

**ANEJO N° 3. ESTUDIO GEOLÓGICO-
GEOTÉCNICO Y DE LOS MATERIALES.
APÉNDICE 3.3. Balsa de Mostrakas.**

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN. OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO	1
1.1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.	OBJETIVOS.....	2
1.3.	MÉTODO DE ESTUDIO	2
2.	MARCO GEOLÓGICO.....	4
2.1.	ENCUADRE GEOLÓGICO GENERAL.....	4
2.2.	LITOSTRATIGRAFÍA.....	7
2.2.1.	Sustrato Terciario	7
2.2.2.	Recubrimiento Cuaternario.....	9
2.3.	ESTRUCTURA Y TECTÓNICA.....	12
2.4.	GEOMORFOLOGÍA	13
2.5.	HIDROGEOLOGÍA.....	15
2.5.1.	Hidrología superficial.....	15
2.5.2.	Hidrología subterránea	16
2.6.	SISMICIDAD	17
3.	GEOTECNIA.....	18
3.1.	INTRODUCCIÓN. MÉTODO DE ESTUDIO	18
3.2.	TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN	19
3.2.1.	Sondeos.....	19
3.2.2.	Calicatas	21
3.2.3.	Campaña de sísmica por refracción	22
3.2.4.	Ensayos de laboratorio	23
3.3.	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES	26
3.3.1.	Sustrato Terciario.....	26
3.3.2.	Recubrimiento Cuaternario.....	29
4.	RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS.....	31
4.1.	EXCAVABILIDAD	32
4.2.	REUTILIZACIÓN DE MATERIALES	33
4.3.	ESTABILIDAD DE TALUDES.....	35
4.4.	CONSTRUCCIÓN DEL RELLENO DEL DIQUE, TRATAMIENTO DEL CIMIENTO Y ESTABILIDAD	35
4.5.	IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE.....	37
4.6.	AGRESIVIDAD	38
5.	CONDUCCIÓN DE TOMA Y DESAGÜE DE FONDO.....	38

6. APROVECHAMIENTO DE MATERIALES39

FIGURAS

Fig. 1.- Situación geográfica. Mapa topográfico 1/25.000 (IGN).

Fig. 2.- Situación geológica. MAGNA 1/50.000, Hoja nº 206 "Peralta" y Hoja nº 207 "Sos del Rey Católico" (IGME).

Fig. 3.- Plantas de suministro, graveras y canteras.

PLANOS

Plano nº 1.- Planta topográfica y trabajos de investigación. E: 1/2000.

Plano nº 2.- Cartografía geológica y situación de trabajos. E: 1/2000.

Plano nº 3.- Perfiles estratigráficos transversales por la parte central del vaso. EH: 1/500. EV: 1/200

Plano nº 4.- Perfil estratigráfico por la línea del dique. EH: 1/1000. EV: 1/200

APÉNDICES

Apéndice 1.- Sondeos. Columnas litoestratigráficas, resultados de ensayos y fotografía del testigo obtenido.

Apéndice 2.- Calicatas. Columnas litoestratigráficas, resultados de ensayos y fotografías del hueco y acopio.

Apéndice 3.- Campaña de prospección de sísmica de refracción.

Apéndice 4.- Actas de ensayos de laboratorio sobre muestras de sondeos y calicatas.

1. INTRODUCCIÓN. OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO

1.1. INTRODUCCIÓN

Dentro del Proyecto de Construcción de la segunda fase del Canal de Navarra se plantea la construcción de una balsa de almacenamiento y regulación en el T.M. de Pitillas. En concreto, a partir de la Almenara nº 11 del Canal de Navarra (Inicio del Tramo 10B), se realiza la conexión del Canal con la futura Balsa, la cual se encargará del suministro de agua a la tubería proyectada para el trazado de la Segunda Fase.

