



# ANEJO 1

## GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

AUTOR: JOSÉ MUÑOZ CONTELL



## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

---





## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

### ÍNDICE

<b>1. GENERALIDADES .....</b>	<b>4</b>
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Objetivo .....	4
1.3. Ubicación de la zona de estudio.....	4
1.4. Acceso al Área de estudio.....	5
1.5. Características del Proyecto .....	5
1.6. Geomorfología.....	5
1.7. Sismicidad .....	6
1.8. Agresividad al hormigón.....	6
<b>2. GEOLOGÍA.....</b>	<b>7</b>
2.1. Geología Regional .....	7
2.2. Geología de detalle.....	10
2.2.1. Investigación de campo.....	10
2.2.2. Material empleado.....	10
2.2.3. Estudio del área de trabajo. ....	11
2.2.4. Resultados obtenidos.....	14
<b>3. MARCO GEOTÉCNICO .....</b>	<b>15</b>
3.1. Planificación de la campaña geotécnica.....	15
3.1.1. Según el código técnico de la edificación.....	15
3.1.2. Según la guía de cimentaciones en obras de carretera. ....	17
3.2. Elección de la norma a aplicar. ....	17
<b>4. CÁLCULOS DE ESTABILIDAD DEL TERRENO.....</b>	<b>18</b>
4.1. Cálculo analítico de la carga de hundimiento.....	18
4.2. Determinación de asientos .....	20
4.3. Estudio de la estabilidad global de la ladera .....	20
4.4. Estudio de los desprendimientos. ....	22
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>23</b>

## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

### 1. GENERALIDADES

#### 1.1. Antecedentes

El presente estudio geológico-geotécnico se encuentra englobado en el *Proyecto de depósito de riego en el término municipal de Montesa (Valencia)*.

Para la elaboración de este anejo sería necesaria la planificación y ejecución de una campaña geotécnica de campo, en el entorno de la zona de estudio, constituida como mínimo por tres sondeos mecánicos con extracción de testigo continuo y los correspondientes ensayos de laboratorio para la caracterización del terreno y de sus propiedades tenso-deformacionales.

Teniendo en cuenta que, como es obvio, los alumnos no cuentan con capacidad económica para esta campaña de trabajos de campo se ha sustituido por una visita en la zona para realizar una geología de detalle y, en base a lo observado principalmente y la información recabada con anterioridad, se han intentado deducir las mencionadas propiedades del terreno.

En la zona de ubicación del depósito objeto de nuestro diseño, a lo largo de las diferentes etapas desde que la geotecnia es materia de interés, cabe destacar que se han realizado diversos estudios y se tiene bastante conocimiento de las características geotécnicas de la zona. Ya que el IGME, en sus diferentes líneas de investigación, ha llevado a cabo varias campañas geológicas donde en un primer momento se realizó un mapa geológico detallado de la zona.

No obstante la información ofrecida por este mapa es bastante vaga en la zona de trabajo y además está aquejada del efecto escala, es decir, muchos detalles importantes para la definir la ubicación más apropiada así como para la propia ejecución de la obra no se reflejan en estos mapas ya que su escala es de 1:50.000. Estos defectos se han intentado pulir utilizando la información deducida de la visita.

El presente estudio geológico-geotécnico se encuentra englobado en el proyecto de “Depósito para riego en Montesa (Valencia)”.

#### 1.2. Objetivo

El presente anejo tiene el objetivo de verificar las condiciones geológicas y geotécnicas del terreno para la estructura de cimentación del depósito. Al mismo tiempo se verificará la estabilidad de la ladera en la que se prevé ubicar el depósito antes, durante y después de la ejecución del mismo

Esta evaluación se realizará en base a la información obtenida y/o deducida de la visita a la zona de estudio y a las reglas de diseño comúnmente aceptadas en la ingeniería geotécnica.

En el caso de la obra del depósito, se determinarán los parámetros de resistencia de la roca para el cálculo de la capacidad admisible del terreno para absorber las diferentes sollicitaciones que transmitirá la obra.

#### 1.3. Ubicación de la zona de estudio

La zona donde se desarrollará el estudio se encuentra en la ciudad de Valencia, en el término municipal de Montesa, población que se localiza en la zona sureste de la provincia de Valencia en la Comunidad Valenciana.

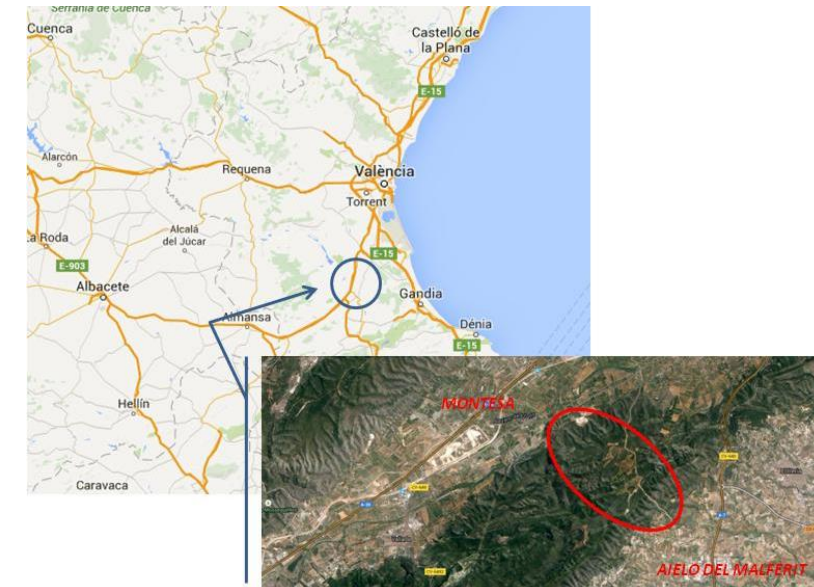


Figura 1: Localización del área en estudio. (Fuente: elaboración propia a partir de imagen Google Maps)

## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

Concretamente, la obra del depósito se prevé que se realizará en las coordenadas 38º 54' 32.76" N y 0º 36' 20.25" O, aproximadamente.

### 1.4. Acceso al Área de estudio

Se accederá al área de estudio mediante la única vía existente desde la población de *Aielo de Malferit* y en dirección a *Montesa*. Se trata de una carretera de titularidad municipal cuyo principal objetivo es dar acceso a las numerosas viviendas aisladas –generalmente segundas residencias o casetas de labor- y zonas de cultivo que se localizan entre estas dos poblaciones y, en segundo término, la unión directa de ambas.

Se trata de una vía local de calzada única y dos carriles, uno por sentido. En su mayor parte asfaltada aunque hacia el final del recorrido (a unos 700 m de la zona de estudio) se transforma en un camino agrícola cuya calzada es de zahorra compactada. La señalización, tanto vertical como horizontal, es escasa. El tráfico es muy reducido y formado, en su mayor parte, por pequeños tractores de labranza o turismos particulares.

Hasta la obra en concreto, situada al lado del antiguo depósito, se tiene un recorrido de 4 Km desde el núcleo urbano de *Aielo de Malferit*. Esta vía es de vital importancia para este proyecto ya que permitirá recorridos breves y caminos suficientemente amplios para el acceso de la maquinaria, del material y de los equipos necesarios para poder realizar la obra con la correcta organización y sin problemas de acceso.



Figura 2: Recorrido entre la obra y Aielo de Malferit. (Fuente: elaboración propia a partir de imagen Google Maps)

### 1.5. Características del Proyecto

El proyecto contempla la construcción de un nuevo depósito de 2500 m<sup>3</sup> de capacidad junto a uno construido con anterioridad y declarado en desuso por el deterioro sufrido por su estructura y en el terreno sobre el que se apoya.

Una vez elegida la localización del depósito, influida por la necesidad de cota, es necesaria la ejecución de este estudio geológico-geotécnico para conocer los materiales y sus características y estudiar el mejor método de cimentación para este depósito.

El nuevo depósito, objeto de nuestro proyecto, se realizará de hormigón armado prefabricado con la estructura de cimentación ejecutada 'in situ'. Primero se construirá la zapata corrida de manera que el muro prefabricado quede correctamente conectado y hormigonado a esta.

Finalmente, se realizará la losa "in situ" después de haber colocado las juntas de goma elástica en la parte superior de la cimentación donde se apoyará dicha losa.

### 1.6. Geomorfología

El área de estudio corresponde a la zona denominada *La Basseta Roja*, desde el punto de vista geomorfológico corresponde a una zona montañosa donde hay zonas de altura suficiente para que el depósito suministre el agua por gravedad.

Se trata de un sistema montañoso dispuesto de suroeste a noreste, que forma parte del sistema Prebético valenciano y está constituida por un largo anticlinorio que sigue paralelamente el valle del río Cañoles que discurre por el norte.

Esta zona montañosa recibe el nombre de Serra Grossa y está formada fundamentalmente por materiales de edad cretácica y naturaleza rocosa.

La depresión del río Cañoles, que atraviesa el área geográfica en dirección SO-NE, independiza dos claros dominios morfológicos que responden a sendos estilos estructurales. Se destaca la extensa plataforma tabular del Macizo del Caroch, entallada por espectaculares barrancos de cursos sinuosos.

Los límites de dicha depresión abarcan hasta el Puerto de Almansa con formas tabulares que enlazan el sur de dicha línea con la geomorfología del país prebético.



## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

Una de las características más interesantes de esta zona es la presencia de zonas de acumulación de arcillas procedentes de la descalcificación de la caliza cretácica generando estructuras similares a los denominados poljes.

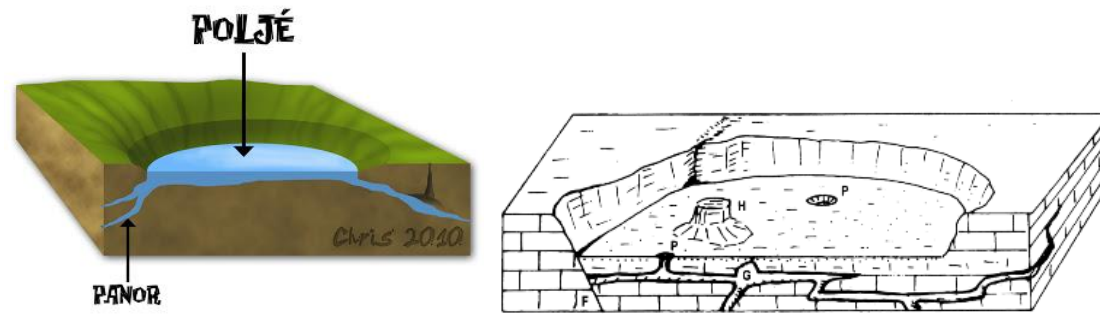


Figura 3: Esquema de un Poljé. (Fuente: Imágenes de Google.)

