) y el documento básico de seguridad estructural y de cimientos (DB SE-C) para verificar las siguientes estabilidades. Las comprobaciones analizadas son las siguientes:

6.3.1. Estabilidad global:

El CTE establece que el conjunto de la estructura y la pantalla pueden fallar mediante un mecanismo de rotura aún más profundo que la pantalla, o que no siendo tan profundo pudiera cortar a ésta, por lo tanto, debe comprobarse que la seguridad al deslizamiento a lo largo de la superficie pésima posible, que incluya en la masa deslizante a la pantalla completa y a sus elementos de sujeción, no es inferior al establecido.

Esta comprobación se obtuvo utilizando CYPE, que verifica la estabilidad del círculo de deslizamiento deficiente para un factor de seguridad establecido de 1,5. Los valores del factor de seguridad fueron superiores al mínimo establecido debido a que el muro está apoyado firmemente en la capa rocosa, lo que reduce la probabilidad de deslizamiento.

6.3.2. Estabilidad del fondo de la excavación:

Se deberá comprobar la seguridad respecto a un levantamiento del fondo de la excavación por agotamiento de la resistencia a esfuerzo cortante por efecto de las presiones verticales del terreno.

Se ha estudiado la estabilidad y se ha llegado a la conclusión de que no será necesario realizar un cálculo debido a que el suelo del terreno no es cohesivo, lo que evita la rotura y levantamiento del fondo. Además, se ha concluido que no habrá inestabilidad por sifonamiento debido a que no hay nivel freático presente en la fase de construcción ni en la de servicio.

6.3.3. Estabilidad de la propia pantalla:

Según el CTE, en pantallas deben considerarse los estados límite siguientes:

- Rotura por hundimiento.
- Rotura por rotación o traslación del elemento de contención o partes de este.

Asimismo, se comprobará que los empujes del terreno sobre la pantalla en su trasdós pueden ser equilibrados por los empujes del terreno sobre la parte empotrada de la pantalla por debajo del fondo de la excavación, en su intradós, y por las reacciones de los elementos de sujeción (puntales, codales, forjados, otras pantallas, u otros) y los anclajes, en caso de que los hubiera.

Además, se comprueba que la pantalla es resistente al hundimiento porque soporta una carga de trabajo mucho mayor que la carga vertical que se le transmite. Esta comprobación se ha realizado de la misma manera que se hace en cimentaciones profundas, calculando inicialmente la resistencia frente a la carga vertical que provoca el hundimiento, como sigue:

$$Q_h = Q_p + Q_f$$

En donde:

- Q_h : La resistencia al hundimiento causado por la carga vertical.
- Q_p La parte de la resistencia que se espera que tenga la punta.
- Q_f : La resistencia esperada del fuste.

Luego, una vez determinada la carga de diseño, se aplica un factor de seguridad de 3 para la punta y 1,5 para el fuste. Por último, se determina la carga por trabajo del muro dividiendo la carga de diseño por el peso del muro:

$$Q_{\text{muro}} = Q_d - W$$

Se pueden utilizar varios métodos para evaluar la estabilidad ante roturas por rotación o traslación, incluyendo métodos basados en modelos Winkler. El programa de muros de pantalla de Cypecad ha utilizado este modelo para verificar que se cumple con la comprobación realizada por el software.

6.3.4. Estabilidad de las edificaciones próximas: El CTE establece que, si existen edificios medianeros con los límites de una excavación hecha al abrigo de una pantalla, o en sus proximidades, debe considerarse su existencia como una sobrecarga en los cálculos de los empujes.

En casos de sobrecargas moderadas o que sea habituales de edificación, como simplificación para este caso, la sobrecarga se considerará uniformemente distribuida.

7. Valoración económica

Para la evaluación económica, se han considerado los costos económicos de la solución elegida, enfocándose principalmente en el proceso de construcción del muro pantalla y las estructuras utilizadas durante estas fases, incluidos los apoyos.

Primero, se ha calculado el costo de las unidades de obra relacionadas con el transporte, la puesta en marcha y la retirada de la maquinaria utilizada. Posteriormente, los precios correspondientes para cada unidad de obra utilizada durante el proceso de construcción se han detallado.

Se utilizó el software CYPE para estimar cada uno de los precios, que cuenta con un generador de precios de la construcción. Así, dicho software crea los precios y códigos siguientes.

Finalmente, se ha establecido que el costo directo del proceso de construcción del muro pantalla, que abarca desde el inicio de la construcción con la ejecución del murete guía hasta la colocación del segundo forjado en la planta baja, será de 9.527,99 euros, incluyendo la maquinaria necesaria.

El Anejo VII “Valoración económica” contiene una lista de las unidades de trabajo utilizadas y los precios de cada una.

8. Conclusiones

Debido a que el muro pantalla obtuvo una ponderación superior al resto en el análisis multicriterio, se puede concluir que el sistema de excavación del sótano es el mejor. Además, se realizan las comprobaciones geotécnicas que confirman la viabilidad de su ejecución, cumpliendo con las condiciones previamente establecidas de un ancho de 0,45 metros y una altura de 6,90 metros.



Anejo I
Estudio geológico y geotécnico



ÍNDICE

1. Introducción
2. Estudio geológico
 - 2.1 Marco geológico
 - 2.2. Hidrología e hidrogeología
 - 2.3. Peligrosidad sísmica
3. Campaña geotécnica
 - 3.1. Trabajos de campo
 - 3.1.1. Sondeos
 - 3.1.2. Ensayo de penetración dinámica (S.P.T.)
 - 3.1.3. Ensayo de penetración dinámica tipo Borro's
 - 3.1.4. Nivel freático
 - 3.2. Ensayos de laboratorio y correlaciones posteriores
4. Análisis de datos
 - 4.1. Identificación de los materiales del terreno
 - 4.2. Clasificación del terreno
 - 4.3. Perfil litológico
5. Conclusiones y recomendaciones

1. Introducció

El objetivo de este anejo I es examinar la geología y geotécnica del terreno donde se colocará el elemento de contención para la excavación del edificio residencial.

Se desarrollará para la información de la campaña geotécnica y la geología general del área, junto con los ensayos de laboratorio disponibles. Posteriormente, debido a la importancia de los materiales constituyentes, se analizarán estos datos para determinar la clasificación de los materiales que conforman el terreno.

2. Estudio geológico

2.1. Marco geológico

El área que se quiere investigar se encuentra en Gallur (Zaragoza), y para comenzar el análisis geológico se ha utilizado el mapa geológico y su correspondiente leyenda del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

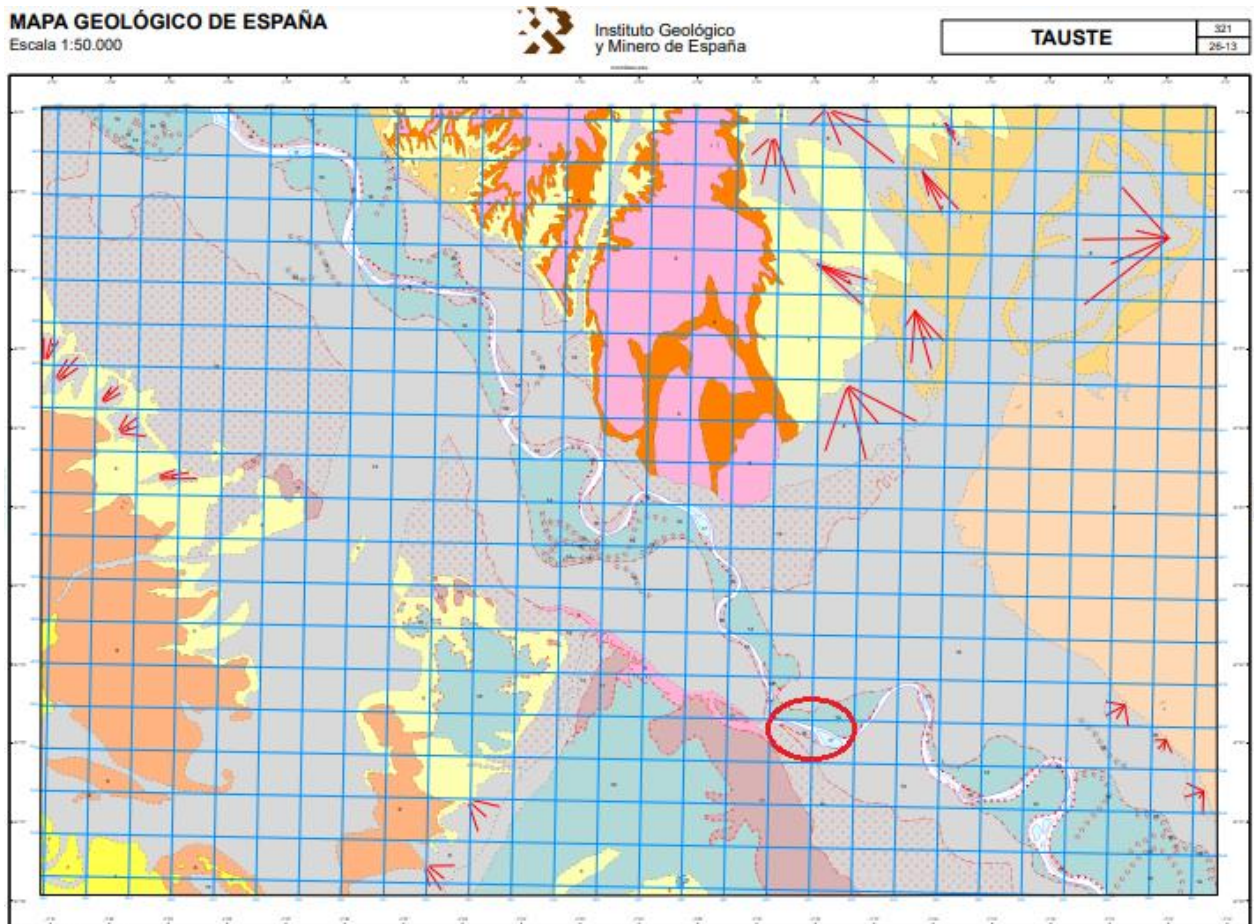


Figura 1. Sitio geológico del área a estudiar. Detalle Hoja 26-13 a escala 1:50.000 del Mapa Geológico Nacional (Fuente: IGME editado)

LEYENDA

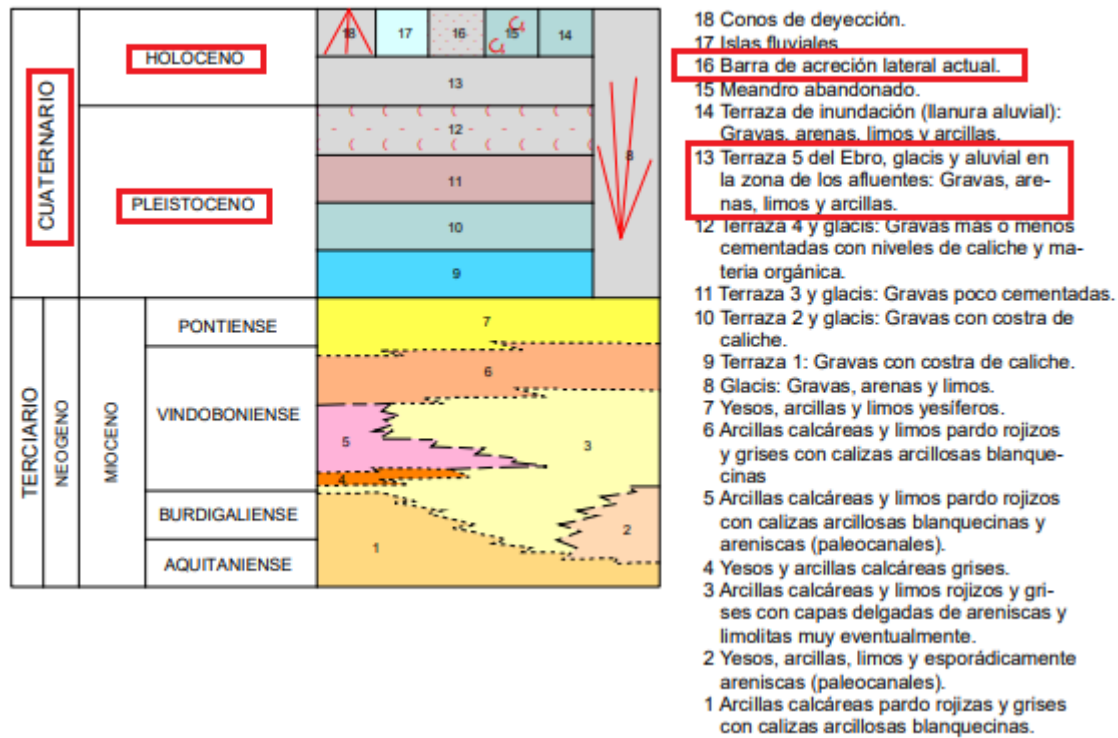


Figura 2. Leyenda del marco geológico (Fuente: IGME)

Desde una perspectiva geológica, se puede ver que la región de estudio está principalmente formado por materiales del Cuaternario, como barra de acreción lateral, y por otra parte también gravas, arenas, limos y arcillas en el Pleistoceno.

Los depósitos cuaternarios alcanzan una gran extensión. recubriendo de una manera discontinua el 50 por 100 de la superficie total de la Hoja.

Cabe destacar el sistema de terrazas del Ebro, especialmente desarrollado en la margen derecha del río, así como numerosos glacis, algunos de los cuales enlazan con los niveles de terrazas formando un mismo conjunto morfológico.

Por otro lado. hay que señalar los depósitos dados como fondo aluvial o relleno de valle creados por los afluentes y pequeños arroyos que drenan los valles, y que guardan una estrecha relación con las terrazas bajas del Ebro. Existen también otras acumulaciones cuaternarias que tienen una importancia secundaria en el paisaje, tales como los “conos de deyección”.

No existe ninguna evidencia paleontológica para datar las terrazas. Por eso, es necesario acudir a criterios morfológicos para establecer una cronología que. al menos. sitúe de modo relativo estos depósitos cuaternarios dentro del ámbito general de este período.

Las terrazas altas y las terrazas medias se han incluido dentro del Pleistoceno, y las terrazas bajas en el Holoceno.

2.2. Hidrología e hidrogeología

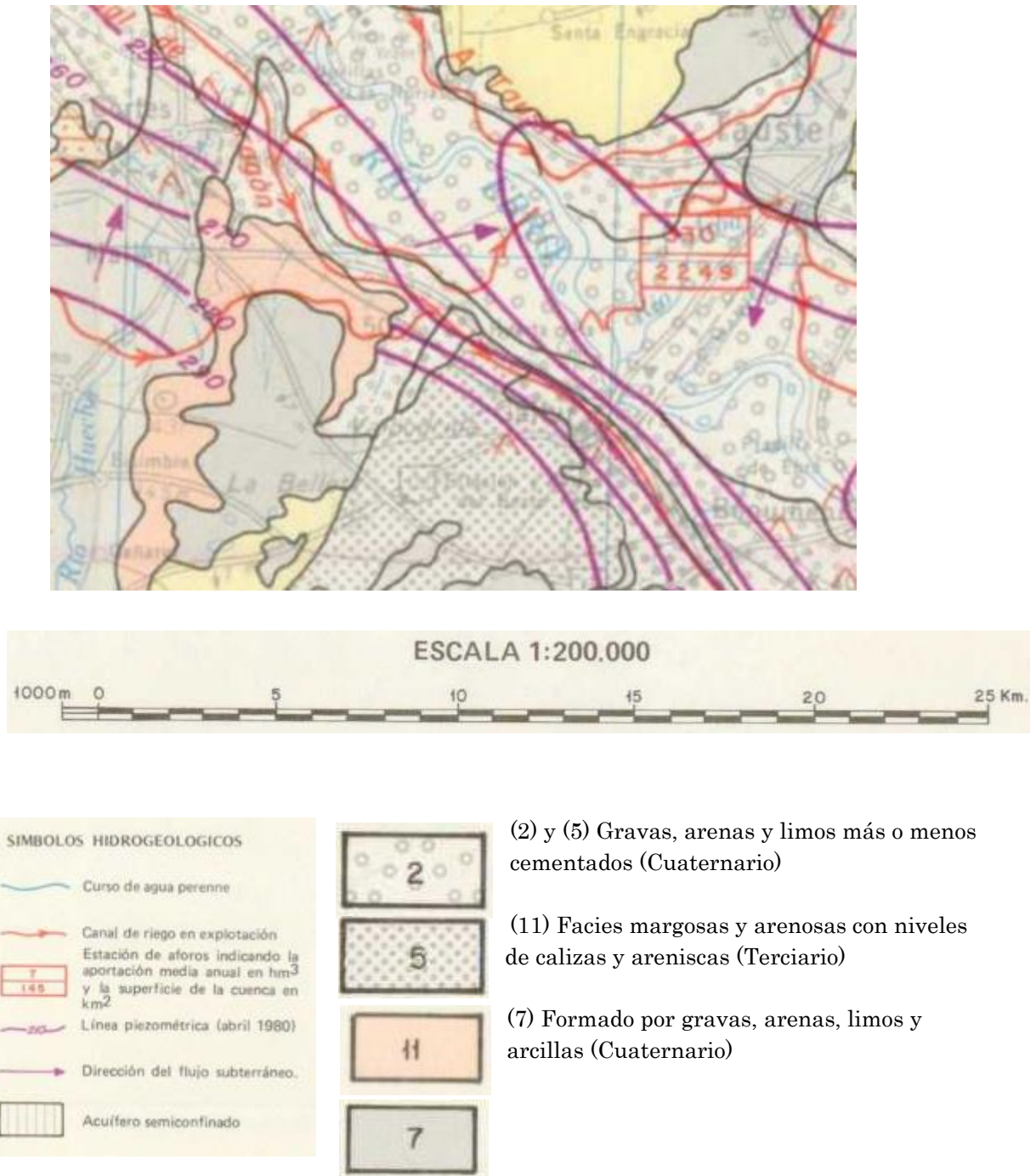


Figura 3. Esquema y situación mapa hidrogeológico (Fuente: IGME editado)

Con respecto en el esquema de la zona de estudio, se puede apreciar y por ser del periodo cuaternario tiene una alta permeabilidad, ya que estas terrazas bajas, medias, altas y superiores están constituidas por gravas, arenas y limos.

2.3. Peligrosidad sísmica

Dado que Gallur no se encuentra entre las zonas sísmicamente activas, su susceptibilidad por sismo se considera de muy baja intensidad según la escala macro sísmica europea (EMS).