La balsa se proyecta al E de la localidad de Pitillas, en el paraje de Mostrakas, al pie de las primeras estribaciones de la Sierra de Ujué, ocupando fundamentalmente dos parcelas de cultivo referenciadas en el catastro como Parcelas 13 y 15 del Polígono 10 del T.M. de Pitillas (Figura 1).

Se emplazan sobre la ladera de la margen derecha del Barranco de Mostrakas, con una suave pendiente hacia su cauce, estando ocupadas por suelos coluviales Cuaternarios (arcillas y arenas con algún fragmento rocoso), producto de la erosión y desmantelamiento del relieve Terciario asociado al Norte, donde afloran areniscas y lutitas dispuestas subhorizontalmente. Perpendicularmente a la ladera inciden pequeñas vaguadas que drenan hacia el Barranco de Mostrakas, donde pueden acumularse suelos arcillosos de fondo de val (Cuaternario).



Parcelas cultivadas en primer término, donde se proyecta la Balsa de Pitillas

Se plantea una balsa con una geometría aproximadamente rectangular, con una capacidad de 105.413 m³, impermeabilizada con lámina de polietileno. La altura máxima desde el fondo a coronación es de unos 10 m. También se proyecta una zanja desde la Almenara nº 11 y aliviadero hasta la balsa, donde se alojará la conducción de toma y la de desagüe.

Está previsto un movimiento de tierras consistente en una excavación al pie del relieve Terciario al N, y la construcción de un dique de cerramiento al Sur de hasta 10 m de altura, empleando los materiales excavados.

Se plantea una cota de fondo a la 467,5 msnm, una cota de coronación de 475 msnm y un resguardo de 1,0 m sobre la cota del nivel máximo normal (NMN a cota 474 msnm). En coronación se proyecta la construcción de un camino perimetral de 5 m de ancho, proyectándose taludes con pendientes 2H:1V tanto interiores como exteriores.

1.2. OBJETIVOS

Se describen las características geológicas generales del área donde se emplaza la balsa para, a continuación, estudiar en detalle la geología y geotecnia del dique de cerramiento y de los taludes del vaso, la utilización de los materiales excavados para su construcción y posibles préstamos. Cada uno con unos objetivos específicos.

- DIQUE DE CERRAMIENTO. Caracterización geotécnica del terreno de apoyo del relleno proyectado, de la galería del desagüe de fondo, conducción de toma y salida.
- VASO DE LA Balsa. El estudio trata de la estabilidad de sus laderas, además de valorar la utilización de los materiales presentes en la construcción de la presa.
- ESTUDIO DE MATERIALES. Se trata de definir la aptitud de los materiales excavados en los taludes y vaso de la balsa para la construcción del dique de cerramiento, además de la localización y calidad de materiales de las plantas de suministro próximas.

1.3. MÉTODO DE ESTUDIO

Seguimos el siguiente método de estudio:

Recopilación y estudio de la información geológica y geotécnica existente sobre la zona.

Tomamos como base el estudio geológico, geotécnico y de materiales del “Proyecto de trazado del Canal de Navarra (2ª Fase)” redactado por la U.T.E. IBAYNA (1990).

Para el encuadre geológico general, litoestratigrafía, estructura y tectónica, geomorfología e hidrogeología hemos consultado:

- IGME (1987): Mapa geológico de España. 1/50.000 nº 206 “Peralta”.
- IGME (1976): Mapa geológico de España. 1/50.000 nº 207 “Sos del Rey Católico”.
- Gobierno de Navarra. Departamento de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones. Servicio de Obras Públicas (1997). Mapa geológico de Navarra. E: 1/200.000.
- Gobierno de Navarra. Departamento de Obras Públicas, Transportes y Comunicaciones (2003). Cartografía geológica de Navarra, E: 1/25.000, hoja nº 206-II “Olite”.

Reconocimiento geológico detallado del campo

Abarca la litoestratigrafía, estructura y tectónica del sustrato, la disposición y naturaleza del recubrimiento cuaternario, su hidrogeología y geomorfología, del emplazamiento de la balsa, reflejándose en la cartografía geológica elaborada.