Un poljé se origina como consecuencia del lavado y erosión de las rocas calizas por inundaciones temporales, produciéndose la Karstificación y aflorando las arcillas rojas de descalcificación que se encontraban en el interior de la roca caliza al introducirse dichas arcillas por las fisuras existentes.

Este tipo de poljé recibe el nombre de poljé kárstico-erosivo.

### 1.7. Sismicidad

Montesa se encuentra situada en una zona en la que históricamente se produjeron fenómenos sísmicos, por lo que existe cierto riesgo de que se vuelva a producir.

A nivel normativo, una fuente de referencia válida se encuentra en la Norma de Construcción Sismorresistente (NCDR-02). En el apartado 2.1 incluye un Mapa Sísmico, en la que zonifica la actividad sísmica en España para tener en cuenta los criterios de construcción de obras.

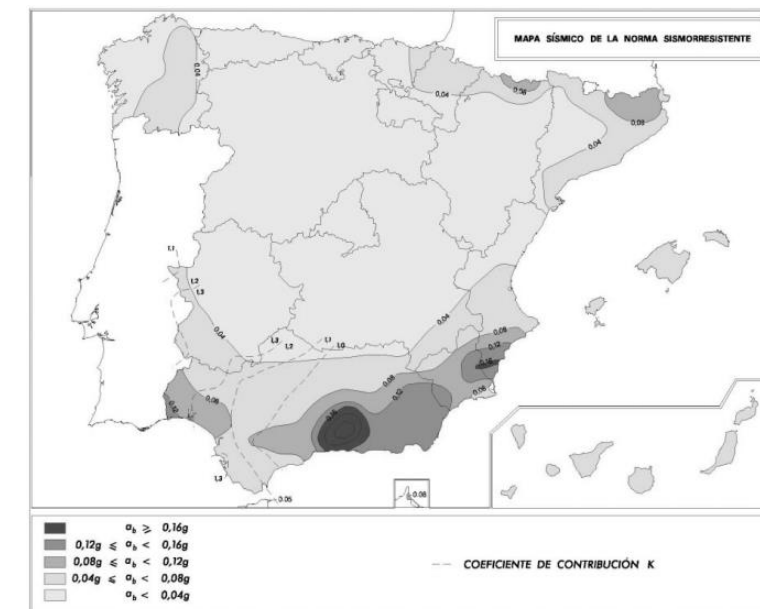


Figura 2.1. – Mapa de Peligrosidad Sísmica.

Según esta Norma, el municipio de Montesa presenta un valor de aceleración sísmica básica de 0.07g, situado en un rango intermedio de la establecida norma (mínimo de 0.04g y máxima de 0.16g), estando situada Montesa en la Zona VII, de intensidad media, luego **será necesario tener en cuenta la acción sísmica en el cálculo de estructuras.**

### 1.8. Agresividad al hormigón.

Al estar situado el depósito en una zona montañosa constituida por materiales calcáreos que no muestran componentes químicos con probada agresividad al hormigón y, además, al no estar cerca del mar, se deduce que es posible utilizar hormigón armado convencional, no necesitará de ningún aditivo o tratamiento para los ambientes agresivos específicos que recoge la EHE.

## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

### 2. GEOLOGÍA

La elaboración de este apartado del proyecto se ha realizado en dos fases. La primera de ellas consiste en analizar los datos aportados por la bibliografía comúnmente utilizada, en este caso concreto nos referimos al Mapa Geológico del Instituto Geológico de España (en adelante IGME) a escala 1:50.000, hoja número 794 denominada "Canals".

De este y de la memoria que le acompaña se obtendrá una idea general de los aspectos más relevantes de la geología y de los materiales que afectarán o se verán afectados por la construcción del depósito.

La segunda fase ha consistido en realizar una visita a obra para constatar y completar la información recabada en la primera fase y que se concretará en la elaboración de una geología local ajustada a la realidad actual y a la escala de proyecto.

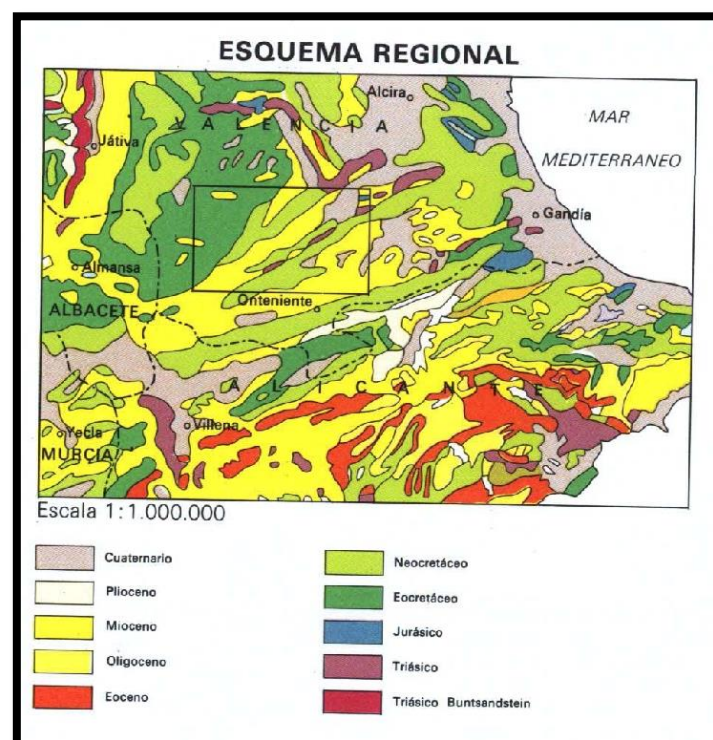


Figura 4: Mapa geológico regional y leyenda. (Fuente: IGME).

### 2.1. Geología Regional

La totalidad del territorio recogido en esta Hoja (Canals) número 794 del IGME (Instituto Geológico y Minero de España) se encuentra dentro de la provincia de Valencia. Según esta, la depresión del río Cañoles, que atraviesa el área geográfica en dirección SO-NE, independiza dos claros dominios morfológicos que responden a sendos estilos estructurales. Se destaca la extensa plataforma tabular del Macizo del Caroch, entallada por espectaculares barrancos de cursos sinuosos, que marca una zona de transición entre los dominios Ibérico y Bético.

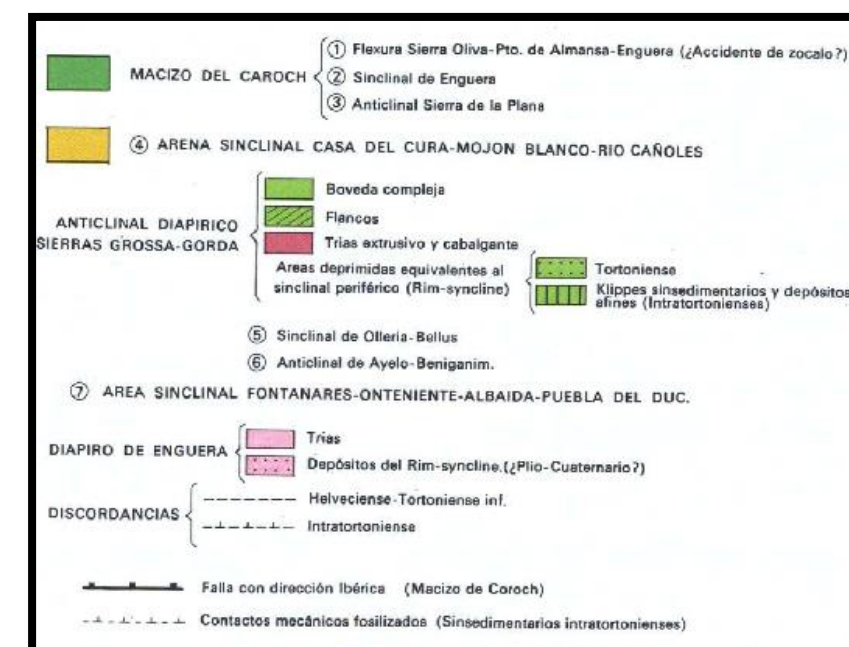
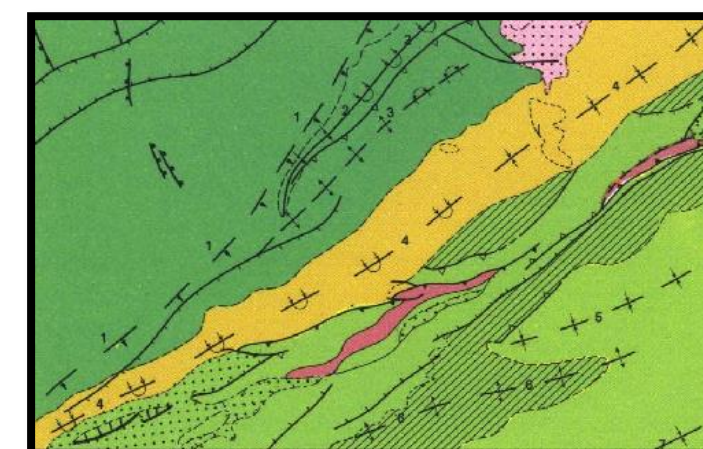


Figura 5: Mapa tectónico y leyenda. (Fuente: IGME).

## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

Al sur del Cañoles, el crestón Serra Grossa y las depresiones de Aielo de Malferit L'Ollería y Ontinyent conservan aún las típicas facies del prebético externo.

### Estratigrafía

Se ha podido datar cronológicamente la serie litoestratigráfica prácticamente en toda su totalidad. Destacan tres tramos dentro de esta serie, en lo que al entorno de la obra se refiere:

- Las formaciones dolomíticas del Cretácico Superior.
- Las margas en facies del Mioceno.
- Las formaciones rojas de facies garumniense.

Los depósitos cuaternarios han podido ser al menos relacionados directamente por medio de una cronología relativa que en algunas zonas aparece bastante clara.

A continuación se expone un resumen de las litologías presentes en la zona de estudio, de más antigua a más moderna:

### **A. TRIÁSICO (KEUPER)**

En afloramientos sumamente tectonizados y en lentejones interestratificados en las margas del Mioceno aparecen las arcillas del Keuper.

Espesor incalculable y litoestratigrafía clásica: arcillas verdes, rojas, yesos fibrosos intensamente coloreados y delgados niveles de dolomías y profusión de cuarzos bipiramidados conocidos como *Jacintos de Compostela*.

### **B. CRETÁCICO**

La serie cretácica aparece en el Macizo del Caroch con el Albiense, en cuyo techo las facies Utrillas evidencian un final de ciclo sedimentario en el Albiense Superior, como se observa en la columna estratigráfica.

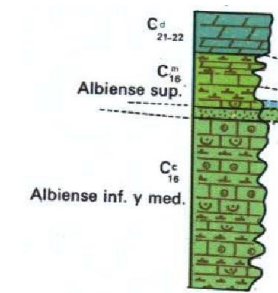


Figura 6: Columna estratigráfica del Macizo del Caroch, Cuesta del Atochar. (Fuente: IGME).