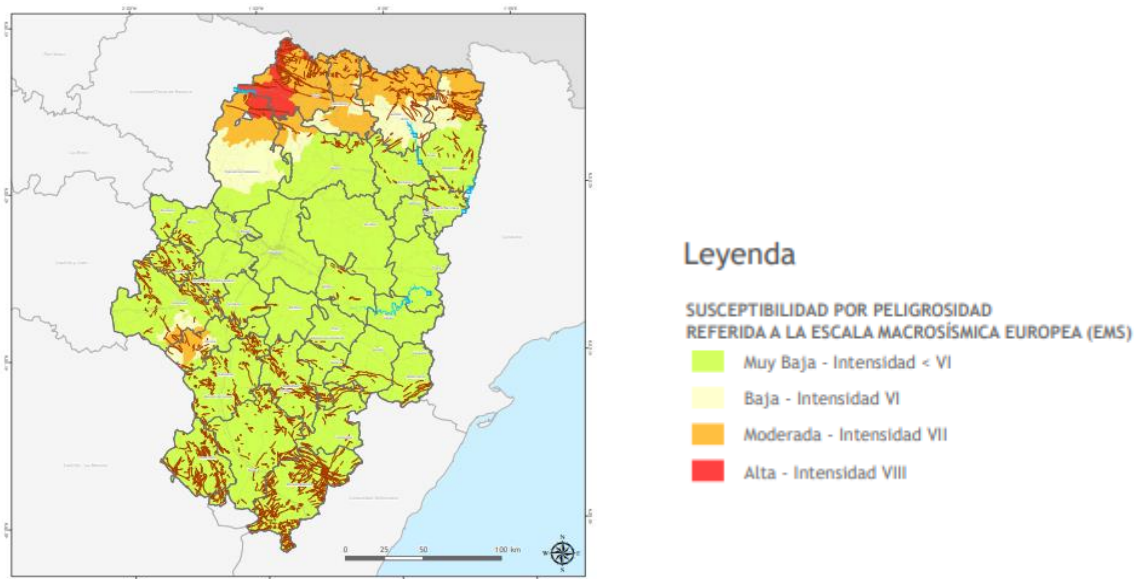


Figura 4. Riesgo asociado a sismos (Fuente: Plan Territorial de protección. Gobierno de Aragón)

Como resultado, la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSRE-02), en particular su artículo 1.2.3 "Criterios de aplicación de la Norma", establece que la aplicación de esta norma no será necesaria en edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica a_b sea inferior a $0,04g$, donde "g" es la aceleración de la gravedad.

Como resultado, el mapa sísmico de norma NCSE-02 muestra que el municipio de Gallur tiene una aceleración sísmica básica menor de $0,04g$, por lo que no será necesario aplicar la norma mencionada para el diseño de cimentaciones.



Figura 5. Mapa sísmico (Fuente: NCSE-02)

3. Campaña geotécnica

3.1. Trabajos de campo

3.1.1. Sondeos

Los trabajos de campo se realizaron durante los meses de abril y mayo de 2002.

Se realizaron 6 sondeos con un total de 38'40 m perforados.

Para realizar las tareas se utilizó una máquina de rotación sobre camión modelo TECOINSA TP-50, con un diámetro máximo de 131 mm.

Para evitar el desmoronamiento de las paredes debido a la naturaleza del terreno atravesado, se utilizó una tubería de revestimiento, que se retiró después de cada sondeo.

El tomamuestras de pared delgada (de 75, 85 ó 90 mm) y batería de pared simple con corona de Widia (de 113 y 101 mm) se utilizaron para la extracción de muestras y testigos.

Las muestras se organizan en cajas apropiadas y debidamente etiquetadas para su posterior traslado y estudio en el laboratorio.

Hasta el momento en que las muestras se abrieron para el estudio, se conservaron en la cámara húmeda del laboratorio.

Se llevaron a cabo ensayos de penetración dinámica "in situ" para determinar la capacidad portante de los diferentes niveles atravesados, cuyo procedimiento operatorio y resultados se adjuntan más adelante.

Los materiales que se atravesaron en los sondeos realizados se describen a continuación:

:

- **Sondeo nº1**

Entre 0'00 y 0'30 m. Terreno vegetal limo-arenoso, marrón claro, con cantos de tamaño grava-gravilla.

Entre 0'30 y 7'00 m. Gravas, gravillas y bolos, con matriz arenosa blanquecina.

- **Sondeo nº2**

Entre 0'00 y 0'20 m. Terreno vegetal limo-arenoso, marrón claro, con cantos de tamaño grava-gravilla.

Entre 0'20 y 0'40 m. Gravas cementadas por carbonato. Mallacán.

Entre 0'40 y 6'80 m. Gravas, gravillas y bolos, con matriz arenosa blanquecina.

- **Sondeo nº3**

Entre 0'00 y 5'90 m. Relleno antrópico de gravas, gravillas y abundante materia orgánica. A base y techo hay cascotes, restos industriales.

Entre 5'90 y 10'00 m. Gravas, gravillas y bolos, con matriz arenosa blanquecina.

- **Sondeo nº4**

Entre 0'00 y 0'30 m. Terreno vegetal limo-arenoso, marrón claro, con cantos de tamaño grava-gravilla.

Entre 0'30 y 6'00 m. Gravas, gravillas y bolos, con matriz arenosa blanquecina.

- **Sondeo nº5**

Entre 0'00 y 1'60 m. Relleno antrópico blanquecino de cantos de tamaño grava-gravilla.

Entre 1'60 y 4'60 m. Gravas, gravillas y bolos, con matriz arenosa blanquecina.

- **Sondeo nº6**

Entre 0'00 y 0'30 m. Terreno vegetal limo-arenoso, marrón claro, con cantos de tamaño grava-gravilla.

Entre 0'30 y 4'00 m. Gravas, gravillas y bolos, con matriz arenosa blanquecina.

3.1.2. Ensayo de penetración dinámica estándar (S.P.T.)

Para resolver aquellos problemas de consecución de muestras en terrenos arenosos y el reconocimiento de estos se realiza el ensayo de penetración estándar (S.P.T.).

La resistencia a la penetración estándar se define como el número de golpes necesario para que el golpeo de la maza de 63'5 (\pm 0'5) kg de masa en la cabeza del varillaje, cayendo desde una altura de 760 (\pm 10)mm, consiga que el tomamuestras penetre 300 mm después del descenso inicial debido al propio peso del equipo y tras la denominada penetración de asiento.

Se utiliza habitualmente un tomamuestras de tipo bipartido. Este tomamuestras tiene 51 mm de diámetro exterior y 35 mm de interior.

En suelos con gravas la zapata es sustituida a veces por una zapata cónica de acero macizo de 51 mm de diámetro y 60° de ángulo cónico. En estos casos deberá indicarse esta sustitución en el registro del ensayo.

El dispositivo de golpeo utilizado es el denominado martillo de seguridad, que es un dispositivo automático que garantiza que la energía transferida al varillaje sea la misma en todos los golpes y ensayos, con una frecuencia de golpeo uniforme.

El rechazo se obtendrá cuando se alcancen 50 golpes en la penetración de asiento o en cualquiera de los dos intervalos de 150 mm, en cuyo caso se anotará la penetración alcanzada en cada ensayo.

El ensayo debe realizarse sin interrupción y con una frecuencia de golpeo inferior a 30 golpes por minuto.

La muestra obtenida con el tomamuestras bipartido se coloca en recipientes herméticos identificados por etiquetas.

Sondeo <i>n</i> ^o	Prof. <i>m</i>	Nº de golpes				Litología
		<i>N</i> ₁₅	<i>N</i> ₁₅	<i>N</i> ₁₅	<i>N</i> ₃₀	
1	1'60-2'10	21	31	43	74	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
	3'20-3'40	46	Rzo.	--	Rzo.	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
	4'60-5'20	23	33	38	71	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
	6'40-7'00	30	27	44	71	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
2	1'50-1'60	Rzo.	--	--	Rzo.	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
	3'00-3'25	37	Rzo.	--	Rzo.	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
	4'50-4'60	Rzo.	--	--	Rzo.	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
	6'40-6'80	18	46	Rzo.	Rzo.	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
3	1'50-2'10	5	4	4	8	Relleno antrópico
	3'00-3'60	5	3	3	6	Relleno antrópico
	4'80-5'40	17	14	11	25	Relleno antrópico
	7'00-7'60	21	21	10	31	Relleno antrópico
	9'00-9'40	34	38	Rzo.	Rzo.	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa

4	2'00-2'60	26	24	22	46	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
	4'00-4'60	16	17	20	37	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
5	2'00-2'60	27	34	37	71	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
	4'20-4'60	21	47	Rzo.	Rzo.	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
6	2'00-2'40	16	23	Rzo.	Rzo.	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa
	3'60-4'00	31	40	Rzo.	Rzo.	Gravas, gravillas y bolos con matriz arenosa

Tabla 1. Ensayos S.P.T. y correspondientes resultados (Fuente: Propia)

Nota: Rzo (rechazo) indica que la penetración no puede continuar debido a la alta resistencia del terreno.

3.1.3. Ensayo de penetración dinámica tipo Borro's

El ensayo de penetración dinámica tipo Borro's no tiene como tal una norma estricta, si bien se asimila el ensayo a la Prueba de Penetración Dinámica Pesada, regulada por la norma UNE 103802, y que básicamente es similar en cuanto a la dinámica del ensayo, aunque varían las características de la puntaza, de la altura y peso de la maza

El ensayo continuo de penetración dinámica consiste en medir la resistencia del terreno a la penetración de una punta de hierro maciza en el extremo de una varilla que se hincan en el terreno mediante el golpeo de una maza en caída libre.

Para evitar que el varillaje se roce con el suelo lo más posible, tiene un diámetro inferior al de la puntaza.

En el ensayo tipo Borro's la puntaza es prismática, de base cuadrada, con un área de 16 cm², una altura de 20 cm y terminada en una pirámide de altura 4 cm y ángulo de 45° en el vértice. El varillaje tiene un diámetro de 32 mm y la maza tiene un peso de 65 Kg. y se deja caer desde una altura de 50 cm.

El número de golpes que se necesitan para clavar una varilla de 20 cm indica la resistencia del terreno a la penetración dinámica. n₂₀ será el símbolo de este número de golpes.

En los equipos utilizados se dispone de martillo de seguridad, dispositivo que permite izar la maza y liberarla siempre a la misma altura, en caída libre por la guiadera, garantizando así la uniformidad en la energía de golpeo y en la frecuencia.

La descripción de la realización del ensayo se encuentra en la norma UNE 103809:2023.

Resultados obtenidos:

<i>Ensayo n°</i>	<i>Profundidad (m)</i>	<i>N° golpes (N₂₀)</i>		<i>Resist. dinám. en punta (kp/cm²)</i>	
		<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
1	0'00-0'20	--	13	--	135
	0'20-1'20	17	Rzo.	180	>500
2	0'00-0'60	13	17	115	180
	0'60-3'20	3	8	30	65
	3'20-4'20	36	Rzo.	290	>500
3	0'00-0'80	13	14	135	150
	0'80-1'60	6	9	60	85
	1'60-2'20	20	Rzo.	195	>500
4	0'00-0'20	--	13	--	140
	0'20-1'00	33	Rzo.	355	>500
5	0'00-0'40	12	13	130	140
	0'40-2'80	15	48	150	>500
	2'80-4'00	6	12	50	100
	4'00-4'60	21	Rzo.	150	>500
6	0'00-1'00	18	Rzo.	195	>500
6b	0'00-1'00	15	Rzo.	160	>500

Tabla 2. Ensayo tipo Borro's y correspondientes resultados. (Fuente: Propia)

Nota: Rzo (rechazo) indica que la penetración no puede continuar debido a la alta resistencia del terreno.

Todos los ensayos a profundidades variables han demostrado rechazo a la penetración están entre 1,20 metros (pd-1), 4,20 metros (pd-2), 2,20 metros (pd-3), 1,00 metros (pd-4, pd-6, pd-6b), 4,60 metros (pd-5).

3.1.4. Nivel freático

En los sondeos realizados no se ha detectado nivel de agua, aunque pueden aparecer puntualmente, pequeños rezumes de agua.

Estos rezumes pueden ser debidos a la diferencia de permeabilidad del material y se presentan en pequeñas bolsadas, por lo que, en caso de aparecer, no tendrán influencia en las cimentaciones.

3.2. Ensayos de laboratorio y correlaciones posteriores

Los ensayos de laboratorio para suelos tienen como finalidad de caracterizar geotécnicamente los distintos tipos de materiales que se describen en el reconocimiento del terreo, realizado en la campaña geotécnica.

Una vez que las muestras llegaron al laboratorio, fueron analizadas por personal especializado y agrupadas de manera conveniente. Estas muestras de los materiales que se atravesaron en los sondeos fueron sometidas a pruebas siguientes:

- a). Análisis granulométrico por tamizado (UNE-103101).
- b). Determinación de los límites de Atterberg para poderlas clasificarlas por el procedimiento de Casagrande (UNE-103103/4).
- c). Determinación de la humedad natural (UNE 103300).
- d). Determinación de la densidad aparente (UNE-7045).
- e). Determinación del contenido en sulfatos solubles (UNE 103201).
- f). Determinación del contenido en materia orgánica (UNE-103204).

Resultados obtenidos:

<i>Sondeo</i> <i>n°</i>	<i>Prof.</i> <i>(m)</i>	<i>Clasific.</i> <i>Casagran.</i>	Finos <0'08 mm <i>(%)</i>	<i>LL</i> <i>(%)</i>	<i>LP</i> <i>(%)</i>	<i>IP</i>	<i>H_n</i> <i>(%)</i>	<i>r</i> <i>(g/cm³)</i>	<i>SO₄</i> <i>(mg/kg)</i>	<i>M.O.</i> <i>(%)</i>
2	3'00-6'80	GW-GM	9,8	NO	NO	NP	--	--	<1200	--
3	1'50-2'10	--	--	--	--	--	7,5	--	9240	2,85
4	3'40-6'00	GW-GM	11,5	NO	NO	NP	--	--	--	--

Tabla 3. Características geotécnicas del suelo (Fuente: Propia)

4. Análisis de datos

4.1. Identificación de los materiales del suelo

Después de obtener el análisis geológico previo y los hallazgos de los ensayos de campo, se encuentra un área formada principalmente por dos niveles que se muestran en el perfil litológico adjunto y se detallan a continuación:

- **NIVEL I**

Consta de gravas, gravillas y abundante matriz orgánica, a base y techo se localizan restos de cascotes.

Este nivel presenta una potencia variable entre 1'60 (S-5) y 5'90 metros (S-3), sin que se detecte en el resto de los sondeos.

En el reconocimiento efectuado se ha podido constatar cierta morfología en el terreno, lo que unido a la variación de espesores de este relleno nos hace pensar que esta zona fue una antigua extracción de gravas, cuyo hueco generado fue rellenado posteriormente con residuos, que son los localizados en el reconocimiento. La delimitación en planta de este relleno en base a los sondeos realizados se refleja en el croquis del anejo I.

El porcentaje en sulfatos solubles (expresado como SO_4) determinado en laboratorio dio un valor de 9240 ppm, lo que lo clasifica como de agresividad media (exposición Q_b) frente al hormigón, según la instrucción EHE.

Estos materiales presentan un contenido en humedad natural determinada en laboratorio del 7,5%. El contenido en materia orgánica determinada en laboratorio dio un valor del 2,85%.

- **NIVEL II**

Constituido por bolos, gravas y gravillas con matriz arenosa. A parece a una profundidad variable entre 0'20-0'30 m (S-2, S-4 y S-6) y 5'90 m (S-3) en los sondeos realizados.

Se describen granulométricamente como “gravas y arenas con finos limosos no plásticos” (GW-GM según criterios de Casagrande), con un porcentaje de finos menores de 0'08 mm del 9,8-11,5%, que no presentan límites de Atterberg.

Estos materiales pertenecen a los depósitos de terraza del río Ebro típicos en esta zona.

El porcentaje de sulfatos solubles (expresado como SO_4) determinado en laboratorio dio un valor inferior a 1200 que según las instrucciones de EHE, no es agresivo con el hormigón, no siendo necesario el uso de cemento sulfuresistente para la fabricación de hormigón.

Desde el punto de vista resistente este material se caracteriza a partir de los ensayos de penetración dinámica estándar (S.P.T.), que dieron valores de rechazo a todas las profundidades ensayadas, excepto 5 ensayos donde se obtuvieron valores de N_{30} variables entre 46 y 74.

No obstante, para el cálculo de los parámetros geotécnicos que caracterizan este nivel (densidad relativa, ángulo de rozamiento y módulo de deformación), consideramos un valor medio de $N_{30} = 50$ golpes (establecido como valor representativo de este material), y un valor de densidad $\rho = 2,0 \text{ g/cm}^3$.

4.2. Clasificación del terreno

Los parámetros de cada estrato del terreno se determinan a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio, lo que llevará a un estudio de soluciones y al diseño más adecuado del sistema de contención para la excavación, que es el tema de estudio de este proyecto.

La siguiente tabla contiene los parámetros necesarios para cada nivel de terreno:

NIVEL	Potencia (m)	Prof. Base (m)	Descripción litológica	E (kN/m ²)	ϕ (°)	ρ (g/cm ³)
I	$\leq 5,90$	$\leq 5,90$	Relleno limoso de gravas y cascotes	—	—	1,7(*)
II	$>6,70$	—	Gravas y arenas limosas (GW-GM)	400-425	38-39	2,0(*)

Tabla 4. Parametrización del terreno (Fuente: Propia)

(*) valor estimado

4.3. Perfil litológico

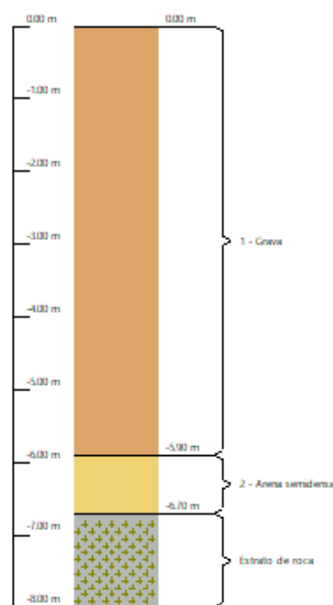


Figura 6. Perfil de litología
(Fuente: Propia)

5. Conclusiones y recomendaciones

Según los hallazgos, además de las características del terreno, se debe considerar lo siguiente:

- No se detectó nivel de agua en los sondeos realizados, alcanzándose una profundidad máxima de 10'00 m.
- Según la instrucción EHE, el contenido de sulfatos solubles (SO₄) en laboratorio fue inferior a 1200 ppm, lo que clasifica al terreno natural como no agresivo hacia el hormigón. Como resultado, los elementos de la obra que están en contacto con el terreno natural no requieren cementos sulforresistentes.
- El perfil del terreno atravesado consta fundamentalmente de 2 niveles litológicos descritos
- anteriormente, siendo Nivel I constituido por gravas, gravillas y abundante matriz orgánica, y un Nivel II constituido por bolos, gravas y gravillas con matriz arenosa.



Anejo II

Estudio de alternativas

ÍNDICE

1. Introducción
2. Descripción de alternativas
3. Posibles alternativas
4. Análisis multicriterio
 - 4.1. Método PATTERN
 - 4.1.1. Metodología por seguir
 - 4.1.2. Criterios de evaluación
 - 4.1.3. Asignación de pesos
 - 4.1.4. Evaluación de alternativas
 - 4.1.5. Ponderación
 - 4.2. Análisis de sensibilidad
5. Solución seleccionada

1. Introducción

En el presente anejo corresponde al desarrollo detallado las alternativas a considerar para el sistema de contención para la excavación del sótano del edificio residencial. Por un lado, se plantearán las alternativas, y por otro lado se evaluarán los aspectos positivos y negativos de cada uno, y luego se llevará a cabo un análisis multicriterio para determinar el sistema de contención más adecuado para usar.