Propuesta de la campaña de investigación

En base a los resultados del reconocimiento geológico se plantean:

- En el dique de cerramiento: Calicatas y perfiles de sísmica por refracción.
- En el vaso de la balsa: Sondeos, calicatas y perfiles de sísmica por refracción con el objeto principal de investigar la utilidad de los materiales a excavar en la construcción del relleno.

Realización de la campaña de investigación

Los sondeos se testifican, se llevan a cabo ensayos "in situ" SPT y toma de muestras inalteradas en el recubrimiento Cuaternario y muestras plastificadas en el sustrato rocoso. También se toman muestras a granel de los materiales a excavar para su posterior ensayo en laboratorio para su empleo en la construcción del dique de cerramiento.

En el vaso se reconoce que no existen inestabilidades y se investiga mediante calicatas y perfiles sísmicos la posible utilidad y entidad de los materiales presentes para la construcción del relleno.

En cuanto a posibles préstamos, se recopila información de explotaciones próximas, seleccionando aquellas más adecuadas de cara al suministro de los materiales necesarios para la obra.

Recopilación de datos y redacción del informe.

Recopilando los datos se caracterizan geológica y geotécnicamente los materiales presentes, determinando las condiciones constructivas, posibles aprovechamientos de los materiales excavados, préstamos y su aptitud.

La situación de los trabajos se refleja en la planta adjunta en Apéndices, además de las columnas litoestratigráficas de sondeos y calicatas, resultados de la campaña de prospección sísmica y ensayos de laboratorio.

2. MARCO GEOLÓGICO

2.1. ENCUADRE GEOLÓGICO GENERAL

La zona de estudio se sitúa en el sector septentrional de la Cuenca Terciaria del Ebro, en la subcuenca Navarro-Riojana que se encuentra delimitada por el cabalgamiento de la Cuenca de Pamplona al Norte y por la Sierra de Cameros al Sur. Se trata de una subcuenca caracterizada por una sedimentación continental bajo un régimen sedimentario endorreico.

Los materiales que aparecen son fundamentalmente detríticos y fluviales, de edad Mioceno, interpretándose como facies medias de abanicos aluviales de procedencia NE (Pirenaica). Conforman una estructura monoclinal de dirección E-O con buzamientos bajos hacia el S (5-20°).

Los materiales que conforman el sustrato Terciario históricamente se han ido diferenciando cronoestratigráficamente atendiendo a criterios litoestratigráficos y actualmente a criterios de secuencias deposicionales, dados los pasos graduales e interdigitaciones tanto espacial como en profundidad de las litologías similares, definiendo Unidades Tectosedimentarias que agrupan litologías similares en función del ambiente deposicional de sedimentación.

En el entorno geológico del emplazamiento de la balsa es difícil establecer Unidades Tectosedimentarias, fundamentalmente por la existencia de lagunas sedimentarias (paraconformidades) lo que provocan la falta de determinadas litologías propias de la secuencia deposicional.

En este sentido, y atendiendo al criterio también establecido y reflejado en el Mapa Geológico 1/25.000 nº 206-2 "Olite" editado por el Gobierno de Navarra, se toman criterios litoestratigráficos para la diferenciación de los materiales de edad Miocena que afloran en el entorno geológico del proyecto constructivo de la Balsa de Pitillas (Figura 2).

Diferenciamos dos unidades litológicas:

Unidad de Olite: Facies fluviales medias-distales que conforman la unidad inferior de la formación litoestratigráfica Fm. Tudela (Solé, 1977). Se trata fundamentalmente de alternancias de lutitas de tonos ocres a marrones con areniscas en niveles decimétricos. La balsa se emplaza sobre estos materiales de edad Mioceno inferior-medio.