### **B.1. Albiense**

Aflora únicamente en el Macizo del Caroch y constituye el techo de una potente serie calcáreo-margosa que comienza en el Barremiense y llega a superar los 400 m de espesor.

Dentro de este piso, la cartografía distingue tres litologías:

#### B.1.1. Facies neríticas carbonatadas

Con un espesor máximo visible de 85 m en la sección tipo levantada en la Cuesta del Atochar está constituido por una alternancia de calizas nodulosas, tonos cremas en fractura y margas ocreas.

Su litoestratigrafía está integrada por calcarenitas intraclásticas, gravelosas y bioclásticas, escasos bancos de biocrinitas más o menos dolomitizados que suelen albergar escasos granos de cuarzo y calcarenitas oolíticas fuertemente bioclásticas.

#### B.1.2. Facies detríticas

Espesor máximo de 20 m en la sección tipo constituido por arcillas amarillas, verdes y arenas finas con estratificaciones cruzadas y numerosas costras ferruginosas se encuentran irregularmente distribuidas en un medio margo-siltoso con delgadas intercalaciones dolomíticas.

#### B.1.3. Albiense Superior

Espesor máximo 15 m en la Cuesta del Atochar. Representa siempre zonas blandas con fuertes tonos ocreos sobre las que resaltan las crestas de las intercalaciones calcáreas.

Tras una barra inicial de calcarenitas bioclásticas con algunos oolitos, se desarrollan las margas ocreas siltosas con interbancos de calcarenitas lumaquéllicas y biocrinitas llenas de perforaciones de litófagos perpendiculares a la estratificación.



## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

### B.2. Formaciones dolomíticas

La cartografía representa dos regiones donde la dolomitización toma aspectos diferentes, el Macizo del Caroch y la Serra Grossa.

#### B.2.1. El Caroch. Dolomías de base

En el macizo del río Cañoles, la serie dolomítica presenta tres litofacies: dolomías basales y vacuolares, dolomías margosas amarillentas y dolomías negras cristalinas.

Las dolomías de base representan un acantilado macizo con estratificación imperceptible y tonos grises a pardos. El espesor, muy contante, puede cifrarse en unos 50 m. Deben corresponder a ex-calcarenitas gruesas, pues la presencia de granos de cuarzo indican claramente que la roca original debía ser una calcarenita a calcirrudita fuertemente bioclástica.

#### B.2.2. Dolomicritas y margas dolomíticas

El espesor medido es de 60 m. Se presenta siempre como una alternancia bien marcada de dolomías margosas amarillentas y margas dolomíticas amarillentas.

En el techo existen dos o tres gruesos bancos de dolomías cristalinas negras, ocasionalmente muy karstificadas.

#### B.2.3. Serie dolomítica en la Serra Grossa

La diferenciación cartográfica no es posible, pues se aprecia fácilmente que los espesores varían considerablemente y que las tres facies aparecen dentro del complejo a cualquier nivel. Ya no constituyen una secuencia constante, sino variable.

A pesar de estos inconvenientes, es posible notar ciertas diferencias litoestratográficas con relación al Caroch:

- Espesamiento, compactación y menor proporción de interbancos margosos en el término dolomicrítico que presenta laminaciones.
- Aumento considerable de potencia para las dolomías negras superiores, así como manchas ferruginosas.
- Aportes detríticos intensos en los tramos más altos.

### B.3. Senoniense

El Senoniense es imposible de diferenciar en cartografía en más de dos conjuntos: uno, que incluye Coniaciense-Santoniense y Campaniense, y otro, con el Maastrichtiense-Paleoceno.

Marcadas diferencias existen entre las series del Caroch y Serra Grossa, diferencias que pueden resumirse con la carencia en el Caroch de:

- A. Niveles con Orbitoides del Campaniense.
- B. Facies Garumnienses
- C. Aportes detríticos intensos.

#### B.3.1. Coniaciense Santoniense y Campaniense

En el Caroch el espesor máximo puede cifrarse en 70 m, 30 para el Coniaciense y 40 para el Santoniense. En Serra Grossa el conjunto alcanza los 300 m, desglosados en 90, 120 y 90 m para cada uno de los pisos. La totalidad de la serie se presenta como una masa calcárea, bien estratificada, con escasos interbancos margosos.

#### B.3.2. Facies garumnienses

En la Serra Grossa, sobre los niveles del Campaniense y sin discordancia visibles, se desarrollan los depósitos rojos típicos de los episodios regresivos, que al fin del Cretácico representan la facies garumniense.

Aparece como una formación blanda, constituida por arcillas verdes, rosas, rojas y ocre, cuando los elementos ferruginosos son abundantes, que alternan con delgados tramos calcáreos que corresponden invariablemente a biomicritas. Hacia el techo existen niveles de yeso inmersos en margas y arcillas verdes.

### C. Terciario

#### C.1. Oligoceno

Su espesor puede cifrarse en 70 m. Corresponden a zonas deprimidas teñidas de coloraciones rojo a salmón y difíciles de observar. Presenta una gran convergencia de caracteres con las facies garumnienses, diferenciándose de éstas por la presencia de gruesos cantos de cuarcita (5cm).

#### C.2. Neógeno

La migración en el tiempo de las discordancias, las resedimentaciones en los depósitos transgresivos y la invasión del mar miocénico por el Keuper diapírico que acaba de perforar la cobertera mesozoica, hacen que el estudio del Mioceno sea difícil.

La base de los depósitos neógenos, que nunca llega a alcanzar potencias superiores a los 30 m, se presenta bajo facies detríticas.

## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

### D. CUATERNARIO

Los depósitos cuaternarios se encuentran ampliamente repartidos. Aunque la extensión superficial sea grande, los espesores no parecen ser en ningún caso superiores a los 10 m, alcanzando un máximo indudable en la región de Canals.

#### D.1. Pleistoceno

##### Terrazas

En los ríos Cañoles y Clariano se distinguen claramente dos niveles de terrazas cuyas características litológicas son muy similares.

La terraza alta, situada a cotas entre 5 y 15 m, presenta cantos calcáreos, limos rojos y arenas, diferenciándose tan sólo de la baja, situada entre 5 y 1 m, por presentar frecuentemente una cementación eficaz y por la presencia de limos rojos.

##### Conos de deyección y depósitos de ladera

Incluye materiales pertenecientes al Holoceno y Pleistoceno. Fundamentalmente, los depósitos antiguos corresponden a materiales más gruesos y sobre todo cementados.

##### Caliches y costras calcáreas

Depósitos típicos que varían desde costras a auténticas estructuras radiadas. Ocasionalmente presentan un resalto de 1 m de elevación sobre los terrenos circundantes. La costra presenta su máxima frecuencia sobre las margas miocenas, pero igualmente puede observarse cementando el conjunto margas-conos antiguos.

#### D.2. Holoceno

##### Travertino de Canals

Constituido por un completo entramado de algas travertínicas. Se encuentra hasta unos 40 m por encima del nivel de las fuentes del río de los Santos, apreciándose el descenso en el encajamiento. Este descenso ha creado la deposición de limos negros.

##### Aluvial actual del río Cañoles

La distribución irregular del río Cañoles está determinada por la llegada al cauce de materiales procedentes de los depósitos de ladera y conos actuales, encontrándose el aluvial aguas abajo de estas áreas.

##### Arcillas rojas de descalcificación

Sobre los macizos calcáreos se encuentran depósitos de arcillas y limos rojos, productos típicos del proceso de Karstificación, siendo posible reconocer una asociación entre los depósitos y la morfología, áreas deprimidas e irregulares con o sin drenaje superficial. Estas zonas, asimilables a poljes, no presentan nunca escarpes visibles en los bordes y están regularmente invadidas por los depósitos de rambla y ladera actuales.

#### 2.2. Geología de detalle

En este apartado se expone la geología local, es decir, la geología con escala ajustada a la zona de actuación de la obra y que puede influir en la misma. Esta geología se ha obtenido, tras el estudio exhaustivo de la geología regional y en base a lo observado en la visita realizada al área de trabajo.

En primer término se puede observar un cabalgamiento producido en la cresta de la montaña. Se trata de un cabalgamiento de las rocas calizas sobre las dolomías, dejando un tramo de transición entre estos dos tipos de rocas, si bien esta estructura, en principio no afectará a la obra objeto de este proyecto.

##### 2.2.1. Investigación de campo

Como se ha comentado anteriormente, con objeto de constatar y completar la geología local, se realizó una visita a la zona de construcción del depósito el día 28 de Marzo de 2015, concretamente en el municipio de Montesa, en la *Basseta Roja*. Esta visita se trató de comprobar que los materiales situados en dicha zona coincidían con las indicaciones del IGME en el mapa geológico de Canals y también se realizó para obtener la información necesaria del terreno para construir el depósito de riego.

En este apartado se explicará las investigaciones de campo y los resultados obtenidos de dicha investigación.

##### 2.2.2. Material empleado.

Antes de entrar en la descripción del trabajo de campo se hará un inventario de los instrumentos utilizados en la visita.

Los instrumentos que se usaron para la realización del trabajo de campo fueron:

## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

- Esclerómetro: Instrumento de medición empleado para estimar la resistencia a compresión simple de la roca. Su funcionamiento consiste en una pesa tensada con un muelle. Dicha pesa tensada es lanzada contra la roca y se mide su rebote que debe ser corregido por la inclinación del útil.
- Linterna de geólogo: Se trata de una linterna para detectar los cristales situados en los materiales.
- Martillo de geólogo: Instrumento para fracturar y dividir el material, y eliminar la superficie de la roca que está alterada. En el campo de la geología, se utiliza para obtener una superficie fresca de una roca con el fin de determinar su composición, su naturaleza, estudiar la mineralogía, su historia y el campo de estimación de la resistencia de la roca.
- Ácido clorhídrico: permite distinguir la naturaleza caliza o dolomítica de una roca sedimentaria, de manera que, si reacciona al echarlo sobre la roca significa que tiene un contenido en carbonato cálcico y nos permite saber el tipo de roca.
- Brújula: se usa para conocer el buzamiento y la dirección de buzamiento de los estratos rocosos y del plano de estratificación entre materiales.



Figura 7: Depósito metálico declarado en desuso. (Fuente: Fotos tomadas en la visita).



Figura 8: Descalce y deterioro del relleno. (Fuente: Foto tomada en la visita).

### 2.2.3. Estudio del área de trabajo.

Una vez situados en la zona de estudio, en primer término se examinó el depósito metálico ya construido, declarado en desuso, intentando inventariar los defectos y deficiencias que pueden haber llevado a esta condición. El objetivo fundamental es comprobar si algunos de estos defectos podrán achacarse al terreno sobre el que se cimentó o a la ubicación del mismo.