2. Descripción de las alternativas

Para llevar a cabo la descripción de las alternativas a considerar, se recalca que hay varios tipos de sistemas de contención dependiendo del caso que se trate, además, éstos se reúnen en dos grupos siendo, un grupo sistemas de contención sin estructura de contención provisional, y el otro grupo consta con una estructura de contención provisional.

Para este caso del edificio residencial en el municipio de Gallur, no se han considerado ciertos sistemas de contención con o sin estructura provisional ya que, o requieren que no haya sollicitaciones de cimentaciones colindantes como es la excavación mediante bermas o el método berlinés, o que invadan el solar colindante o si existen cimentaciones contiguas como es el suelo armado (Soil Nailing), entre otros.

Para llevar a cabo la excavación de un sótano en un edificio residencial, se discutirán las opciones de sistemas de contención disponibles, y son:

- **Alternativa 0:** No realizar ninguna actuación.

La alternativa 0, debido a las condiciones del terreno y los factores externos que afectan el solar, el terreno podría derrumbarse y causar daños a los edificios y vías colindantes si no se pudiera disponer de un sistema de contención y se realizara la excavación directamente.

- **Alternativa 1:** Muro de sótano mediante bataches.

En esta alternativa, se utiliza un muro de sótano convencional mientras se realiza la excavación por bataches, lo que permite la contención definitiva del terreno mientras se excava.

El terreno donde se llevaría a cabo la construcción del muro debería compactarse para aumentar la estabilidad del terreno, ya que es granular y está formado por rellenos limosos de gravas y cascotes, así como por arenas limosas.

La excavación por bataches es una técnica que permite vaciar un terreno por fases. Primero se eliminarían las tierras en el centro del terreno, lo que dejaría una berma perimetral de 3 metros de profundidad. Después, se excavaría en diferentes áreas, con el batache como excavación vertical entre dos espaldones que protegerían el terreno de la caída.

Los bataches se cubrirán con los muros del sótano una vez que se descubran. Para llevar a cabo la excavación, se utilizarán las antiguas Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) del Ministerio de la Vivienda, las cuales indican las dimensiones ideales de los bataches.

Aunque están en desuso, estas normas se pueden usar como referencia para las magnitudes a considerar.

Según la NTE:

- El batache debe tener una anchura (E) de 2 metros y una altura (H_E) de 3 metros.
- La berma superior del espaldón (B) debe ser mayor a la mitad de la anchura (E) del batache para garantizar que el espaldón sea lo suficientemente resistente para soportar el peso del terreno
- Para evitar la caída del espaldón, la distancia entre la parte inferior del espaldón y el paramento vertical (A) debe ser mayor que su altura (H_E).
- Además, la anchura del espaldón (N_E) debe ser mayor que la anchura del paramento vertical (A), lo que proporcionará más apoyo.

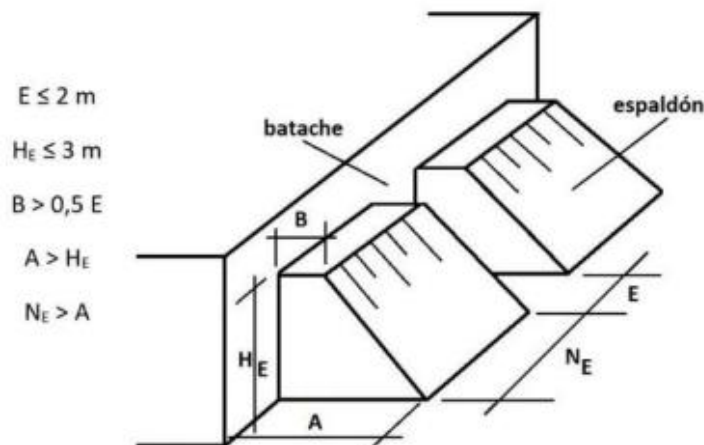


Figura 1. Sistema de excavación por bataches, con condiciones impuestas por NTE-CCT (Fuente: Blog Víctor Yepes)

- **Alternativa 2:** Tablestacas

Esta alternativa se basa en el uso de pantallas de tablestacas de acero como sistema de contención. Las tablestacas se utilizan ampliamente debido a su resistencia, durabilidad, bajo peso y capacidad de reutilización.

El proceso de construcción se basa en hincar la tablestaca y dejarla empotrada en el terreno. Una vez hincada y a medida que se realiza la excavación, la tablestaca empieza a absorber los empujes que genera el terreno y el agua (en caso de que haya), y los transmite a través de la longitud de la tablestaca.

El terreno del solar de este estudio está compuesto por relleno limoso de gravas y cascotes, así como por una capa de gravas y arenas limosas que deben atravesarse a una profundidad de 5,90 metros y una excavación de 3 metros. Como el suelo es granular y sería difícil utilizar una hinca por vibración o percusión, se decide utilizar una hinca hidráulica que utiliza chorros de agua.

- **Alternativa 3:** Muro pantalla

Esta opción se basa en la ejecución de muros de pantalla de hormigón in situ. Estos muros, según el Código Técnico de Edificación (CTE-DB-SE C), se utilizan en excavaciones verticales cuando el terreno, los edificios u otras estructuras cimentadas en las inmediaciones de la excavación no serían estables sin sujeción, o si se trata de eliminar estas filtraciones de agua a través de los taludes de la excavación, eliminar o reducir las posibles filtraciones a través del fondo de la excavación, o garantizar que la excavación sea estable frente a los fenómenos de sifonamiento.

Antes de la excavación, se construyen muros de contención que absorben los empujes tanto laterales como verticales y permiten la excavación segura del terreno frente al colapso y la entrada de agua. La pantalla tiene un espesor constante y relativamente pequeño (entre 450 y 1000 mm).

Se puede dividir el proceso de construcción en las siguientes etapas: construcción del murete guía, excavación de la zanja con lodos tixotrópicos, colocación de juntas o encofrados laterales, colocación de armadura, hormigonado, construcción de la viga de coronación y excavación del recinto exterior.

Se recalca que los sondeos realizados no se ha detectado nivel de agua, aunque pueden aparecer puntualmente, pequeños rezumes de agua.

Estos rezumes pueden ser debidos a la diferencia de permeabilidad del material y se presentan en pequeñas bolsadas, por lo que, en caso de aparecer, no tendrán influencia en las cimentaciones.

3. Posibles alternativas

Se ha realizado una serie de comparaciones para desarrollar las posibles alternativas, lo que facilita y permite visualizar las ventajas y desventajas de cada una. Esto proporciona la base para llevar a cabo el análisis multicriterio.

Cabe destacar la alternativa 0 que no se ha tenido en cuenta, ya que inicialmente no se ha considerado como una opción.

A continuación, se presenta las comparaciones:

Alternativa 0: No realizar ninguna actuación.

Alternativa 1. Muro de sótano por bataches

- **Ventaja:** Es la alternativa menos costosa.
- **Desventajas:** Debido a que el terreno es poco compacto, es necesario aplicar algún método de mejora para evitar que los bataches se derrumben. Al hacer bataches en suelos sin cohesión, es inseguro. Se debe bajar el nivel freático antes de comenzar a construir, ya que esto podría tener un impacto en los edificios y los viales cercanos.

Alternativa 2. Tablestacas

- **Ventajas:** No permite que el suelo se derrumbe encima de la excavación. Podrían usarse bajo el nivel freático. Como pesa poco, es fácil de manejar. Son reparables.
- **Desventajas:** Es costoso en términos económicos. Se oxidan con facilidad. Las cimentaciones colindantes pueden verse afectadas por su hinca.

Alternativa 3. Muros pantalla

- **Ventajas:** Evita que el suelo se derrumbe encima de la excavación. Podrían edificarse bajo el nivel freático. Permite la excavación de sótanos a profundidades significativas. Fácilmente construible. No tiene efecto sobre las cimentaciones próximas.
- **Desventajas:** Su coste económico es elevado.

4. Análisis multicriterio

Se han creado dos métodos para llevar a cabo este apartado. El primero es el método PATTERN o análisis de preferencias, y el segundo es un análisis de sensibilidad. Dichas dos técnicas se describen a continuación.

4.1. Método PATTERN

Este es un enfoque cuantitativo de análisis de decisiones que compara opciones basándose en una variedad de criterios. Este enfoque asigna pesos a cada criterio en función de su importancia relativa, y luego asigna puntuaciones a cada alternativa en función de cómo se desempeñó en cada criterio. Entonces, las alternativas se comparan en función de su puntuación total.

4.1.1. Metodología por seguir

El desarrollo del proceso siguiente es la base de la metodología de análisis:

1. Determinar los criterios más apropiados para seleccionar un sistema de contención.
2. La importancia relativa de cada criterio se indica con pesos.
3. Evaluaciones consideradas.
4. Analizar las opciones.

4.1.2. Criterios de evaluación

Los criterios para evaluar cada alternativa se citan a continuación:

- Seguridad: Riesgo de daño que los trabajadores pueden sufrir durante el trabajo.
- Rapidez: Tiempo de ejecución de la obra.
- Economía: El costo total de la construcción del proyecto.
- Conservación: Mayor tiempo de conservación y menor costo de mantenimiento.
- Impacto ambiental: Emisiones y residuos generados por la obra.
- Efectos externos: Existe la posibilidad de causar daño a los componentes estructurales cercanos

4.1.3. Asignación de pesos

Cada criterio recibe un peso para demostrar su importancia en la decisión final de la Tabla 1, siendo el peso más alto el de mayor relevancia. La suma de todos los pesos da la puntuación final. Para calcular los pesos, se ha considerado que el factor más limitante es el precio de la obra, seguido por los factores estratégicos para evitar dañar las edificaciones colindantes en cualquier medida. La seguridad, la rapidez y la conservación son requisitos igualmente importantes, y en este caso, el impacto ambiental será el más limitante.

Criterios	Peso
Economía	0,5
Seguridad	0,25
Factores externos	0,2
Rapidez	0,15
Conservación	0,10
Impacto ambiental	0,10

Tabla 1. Asignación de pesos (Fuente: Propia)

4.1.4. Evaluación de alternativas

Cada criterio se evaluará para cada sistema de contención en una escala de 1 a 10, donde 1 es muy deficiente, 5 es aceptable y 10 es excelente. Por lo tanto, se crea una matriz de evaluación para cada sistema en función de cada criterio, en el caso de que el impacto ambiental sea considerado como el menos restrictivo.

Alternativas	Economía	Seguridad	Factores Externos	Rapidez	Conservación	Impacto ambiental	Total
Alternativa 1	8	3	4	4	7	7	33
Alternativa 2	6	7	2	8	3	4	30
Alternativa 3	3	8	9	7	8	5	40

Tabla 2. Evaluación de alternativas (Fuente: Propia)

4.1.5. Ponderación

Para ponderar, las puntuaciones de cada sistema se multiplican por los pesos que se asignan a cada criterio, y con la suma de los productos, se obtiene una puntuación ponderada para cada sistema en función de todos los criterios.

Puntuaciones:

$$\text{Alternativa 1: } 0,50 \cdot 8 + 0,25 \cdot 3 + 0,20 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,10 \cdot 7 + 0,10 \cdot 7 = 7,55$$

$$\text{Alternativa 2: } 0,50 \cdot 6 + 0,25 \cdot 7 + 0,20 \cdot 2 + 0,15 \cdot 8 + 0,10 \cdot 3 + 0,10 \cdot 4 = 7,05$$

Alternativa 3: $0,50 \cdot 3 + 0,25 \cdot 8 + 0,20 \cdot 9 + 0,15 \cdot 7 + 0,10 \cdot 8 + 0,10 \cdot 5 = 7,65$

Por lo tanto, se concluye que la alternativa más viable es la 3, muro pantalla.

5. Solución adoptada

Finalmente, se ha llegado a la conclusión de que la mejor opción es utilizar un sistema de contención previo a la excavación mediante muros de hormigón pantalla in situ. Esto evita el daño a las cimentaciones y vías próximas a la parcela donde se llevará a cabo la obra. Además, se ha evaluado previamente cada opción según los criterios establecidos.



Anejo III
Diseño geotécnico de la
solución seleccionada



ÍNDICE

1. Introducción
2. Dimensionamiento del muro en CYPE
3. Comprobaciones geotécnicas
 - 3.1. Normativa
 - 3.2. Estabilidad
 - 3.2.1. Estabilidad global
 - 3.2.2. Estabilidad del fondo de la excavación
 - 3.2.3. Estabilidad de la propia pantalla
 - 3.2.4. Estabilidad de las edificaciones colindantes
4. Conclusiones

1. Introducción

El dimensionamiento del muro pantalla se incluye en el presente anejo. A través del uso del software CYPE, se realizan las comprobaciones geotécnicas requeridas por el muro, tanto de manera analítica como con la ayuda del software.

2. Dimensionamiento del muro en CYPE

Se utilizará una nueva obra con un asistente de muros para realizar el dimensionamiento del muro pantalla de hormigón armado utilizada en la construcción:

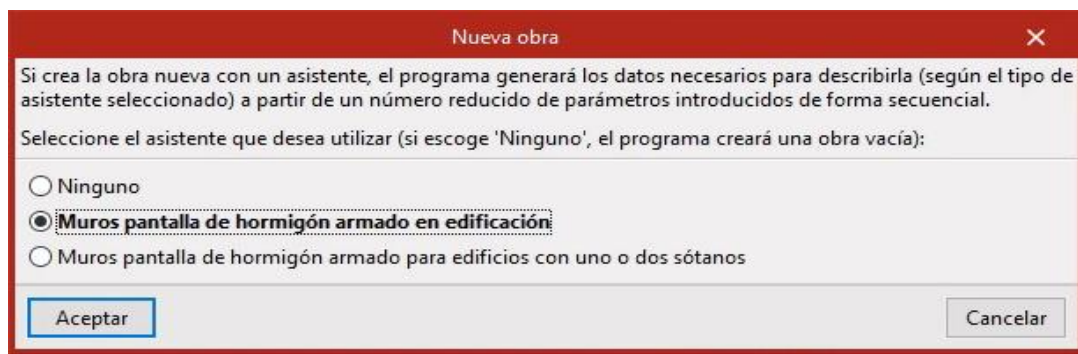


Figura 1. Asistente para emplear el software CYPE (Fuente: CYPE)

Los datos que se introdujeron en el software para las fases de construcción y servicio se describen a continuación por pasos:

1º. Datos generales:

Se ha dispuesto que la profundidad sea de 3 metros debido a que se trata de un solo sótano.



Figura 2. Datos generales del software CYPE (Fuente: CYPE)

2º. Terreno:

- En cuanto al nivel freático, como se ha comentado anteriormente no se ha detectado presencia de agua, por lo que no se marca la casilla.
- Luego se establecen las cotas de cada estrato, relleno limoso de gravas y cascotes, y gravas y arenas limosas (GW-GM) y estrato rocoso hasta la cota -6.70 metros. Posteriormente, los parámetros se cambiarán porque el software inicialmente crea parámetros estándar para cada suelo.
- Dado que el terreno donde se ejecutarán los muros está rodeado de edificios y vías colindantes, el edificio de 2 plantas es el más limitante, lo que implica que tendrá una sobrecarga al terreno de 10 kN/m² por planta.



Figura 3. Características del terreno en software CYPE (Fuente: CYPE)

3º. Etapas intermedias:

Se han utilizado las Normas Tecnológicas de Edificación (NTE-CCP) para cimentaciones y contenciones para pantallas durante las etapas de excavación. Aunque estas normas estén en desuso, todavía sirven como recomendaciones. Según estas normas, para la excavación de un sótano, primero se excava hasta una profundidad de 1,00 metro. Posteriormente, se coloca un apoyo provisional; en este caso, ha sido un puntal cada 0,50 metros de separación.



Figura 4. Etapas intermedias de excavación en software CYPE (Fuente: CYPE)

4º. Forjados (Fases de construcción):

Los cantos de forjados siguientes se han dispuesto como primera aproximación:

- Forjado 1: Se situará en la cota 0,00 metros y constará de anchura 30 cm.
- Forjado 2: Se situará en la cota -2,70 metros y constará de anchura 30 cm.

Dado que ninguno de los forjados experimentará sobrecargas durante la fase constructiva, la sobrecarga Q será nula.

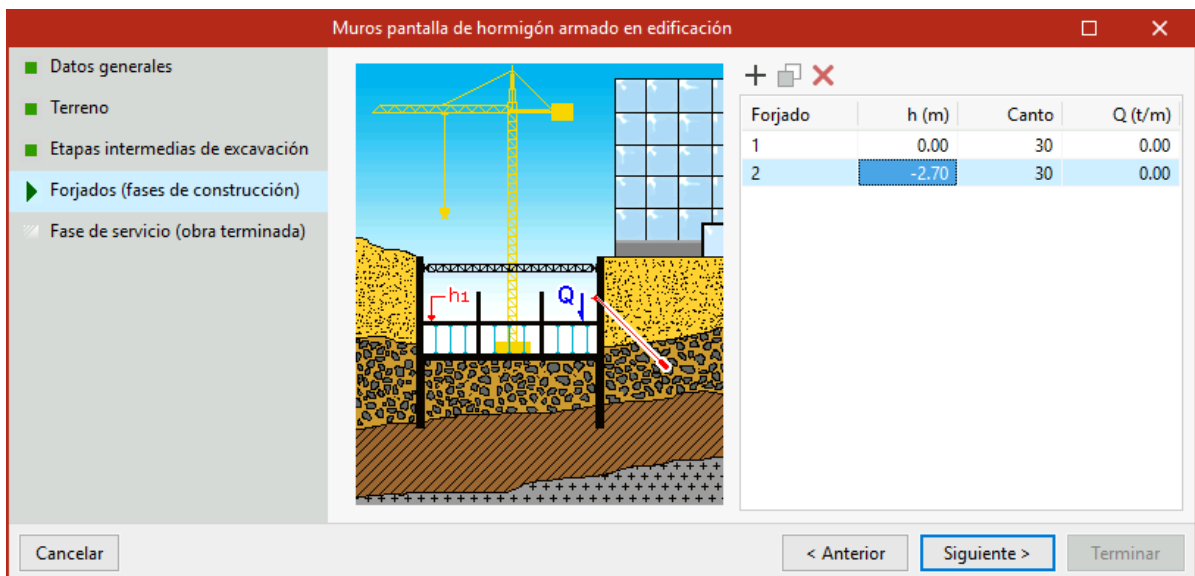


Figura 5. Etapas intermedias de excavación en software CYPE (Fuente: CYPE)

5º. Fase de servicio (Obra terminada):

La carga vertical (N) de esta fase de servicio se obtiene de las plantas superiores de 25 kN/m de carga permanente y 10 kN/m de sobrecarga de uso, lo que da como resultado una carga total de 140 kN/m que el muro debe soportar.