Areniscas de Artajona: Facies fluviales medias-proximales que forman parte de la Unidad de Artajona consistentes en paleocanales y niveles tabulares de areniscas de orden decimétrico a métrico con intercalaciones, a tramos alternancias con lutitas ocres a rojizas. Se emplazan sobre la Unidad de Olite, coronando los relieves que delimitan el entorno de la balsa.

Posteriormente, durante el Cuaternario, se encaja el río Aragón y su red de drenaje constituida por afluentes de segundo orden como el río Cidacos y barrancos intermitentes y estacionales, siendo el Barranco de Mostrakas

uno de ellos que drena la ladera donde se sitúa la balsa por su margen derecha, y desagua directamente en el río Aragón en Santacara. En la ladera se detectan suelos coluviales y en los fondos de barranco (vales) se depositan fundamentalmente arcillas y limos.

Al SO de la zona de estudio se situaría la Laguna de Pitillas de origen endorreico, de profundidad somera, y que actualmente está alimentada por excedentes y acequias de regadíos, emplazándose sobre materiales lutíticos de la Unidad de Olite (Terciario). Se encuentra bastante alejada de los límites de afección por la construcción de la balsa

2.2. LITOESTRATIGRAFÍA

2.2.1. Sustrato Terciario

Lo constituyen materiales del relleno Terciario de la Cuenca del Ebro, entre el Mioceno Inferior (Ageniense) y el Mioceno Medio (Orleaniense), aflorando materiales correspondientes a facies medias fluviales de abanico aluvial, diferenciando dos unidades litológicas en contacto paraconforme: Unidad de Olite (unidad inferior de la Fm. Tudela), donde se emplaza completamente la Balsa de Pitillas, y Fm. Areniscas de Artajona (Unidad de Artajona).

El conjunto configura una alineación montañosa que delimita los Barrancos de Mostrakas al S, con el Barranco de Picarana al N.

2.2.1.1. **Unidad de Olite (T_{OL})**

Litológicamente la constituyen lutitas de tonos ocres a marrones rojizos con frecuentes intercalaciones de niveles de areniscas grises de grano fino que a techo pasan a alternancias, apareciendo todos los términos intermedios: lutitas arenosas, lutitas con inclusiones arenosas, areniscas arcillosas, etc...

Se disponen según secuencias granodecrecientes areniscas-lutitas arenosas-lutitas, predominando los niveles detríticos más finos.

Los niveles de arenisca se disponen en general con una estructura tabular, con potencias de entre 0,2-0,4 m, observando como a techo se producen acreciones de niveles que pueden conformar bancos tableados con interestratos finos (lutitas arenosas-limolitas) incluso paleocanales lenticulares, pudiendo llegar a potencias de entre 0,5-1,0 m. Su espesor aumenta hacia el contacto superior con la Unidad Areniscas de Artajona.

Los niveles de arenisca más potentes por erosión diferencial generan bordes duros y plataformas subhorizontales que son aprovechados para el cultivo en el emplazamiento de la balsa.



Tramo lutítico en el trazado de la conducción de la toma



Niveles de areniscas tableados en coronación sobre lutitas en ladera

2.2.1.2. Areniscas de Artajona (T_{AT})

Se trata de una serie alternante entre areniscas y lutitas, predominando los términos areniscos a muro de la serie, conformando bancos tabulares de areniscas grises con potencias de orden decimétrico a métrico en conjunto, encontrándose delimitado cada banco por interestratos de lutitas.

Corresponderían a facies medias-proximales de abanico aluvial bajo un régimen fluvial, pudiendo generar paleocanales de espesor métrico puntuales con base erosiva, en ocasiones con un “lag basal” con pequeños cantos (microconglomerado).



Niveles tableados de areniscas en ladera



Bancos de areniscas en camino de acceso a la zona de estudio

Estos materiales se desarrollan desde mitad de ladera hasta coronación, generando un tramo de ladera con mayor pendiente por su menor capacidad de erosión.