Fundamentalmente se comprobó un gran deterioro del depósito con fugas de agua, oxidación así como muestra de descalce y deterioro, posiblemente ocasionado por las fugas, del relleno sobre el que se ubica.

A continuación, se realizó en la zona una inspección del terreno natural realizando pruebas de resistencia mediante esclerómetro a los materiales rocosos y utilizando el ácido clorhídrico para determinar su naturaleza con mayor precisión que la simple inspección visual. Se comprobó que se trataba de una transición entre caliza y dolomía al comprobar una débil reacción al contacto con el ácido.



## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)



Figura 9: Prueba del HCl. (Fuente: Fotos tomadas en la visita).



Figura 10: Prueba del esclerómetro. (Fuente: Fotos tomadas en la visita).

Seguidamente, se realizaron las mismas pruebas a varios fragmentos de roca situados a distintas cota, cada vez más elevada, comprobándose como a medida que aumentaba la cota del afloramiento el resultado de la reacción era más débil, es decir, se pierde el carácter dolomítico y a esto se une el hecho de que los valores de resistencia obtenidos con el esclerómetro también se reducen.

Ocasionalmente, al realizar las pruebas con el esclerómetro y con el ácido en otros fragmentos de roca con un tono más oscuro, se observó que al golpear la roca con el martillo de geólogo salían chispas. Se trataba del contenido de silicato magnésico, es decir, tenía un contenido de cuarzo elevado sin que se pueda precisar una conclusión al respecto.

Situados ya en la posición exacta elegida para la construcción del futuro depósito, encontramos un interbanco margoso de tomos ocre que se corresponde con la que refleja el mapa geológico.



Figura 11: Interbanco margoso. (Fuente: Fotos tomadas en la visita).



Figura 12: Interbanco margoso. (Fuente: Fotos tomadas en la visita).

Estas observaciones se corresponden con lo que define el mencionado mapa como Cretácico Superior Senoniense formado por biomicritas con intraclastos negros y calcarenitas, y por último el Cretácico Superior Turoniense y Cenomaniense formado por dolomías grises, dolomicritas y margas dolomíticas.

Este material se encuentra en contacto directo con un suelo de naturaleza arcillo-limosa de tonos rojizos que se corresponde con terrenos cuaternarios, concretamente del Holoceno, formado por arcillas rojas de descalcificación, según el mapa geológico del IGME.



## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

En esta zona aparecen estas arcillas rojas de descalcificación asociadas a la estructura geomorfología típica de la zona y similar a los denominados poljes. Se produce el relleno de arcillas en los huecos de las rocas calizas, y al ir erosionando la caliza por disolución con el agua, salen al exterior las arcillas de descalcificación Kárstica. Son tierras muy fértiles lo que hace que sea posible el cultivo en toda esta zona.



Figura 13: Arcillas rojas de descalcificación. (Fuente: Foto tomada en la visita).



Figura 14: Arcillas rojas de descalcificación en las zonas de cultivo. (Fuente: Fotos tomadas en la visita).

En la misma zona se vio otras rocas fracturadas de color pardo, pudiéndose tratar de un contenido en arena o tratarse de margas. Al realizar las pruebas con el HCl se vio que se trataba de una marga, porque las margas tienen un contenido de arcilla y carbonato cálcico, y el HCl reaccionó con este último.

Por otro lado, también se observó una gran cantidad de bloques correspondientes a frecuentes desprendimientos de la cresta rocosa. Se llega a esta conclusión como consecuencia de la inspección de estos fragmentos, se realizaron pruebas con el esclerómetro y el ácido clorhídrico y se llegó a la

conclusión de que se trataban de rocas calizas. Teniendo en cuenta que con la cota aumenta el carácter calizo del material y disminuye su carácter dolomítico, se concluye que su localización no se corresponde con su posición inicial, por lo tanto, se dedujo que procedían de la roca caliza situada en la parte más alta de la montaña, donde se puede comprobar la existencia de un cabalgamiento de la roca caliza sobre la dolomía.



Figura 15: Tamaño de bloque de los desprendimientos. (Fuente: Foto tomada en la visita).

Por lo tanto, la zona de construcción del depósito tiene un terreno compuesto por margas calcáreas de color pardo rojizo y arcillas. Se trata de una roca blanda, no difícil de excavar, lo que supone un menor precio de excavación que si fuera roca dura.

Un poco más abajo se observaron rocas en una posición natural, tratándose de rocas calizas al reaccionar con el ácido clorhídrico y sin contenido en arcillas. Se midieron con la brújula la alineación de estas rocas calizas, teniendo estas la misma, 100° desde el norte.

Se llegó a la conclusión que a mayor cota, el terreno tiene un mayor contenido en carbonato cálcico.

Una vez analizado el terreno donde se va a situar la obra, se pasó a analizar el terreno más abajo. Es decir, pasando la zona de transición entre calizas y dolomías, en la otra dirección.

En esta zona se encontraron dolomías con una alineación de 50° y también arcillas arenosas.

También se encontraron unas margas, porque reaccionaban con HCl y tenían un contenido de arcillas. La explicación a la posición de estas margas es que los caminos de agua no pasaban por esta posición, y no erosionaban el carbonato cálcico.

En todas las rocas se observó que tenían la misma dirección NE-SO, salvo los bloques de caliza encontrados por los desprendimientos.



## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

### 2.2.4. Resultados obtenidos.

En la siguiente tabla se encuentran los resultados de las pruebas realizadas con el esclerómetro y el HCl en la investigación de campo.

Número de prueba	Resistencia simple(corregido) (Mpa)	Reacciona con HCl	Tipo de roca
1	58	Si	Caliza
2	30-32	Si	Caliza
3	40	Si	Caliza
4	50	Si	Caliza
5	60	Si	Caliza
6	60	Si	Caliza
7	25	No	Dolomía
8	28	Si	Marga

Los fragmentos calizos que se muestran en las pruebas 3 y 4 se corresponden a bloques que no están en su posición natural, es decir, son fragmentos de caliza desprendidos de la cresta de la montaña, donde se observa el cabalgamiento.

Como se ha descrito en la investigación de campo el depósito objeto de este trabajo se ubicará sobre las margas descritas anteriormente, justo entre las dolomías del cretácico y las arcillas rojas cuaternarias procedentes de la descalcificación cárstica.

Los criterios para decidir la ubicación exacta del depósito han sido:

- Cota por condiciones hidráulicas de funcionamiento del depósito.
- Facilidad de excavación por el coste.
- Capacidad portante suficiente.
- Permeabilidad suficientemente baja por las posibles filtraciones de fugas.

Las ventajas que ofrece de situar el depósito sobre este tipo de materiales su facilidad de excavación y menor permeabilidad frente a la dolomía y su mayor resistencia frente a las arcillas.

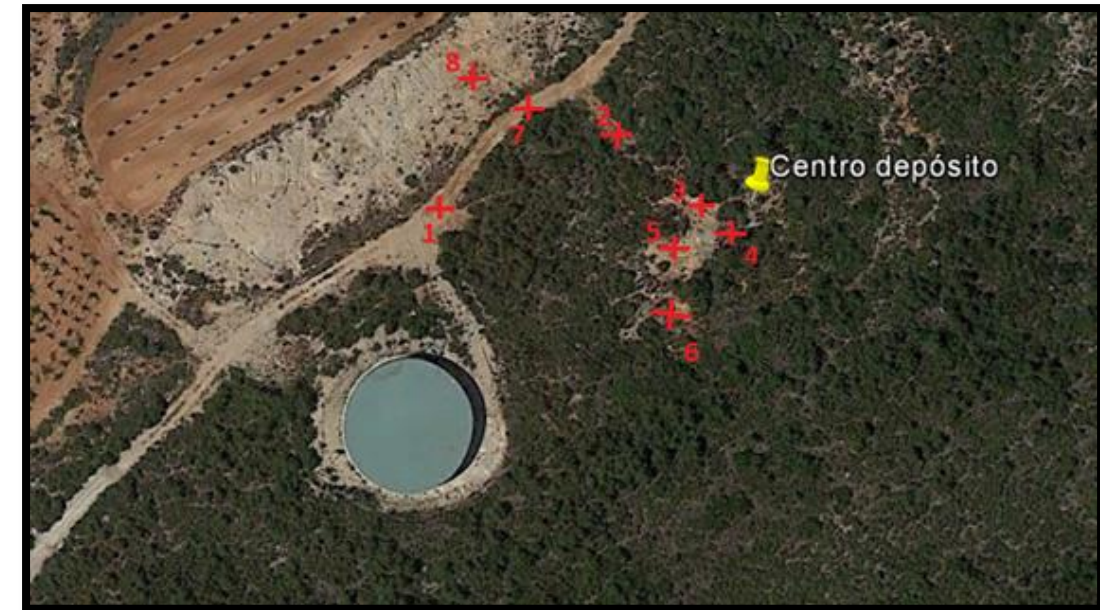


Figura 16: Plano en planta del lugar donde se han realizado las pruebas. (Fuente: Google Earth y elaboración propia).

Por todo lo expuesto anteriormente se ha deducido el siguiente mapa geológico.

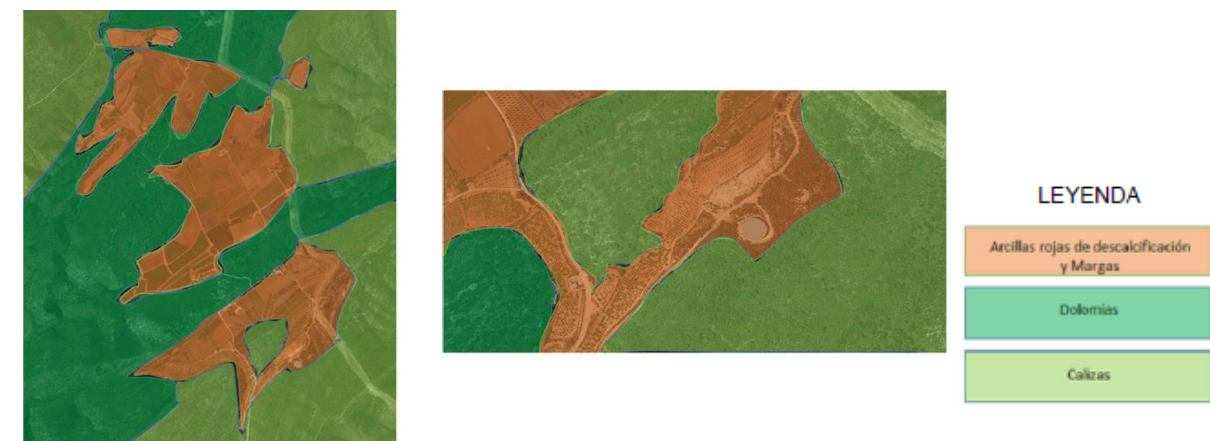


Figura 17: Plano de detalle del lugar donde se han realizado las pruebas. (Fuente: Google Earth y elaboración propia).