Por último, los valores característicos de las sobrecargas de uso de cada forjado se indican en la Tabla 3.1 del Documento Básico de Seguridad en la Edificación, Acciones en la Edificación (CTE-DB-SE-AE) del Código Técnico de la Edificación. Debido a que el programa solicita la carga lineal que llega al muro, el área tributaria debe tenerse en cuenta. para esto, se estima una separación de 5 metros entre los pilares y el área tributaria es de 2,50 metros, por lo que se tiene:

- Forjado 1: La sobrecarga de uso CTE DB SE AE será de 2 kN/m² y la sobrecarga lineal de metro será de 5 kN/m². Será disponible para uso residencial.
- Forjado 2: La sobrecarga de uso CTE DB SE AE será de 2 kN/m² y la sobrecarga lineal de metro será de 5 kN/m². Será disponible para uso residencial.

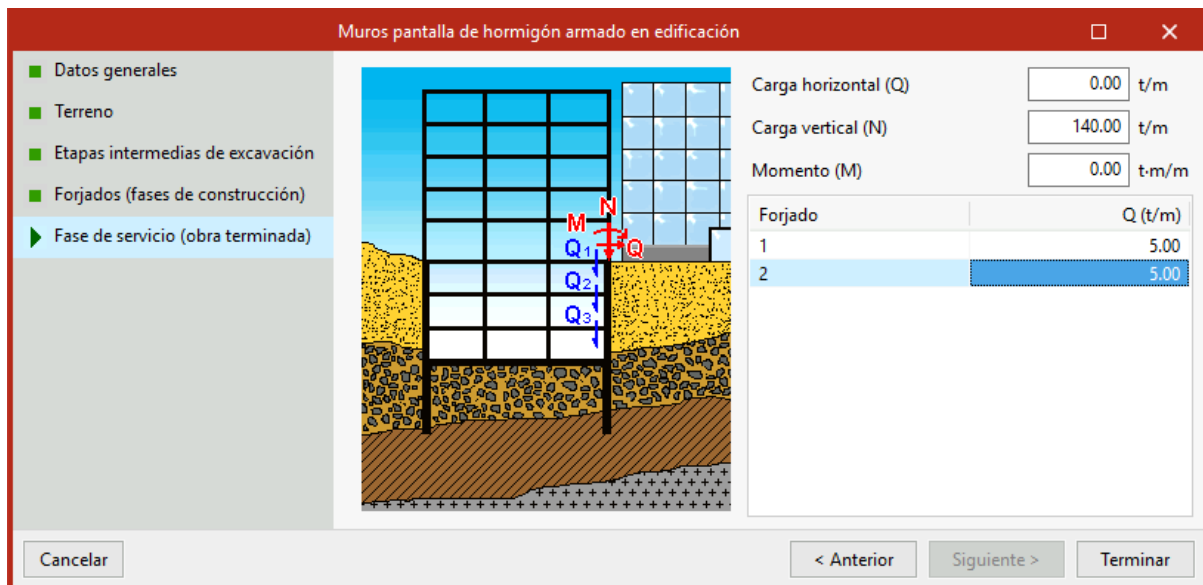


Figura 6. Fase de servicio en software CYPE (Fuente: CYPE)

El software CYPE ejecuta un muro de pantalla de 45 centímetros de ancho y 6,90 metros de altura después de introducir los datos correspondientes anteriores. Sin embargo, los parámetros del terreno no se modifican. Se destaca que el programa empotra el muro en el estrato rocoso porque hay uno. Sin embargo, las dimensiones obtenidas pueden ser modificadas y verificadas nuevamente para asegurarse de que cumplan con las comprobaciones realizadas por cypacad.

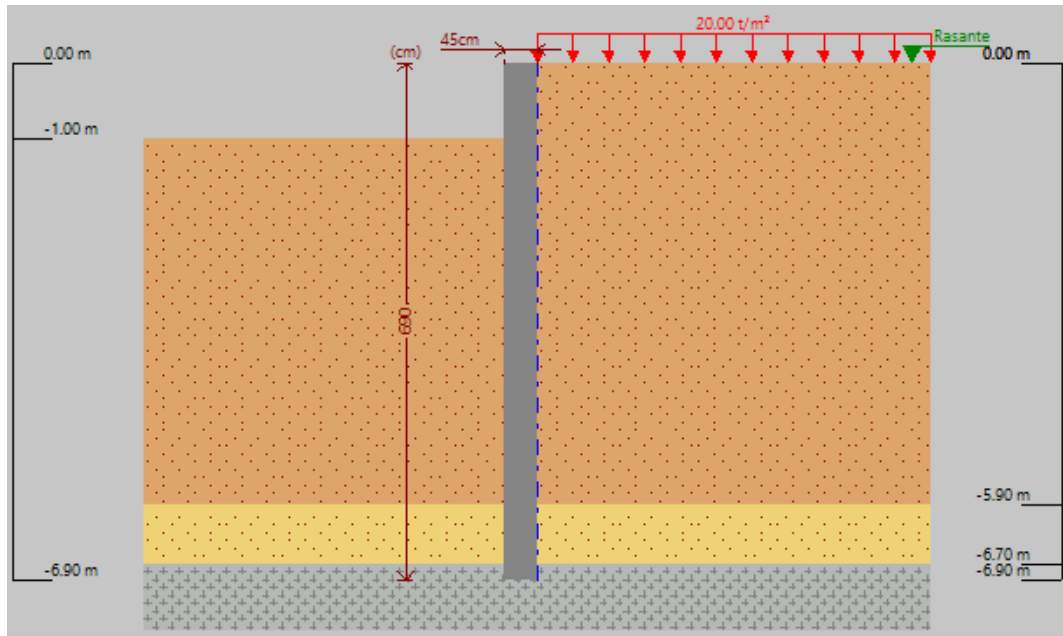


Figura 7. Dimensionamiento del muro en software CYPE (Fuente: CYPE)

La selección completa de listas generadas por el software propio se muestra en el Anejo IV (Resultados software CYPE). Esta incluye las fases esquematizadas del proceso de construcción, sus resultados y las verificaciones realizadas. El siguiente apartado utilizará estas verificaciones.

3. Comprobaciones geotécnicas

3.1. Normativa

Se utiliza el Código Técnico de Edificación (CTE) como se indicó anteriormente para verificar las siguientes estabilidades. Luego, se consulta el documento Básico de Seguridad Estructural y Cimientos (DB SE-C). Las comprobaciones analizadas se muestran a continuación:

3.2. Estabilidad

Según indica el CTE, las comprobaciones para la estabilidad de una pantalla de contención, se deben realizar para la situación pésima para cada una de ellas, y para cada una de las fases de excavación y construcción del edificio, a no ser que la estabilidad en una fase determinada implique necesariamente la estabilidad en otros con un mayor coeficiente de seguridad, por lo que, en ese caso, se podrá prescindir de las comprobaciones correspondientes a éstas.

Se llevarán a cabo las comprobaciones geotécnicas siguientes para garantizar la estabilidad del muro de pantalla conforme a CTE DB SE-C.

3.2.1. Estabilidad global

El CTE establece que el conjunto de la estructura y la pantalla pueden fallar mediante un mecanismo de rotura aún más profundo que la pantalla, o que no siendo tan profundo pudiera cortar a ésta, por lo tanto, debe comprobarse que la seguridad al deslizamiento a lo largo de la superficie pésima posible, que incluya en la masa deslizante a la pantalla completa y a sus elementos de sujeción, no es inferior al establecido.

Al ser éste un problema común con la estabilidad de los taludes, se utilizó el software CYPE para verificar la estabilidad del círculo de deslizamiento para un factor de seguridad establecido de 1,5.

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Círculo de deslizamiento pésimo): Muro pantalla 1 (Muro pantalla 1)		
Comprobación	Valores	Estado
Círculo de deslizamiento pésimo:		
- Combinaciones sin sismo: <i>Valor introducido por el usuario.</i>	Mínimo: 1.8	
- Excavación hasta la cota: -1.00 m: Coordenadas del centro del círculo (-0.76 m ; 2.76 m) - Radio: 9.38 m:	Calculado: 7.93	Cumple
- Colocación de puntal en la cota -0.50 m: Coordenadas del centro del círculo (-0.76 m ; 2.76 m) - Radio: 9.38 m:	Calculado: 7.93	Cumple
- Excavación hasta la cota: -3.00 m: Coordenadas del centro del círculo (-1.55 m ; 7.88 m) - Radio: 14.50 m:	Calculado: 6.018	Cumple
- Construcción de forjado (Cota: -2.70 m):		No procede ⁽¹⁾
- Construcción de forjado (Cota: 0.00 m):		No procede ⁽¹⁾
- Fase de servicio:		No procede ⁽¹⁾
<i>No es necesario comprobar la estabilidad global (círculo de deslizamiento pésimo) cuando en la fase se ha definido algún forjado.</i>		

Tabla1. Comprobación de estabilidad (Círculo de deslizamiento pésimo) en el software CYPE (Fuente: CYPE)

Es evidente que los valores obtenidos superan significativamente el mínimo establecido. Esto se debe a que el muro está apoyado directamente en el estrato rocoso, lo que reduce la probabilidad de deslizamiento. Además, es importante destacar que, debido a que el muro está arriostrado por los forjados, lo que evita el deslizamiento, no se realiza la comprobación en las fases de construcción de los forjados ni en las fases de servicio.

Los esquemas obtenidos del círculo de deslizamiento se muestran a continuación:

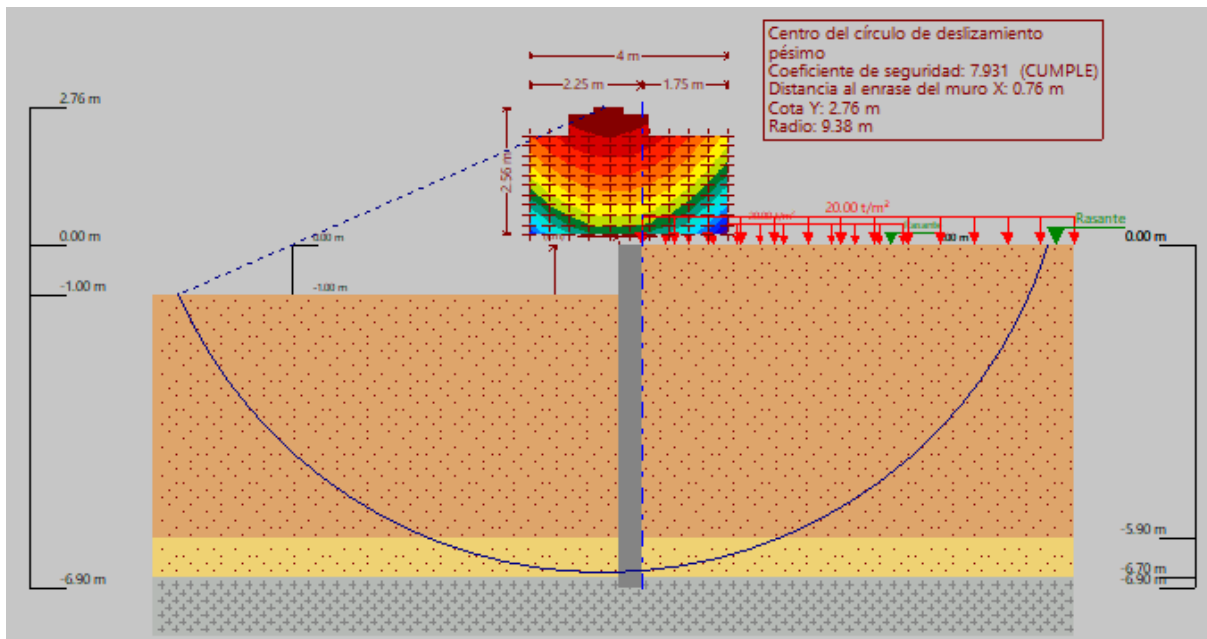


Figura 7. Círculo de deslizamiento pésimo en fase 1 en software CYPE (Fuente: CYPE)

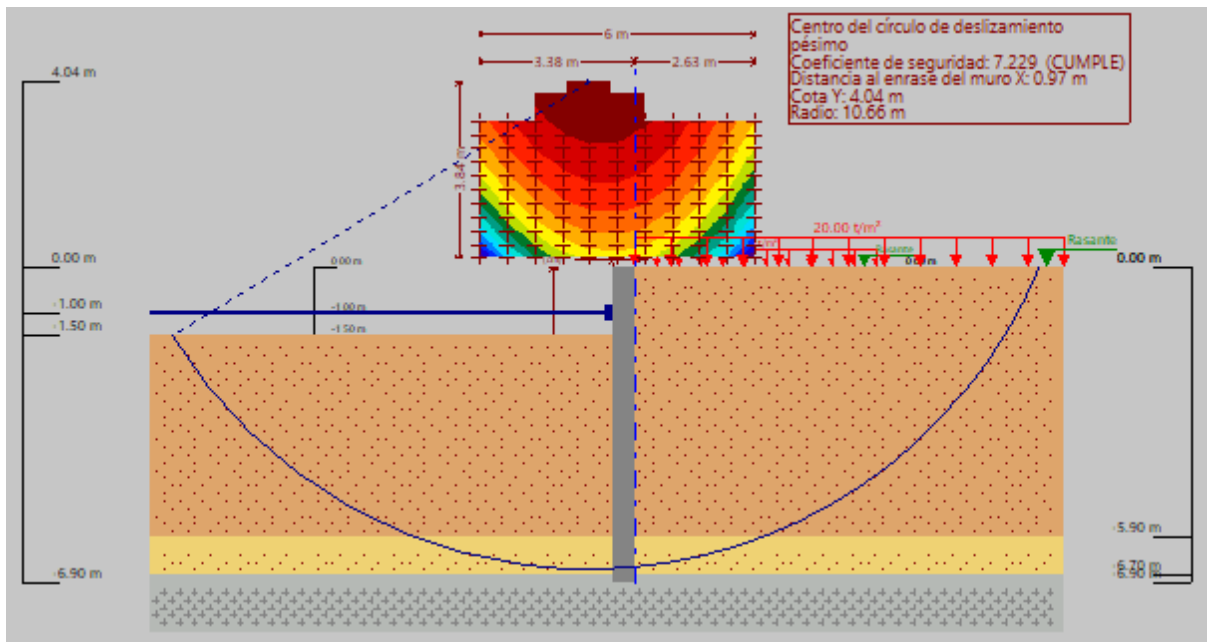


Figura 8. Círculo de deslizamiento pésimo en fase 2 en software CYPE (Fuente: CYPE)

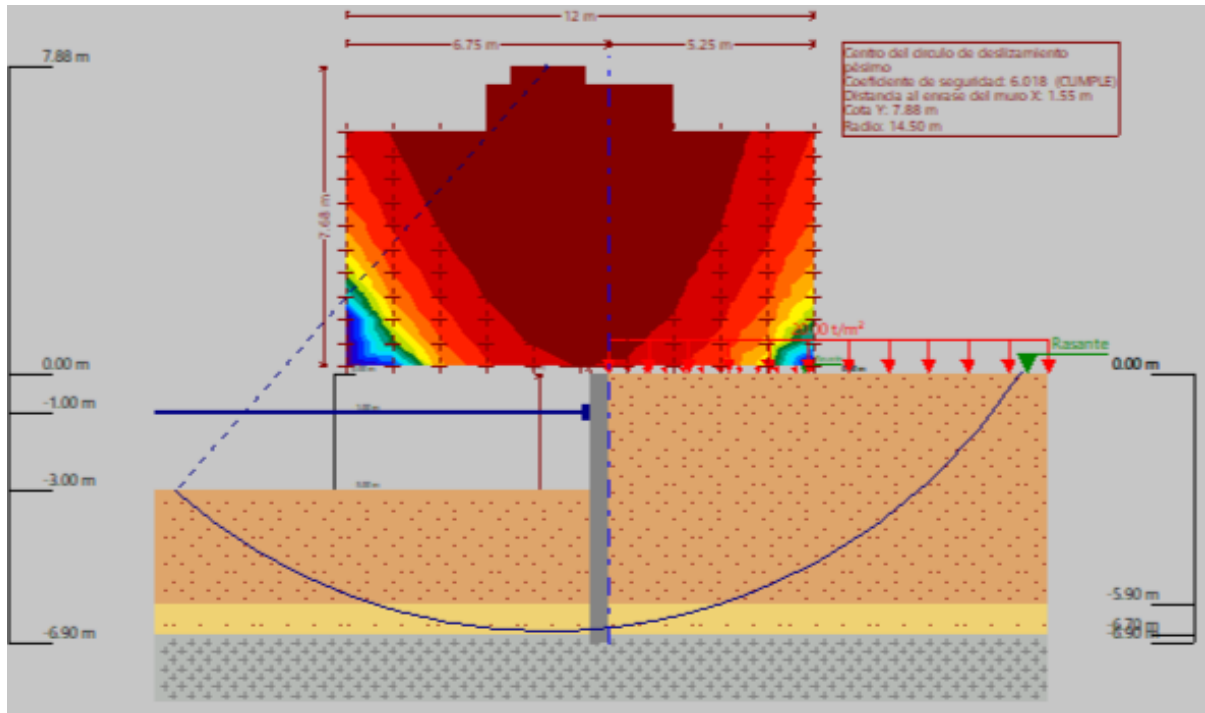


Figura 9. Círculo de deslizamiento pésimo en fase 3 en software CYPE (Fuente: CYPE)

3.2.2. Estabilidad del fondo de la excavación

Se deberá comprobar la seguridad respecto a un levantamiento del fondo de la excavación debido al agotamiento de la resistencia a esfuerzo cortante causado por las presiones verticales del terreno.

Se ha evaluado la estabilidad y se ha llegado a la conclusión de que no será obliatorio realizar un cálculo debido a que el terreno no tiene un suelo cohesivo, lo que evita la rotura y levantamiento de fondo. Además, se ha concluido que no habrá inestabilidad por sifonamiento porque no hay nivel freático en la fase de construcción ni en la de servicio.

3.2.2.1. Rotura y levantamiento de fondo

La rotura de fondo ocurre cuando las tensiones efectivas disminuyen como resultado de la excavación para suelos cohesivos.

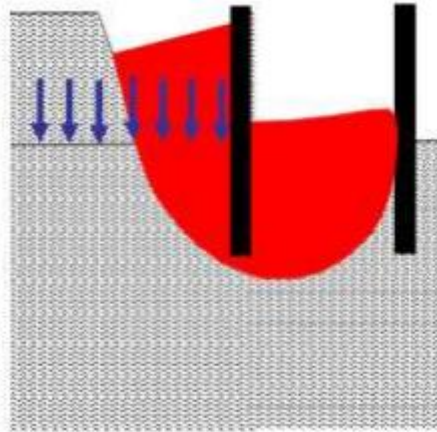


Figura 10. Rotura de fondo. (Fuente: Materia diseño geotécnico de cimentaciones y muros de contención)

El agotamiento de la resistencia a esfuerzo causado por las presiones verticales del terreno provoca el levantamiento de fondo. Cuando existe un estrato impermeable de arcillas sobre otro estrato permeable, esta situación puede ocurrir al excavar y disminuir el nivel freático.