Ladera y alineación montañosa desde la Almenara 11 (izq) hasta la ubicación de la balsa (dcha) a su pie.

La pendiente de la ladera se hace más abrupta en los afloramientos de la unidad Areniscas de Artajona

2.2.2. Recubrimiento Cuaternario

Comprende los materiales más recientes que recubren al sustrato rocoso Terciario, de forma total o parcial, en la zona de la balsa. Atendiendo a su génesis, diferenciamos entre:

- Rellenos de explanación de fincas
- Depósitos coluviales.
- Depósitos de fondo de val.

Están depositados discordantemente mediante bases erosivas sobre el sustrato Terciario, y dado el movimiento de tierras realizado para la explanación y regularización de fincas de cultivo, es difícil precisar espesores y zonas de solape para cada uno de ellos.

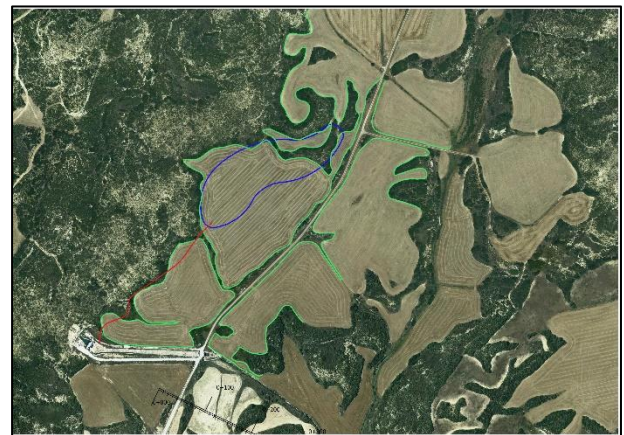
2.2.2.1. Rellenos de explanaciones de fincas de cultivo

Del análisis de las fotografías aéreas disponibles en el catálogo del Instituto Geográfico Nacional (IGN) se puede observar como la configuración y límites de las fincas de cultivo del entorno del emplazamiento de la balsa han ido modificándose, fundamentalmente para tratar de unir parcelas e incrementar la superficie de cultivo.

Desde los primeros vuelos disponibles (vuelos americanos 1945-1957) hasta los vuelos nacionales de 1980-86, las modificaciones eran pequeños movimientos de tierras que colmataban pequeñas vaguadas y cárcavas/pequeñas incisiones lineales desde el pie de la ladera hasta el Barranco de Mostrakas.

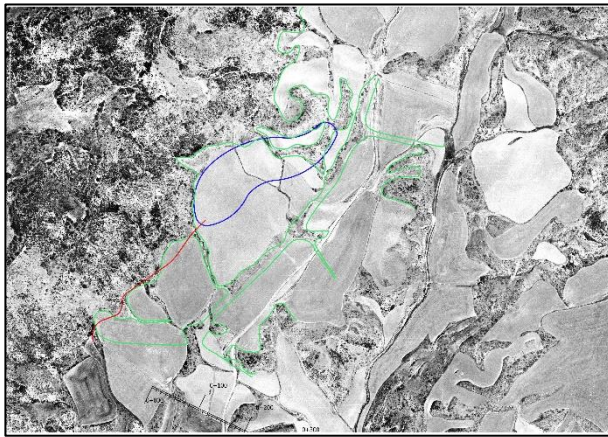


Vuelo americano 1956-57. Se mantienen escorrederos y escarpe. El camino discurre junto al escarpe con el Barranco de Mostrakas