## 3. MARCO GEOTÉCNICO

### 3.1. Planificación de la campaña geotécnica.

A falta de recursos para realizar una campaña geotecnia que permita obtener la caracterización de los materiales desde este punto de vista se ha decidido exponer en este punto la campaña geotécnica que hubiese sido necesario realizar para cumplir este objetivo.

No existen recomendaciones para la realización de este tipo de trabajos de campo cuando la estructura a construir es un depósito así que se ha decidido seguir los criterios de las recomendaciones existentes en la actualidad, en primer lugar las del código técnico de edificación y en segundo lugar las de la guía de cimentaciones en obras de carreteras.

#### 3.1.1. Según el código técnico de la edificación

##### 3.1.1.1. Programación

Para la programación del reconocimiento del terreno se deben tener en cuenta todos los datos relevantes de la parcela, tanto los topográficos o urbanísticos y generales del edificio, como los datos previos de reconocimientos y estudios de la misma parcela o zonas cercanas

La unidad que se considera en el código Técnico de la Edificación (en adelante CTE) es un edificio. Aunque el proyecto objeto de este trabajo no es un edificio lo vamos a tratar como si lo fuera.

En primer lugar, con las tablas siguientes, se clasifica la construcción y el terreno, respectivamente.

**Tabla 3.1. Tipo de construcción**

Tipo	Descripción <sup>(1)</sup>
C-0	Construcciones de menos de 4 plantas y superficie construida inferior a 300 m <sup>2</sup>
C-1	Otras construcciones de menos de 4 plantas
C-2	Construcciones entre 4 y 10 plantas
C-3	Construcciones entre 11 a 20 plantas
C-4	Conjuntos monumentales o singulares, o de más de 20 plantas.

<sup>(1)</sup> En el cómputo de plantas se incluyen los sótanos.

Como se trata de un depósito no tratará de plantas, pero la altura que tendrá el depósito será menor que 4 plantas con una superficie a ocupar mayor que 300 m<sup>2</sup>. Por lo tanto el tipo de construcción será C-1.

**Tabla 3.2. Grupo de terreno**

Grupo	Descripción
T-1	Terrenos favorables: aquellos con poca variabilidad, y en los que la práctica habitual en la zona es de cimentación directa mediante elementos aislados.
T-2	Terrenos intermedios: los que presentan variabilidad, o que en la zona no siempre se recurre a la misma solución de cimentación, o en los que se puede suponer que tienen rellenos antrópicos de cierta relevancia, aunque probablemente no superen los 3,0 m.

Tenemos un terreno rocoso, lo que significa que es un terreno favorable. Por lo tanto es un grupo de terreno T-1.

El siguiente aspecto a tener en cuenta es la densidad y profundidad de reconocimientos que debe permitir una cobertura correcta de la zona de trabajo. Se tendrá en cuenta la superficie de ocupación en planta además de los aspectos considerados anteriormente.

Con carácter general el mínimo de puntos a reconocer será de tres. En la tabla 3.3 se recogen las distancias máximas  $d_{máx}$  entre puntos de reconocimiento que no se deben sobrepasar y las profundidades orientativas  $P$  bajo el nivel final de la excavación.

**Tabla 3.3. Distancias máximas entre puntos de reconocimiento y profundidades orientativas**

Tipo de construcción	Grupo de terreno			
	T1		T2	
	$d_{máx}$ (m)	P (m)	$d_{máx}$ (m)	P (m)
C-0, C-1	35	6	30	18
C-2	30	12	25	25
C-3	25	14	20	30
C-4	20	16	17	35

Según la tabla anterior la distancia máxima entre puntos de reconocimiento será de 35 metros y a una profundidad orientativa de 6 metros.

En la tabla siguiente se establece el número mínimo de sondeos mecánicos y el porcentaje del total de puntos de reconocimiento que pueden sustituirse por pruebas continuas de penetración cuando el número de sondeos mecánicos exceda el mínimo especificado en dicha tabla.

## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

**Tabla 3.4. Número mínimo de sondeos mecánicos y porcentaje de sustitución por pruebas continuas de penetración**

	Número mínimo		% de sustitución	
	T-1	T-2	T-1	T-2
C-0	-	1	-	66
C-1	1	2	70	50
C-2	2	3	70	50
C-3	3	3	50	40
C-4	3	3	40	30

El número mínimo de sondeos a realizar es 1 y un 70 % de sustitución por pruebas continuas de penetración.

### 3.1.1.2. Ensayos de campo

Son ensayos que se ejecutan directamente sobre el terreno natural y que proporcionan datos que pueden correlacionarse con la resistencia, deformabilidad y permeabilidad de una unidad geotécnica a una determinada profundidad.

En este caso y teniendo en cuenta el aspecto funcional del proyecto se considera necesario realizar ensayos de permeabilidad

La descripción y condiciones de utilización de estos ensayos se indican en la tabla D.7.

**Tabla D.7. Utilización de los ensayos in situ**

Tipo	Descripción	Utilización para Determinar
Ensayo Lefranc	Medida del caudal de agua bombeada al terreno a través de un tramo de sondeo de 50 cm	Permeabilidad de suelos
Ensayo Lugeon	Medida de los caudales bombeados a un tramo de sondeo, a presiones escalonadas, durante un tiempo de 10 min.	Permeabilidad de rocas moderadamente fisuradas

### 3.1.1.3. Toma de muestras

El objetivo de la toma de muestras es la realización, con una fiabilidad suficiente, de los ensayos de laboratorio pertinentes según las determinaciones que se pretendan obtener. Por tanto, en la toma de muestras se deben cumplir unos requisitos diferentes según el tipo de ensayo que se vaya a ejecutar sobre la muestra obtenida.

De las tres categorías de muestras definidas en el CTE, en este caso al tratarse de roca, la categoría elegida es la B, únicas muestras que es posible tomar en roca.

### 3.1.1.4. Caracterización de macizos rocosos

Un macizo rocoso se caracteriza por la resistencia de la roca matriz, que debe matizarse con otras propiedades de su discontinuidad, como son: apertura, rugosidad, tipo de relleno, espaciamiento, índice de fracturación, persistencia, clase RQD, o presencia de agua. Dichos parámetros podrán utilizarse para determinar otros índices, tales como el RMR, indicativos del comportamiento global del macizo rocoso.

En este caso no es posible realizar estaciones geomecánicas para estudiar estos parámetros por el carácter masivo del material sin diaclasas o discontinuidades sistemáticas que permitan una clasificación en este sentido

### 3.1.1.5. Ensayos de laboratorio

De todas las muestras obtenidas en calicatas o sondeos se hará una descripción detallando aquellos aspectos que no son objeto de ensayo, como el color, olor, litología de las gravas o trozos de roca, presencia de escombros o materiales artificiales, etc.

En la tabla D.19 se indican los ensayos considerados adecuados para la determinación de las propiedades más usuales de una roca matriz.

**Tabla D.19. Ensayos de laboratorio. Roca matriz**

Propiedad	Ensayos	Norma
Estado	Humedad natural	ISRM parte 1:1977
	Porosidad	ISRM parte 1:1977
	Densidad	ISRM parte 1:1977
	Absorción	ISRM parte 1:1977
Resistencia	Compresión simple	UNE 22-950 1ª parte:1990
	Carga puntual	NLT 225 :1996
	Brasileño	UNE 22-950 2ª parte :1990
	Resistencia al corte en discontinuidades	
Durabilidad	Desmoronamiento	NLT 255 :1996
	Ciclos de sequedad-Humedad	NLT 251:1996



## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

### 3.1.2. Según la guía de cimentaciones en obras de carretera.

#### 3.1.2.1. Reconocimientos geotécnicos de proyecto.

Según la Guía de Cimentaciones de carretera (en adelante G.C.O.C) la amplitud e intensidad de los reconocimientos depende de la naturaleza del terreno y de las condiciones de cimentación.

##### 3.1.2.1.1. Calificación del terreno para determinar la intensidad del reconocimiento.

La naturaleza del terreno puede clasificarse según dos características esenciales que son la variabilidad y la capacidad portante relativa.

- Respecto a su variabilidad, los terrenos pueden calificarse en homogéneos, normales y heterogéneos, según se indica a continuación.
- Respecto a su capacidad de soporte relativa a la ejecución de una determinada cimentación (condiciones de cimentación), pueden distinguirse situaciones favorables, normales o adversas.

En nuestro caso, la variabilidad del terreno se puede considerar normal y las condiciones de cimentación son favorables al estar sobre roca, un terreno competente en el que la solución de la cimentación adoptada es de buen comportamiento.

##### 3.1.2.1.2. Clases de reconocimientos del terreno

La relación que existe entre las condiciones del terreno y la intensidad de los reconocimientos se indica en la tabla 3.5.

TABLA 3.5. CLASES DE RECONOCIMIENTO

CONDICIONES DE CIMENTACIÓN \ VARIABILIDAD DEL TERRENO	HETEROGÉNEO	NORMAL	HOMOGÉNEO
ADVERSAS	Especial	Intenso	Normal
NORMALES	Intenso	Normal	Reducido
FAVORABLES	Normal	Reducido	Esporádico

Según la tabla 3.5 la clase de reconocimiento sería reducido al tener una variabilidad del terreno normal y unas condiciones de cimentación favorables.

En cualquier caso, se recomienda que en reconocimientos reducidos, el número de sondeos mecánicos mínimo sea el siguiente:

- Puentes: 3 sondeos (estribos y en la pila de mayor altura).
- Pasos inferiores: 1 sondeo.
- Muros: 1 sondeo cada 50 m de longitud (mínimo 2 sondeos).
- Terraplenes: 2 sondeos en la sección de mayor altura, si  $H > 10$  m.

Los depósitos no están contemplados en la GCOC. En estos casos las normas de buena práctica aconsejan estudiar como mínimo tres puntos distribuidos por todo el área de trabajo de forma que se puedan obtener dos perfiles litoestratigráficos perpendiculares entre sí.

Otro aspecto importante es decidir la profundidad de los reconocimientos. Es conveniente considerar el tipo de cimentación que se piensa proyectar.

Como en este caso se prevé cimentar con cimentación superficial, el reconocimiento debe alcanzar una profundidad mínima bajo el futuro plano de apoyo dada por el valor siguiente:

- $z_{min} \geq 1,5 B$  En general.
- $z_{min} \geq 10 \text{ m} + \sqrt{A}$  Cuando puedan existir suelos blandos en profundidad.

Donde:

$z_{min}$  = Profundidad mínima del reconocimiento.  
 $B$  = Ancho de la cimentación (dimensión menor en planta).  
 $A$  = Área de apoyo de la cimentación, expresada en  $\text{m}^2$ .

Teniendo en cuenta que el ancho de la cimentación es de 4.5 metros, la profundidad mínima se calculará con la siguiente expresión:

$$z_{min} \geq 1.5 * 4.5 = 6.75 \text{ m}$$

La profundidad mínima será 6.75 m.