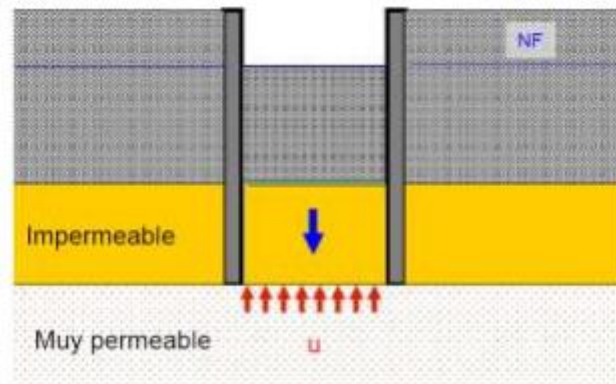


Figura 11. Levantamiento de fondo. (Fuente: Materia de diseño geotécnico de cimentaciones y muros de contención)

En este estudio en específico, dado que en el terreno no existen suelos cohesivos ni se tiene presencia de nivel freático, no es posible que se produzca la rotura y tampoco el levantamiento de fondo.

3.2.3. Estabilidad de la propia pantalla

Según el CTE, en pantallas deben considerarse los estados límite siguientes:

- Rotura por hundimiento.
- Rotura por rotación o traslación del elemento de contención o partes de este.

Además, el CTE indica que se comprobará que los empujes del terreno sobre la pantalla en su trasdós pueden ser equilibrados por los empujes del terreno sobre la parte empotrada de la pantalla por debajo del fondo de la excavación, en su intradós, y por las reacciones de los elementos de sujeción (puntales, codales, forjados, otras pantallas, u otros) y los anclajes, en caso de que los hubiera.

Asimismo, se comprueba que la pantalla resiste el hundimiento porque soporta una carga de trabajo mucho mayor que la carga vertical que le transmite. Esta comprobación se ha realizado de la misma manera que se hace para cimentaciones profundas, primero calculando la resistencia frente a la carga vertical que provoca el hundimiento, tal como:

$$Q_h = Q_p + Q_f$$

En donde:

- Q_h : La resistencia a la carga vertical que provoca la fractura.
- Q_p : La parte de la resistencia esperada de la punta.
- Q_f : El porcentaje de resistencia esperado del fuste.

Luego se aplica un factor de seguridad de 3 para la punta y 1,5 para el fuste para calcular la carga de diseño. Por último, la carga por trabajo del muro se calcula dividiendo la carga de diseño por el peso del muro:

$$Q_{\text{muro}} = Q_d - W$$

Se pueden utilizar una variedad de técnicas para evaluar la estabilidad frente a las roturas por rotación o traslación, incluidos los modelos de tipo Winkler. El muro de pantalla de CYPE utiliza esta técnica. Por lo tanto, la estabilidad se ha verificado con la comprobación de cypecad.

3.2.3.1. Estabilidad frente a empujes

El CTE DB SE-C indica que se pueden utilizar varios métodos para garantizar la estabilidad de la pantalla ante la rotación o traslación, incluyendo métodos basados en modelos de tipo Winkler. Este método se utiliza en varios programas de cálculo de pantallas, especialmente en el programa Muros Pantalla de cypecad, que se ha utilizado previamente. Este método representa la pantalla como una viga elástica sobre muelles con una rigidez específica que representa los efectos del terreno y elementos de arriostramiento.

Los resultados de CYPE que verifican la estabilidad frente a empujes se muestran a continuación:

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): Muro pantalla 1 (Muro pantalla 1)		
Comprobación	Valores	Estado
Producción de empuje Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós: - Hipótesis básica. Excavación hasta la cota: -1.00 m: <i>Valor introducido por el usuario.</i> - Colocación de puntal en la cota -0.50 m: - Excavación hasta la cota: -3.00 m: - Construcción de forjado (Cota: -2.70 m): - Construcción de forjado (Cota: 0.00 m): - Fase de servicio: ⁽¹⁾ Existe más de un apoyo.	Mínimo: 1.67 Calculado: 1.95	Cumple No procede ⁽¹⁾ No procede ⁽¹⁾ No procede ⁽¹⁾ No procede ⁽¹⁾ No procede ⁽¹⁾
Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós: <i>Valor introducido por el usuario.</i> Hipótesis básica: - Excavación hasta la cota: -1.00 m: - Colocación de puntal en la cota -0.50 m: - Excavación hasta la cota: -3.00 m: - Construcción de forjado (Cota: -2.70 m): - Construcción de forjado (Cota: 0.00 m): - Fase de servicio:	Mínimo: 1.67 Calculado: 2.936 Calculado: 2.936 Calculado: 1.679 Calculado: 1.679 Calculado: 1.703 Calculado: 1.703	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Tabla 2. Comprobaciones frente a empujes logrado con software CYPE (Fuente: CYPE)

Como se muestra en la Tabla 2, el muro soporta los empujes del trasdós e intradós porque se han cumplido todas las pruebas.

3.2.3.2. Hundimiento

Se calcula que el muro puede soportar una carga de trabajo mayor que la carga vertical de las plantas superiores para comprobar que es resistente al hundimiento. La carga de diseño del muro pantalla y la carga de hundimiento deben determinarse primero para calcular la carga de trabajo.

1. Tensiones efectivas:

Primero se calculan las tensiones efectivas para cada estrato del terreno que cruzará el muro, ya que se utilizarán para la comprobación por hundimiento en los apartados posteriores.

Terreno	Espesor(m)	γ (kN/m ³)	q_t (kN/m ²)	σ_v (kN/m ²)	u (kN/m ²)	σ'_v (kN/m ²)
Gravas	5,90	20	20	130	0	138
Arenas semidensas	0,8	19	20	153,2	0	153,2

Tabla 3. Tensiones efectivas (Fuente: Propia)

2. Carga de hundimiento:

La resistencia por hundimiento, siguiendo el CTE DB SE-C, es la suma de la resistencia por el fuste y la resistencia por la punta, que se comprueba igual que cualquier cimentación profunda.

$$Q_h = Q_p + Q_f$$

En donde:

Q_h : La resistencia a la carga vertical que provoca la fractura.

Q_p : La parte de la resistencia esperada de la punta.

Q_f : El porcentaje de resistencia esperado del fuste.

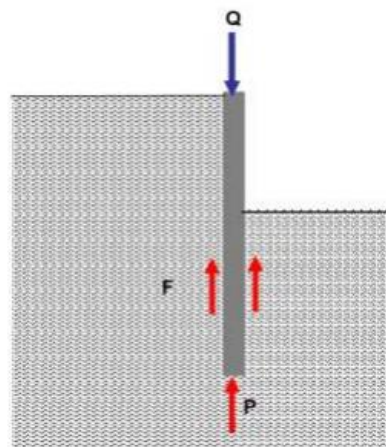


Figura 13. Esbozo comprobación por hundimiento. (Fuente: Materia Diseño geotécnico de cimentaciones y muros de contención)

Cálculo de la resistencia por la punta:

La fórmula para usar es proporcionada por:

$$Q_p = q_p \cdot A_p$$

En donde:

q_p : la resistencia por punta unitaria.
 A_p : el área de la punta.

En suelos granulares, se puede calcular la resistencia unitaria de hundimiento por punta de pilotes utilizando la siguiente expresión:

$$q_p = f_p \cdot \sigma'_{vp} \cdot N_q \leq 20 \text{ MPa}$$

En donde:

Los pilotes hincados tienen $f_p = 3$. Para pilotes hormigonados in situ, $f_p = 2,5$.

σ'_{vp} : La presión vertical efectiva antes de la instalación del pilote.

N_q : El factor de capacidad de carga que se define como la expresión $(1 + \frac{\sigma'_{vp}}{c} \tan \phi) \cdot e^{\tan \phi}$, donde ϕ es el ángulo de rozamiento interno del suelo.

La Tabla 4 contiene los valores para cada variable, con el área de punta el ancho de la pantalla por metro lineal de profundidad, lo que da como resultado final la resistencia por punta por metro lineal.

f_p	σ'_{vp}	$\phi(^{\circ})$	N_q	$q_p(\text{kN/m}^2)$	$A_p(\text{m}^2)$	$Q_p(\text{kN/ml})$
2,5	153,20	38	48,93	18740,19	0,45	8433,086

Tabla 4. Características de la resistencia por fuste. (Fuente: Propia)

Cálculo de la resistencia por fuste:

$$Q_f = f \cdot A_f$$

En donde:

Af: Área de contacto entre el fuste del pilote y el suelo en cada segmento.

cf: Cada tramo tiene una resistencia unitaria por fuste.

La siguiente expresión se puede utilizar para calcular la resistencia unitaria por fuste en suelos granulares:

$$c_f = \sigma'v \cdot k_f \cdot f \cdot \text{tg}\phi \leq 120 \text{ kPa}$$

$\sigma'v$: Presión eficaz vertical al nivel en cuestión.

k_f : Coeficientes de empuje en dirección horizontal.

f: Factor de reducción del rozamiento del fuste.

ϕ : Ángulo de rozamiento interno del suelo granular

k_f será de 1 para pilotes hincados, mientras que k_f será de 0,75 para pilotes perforados. Se determinará un valor intermedio para pilotes híbridos que utilizan ayudas que reducen el desplazamiento del terreno. Este valor se determinará en función de la magnitud de la ayuda utilizada.

Se utilizará $f=1$ para pilotes de hormigón "in situ" o de madera. Los pilotes prefabricados de hormigón tendrán una $f = 0,9$, mientras que los pilotes de acero en fuste tendrán una $f = 0,8$.

Se calculan la resistencia de la arena y la grava por separado para calcular la resistencia por fuste. Posteriormente, se combinarán para lograr la resistencia total por fuste.

Considerando que el área del fuste es el ancho de la pantalla por metro lineal de profundidad, los valores para cada variable se muestran en la Tabla 5. La resistencia por fuste por metro lineal será la conclusión.

	$\sigma'v$	k_f	f	$\phi(^{\circ})$	$\text{tg}\phi(^{\circ})$	r_f (kN/m ²)	Af (m ²)	Qh (kN/ml)	Qh total (kN/ml)
Grava	138	0,75	1	20	0,36	37,26	2,65	90,740	-
Arena	153,20	0,75	1	19	0,34	39,07	0,8	31,256	121,996

Tabla 5. Características de la resistencia por fuste. (Fuente: Propia)

Por último, la carga de hundimiento viene dada por:

$$Q_h = Q_p + Q_h = 8433,086 + 121,996 = 8555,082 \text{ kN/ml}$$

3. Carga de diseño:

La carga de diseño (Q_d) de un pilote se obtiene reduciendo las resistencias por fuste y punta mediante un factor de seguridad, que puede ser el mismo o diferente según la normativa o código utilizado. El factor de seguridad para la punta (F_p) normalmente es de 3,0, mientras que el factor de seguridad para el fuste (F_f) normalmente está entre 1,5 y 2,0.

$$Q_d = \frac{Q_f}{F_f} + \frac{Q_p}{F_p}$$

Para $F_p = 3$ y $F_f = 1,5$ se tiene:

$$Q_d = (121,996/1,5) + (8433,086/3) = 2892,66 \text{ kN/ml}$$

4. Carga de trabajo:

Considere el peso del muro de pantalla. La carga de trabajo del muro (Q_{muro}), que es la axil máxima que puede aplicarse sobre la cabeza del muro por metro lineal en términos de resistencia geotécnica, se obtiene separando la carga de diseño.

Peso del muro:

$$W = h \cdot a \cdot l \cdot \gamma$$

En donde:

h : altura del muro.

a : ancho del muro.

l : longitud del muro.

γ : peso específico del hormigón.

Para $h = 6.90 \text{ m}$; $a = 0,45 \text{ m}$; $l = 1 \text{ ml}$; $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$, se tiene:

$$W = 6.90 \cdot 0.45 \cdot 1 \cdot 25 = 77.63 \text{ kN/m}$$

Carga de trabajo del muro:

$$Q_{\text{muro}} = Q_d - W$$

$$Q_{\text{muro}} = 2892,66 - 77.63 = 2815,03 \text{ kN/ml}$$

En consecuencia, se determina que la carga vertical (N) que se transmite al muro (Q_{muro}) de las plantas superiores del edificio es mayor:

$$Q_{\text{muro}} = 2815,03 \text{ kN/ml} > N = 140 \text{ kN/ml}$$

3.2.4. Estabilidad en las edificaciones colindantes

Se seguirán las sugerencias propuestas por Oteo para estimar los asentamientos y movimientos horizontales en el trasdós de la pantalla que pueden afectar a los edificios colindantes en el estado límite de servicio.

Durante el proyecto de ampliación y construcción del metro de Madrid entre 1999 y 2003, el Ingeniero de Caminos Canales y Puertos Oteo Mazo hizo estas sugerencias.

La tabla 6 contiene las sugerencias realizadas para limitar los movimientos de la pantalla.

Terreno	Movimiento horizontal/H (%)	Asiento/H (%)
Arcilla blanda	2,5-3,5	~ 2,0
Arena floja y grava	1,5-2,0	~ 0,5-1,0
Arcilla rígida	1,0 - 1,5	0,10-0,20

Tabla 6. Recomendaciones de Oteo Mazo (Fuente: Propia)

En donde H es la máxima distancia entre apoyos.

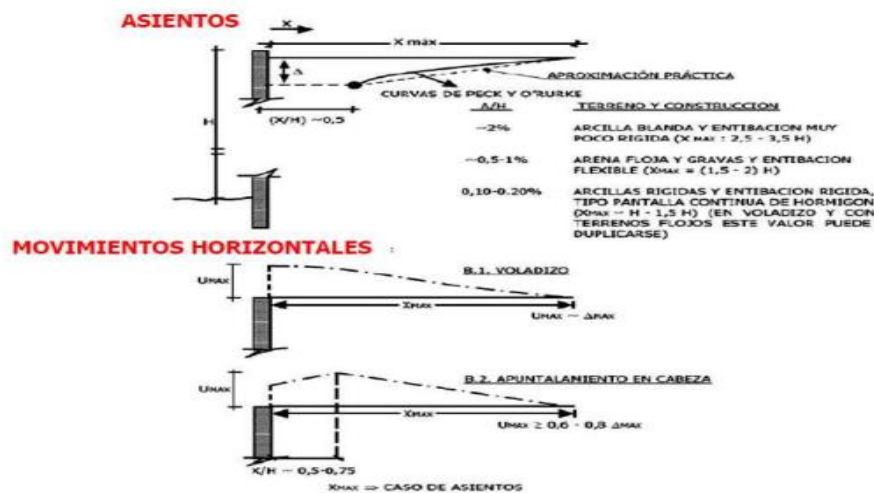


Figura 14. Recomendaciones de Oteo Mazo (2003). (Fuente: Materia Diseño geotécnico de cimentaciones y muros de contención)

En un terreno con grava y arena, hay una distancia de 2,7 metros entre los apoyos forjados 1, 2 y 3, y utilizando los valores más negativos de la tabla anterior, que permiten un mayor asiento y movimiento horizontal, se obtiene:

$$\text{Asiento} = (1 \cdot 2,7) / 100 = 0,027 \text{ m}$$

$$\text{Movimiento horizontal} = (2 \cdot 2,7) / 100 = 0,054 \text{ m}$$

A diferencia de las cimentaciones superficiales, que tienen un valor máximo permitido en la Guía de Cimentaciones para Obras de Carretera, no hay una regulación establecida para los asientos en cimentaciones profundas. Sin embargo, después de una búsqueda, se descubrió que la mayoría de los autores coinciden en que 5 cm es un valor aceptable, por lo que el asiento obtenido cumple con este criterio. Es incierto si existe algún límite aceptable para el valor de los movimientos horizontales.

4. Conclusiones

Se puede determinar que el muro de pantalla, que tiene dimensiones previamente establecidas de 0,45 metros de ancho y 6,90 metros de altura, cumple con las comprobaciones geotécnicas y es viable para su construcción.

La etapa de construcción del muro comenzará con una excavación hasta la cota -1,00 m. En segundo lugar, se colocará el puntal de apoyo a la cota -0,50 m. Es importante destacar que durante los sondeos no se encontró agua. Posteriormente, la excavación se continuará hasta llegar a una cota de 3,00 metros y se realizarán los forjados correspondientes.