### 3.2. Elección de la norma a aplicar.

Una vez analizado las dos normas, se concluye que se deberían realizar como mínimo 3 sondeos en la G.C.O.C. y 1 sólo según el CTE. Por lo tanto, la norma a elegir para que se realizara la campaña geotécnica sería la Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera, ya que especifica de mejor manera como se deben realizar, analizar y conservar los sondeos obtenidos.

## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

### 4. CÁLCULOS DE ESTABILIDAD DEL TERRENO.

En este apartado se realizarán los diferentes cálculos y comprobaciones de estabilidad del terreno sobre el que se situará el depósito, como son:

- Seguridad frente a estados límite últimos: hundimiento.
- Seguridad frente a estados límite de servicio: asientos.
- Estabilidad global de la ladera.
- Desprendimientos de fragmentos de roca de la ladera

El cálculo de seguridad frente a deslizamiento y vuelco no es necesario realizarlo ya que se trata de un depósito con una cimentación de zapata corrida en todo su perímetro, lo que permite su arriostramiento y evita su deslizamiento o vuelco.

#### 4.1. Cálculo analítico de la carga de hundimiento

Para la determinación de la carga de hundimiento se utilizará la fórmula de Brinch- Hansen y se realizará el cálculo como si fuera un suelo, es decir, como si fueran arcillas:

$$p_{vh} = q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot s_q \cdot t_q \cdot r_q + c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot s_c \cdot t_c \cdot r_c + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B^* \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot s_\gamma \cdot t_\gamma \cdot r_\gamma$$

Donde:

$p_{vh}$  = Presión vertical de hundimiento.  
 $q$  = Sobrecarga actuante al nivel del plano de cimentación, en el entorno del cimiento.  
 $c$  = Cohesión de cálculo.  
 $\gamma$  = Peso específico del terreno.  
 $B^*$  = Anchura equivalente del cimiento.  
 $N_q, N_c, N_\gamma$  = Factores de capacidad de carga, adimensionales y dependientes del ángulo de rozamiento interno.  
 $d_q, i_q, s_q, t_q, r_q$  = Factores adimensionales para considerar el efecto de la resistencia al corte local del terreno situado sobre el plano de apoyo, la inclinación de la carga, la forma de la cimentación, la proximidad de la cimentación a un talud y la inclinación del plano de apoyo. Los subíndices  $q, c, \gamma$ , indican en cuál de los tres términos de la fórmula polinómica deben aplicarse.

El cálculo de la carga de hundimiento se realizará a corto plazo, ya que el nivel freático no afectará.

La sobrecarga se deberá calcular mediante la siguiente expresión:

$$q = \gamma_{ap} \cdot D_1 + \gamma' \cdot D_2$$

Donde:

$D$  = Espesor total de tierras sobre el plano de cimentación ( $D = D_1 + D_2$ ).  
 $D_1$  = Parte del espesor de tierras  $D$ , que queda por encima del nivel freático.  
 $D_2$  = Parte del espesor de tierras  $D$ , que queda bajo el nivel freático.  
 $\gamma_{ap}$  = Peso específico aparente del suelo, correspondiente a la humedad media del terreno en el espesor  $D_1$  (sobre el nivel freático).  
 $\gamma'$  = Peso específico sumergido del terreno en el espesor  $D_2$  (bajo el nivel freático).

Como no afecta el nivel freático, la sobrecarga sería la siguiente:

$$q = \gamma \cdot D_1 = 19 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \cdot 3.5 \text{ m} = 66.5 \text{ KN/m}^2$$

La variable  $D_1 = 3.5 \text{ m}$  será la altura a que esté el depósito enterrado, es decir, la profundidad hasta la cota de cimentación.

El valor del peso específico de  $\gamma$  será  $19 \text{ KN/m}^3$

Los factores de capacidad de carga se calcularán mediante las expresiones analíticas siguientes:

$$N_q = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} e^{\pi \tan \phi} \quad N_c = \frac{N_q - 1}{\tan \phi} \quad N_\gamma = 2(N_q - 1) \cdot \tan \phi$$

Pero para el cálculo a corto plazo,  $\phi = 0$ , por lo tanto los factores de capacidad de carga serán:

$$N_q = 1 \quad N_c = \pi + 2 = 5.14 \quad N_\gamma = 0$$

A continuación, se procederá al cálculo de los factores  $d$ , es decir, la consideración de la resistencia al corte del terreno sobre el plano de apoyo.

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \arctg \left( \frac{D}{B^*} \right)$$

$$d_c = 1 + 2 \frac{N_q}{N_c} (1 - \sin \phi)^2 \arctg \left( \frac{D}{B^*} \right)$$

$$d_\gamma = 1$$

## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

Siendo  $D = 3.5$  m la profundidad de la cimentación y  $B^* = 4.5$  m la anchura equivalente de la cimentación (anchura de la zapata corrida), resultan los números siguientes:

$$d_q = 1; d_c = 1.26; d_\gamma = 1$$

El siguiente paso constará en calcular los factores "i", es decir, considerar la inclinación de las cargas.

Las fórmulas que permitirán el cálculo de estos factores "i" serán:

$$i_q = (1 - 0.7 \operatorname{tg} \delta_B)^3 (1 - \operatorname{tg} \delta_L)$$

$$i_c = \frac{i_q N_q - 1}{N_q - 1}$$

$$i_\gamma = (1 - \operatorname{tg} \delta_B)^3 (1 - \operatorname{tg} \delta_L)$$

Donde:

$\delta_B, \delta_L$  = Ángulos de inclinación de la carga respecto a la vertical

Pero para el cálculo a corto plazo,  $\Phi = 0$ , se puede suponer que:

$$i_q = 1$$

$$i_c = \frac{1}{2} \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{H}{B^* \cdot L^* \cdot c}} \right)$$

$$i_\gamma = \text{no es de aplicación, pues } N_\gamma = 0$$

Aplicando estas fórmulas se tiene que:

$$i_q = 1; i_c = 0.5 * \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{156}{4.5 * (2 * \pi * r) * 180}} \right) = 0.99; i_\gamma = 0$$

Para el cálculo de los factores "s" que dependen de la forma de la cimentación se utilizarán las expresiones siguientes:

$$s_q = s_c = 1 + \frac{B^*}{L^*} \cdot \frac{N_q}{N_c} \quad s_\gamma = 1 - 0.3 \frac{B^*}{L^*}$$

Aplicando los datos, se obtiene que:

$$s_q = 1.01; s_c = 1.01; s_\gamma = 0.98$$

Se considerarán como la unidad, porque la cimentación es una zapata corrida.

Por último, los factores "t" y "r", que dependen de la proximidad de la cimentación a un talud y del efecto de la inclinación del plano de apoyo, respectivamente, se considerará también como la unidad, porque el talud de inclinación es baja, el depósito es semienterrado y en la estabilidad no se produce rotura.

$$t_q = 1; t_c = 1; t_\gamma = 1$$

$$r_q = 1; r_c = 1; r_\gamma = 1$$

Calculadas todas las variables, se obtiene finalmente la carga de hundimiento.

$$p_{vh} = 1222.36 \text{ KN/m}^2$$

La carga de hundimiento neta será:

$$p_{vhn} = p_{vh} - q_o = 1222.36 - 66.5 = 1155.86 \text{ KN/m}^2$$

A continuación, se realizará el cálculo de la carga transmitida neta:

$$q_t = \frac{\sum N}{B * 1} = \frac{516.69}{4.5 * 1} = 114.82 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2};$$

$$q_o = 3.5 * \gamma_t = 3.5 * 19 = 66.5 \text{ KN/m}^2;$$

$$q_{tn} = q_t - q_o = 114.82 - 66.5 = 48.32 \text{ KN/m}^2$$

Según la Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera el coeficiente de seguridad deberá ser mayor a los valores de la tabla 4.7.

TABLA 4.7. HUNDIMIENTO: COEFICIENTES DE SEGURIDAD MÍNIMOS PARA CIMENTACIONES SUPERFICIALES

COMBINACIÓN DE ACCIONES	COEFICIENTE DE SEGURIDAD FRENTE AL HUNDIMIENTO
Casi permanente (*)	$F_1 \geq 3,00$
Característica	$F_2 \geq 2,60$
Accidental	$F_3 \geq 2,20$

(\*) Como valor del coeficiente de seguridad para la combinación de acciones casi permanente, en situaciones transitorias y de corto plazo, podrá adoptarse el coeficiente de seguridad  $F_2$  (véase apartado 2.10).

## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

La carga transmitida neta será  $48.32 \text{ KN/m}^2$  y la carga de hundimiento neta  $1155.86 \text{ KN/m}^2$ , por lo tanto cumplirá el coeficiente de seguridad y no se producirá hundimiento:

$$F = \frac{p_{vhn}}{q_{tn}} = \frac{1155.86}{48.32} = 23.92 > 3; \quad \text{CUMPLE}$$

Se obtiene un coeficiente muy alto debido a que se tratan de terrenos naturales que ya han sido erosionados en su parte superficial, y al tratarse de un depósito semienterrado, las tierras excavadas producían una mayor carga al terreno, por lo que prácticamente el terreno no se enterará de las cargas que le transmite el depósito.

### 4.2. Determinación de asientos

Los asientos que se producirán por la colocación del depósito se estimarán aplicando la Teoría de la Elasticidad, con el llamado “Método Elástico” al no existir nivel freático en la profundidad que se trabajará.

#### Asientos esperados

En este apartado se estudiarán los asientos posibles en el terreno donde se colocará el depósito, formado por arcillas rojas de descalcificación y margas.

#### Asiento instantáneo

Se considera que la cimentación será rectangular, por lo tanto, para áreas de carga rectangulares, el asiento bajo el centro se obtiene de la expresión siguiente:

$$s_i = l_s * q_{tn} * B * (1 - \nu_u^2) \frac{1}{Eu}$$

“ $l_s$ ” es un coeficiente de influencia que adquiere el valor  $l_s = 1.122$ , al tratarse de una cimentación rectangular.

“ $\nu_u$ ” es el coeficiente de poisson a corto plazo (sin permitir el drenaje) = 0.5

“ $Eu$ ” es el módulo de elasticidad a corto plazo.

$$E_u = E * \frac{1.5}{1 + \nu}$$

“ $E$ ” es el módulo elástico a largo plazo, que se obtendrá con la Tabla D.23 extraída del Documento Básico de Geotecnia del Código Técnico de la edificación (DB G CTE).