Anejo IV
Resultados software CYPE



ÍNDICE

1. ACCIONES.....	2
2. DATOS GENERALES.....	2
3. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO.....	2
4. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO.....	3
5. GEOMETRÍA.....	3
6. ESQUEMA DE LAS FASES.....	4
7. CARGAS.....	7
8. ELEMENTOS DE APOYO.....	7
9. RESULTADOS DE LAS FASES.....	7
10. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO.....	9
11. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD).....	10
12. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO).....	11



Selección de listados

Muro pantalla 1

Fecha: 25/07/24

1. ACCIONES

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.60

Mayoración esfuerzos en servicio: 1.60

Sin análisis sísmico

Sin considerar acciones térmicas en puntales

2. DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m

Tipología: Muro pantalla de hormigón armado

3. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Cota de la roca: -6.70 m

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro pantalla: 0.0 %

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro pantalla: 0.0 %

ESTRATOS

Referencias	Cota superior	Descripción	Coefficientes de empuje
- Grava	0.00 m	Densidad aparente: 2.0 kg/dm ³ Densidad sumergida: 1.1 kg/dm ³ Ángulo rozamiento interno: 38 grados Cohesión: 0.00 t/m ² Módulo de balasto empuje activo: 10000.0 t/m ³ Módulo de balasto empuje pasivo: 10000.0 t/m ³ Gradiente módulo de balasto: 0.0 t/m ⁴	Activo trasdós: 0.24 Reposo trasdós: 0.38 Pasivo trasdós: 4.20 Activo intradós: 0.24 Reposo intradós: 0.38 Pasivo intradós: 4.20
- Arena semidensa	-5.90 m	Densidad aparente: 1.9 kg/dm ³ Densidad sumergida: 1.1 kg/dm ³ Ángulo rozamiento interno: 33 grados Cohesión: 0.00 t/m ² Módulo de balasto empuje activo: 5000.0 t/m ³ Módulo de balasto empuje pasivo: 5000.0 t/m ³ Gradiente módulo de balasto: 0.0 t/m ⁴	Activo trasdós: 0.29 Reposo trasdós: 0.46 Pasivo trasdós: 3.39 Activo intradós: 0.29 Reposo intradós: 0.46 Pasivo intradós: 3.39

Producido por una versión educativa de CYPE

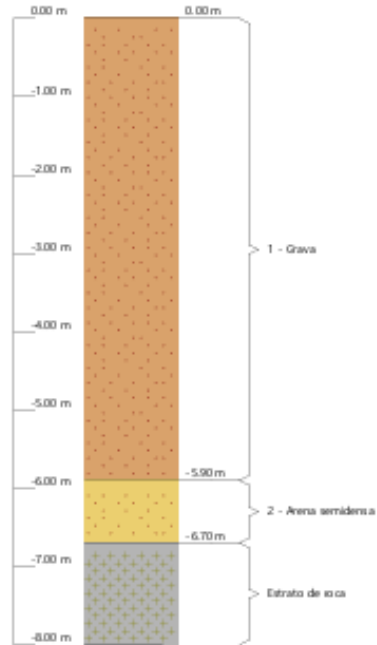


Muro pantalla 1

Selección de listados

Fecha: 25/07/24

4. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO



Producido por una versión educativa de CYPE

GEOMETRÍA

Altura total: 6.90 m
Espesor: 45 cm
Longitud tramo: 2.50 m



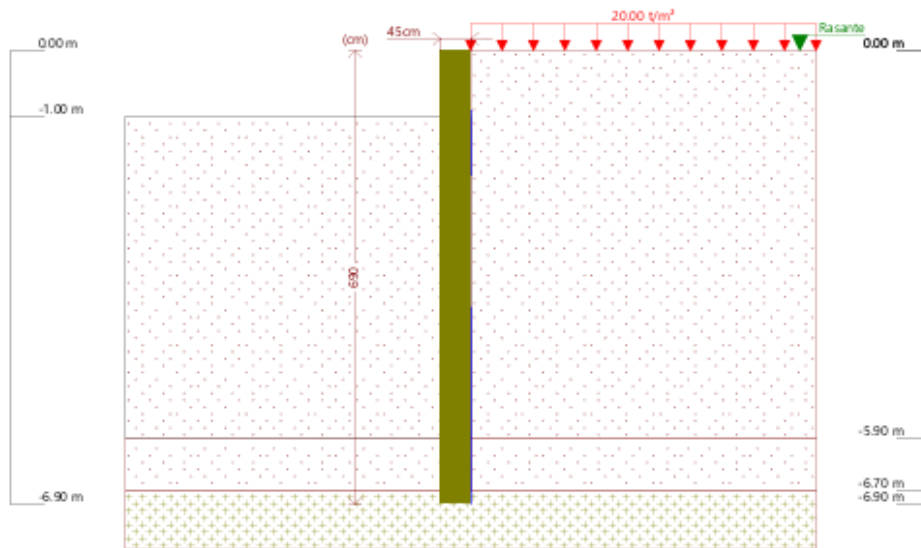
Selección de listados

Muro pantalla 1

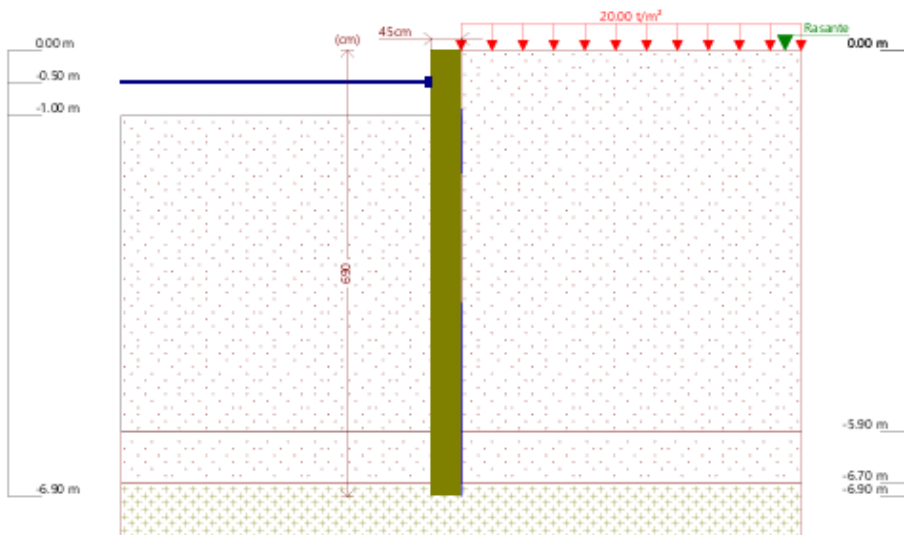
Fecha: 25/07/24

6. ESQUEMA DE LAS FASES

Producido por una versión educativa de CYPE



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Excavación hasta la cota: -1.00 m	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -1.00 m



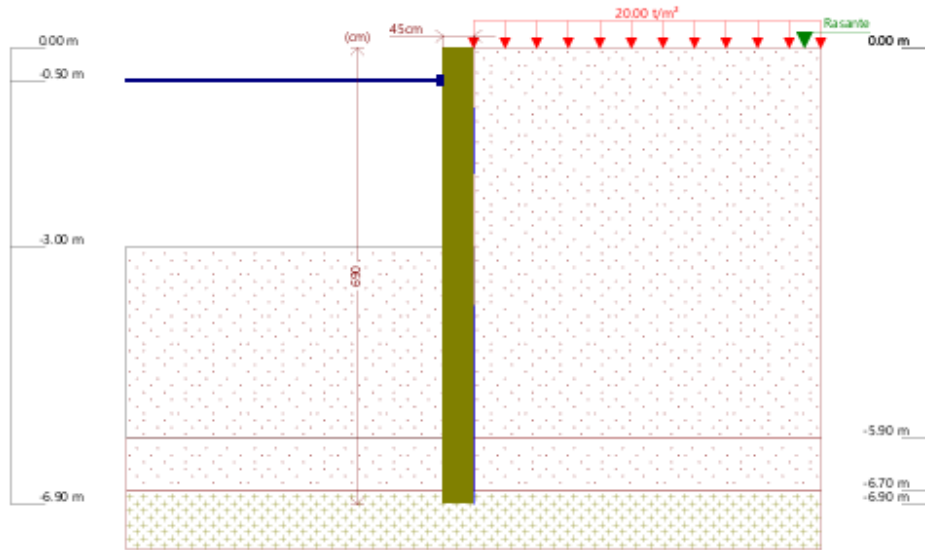
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 2	Colocación de puntal en la cota -0.50 m	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -1.00 m



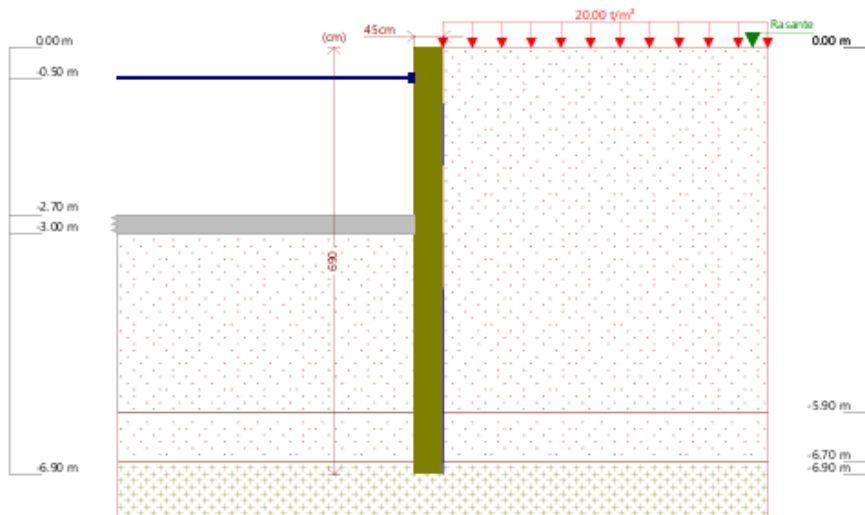
Selección de listados

Muro pantalla 1

Fecha: 25/07/24



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 3	Excavación hasta la cota: -3.00 m	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -3.00 m



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 4	Construcción de forjado (Cota: -2.70 m)	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -3.00 m

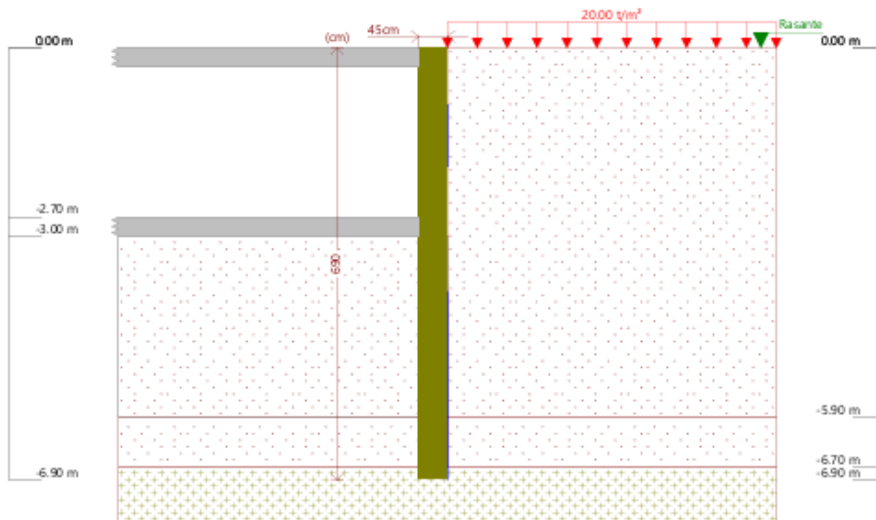
Producido por una versión educativa de CYPE



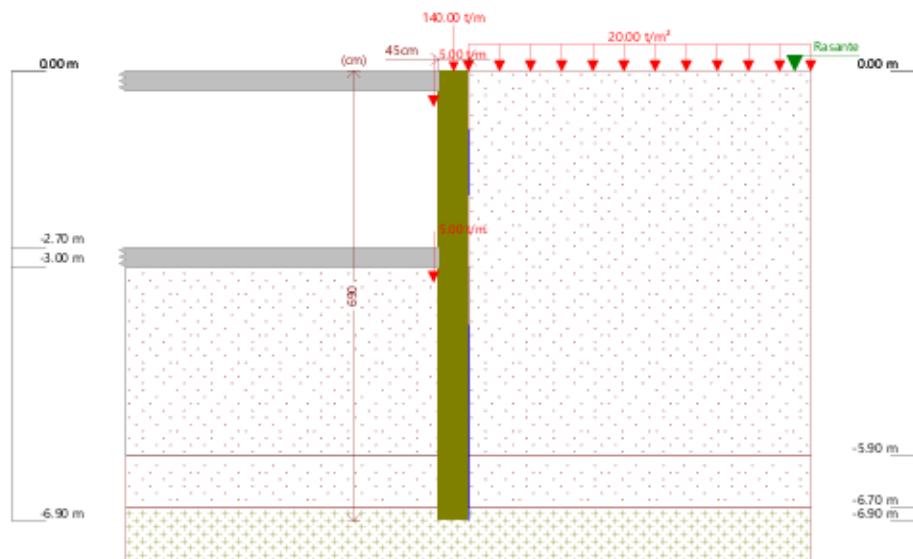
Selección de listados

Muro pantalla 1

Fecha: 25/07/24



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 5	Construcción de forjado (Cota: 0.00 m)	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -3.00 m



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 6	Fase de servicio	Tipo de fase: Servicio Cota de excavación: -3.00 m

Producido por una versión educativa de CYPE



Selección de listados

Muro pantalla 1

Fecha: 25/07/24

7. CARGAS

CARGAS EN EL TRASDÓS

Tipo	Cota	Datos	Fase inicial	Fase final
Uniforme	0 m	Valor: 20 t/m ²	Excavación hasta la cota: -1.00 m	Fase de servicio

8. ELEMENTOS DE APOYO

PUNTALES

Descripción	Fase inicial	Fase final
Cota: -0.50 m Rigidez axil: 1000000 t/m Separación: 2.5 m	Colocación de puntal en la cota -0.50 m	Construcción de forjado (Cota: -2.70 m)

FORJADOS

Descripción	Fase de construcción	Fase de servicio
Cota: 0.00 m Canto: 30 cm Cortante fase constructiva: 0 t/m Cortante fase de servicio: 5 t/m Rigidez axil: 1000000 t/m ²	Construcción de forjado (Cota: 0.00 m)	Fase de servicio
Cota: -2.70 m Canto: 30 cm Cortante fase constructiva: 0 t/m Cortante fase de servicio: 5 t/m Rigidez axil: 1000000 t/m ²	Construcción de forjado (Cota: -2.70 m)	Fase de servicio

9. RESULTADOS DE LAS FASES

fuerzos sin mayorar.

FASE 1: EXCAVACIÓN HASTA LA COTA: -1.00 M

BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (t/m)	Ley de cortantes (t/m)	Ley de momento flector (t·m/m)	Ley de empujes (t/m ²)	Presión hidrostática (t/m ²)
0.00	-6.27	0.00	0.61	-0.00	4.76	0.00
-0.52	-5.31	0.58	1.87	0.64	5.00	0.00
-1.03	-4.36	1.16	4.48	2.61	4.99	0.00
-1.55	-3.45	1.74	6.53	5.78	0.90	0.00
-2.06	-2.60	2.32	6.46	9.18	-3.19	0.00
-2.58	-1.87	2.90	4.29	11.74	-7.27	0.00
-3.09	-1.30	3.48	0.02	12.37	-8.33	0.00
-3.61	-0.87	4.06	-3.71	10.87	-4.28	0.00
-4.12	-0.59	4.64	-5.53	8.21	-1.60	0.00
-4.64	-0.41	5.22	-6.11	5.10	0.19	0.00
-5.15	-0.30	5.80	-5.69	2.07	2.49	0.00
-5.67	-0.21	6.38	-4.17	-0.31	4.28	0.00
-6.18	-0.11	6.96	-0.91	-1.33	8.88	0.00
-6.70	0.00	7.54	3.80	-0.00	10.02	0.00
-6.90	0.00	7.76	0.00	0.00	0.00	0.00
Máximos	0.00	7.76	6.76	12.37	10.02	0.00
	Cota: -6.70 m	Cota: -6.90 m	Cota: -1.80 m	Cota: -3.09 m	Cota: -6.70 m	Cota: 0.00 m
Mínimos	-6.27	0.00	-6.11	-1.33	-9.32	0.00
	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: -4.64 m	Cota: -6.18 m	Cota: -2.83 m	Cota: 0.00 m


Muro pantalla 1
Fecha: 25/07/24

Selección de listados

FASE 2: COLOCACIÓN DE PUNTAL EN LA COTA -0.50 M

BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (t/m)	Ley de cortantes (t/m)	Ley de momento flector (t-m/m)	Ley de empujes (t/m ²)	Presión hidrostática (t/m ²)
0.00	-6.27	-0.00	0.61	0.00	4.76	0.00
-0.52	-5.31	0.58	1.87	0.64	5.00	0.00
-1.29	-3.90	1.45	5.77	4.09	2.95	0.00
-2.06	-2.60	2.32	6.46	9.18	-3.19	0.00
-2.83	-1.56	3.19	2.42	12.37	-9.32	0.00
-3.61	-0.87	4.06	-3.71	10.87	-4.28	0.00
-4.38	-0.49	4.93	-5.94	6.67	-0.68	0.00
-5.15	-0.30	5.80	-5.69	2.07	2.49	0.00
-5.93	-0.16	6.67	-3.07	-1.10	8.38	0.00
-6.70	0.00	7.54	3.80	0.00	10.02	0.00
Máximos	0.00 Cota: -6.70 m	7.76 Cota: -6.90 m	6.76 Cota: -1.80 m	12.37 Cota: -3.09 m	10.02 Cota: -6.70 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-6.27 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-6.11 Cota: -4.64 m	-1.33 Cota: -6.18 m	-9.32 Cota: -2.83 m	0.00 Cota: 0.00 m

FASE 3: EXCAVACIÓN HASTA LA COTA: -3.00 M

BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (t/m)	Ley de cortantes (t/m)	Ley de momento flector (t-m/m)	Ley de empujes (t/m ²)	Presión hidrostática (t/m ²)
0.00	-5.56	-0.00	1.53	-0.00	11.84	0.00
-0.52	-5.37	0.58	-10.37	1.11	5.00	0.00
-1.29	-5.10	1.45	-6.40	-4.88	5.37	0.00
-2.06	-4.69	2.32	-2.16	-7.65	5.74	0.00
-2.83	-4.06	3.19	2.37	-7.00	6.11	0.00
-3.61	-3.24	4.06	6.23	-3.00	1.36	0.00
-4.38	-2.33	4.93	5.71	1.82	-4.77	0.00
-5.15	-1.47	5.80	0.44	3.79	-9.16	0.00
-5.93	-0.72	6.67	-4.71	1.15	4.66	0.00
-6.70	0.00	7.54	0.74	0.00	11.84	0.00
Máximos	0.00 Cota: -6.70 m	7.76 Cota: -6.90 m	6.58 Cota: -3.87 m	3.79 Cota: -5.15 m	11.84 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-5.56 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-10.37 Cota: -0.52 m	-7.83 Cota: -2.32 m	-9.16 Cota: -5.15 m	0.00 Cota: 0.00 m

FASE 4: CONSTRUCCIÓN DE FORJADO (COTA: -2.70 M)

BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (t/m)	Ley de cortantes (t/m)	Ley de momento flector (t-m/m)	Ley de empujes (t/m ²)	Presión hidrostática (t/m ²)
0.00	-5.56	0.00	1.53	-0.00	11.84	0.00
-0.52	-5.37	0.58	-10.37	1.11	5.00	0.00
-1.29	-5.10	1.45	-6.40	-4.88	5.37	0.00
-2.06	-4.69	2.32	-2.16	-7.65	5.74	0.00
-2.83	-4.06	3.19	2.37	-7.00	6.11	0.00
-3.35	-3.53	3.77	5.35	-4.60	3.41	0.00
-4.12	-2.63	4.64	6.41	0.35	-2.72	0.00
-4.90	-1.74	5.51	2.72	3.68	-8.85	0.00
-5.67	-0.96	6.38	-3.62	2.36	-4.20	0.00
-6.44	-0.24	7.25	-1.69	-0.19	9.43	0.00
-6.90	0.00	7.76	0.00	0.00	0.00	0.00



Selección de listados

Muro pantalla 1

Fecha: 25/07/24

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (t/m)	Ley de cortantes (t/m)	Ley de momento flector (t·m/m)	Ley de empujes (t/m ²)	Presión hidrostática (t/m ²)
Máximos	0.00 Cota: -6.70 m	7.76 Cota: -6.90 m	6.58 Cota: -3.87 m	3.79 Cota: -5.15 m	11.84 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-5.56 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m	-10.37 Cota: -0.52 m	-7.83 Cota: -2.32 m	-9.16 Cota: -5.15 m	0.00 Cota: 0.00 m

FASE 5: CONSTRUCCIÓN DE FORJADO (COTA: 0.00 M)

BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (t/m)	Ley de cortantes (t/m)	Ley de momento flector (t·m/m)	Ley de empujes (t/m ²)	Presión hidrostática (t/m ²)
0.00	-5.55	-0.00	1.54	0.00	11.94	0.00
-0.52	-5.44	0.58	-8.07	-2.94	5.00	0.00
-1.29	-5.19	1.45	-4.11	-7.15	5.37	0.00
-2.06	-4.74	2.32	0.14	-8.15	5.74	0.00
-2.85	-4.05	3.21	4.72	-5.64	6.11	0.00
-3.61	-3.22	4.06	5.47	-2.31	1.72	0.00
-4.38	-2.31	4.93	5.24	2.07	-4.38	0.00
-5.15	-1.46	5.80	0.25	3.83	-8.88	0.00
-5.93	-0.71	6.67	-4.72	1.14	4.72	0.00
-6.70	0.00	7.54	0.76	-0.00	11.84	0.00
Máximos	0.00 Cota: -6.70 m	7.76 Cota: -6.90 m	5.91 Cota: -3.87 m	3.83 Cota: -5.15 m	11.94 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-5.55 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-10.09 Cota: -0.26 m	-8.19 Cota: -1.80 m	-8.88 Cota: -5.15 m	0.00 Cota: 0.00 m

FASE 6: FASE DE SERVICIO

BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (t/m)	Ley de cortantes (t/m)	Ley de momento flector (t·m/m)	Ley de empujes (t/m ²)	Presión hidrostática (t/m ²)
0.00	-5.55	140.00	1.54	-0.00	11.94	0.00
-0.52	-5.44	145.58	-8.07	-2.94	5.00	0.00
-1.29	-5.19	146.45	-4.11	-7.15	5.37	0.00
-2.06	-4.74	147.32	0.14	-8.15	5.74	0.00
-2.85	-4.05	148.21	4.72	-5.64	6.11	0.00
-3.61	-3.22	154.06	5.47	-2.31	1.72	0.00
-4.38	-2.31	154.93	5.24	2.07	-4.38	0.00
-5.15	-1.46	155.80	0.25	3.83	-8.88	0.00
-5.93	-0.71	156.67	-4.72	1.14	4.72	0.00
-6.70	0.00	157.54	0.76	-0.00	11.84	0.00
Máximos	0.00 Cota: -6.70 m	157.76 Cota: -6.90 m	5.91 Cota: -3.87 m	3.83 Cota: -5.15 m	11.94 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-5.55 Cota: 0.00 m	140.00 Cota: 0.00 m	-10.09 Cota: -0.26 m	-8.19 Cota: -1.80 m	-8.88 Cota: -5.15 m	0.00 Cota: 0.00 m

10. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.



Selección de listados

Selección de listados

Muro pantalla 1

Fecha: 25/07/24

12. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Círculo de deslizamiento pésimo): Muro pantalla 1 (Muro pantalla 1)		
Comprobación	Valores	Estado
Círculo de deslizamiento pésimo:		
- Combinaciones sin sismo: <i>Valor introducido por el usuario.</i>	Mínimo: 1.8	
- Excavación hasta la cota: -1.00 m: Coordenadas del centro del círculo (-0.76 m ; 2.76 m) - Radio: 9.38 m:	Calculado: 7.93	Cumple
- Colocación de puntal en la cota -0.50 m: Coordenadas del centro del círculo (-0.76 m ; 2.76 m) - Radio: 9.38 m:	Calculado: 7.93	Cumple
- Excavación hasta la cota: -3.00 m: Coordenadas del centro del círculo (-1.55 m ; 7.88 m) - Radio: 14.50 m:	Calculado: 6.018	Cumple
- Construcción de forjado (Cota: -2.70 m):		No procede ⁽¹⁾
- Construcción de forjado (Cota: 0.00 m):		No procede ⁽¹⁾
- Fase de servicio:		No procede ⁽¹⁾
<i>No es necesario comprobar la estabilidad global (círculo de deslizamiento pésimo) cuando en la fase se ha definido algún forjado.</i>		

de CYPE

SEGURIDAD)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): Muro pantalla 1 (Muro pantalla 1)		
Comprobación	Valores	Estado
Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós:		
- Hipótesis básica. Excavación hasta la cota: -1.00 m: <i>Valor introducido por el usuario.</i>	Mínimo: 1.67 Calculado: 1.95	Cumple
- Colocación de puntal en la cota -0.50 m:		No procede ⁽¹⁾
- Excavación hasta la cota: -3.00 m:		No procede ⁽¹⁾
- Construcción de forjado (Cota: -2.70 m):		No procede ⁽¹⁾
- Construcción de forjado (Cota: 0.00 m):		No procede ⁽¹⁾
- Fase de servicio:		No procede ⁽¹⁾
⁽¹⁾ Existe más de un apoyo.		
Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós: <i>Valor introducido por el usuario.</i>		
Hipótesis básica:	Mínimo: 1.67	
- Excavación hasta la cota: -1.00 m:	Calculado: 2.936	Cumple
- Colocación de puntal en la cota -0.50 m:	Calculado: 2.936	Cumple
- Excavación hasta la cota: -3.00 m:	Calculado: 1.679	Cumple
- Construcción de forjado (Cota: -2.70 m):	Calculado: 1.679	Cumple
- Construcción de forjado (Cota: 0.00 m):	Calculado: 1.703	Cumple
- Fase de servicio:	Calculado: 1.703	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Productiva



Selección de listados

Muro pantalla 1

Fecha: 25/07/24

12. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Círculo de deslizamiento pésimo): Muro pantalla 1 (Muro pantalla 1)		
Comprobación	Valores	Estado
Círculo de deslizamiento pésimo:		
- Combinaciones sin sismo: <i>Valor introducido por el usuario.</i>	Mínimo: 1.8	
- Excavación hasta la cota: -1.00 m: Coordenadas del centro del círculo (-0.76 m ; 2.76 m) - Radio: 9.38 m:	Calculado: 7.93	Cumple
- Colocación de puntal en la cota -0.50 m: Coordenadas del centro del círculo (-0.76 m ; 2.76 m) - Radio: 9.38 m:	Calculado: 7.93	Cumple
- Excavación hasta la cota: -3.00 m: Coordenadas del centro del círculo (-1.55 m ; 7.88 m) - Radio: 14.50 m:	Calculado: 6.018	Cumple
- Construcción de forjado (Cota: -2.70 m):		No procede ⁽²⁾
- Construcción de forjado (Cota: 0.00 m):		No procede ⁽²⁾
- Fase de servicio:		No procede ⁽²⁾
<i>No es necesario comprobar la estabilidad global (círculo de deslizamiento pésimo) cuando en la fase se ha definido algún forjado.</i>		
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
Excavación hasta la cota: -1.00 m: Combinaciones sin sismo - Debido a que el círculo de deslizamiento pésimo pasa por el elemento de contención, éste deberá resistir un cortante de, al menos, 459.455 t/m en la intersección con dicho círculo. Esto es necesario para garantizar la validez del coeficiente de seguridad calculado.		
Colocación de puntal en la cota -0.50 m: Combinaciones sin sismo - Debido a que el círculo de deslizamiento pésimo pasa por el elemento de contención, éste deberá resistir un cortante de, al menos, 459.455 t/m en la intersección con dicho círculo. Esto es necesario para garantizar la validez del coeficiente de seguridad calculado.		
Excavación hasta la cota: -3.00 m: Combinaciones sin sismo - Debido a que el círculo de deslizamiento pésimo pasa por el elemento de contención, éste deberá resistir un cortante de, al menos, 460.643 t/m en la intersección con dicho círculo. Esto es necesario para garantizar la validez del coeficiente de seguridad calculado.		

Revisado por: [Nombre] - [Fecha]



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Anejo V

Procedimiento constructivo



ÍNDICE

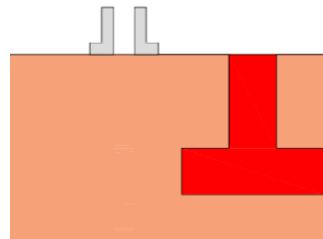
1. Introducció
2. Proceso constructivo del muro pantalla
3. Proceso de vaciado

1. Introducción

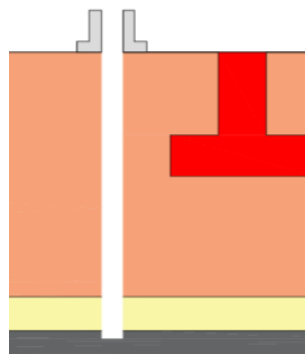
El presente anejo tiene como objeto complementario, por un lado, al procedimiento constructivo del sistema de contención adoptado, siendo éste el muro pantalla, y por otro lado al procedimiento del vaciado del solar una vez se tiene el sistema de contención previamente a la excavación.

2. Proceso constructivo del muro pantalla

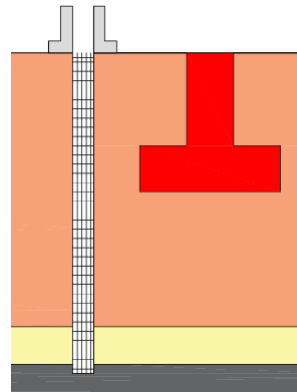
El proceso de construcción de muros pantallas se llevará a cabo por tramos de forma alternada, siguiendo los siguientes pasos:



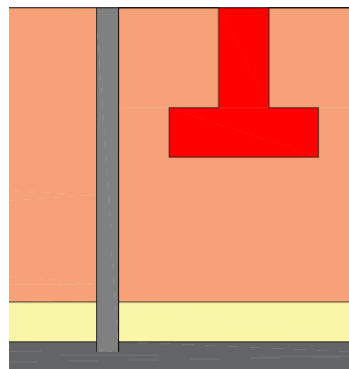
1. Ejecución del murete guía: Ejecución del murete guía: Los muretes guía se construyen en la parte superior de la excavación y sirve como guía para la excavación de las pantallas, como indica su nombre. Las vigas transversales conectan los muretes guía a lo largo del perímetro de la excavación.



2. Perforación de zanjas: En general, se utilizan cucharas bivalvas para excavar las zanjas bajo un fluido estabilizante, que generalmente es lodo tixotrópico. Durante el proceso de construcción, el lodo estabiliza la excavación hasta el hormigonado y luego se recicla el fluido estabilizante.
3. Colocación de juntas entre paneles: Para garantizar la impermeabilidad y la seguridad de los diferentes paneles de muro de pantalla.



4. Colocación de armaduras: Se ordenan en forma de jaulas suspendidas en el aire para que no se muevan durante el transporte. Además, deben tener rigidizadores para reducir las cargas a las que están sometidas.



5. Hormigonado: Se realiza a través del sistema "tremie". Este sistema tiene un embudo que facilita la introducción de concreto por un tubo de acero vertical. El extremo inferior de este tubo permanece siempre embebido en concreto durante al menos tres metros, lo que reduce significativamente la segregación y el lavado.
6. Ejecución de la viga de coronación: Finalmente se construye una viga de atado en la coronación del muro después de demoler las cabezas de la pantalla.
7. Desmochado de las cabezas de las pantallas: Antes de comenzar el vaciado del sótano, se elimina la parte superior del muro pantalla, que se había contaminado con lodo después del hormigonado.

3. Proceso de vaciado

Una vez se tiene el sistema de contención definitivo y previo a la excavación, se procede al vaciado del solar.

Cabe destacar que, en primer lugar, la profundidad total de la excavación será de 3m. En segundo lugar, hay que tener en cuenta los condicionantes de cara al vaciado que se citan a continuación:

- El terreno está compuesto por dos niveles, el nivel I está constituido por relleno limoso de gravas y cascotes, y el nivel II está compuesto por gravas y arenas con finos limosos.
- En dos lados del solar, existen edificios cimentados superficialmente, por lo tanto, se supone que sus respectivas cimentaciones se encontrarán próximas a la medianera. Esta cimentación impone condiciones estrictas al vaciado, por un lado, aplica una carga fuerte muy próxima al talud, y por otro lado, la excavación podría provocar movimientos en los edificios.
- En los otros dos lados restantes, sólo hay viales en medianera separados de la excavación por un ancho de 5m. Se cumple por tanto la condición que recoge la NTE-CCT según la cual, para que una excavación de talud más vertical de 60° no afecte ni sea afectada por un vial próximo debe cumplirse $S \geq D$, siendo S la separación al vial desde la coronación del talud y D la profundidad de excavación bajo la cota del vial.

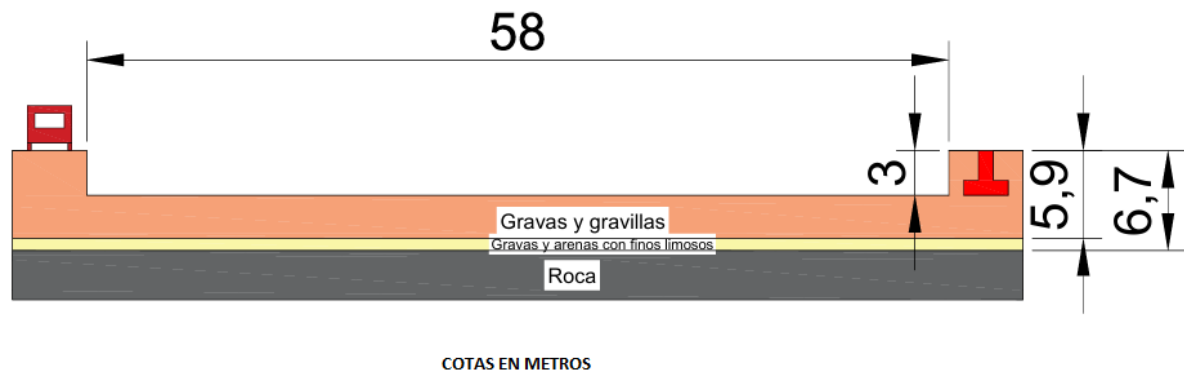


Figura 1. Perfil aproximado de la excavación deseada. (Fuente: Propia)

Para poder llevar a cabo la excavación será preciso emplear los siguientes sistemas de sostenimiento provisional:

- Excavación con edificio en medianera: Así se podrá evitar que la excavación pueda provocar movimientos en el edificio, y dada la proximidad de la cimentación se propone emplear muro pantalla, ya que un tablestacado induciría una fuerte vibración en el edificio. Es necesario arriostrar el muro en coronación antes de llevar a cabo la excavación.
- Talud vertical sin sostenimiento en el resto de las medianeras.

Por lo tanto, el proceso de vaciado del solar será el siguiente:

1. Obtenido el muro pantalla previo, se excavará el solar dejando una berma perimetral de anchura suficiente en dicha medianera y talud vertical en los otros dos lados.



2. Construcción del muro de sótano en las medianeras con viales.
3. Colocación de arriostramientos en cabeza de los muros pantalla, y excavación de la berma, y finalización de los muros de sótano. Para llevar a cabo los arriostramientos, existen varias opciones, y para este caso, se opta por emplear apuntalamientos de lado a lado. Se descartan los anclajes al terreno debido a la proximidad de las cimentaciones próximas.