Tabla D.23. Valores orientativos de  $N_{SPT}$ , resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad de suelos

Tipo de suelo	$N_{SPT}$	$q_u \text{ (kN/m}^2\text{)}$	$E \text{ (MN/m}^2\text{)}$
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0 - 80	< 8
Suelos flojos o blandos	10 - 25	80 - 150	8 - 40
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	40 - 100
Suelos compactos o duros	50 - Rechazo	300 - 500	100 - 500
Rocas blandas	Rechazo	500 - 5.000	500 - 8.000
Rocas duras	Rechazo	5.000 - 40.000	8.000 - 15.000
Rocas muy duras	Rechazo	> 40.000	> 15.000

Al tratarse de arcillas firmes y margas, se tiene una resistencia a compresión simple de  $460 \text{ KN/m}^2 = 46 \text{ T/m}^2$  y un valor de  $E = 400 \text{ MN/m}^2 = 40000 \text{ T/m}^2$ .

Una vez tenido esto se calcula el módulo de elasticidad a corto plazo:

$$E_u = E * \frac{1.5}{1 + \nu} = 40000 * \frac{1.5}{1 + 0.3} = 46153.85 \text{ T/m}^2.$$

“ $\nu$ ” es el coeficiente de poisson a corto plazo en suelos (Valor típico).

“ $B$ ” es el ancho menor de la cimentación = 4.5 m.

La carga transmitida neta  $q_{tn}$ , será la carga transmitida menos la carga del terreno excavado.

$$q_{tn} = q_t - q_o = 114.82 - 66.5 = 48.32 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 4.83 \text{ T/m}^2.$$

Finalmente, el asiento producido será:

$$s_i = l_s * q_{tn} * B * (1 - \nu_u^2) \frac{1}{Eu} = 1 * 4.83 * 4.5 * (1 - 0.5^2) \frac{1}{46153.85} = 3.53 * 10^{-4} \text{ m} = 0.35 \text{ mm}$$

Las cargas transmitidas del depósito al terreno producirá un asiento de 0.35 mm.

Como no existe nivel freático, no es necesario realizar el cálculo de los asientos de consolidación primaria, ni el asiento de compresión secundaria. Por lo tanto, el asiento total será el instantáneo, es decir, será de 0.35 mm.

### 4.3. Estudio de la estabilidad global de la ladera

La estabilidad global es uno de los aspectos más importantes del estudio de la cimentación, ya que el terreno debe ser estable frente a las cargas actuantes.



## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

El análisis de la estabilidad de taludes se realizará con el programa Slide, donde se estudiarán los posibles perfiles y ángulos de talud del terreno que sean estables y no creen problemas ni afecten al funcionamiento del depósito.

El procedimiento para el cálculo de la estabilidad global del terreno ha sido el siguiente:

Primero de todo, se introduce el perfil del terreno donde se ubicará el depósito comprobando si es estable en su estado natural, es decir, tal y como se encuentra el terreno sin realizar ninguna excavación.

El programa calcula en la maya de puntos introducida los diferentes círculos de rotura posibles del terreno e indica el coeficiente de seguridad en cada caso.

Los métodos del cálculo de la estabilidad de taludes que se utilizará en el programa son:

- Bishop.
- Janbu.
- Spencer.

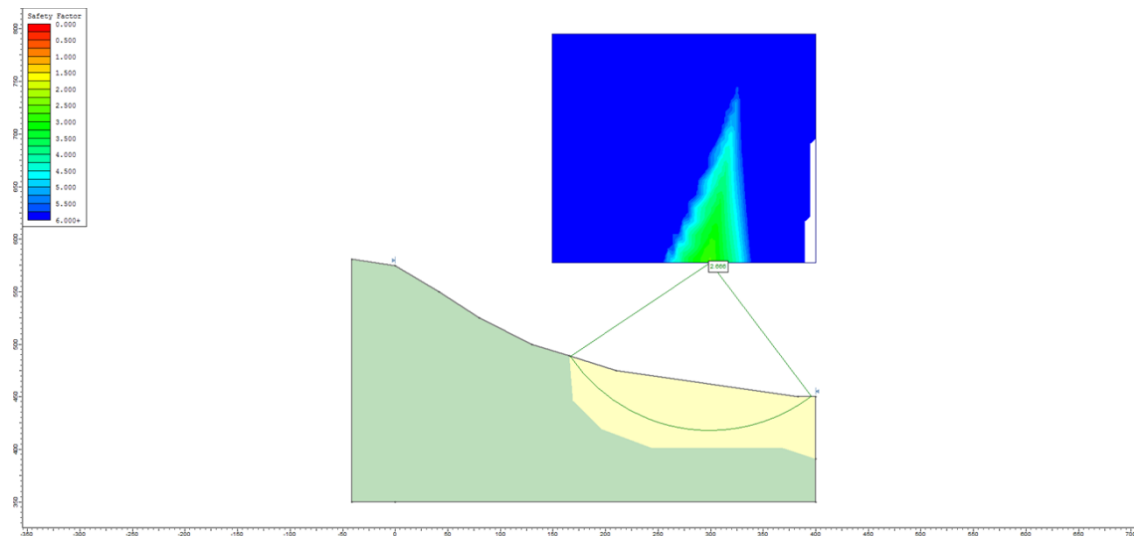


Figura 18: Imagen del programa Slide. (Fuente: Slide).

Como era de esperar el perfil del terreno en su estado natural es estable. El factor de seguridad en la roca caliza (zona de color verde) es de 6 y el de las margas arcillosas (zona de color beis) es de 3.5. En el caso de que se produjera el fallo, se produciría en las margas arcillosas.

Por lo tanto, es estable porque los dos factores de seguridad son mayores que los que se indican en la Guía de cimentaciones en obras de carretera, en la tabla 4.1.

$$3.5 \text{ y } 6 > F1=1.5$$

TABLA 4.1. ESTABILIDAD GLOBAL: COEFICIENTES DE SEGURIDAD MÍNIMOS

COMBINACIÓN DE ACCIONES	COEFICIENTE NORMAL	COEFICIENTE REDUCIDO
Casi permanente (*)	$F_1 \geq 1,50$	$F_{1,red} \geq 1,30$
Característica	$F_2 \geq 1,30$	$F_{2,red} \geq 1,20$
Accidental	$F_3 \geq 1,10$	$F_{3,red} \geq 1,05$

(\*) Como valor del coeficiente de seguridad para la combinación de acciones casi permanente, en situaciones transitorias y de corto plazo, podrá adoptarse el coeficiente de seguridad  $F_2$  (véase apartado 2.10), o  $F_{2,red}$ , según sea el caso.

A continuación se realizará el mismo procedimiento de cálculo pero contando la excavación del depósito en la zona de las margas arcillosas y la carga transmitida al terreno.

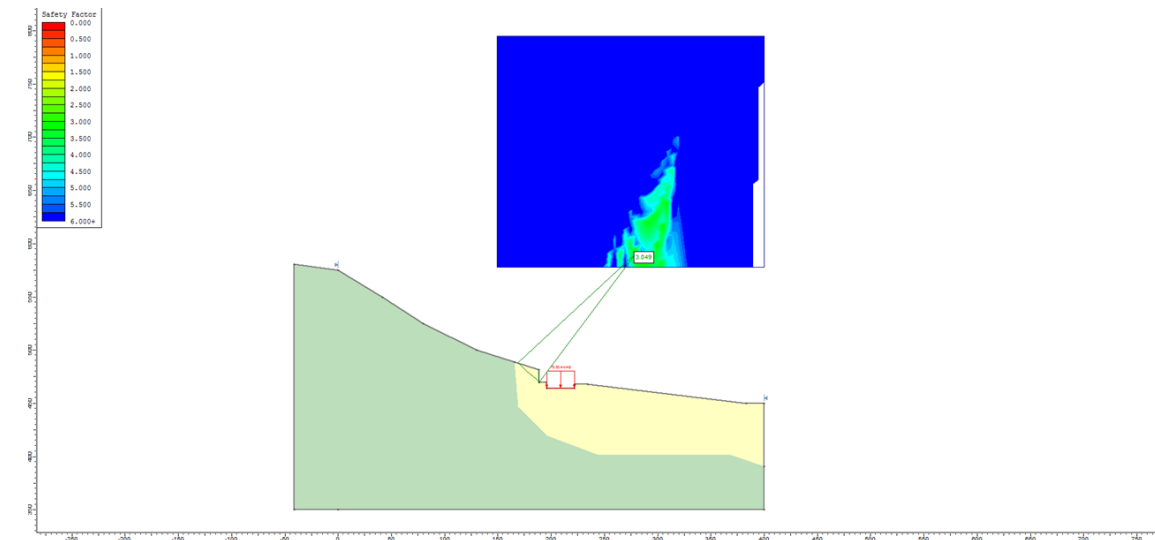


Figura 19: Imagen del programa Slide. (Fuente: Slide).

Según los cálculos del programa, las margas arcillosas serían estables con un talud vertical de casi 9 m durante la excavación, que posteriormente habrá un talud vertical de poco más de 6 m al colocar el relleno para que el depósito quede semienterrado.

El factor de seguridad en la roca caliza es de 6 y en la zona del talud vertical en las margas arcillosas es de 3.

$$6 \text{ y } 3 > F1=1.5$$

Por lo tanto, los taludes serán estables con estas excavaciones y se podrá realizar la excavación sin problemas con talud vertical. No obstante, teniendo en cuenta que el material de este talud, margas cretácicas, es susceptible de sufrir severas alteraciones por el efecto de los agentes meteorológicos, se

## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

recomienda su protección mediante un muro de revestimiento, hormigón proyectado o algún tipo de revestimiento o muro vegetal de mayor integración en el paisaje.

### 4.4. Estudio de los desprendimientos.

En este apartado se procederá al análisis de los posibles desprendimientos de roca que podrían caer de la parte superior de la montaña por rodadura o rebote.

El estudio y las medidas de protección se han realizado con el programa RocFall.

Se ha decidido realizar este estudio ya que en la visita se pudo observar que existían bloques de desprendimientos de calizas en la zona del depósito.

En el programa se ha introducido el tamaño de bloque que se muestra en la figura.



Figura 20: Tamaños de bloque de los desprendimientos. (Fuente: Foto tomada en la visita).

Con este programa se ha ejecutado el procedimiento que se explica a continuación:

Para empezar, se introduce el perfil del terreno con el depósito construido y el programa calcula y comprueba los recorridos que realizarían los bloques de roca por los posibles desprendimientos.



Figura 21: Imagen del programa RocFall. (Fuente: RocFall).

Como se observa en la imagen, los fragmentos desprendidos caerían directamente al depósito, por lo tanto, es necesario el uso de barreras para impedir que caigan dentro.