Anejo VI Planos

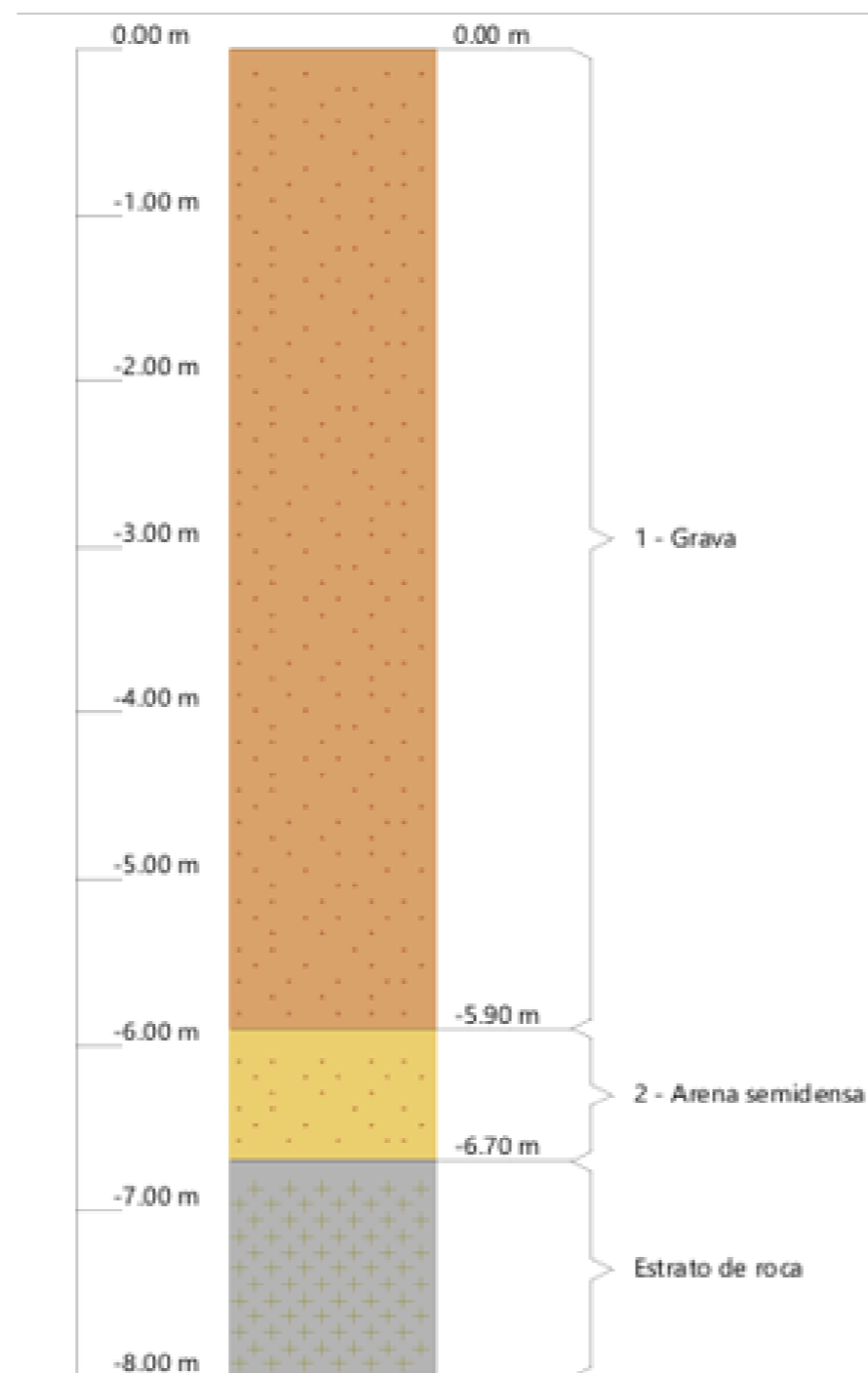


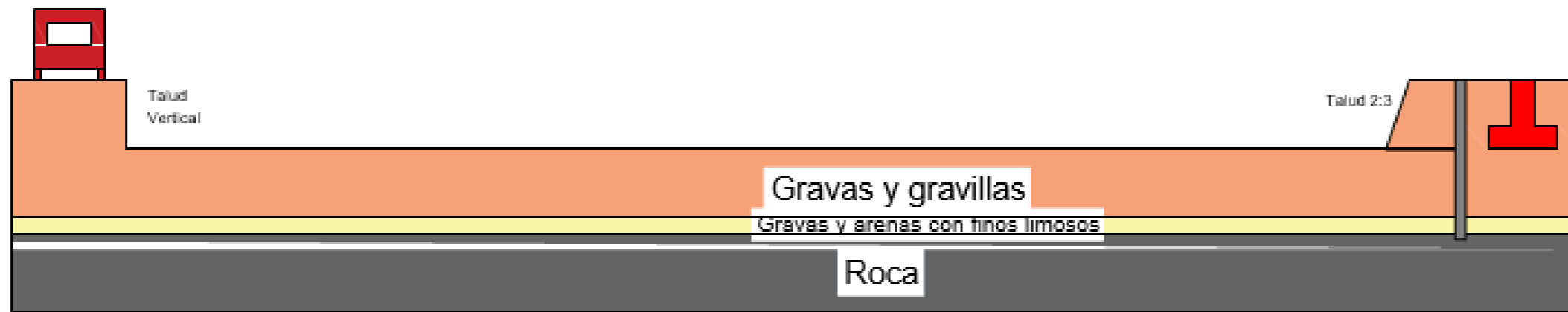
ÍNDICE


1. Plano situación actual
2. Perfil litológico del terreno
3. Plano fases de vaciado

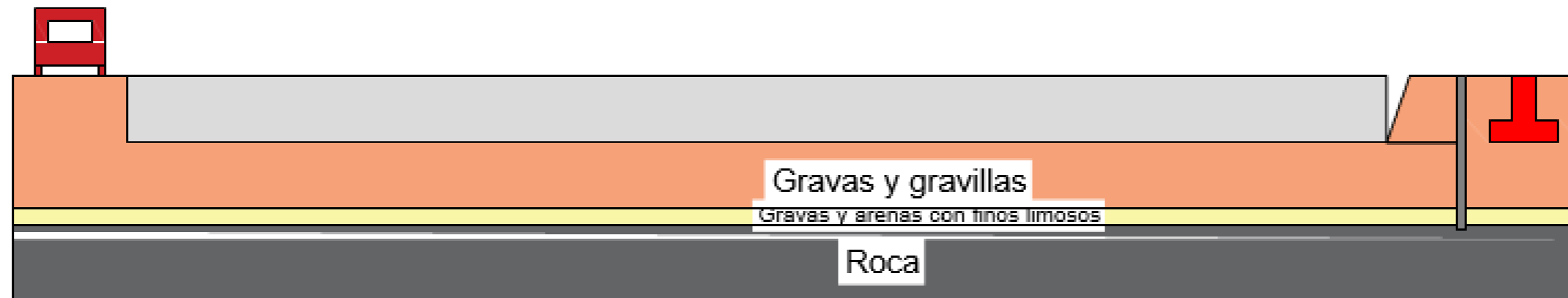


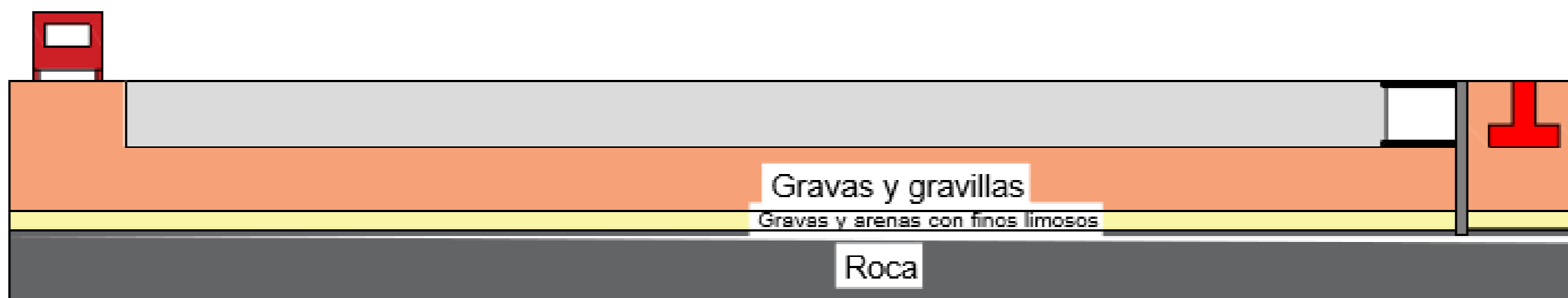
	Titulació: Grado en Ingeniería Civil	Autor: Juan Sebastián Llanos Casado	Título del proyecto: Estudio de soluciones y análisis de sistemas de contención y de excavación para la construcción de un edificio residencial en Gallur (Zaragoza)	Título del plano: Situación actual	Escala: -	Número de plano: 1
						Número de hoja: 1 de 1





 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	Titulación: Grado en Ingeniería Civil	Autor: Juan Sebastián Llanos Castaño	Título del proyecto: Estudio de soluciones y análisis de sistemas de contención y de excavación para la construcción de un edificio residencial en Gallur (Zaragoza)	Título del plano: Plano Fase 1 de excavación	Escala: 1:1	Número de plano: 3
						Número de hoja: 1 de 3







Anejo VII Valoración económica



ÍNDICE

1. Introducció
2. Justificació de preus
3. Conclusió

1. Introducción

El propósito del presente documento es proporcionar una valoración de los gastos financieros asociados con la solución que se ha implementado. Estas estimaciones se concentrarán en el proceso de construcción del muro de pantalla y las estructuras utilizadas en estas fases, como los apoyos.

Por una parte, se calculan los costos de transporte, puesta en obra y retirada de la maquinaria empleada. Además, se establecen los costos de cada unidad de obra utilizada durante el desarrollo del proyecto.

Para valorar cada uno de los precios, se utilizó el software de CYPE, que incluye un generador de precios de la construcción y los códigos correspondientes, que son generados por el software CYPE.

2. Justificación de precios

CCP001 Ud Transporte, puesta en obra y retirada de máquina pantalladora. 5.854,80€

Transporte, puesta en obra y retirada de máquina pantalladora, para la realización de muros pantalla de 45 cm de espesor, a una distancia de hasta 200 km. El precio incluye el desplazamiento a la obra del personal especializado.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Equipo y maquinaria			
mq03pae050m	Ud	Transporte, puesta en obra y retirada de equipo completo de máquina pantalladora, para muros pantalla de 45 cm de espesor, a una distancia de hasta 200 km.	1,000	5.740,00	5.740,00
Subtotal equipo y maquinaria:					5.740,00
2		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	5.740,00	114,80
Costes directos (1+2):					5.854,80

CCP002 Ud Transporte, puesta en obra y retirada de equipo completo de lodos tixotrópicos (bentonita). 2.713,20€

Transporte, puesta en obra y retirada de equipo completo de lodos tixotrópicos (bentonita) para la realización de muros pantalla, a una distancia de hasta 50 km. El precio incluye el desplazamiento a la obra del personal especializado y la regeneración de lodos.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Equipo y maquinaria			
mq03pae051a	Ud	Transporte, puesta en obra y retirada de equipo completo de lodos tixotrópicos (bentonita), a una distancia de hasta 50 km.	1,000	2.660,00	2.660,00
Subtotal equipo y maquinaria:					2.660,00
2		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	2.660,00	53,20
Costes directos (1+2):					2.713,20

CCP005 m Murete guía para muro pantalla.

131,17€

Doble murete guía, para muro pantalla, de hormigón armado de sección 70x25 cm; realizado con hormigón HA-25/F/20/XC2 fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 25 kg/m; montaje y desmontaje del sistema de encofrado recuperable metálico a dos caras. Incluso alambre de atar, separadores y líquido desencofrante, para evitar la adherencia del hormigón al encofrado. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado, conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, la demolición del murete guía con retroexcavadora con martillo rompedor y la carga mecánica de escombros sobre camión o contenedor.

2		Equipo y maquinaria			
mq01exn020a	h	Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos, de 105 kW.	0,231	51,91	11,99
mq01ret010	h	Miniretrocargadora sobre neumáticos de 15 kW.	0,108	45,86	4,95
			Subtotal equipo y maquinaria: 16,94		
3		Mano de obra			
mo044	h	Oficial 1º encofrador.	0,420	22,27	9,35
mo091	h	Ayudante encofrador.	0,560	21,15	11,84
mo043	h	Oficial 1º ferrallista.	0,100	22,27	2,23
mo090	h	Ayudante ferrallista.	0,100	21,15	2,12
mo045	h	Oficial 1º estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,027	22,27	0,60
mo092	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,108	21,15	2,28
mo113	h	Peón ordinario construcción.	0,231	20,10	4,64
			Subtotal mano de obra: 33,06		
4		Costes directos complementarios			
%		Costes directos complementarios	2,000	128,60	2,57
			Costes directos (1+2+3+4): 131,17		

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
mt08eme040	m²	Paneles metálicos de varias dimensiones, para encofrar elementos de hormigón.	0,007	52,00	0,36
mt50spa052b	m	Tablón de madera de pino, de 20x7,2 cm.	0,028	6,32	0,18
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,018	19,25	0,35
mt08eme051a	m	Fleje de acero galvanizado, para encofrado metálico.	0,140	0,29	0,04
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,270	1,50	0,41
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,140	8,75	1,23
mt08dba010d	l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua, para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,042	1,80	0,08
mt07aco020a	Ud	Separador homologado para cimentaciones.	3,000	0,15	0,45
mt07aco010c	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	25,000	1,60	40,00
mt10haf010ctms	m²	Hormigón HA-25/F/20/XC2, fabricado en central.	0,385	92,20	35,50
				Subtotal materiales:	78,60

CCP020 m² Muro pantalla de hormigón armado, con lodos.

151,26€

Muro pantalla de hormigón armado, de 45 cm de espesor y hasta 30 m de profundidad, o hasta encontrar roca o capas duras de terreno, realizado por bataches de 1,50 a 3,00 m de longitud, excavados en terreno cohesivo sin rechazo en el SPT, estabilizado mediante el uso de lodos tixotrópicos; realizado con hormigón HA-25/L/12/XC2 fabricado en central, y vertido desde camión, con hormigonado continuo sumergido a través de tubo Tremie, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 30 kg/m². Incluso alambre de atar y separadores. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
mt07aco020j	Ud	Separador homologado para muros pantalla.	2,000	0,10	0,20
mt07aco010c	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	30,000	1,60	48,00
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,180	1,50	0,27
mt10haf010ctmi	m²	Hormigón HA-25/L/12/XC2, fabricado en central.	0,572	95,20	54,45
				Subtotal materiales:	102,92

4		Equipo y maquinaria				
mq03pae060yj	h	Maquinaria para excavación de muro pantalla de 45 cm de espesor y hasta 30 m de profundidad, excavación con uso de lodos tixotrópicos, en terreno cohesivo sin rechazo en el SPT, realizada por bataches de de 1,50 a 3,00 m de longitud.	0,300	44,80	13,44	
mq07gte010c	h	Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 30 t y 27 m de altura máxima de trabajo.	0,120	75,04	9,00	
mq03lod010	h	Maquinaria para lodos de perforación: desarenadores de lodos, mezcladores de lodos, bombas de lodos, deslimadores y depósitos de almacenamiento.	0,450	9,30	4,19	
			Subtotal equipo y maquinaria:		26,63	
3		Mano de obra				
mo043	h	Oficial 1ª ferrallista.	0,150	22,27	3,34	
mo090	h	Ayudante ferrallista.	0,150	21,15	3,17	
mo045	h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,114	22,27	2,54	
mo092	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,458	21,15	9,69	
			Subtotal mano de obra:		18,74	
4		Costes directos complementarios				
	%	Costes directos complementarios	2,000	148,29	2,97	
Coste de mantenimiento decenal: 6,05€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3+4):		151,26	

CCP051 m Descabezado de paneles en muros pantalla.

96,89€

Demolición del exceso de hormigón existente en la coronación de los paneles del muro pantalla, de 45 cm de espesor, mediante el repicado mecánico con martillo rompedor del tramo comprendido entre el nivel de llenado del hormigón y el nivel de descabezado, hasta asegurar la ausencia de hormigón contaminado por lodos y la calidad descrita en el Proyecto, y carga manual de escombros sobre camión o contenedor.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Equipo y maquinaria			
mq01exn050c	h	Retroexcavadora sobre neumáticos, de 85 kW, con martillo rompedor.	0,347	72,80	25,26
mq05pdm010a	h	Compresor portátil eléctrico 2 m³/min de caudal.	0,760	4,27	3,25
mq05mai030	h	Martillo neumático.	1,519	4,57	6,94
			Subtotal equipo y maquinaria:		35,45
2		Mano de obra			
mo112	h	Peón especializado construcción.	1,953	20,43	39,90
mo113	h	Peón ordinario construcción.	0,977	20,10	19,64
			Subtotal mano de obra:		59,54
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	94,99	1,90
			Costes directos (1+2+3):		96,89

CCP052 m Viga de atado de paneles en muros pantalla.

214,62€

Viga de atado de hormigón armado para paneles de muro pantalla, de 45x100 cm, realizada con hormigón HA-25/F/20/XC2 fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 65 kg/m; montaje y desmontaje del sistema de encofrado recuperable metálico. Incluso alambre de atar, separadores, armaduras de espera para pilares que descansan sobre la viga de atado y líquido desencofrante, para evitar la adherencia del hormigón al encofrado. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
mt08eme040	m²	Paneles metálicos de varias dimensiones, para encofrar elementos de hormigón.	0,010	52,00	0,52
mt50spa052b	m	Tablón de madera de pino, de 20x7,2 cm.	0,040	6,32	0,25
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,026	19,25	0,50
mt08eme051a	m	Fleje de acero galvanizado, para encofrado metálico.	0,200	0,29	0,06
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,620	1,50	0,93
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,200	8,75	1,75
mt08dba010d	l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua, para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,060	1,80	0,11
mt07aco020c	Ud	Separador homologado para vigas.	3,000	0,09	0,27
mt07aco010c	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	65,000	1,60	104,00
mt10haf010ctms	m²	Hormigón HA-25/F/20/XC2, fabricado en central.	0,473	92,20	43,61
				Subtotal materiales:	152,00
2 Mano de obra					
mo044	h	Oficial 1º encofrador.	0,600	22,27	13,36
mo091	h	Ayudante encofrador.	0,800	21,15	16,92
mo043	h	Oficial 1º ferrallista.	0,260	22,27	5,79
mo090	h	Ayudante ferrallista.	0,260	21,15	5,50
mo045	h	Oficial 1º estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,158	22,27	3,52
mo092	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,630	21,15	13,32
				Subtotal mano de obra:	58,41
3 Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2,000	210,41	4,21
Coste de mantenimiento decenal: 6,44€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		214,62

CCP056 m Arriostramiento de muro pantalla. 398,99€

Montaje y desmontaje de arriostramiento provisional, con una capacidad portante de 20 t, para asegurar la estabilidad del muro pantalla durante los trabajos de excavación de las tierras a uno de sus lados y hasta que se rigidice definitivamente la pantalla mediante sus uniones al resto de la estructura. Ejecutado mediante la colocación de perfil metálico IPE, IPN, HEB o similar, con placas metálicas y fijaciones, en la superficie del muro.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
mt07ala012f	Ud	Arriostramiento compuesto por perfil metálico IPE, IPN, HEB o similar, placas de anclaje y fijaciones, con una capacidad portante de 20 t.	1,000	348,61	348,61
				Subtotal materiales:	348,61
2 Equipo y maquinaria					
m04cap010c	h	Camión para transporte, de 24 t de carga.	0,150	133,52	20,03
m07gte010c	h	Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 30 t y 27 m de altura máxima de trabajo.	0,085	75,04	6,38
				Subtotal equipo y maquinaria:	26,41
3 Mano de obra					
mo047	h	Oficial 1º montador de estructura metálica.	0,250	22,27	5,57
mo094	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,500	21,15	10,58
				Subtotal mano de obra:	16,15
4 Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2,000	391,17	7,82
Coste de mantenimiento decenal: 7,98€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3+4):		398,99

CCP061 m Encuentro de muro pantalla y losa de cimentación.

87,81€

Encuentro de muro pantalla y losa de cimentación, mediante 2 barras corrugadas de 16 mm de diámetro y 100 cm de longitud, de acero UNE-EN 10080 B 500 S, fijadas con resina epoxi cada 400 cm en orificios de 20 mm de diámetro y 250 mm de profundidad, practicados en rebaje perimetral con forma de media caña, de 5 cm de profundidad, ejecutado mediante fresado continuo del paramento del muro pantalla, y carga de escombros sobre camión o contenedor.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
mt07anq010	Ud	Cartucho de adhesivo tixotrópico de dos componentes a base de resina epoxi, de 330 ml, para conexión de barra corrugada de acero y muro pantalla.	0,325	53,74	17,47
mt07aco010g	kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, suministrado en obra en barras sin elaborar, de varios diámetros.	7,900	1,22	9,64
Subtotal materiales:					27,11
2 Equipo y maquinaria					
mq03fre010a	h	Equipo de fresado, para muro pantalla.	0,380	72,80	27,66
mq01pan070b	h	Mini pala cargadora sobre neumáticos, de 52 kW/1 m ³ kW.	0,380	36,80	13,98
mq06eim060	h	Aplicador manual para cartuchos de inyección de resinas, con accesorio mezclador.	1,250	1,72	2,15
Subtotal equipo y maquinaria:					43,79
3 Mano de obra					
mo042	h	Oficial 1ª estructurista.	0,350	22,27	7,79
mo089	h	Ayudante estructurista.	0,350	21,15	7,40
Subtotal mano de obra:					15,19
4 Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2,000	86,09	1,72
Coste de mantenimiento decenal: 1,76€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3+4):		87,81

CCP063 m Encuentro de muro pantalla y forjado de sótano.

69,81€

Encuentro de muro pantalla y forjado de sótano, mediante 2 barras corrugadas de 16 mm de diámetro y 100 cm de longitud, de acero UNE-EN 10080 B 500 S, fijadas con resina epoxi cada 500 cm en orificios de 20 mm de diámetro y 250 mm de profundidad, practicados en rebaje perimetral con forma de media caña, de 5 cm de profundidad, ejecutado mediante fresado continuo del paramento del muro pantalla, y carga de escombros sobre camión o contenedor.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
mt07anq010	Ud	Cartucho de adhesivo tixotrópico de dos componentes a base de resina epoxi, de 330 ml, para conexión de barra corrugada de acero y muro pantalla.	0,260	53,74	13,97
mt07aco010g	kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, suministrado en obra en barras sin elaborar, de varios diámetros.	6,320	1,22	7,71
Subtotal materiales:					21,68
2 Equipo y maquinaria					
mq03fre010a	h	Equipo de fresado, para muro pantalla.	0,300	72,80	21,84
mq01pan070b	h	Mini pala cargadora sobre neumáticos, de 52 kW/1 m ³ kW.	0,300	36,80	11,04
mq06eim060	h	Aplicador manual para cartuchos de inyección de resinas, con accesorio mezclador.	1,000	1,72	1,72
Subtotal equipo y maquinaria:					34,60
3 Mano de obra					
mo042	h	Oficial 1ª estructurista.	0,280	22,27	6,24
mo089	h	Ayudante estructurista.	0,280	21,15	5,92
Subtotal mano de obra:					12,16
4 Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2,000	68,44	1,37
Coste de mantenimiento decenal: 1,40€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3+4):		69,81



3. Conclusión

Para justificar los precios, se calcula que el costo directo del proyecto del muro pantalla será de 9.527,99 euros, desde el inicio de la construcción con la ejecución del murete guía hasta la presencia del segundo forjado en la planta baja.