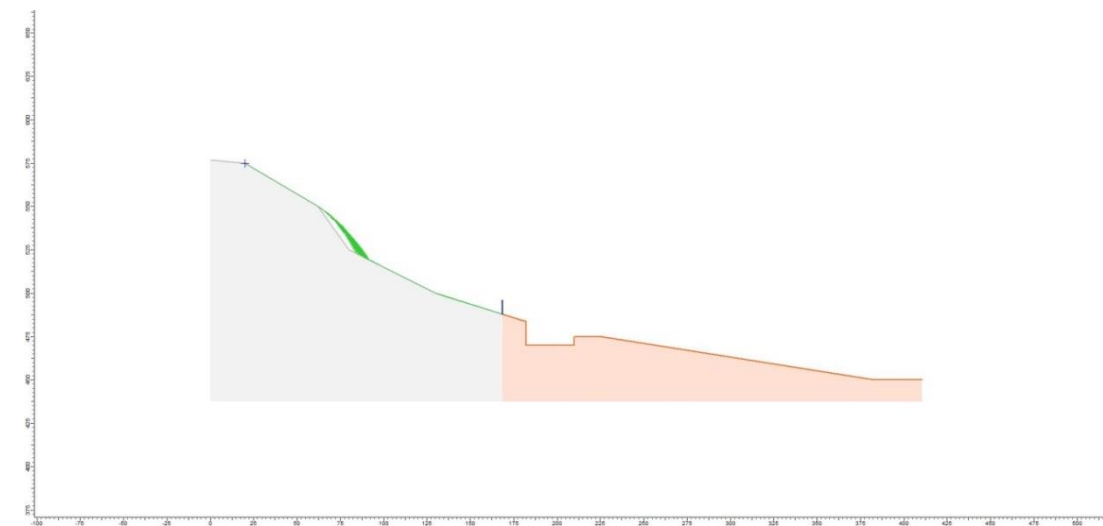


Figura 22: Imagen del programa RocFall. (Fuente: RocFall).

Al introducir una barrera de 1.5 m verticalmente, impide que estos fragmentos caigan dentro del depósito.



### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de los estudios realizados se han obtenido las conclusiones que se definirán a continuación.

La zapata corrida tendrá unas dimensiones de 4.5 metros de ancho y un metro de canto para transmitir correctamente las cargas al terreno.

El material sobre el que estará situado el depósito serán arcillas rojas de descalcificación y margas (roca blanda).

La ladera se mantendrá estable y se colocará una barrera para evitar que los desprendimientos de roca caigan sobre el depósito.

El depósito estará situado a la cota de 468 metros y la excavación del terreno se realizará con medios convencionales ya que no es un terreno difícil de excavar. Se utilizarán retroexcavadoras para realizar los movimientos de tierras.

No se producirá hundimiento, ni vuelco, ni deslizamiento ya que el material sobre el que está situado es lo suficientemente resistente para soportar las cargas actuantes.

El asiento que se producirá será muy pequeño, debido a que se retirará el material y en su lugar se colocará el depósito, por lo tanto se retirará una carga mayor para colocar una menor.

En cuanto a las recomendaciones, se debería colocar una maya metálica o algún tipo de revestimiento para evitar la caída de desprendimientos por la actuación de los agentes de meteorización.



## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

---

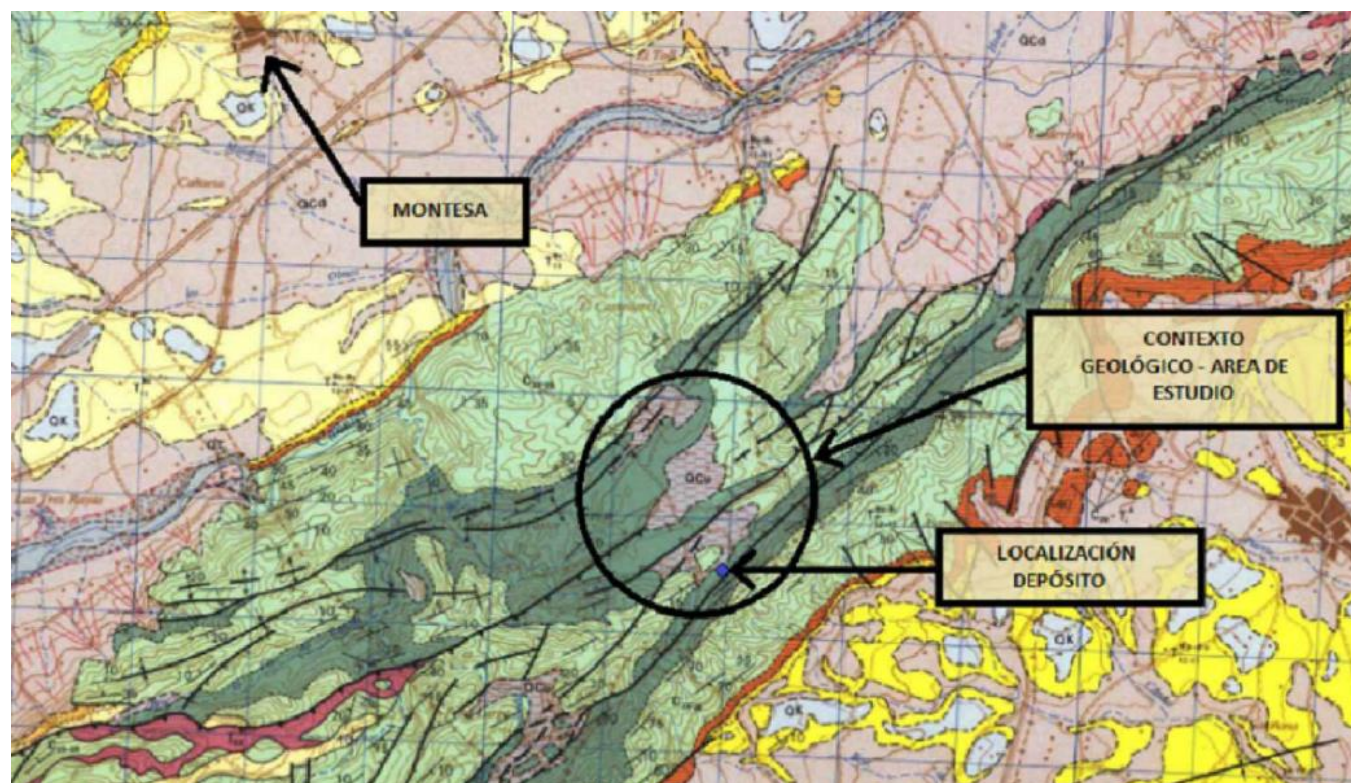


**APÉNDICE 1: Información gráfica**



# DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

MAPA DE GEOLOGÍA GENERAL (IGME)



LEYENDA

EPOCAs	PERÍODO	SUBPERÍODO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
CUATERNARIO	HOLOCENO		Qtr	Calizas travertínicas
			QAltr	Limos negros, travertino excavado
TERCIARIO	PLEISTOCENO		QAI	Aluvial actual del Río Cañoles (Gravas)
			QCu	Arcillas rojas de descalcificación
	PLIOCENO		QK	Caliche y postra caliche de exudación
			QCa	Conos de deyección y depósitos de ladera (Gravas en las zonas proximales y limos rojos en las distales)
	MIOCENO	SUP.	QT	OT, QT, Terrazas (Centos, arenas y arcillas)
		MEJ.	T <sup>1</sup>	Arcillas rojas, calizas lacustres y conglomerados (Depósitos del Rim-syncline diapirico)
	OLIGOCENO		T <sup>2</sup>	Calizas tabeadas, margas y arenas (locustro o salobre)
			T <sup>3</sup>	Calcinuditas bioclásticas con gruesos cantos
	PALEOCENO		T <sup>4</sup>	Margas azules (Tap.) T <sup>4-5</sup> Margas azules
			T <sup>5</sup>	Conglomerados con jacintos de Compostela y elementos de Keuper
CRETÁCICO	SUPERIOR	MAESTRICH.	T <sup>6</sup>	Calcinuditas, areniscas y margas arenosas
		CAMPANIAN.	T <sup>7</sup>	Arcillas salmón, conglomerados con cantos de cuarcita, microconglomerados y areniscas salmón (Continental)
		SANTONIAN.	T <sup>8</sup>	Biomicroritas, arcillas y margas rojas y verdes, arenas y yesos ocasionalmente. Facies Garumnienso
		CONIACIEN.	T <sup>9</sup>	Biomicroritas con intracantos negros y calcarenitas
		TURONIENSE	T <sup>10</sup>	Dolomías y margas dolomíticas amarillas
	INFERIOR	CENOMANIENSE	T <sup>11</sup>	Dolomías grises vacuolares
		ALBIENSE	T <sup>12</sup>	Dolomías grises, dolomicroritas y margas dolomíticas
	TRIÁSICO	KEUPER	T <sup>13</sup>	Biomicroritas y margas ocreas
			T <sup>14</sup>	Arenas y arcillas (facies Unillas)
			T <sup>15</sup>	Biomicroritas, calcarenitas y margas amarillas

MAPA DE LA GEOLOGÍA DE DETALLE



LEYENDA

Arcillas rojas de descalcificación y Margas
Dolomías
Calizas



## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)

### IMÁGENES DE VISITA A OBRA

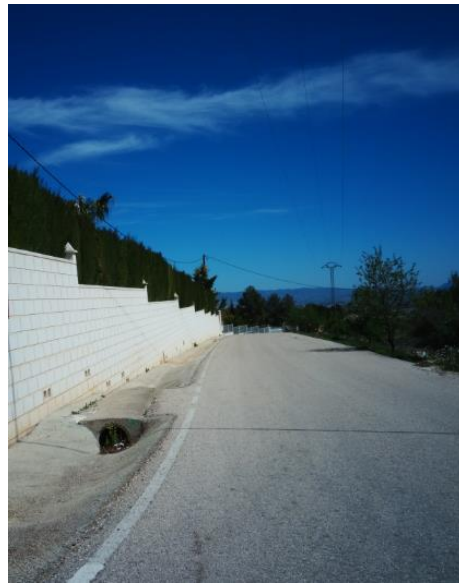


Foto 1: Carretera de acceso hasta el depósito a construir.



Foto 2: Vista del depósito metálico declarado en desuso.



Foto 3: Vista de las fugas de agua y oxidación del antiguo depósito metálico.



Foto 4: Relleno del depósito metálico deshaciéndose.



## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)



Foto 5: Dirección NE-SO de las rocas.



Foto 6: Cuarzo que al ser golpeado produce chispas.



Foto 7: Vista de las arcillas rojas de descalcificación producidas por el polje, lugar donde se situará el depósito.



Foto 8: Vista del detalle de las margas.



## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)



Foto 9: Vista de la ubicación del futuro depósito.



Foto 11: Bloques de caliza desprendidos.



Foto 10: Prueba del HCl, reacción con el carbonato cálcico.



Foto 12: Vista general de los diferentes materiales.



## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)



Foto 13: Alineación de rocas calizas, es decir, están en su posición natural.



Foto 15: Campos de cultivo de la vid (sarmiento) formados por arcillas rojas de descalcificación.



Foto 14: Medición de la resistencia a compresión simple de la roca.



Foto 16: Vista de la antigua cantera.



## DEPÓSITO DE RIEGO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE MONTESA (VALENCIA)



Foto 17: Pruebas con el martillo de geólogo en las margas