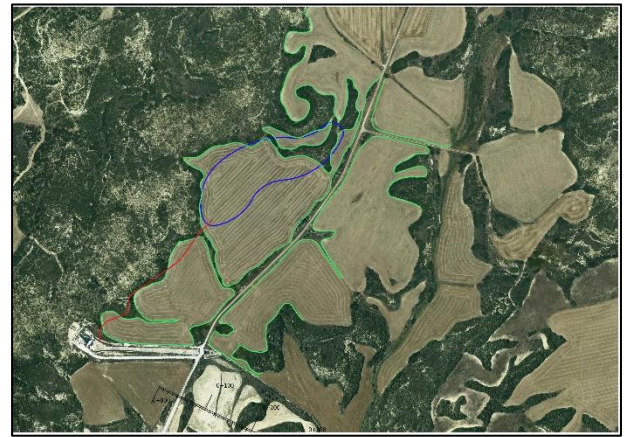


Actualidad. Camino desplazado al N, relleno de escarpe al S, igual que parcelas en vaguada del aliviadero y de escorrederos/incisiones

A partir de finales de 1980 y coincidiendo con la construcción de la primera fase del Canal de Navarra, los límites de las parcelas se ajustan prácticamente a los actuales. Se ha producido un relleno en la zona S del emplazamiento de la balsa, rellenando el escalón y desnivel existente entre la finca donde se emplaza la balsa y la colindante al S, trasladando el camino que antes discurría próximo a la margen del barranco hacia el N, prácticamente en el límite de fincas descrito, además de rellenar los desniveles existentes en las proximidades del aliviadero actual de la Almenara 11.



Vuelo 1980-86. Se mantienen escurrederos y escarpe



Actualidad. Camino desplazado al N, relleno de escarpe al S, igual que parcelas en vaguada del aliviadero y de escurrederos/incisiones

Actualmente desde el pie de la ladera de alineación montañosa hacia el escarpe que delimita las últimas parcelas con el borde del fondo de valle del Barranco de Mostrakas, la pendiente longitudinal de la superficie es suave. Transversalmente, las parcelas se encuentran delimitadas por escurrederos encajados en los rellenos y suelos coluviales existentes, aflorando a tramos el sustrato Terciario en el fondo.

La diferenciación entre los materiales de relleno y suelos coluviales es prácticamente imposible, ya que se trata de materiales muy similares, arcillas con fracción variable de arena, habiendo pasado un tiempo más que suficiente para su consolidación y evolución de su estructura en el caso de los rellenos arcillosos.

En los reconocimientos efectuados no se han podido diferenciar, y aunque el emplazamiento de la balsa se sitúa en una zona donde el movimiento de tierras podría haber sido menor, sí que se detecta un anormal espesor de suelos detríticos finos, arcillas y limos hasta 3,4-3,9 m en C-BP2 y S-BP2 respectivamente y superior a 4,2 m en C-BP1, que podría explicar que en esta zona se produjo cierto relleno.

2.2.2.2. Depósitos coluviales (Qco)

Se trata de depósitos originados por mantos de arroyada difusa procedentes de las estribaciones que configura la alineación montañosa, interfluvio Barranco de Mostrakas con el Barranco Picarana. Esta dinámica sedimentaria

(gravitacional y aluvial) da lugar a una “rampa” en suave pendiente, con morfología de piedemonte, en dirección hacia el nivel de base que constituye en el emplazamiento de la balsa el Barranco de Mostrakas.

Están constituidos por arcillas y limos fundamentalmente, pudiendo englobar fragmentos y bloques de areniscas procedentes de la erosión y degradación del relieve arenisco.

Presentan textura oquerosa patente por la descomposición de raíces, en parte rellenados por precipitados de carbonatos, blanquecinos y pulverulentos, a modo de ramificaciones y filamentos.



Escorredero encajado en arcillas y limos coluviales

Tal y como se ha comentado anteriormente, es difícil diferenciar estos suelos de los que se han colocado a modo de rellenos de explanaciones, detectando espesores máximos de 2,7-2,9 m en la zona N del fondo de excavación de la balsa, y de 3,4-3,9 m en la zona central del dique de cerramiento.

2.2.2.3. Depósitos de fondo de val (Qfv)

Los suelos que ocupan las vaguadas y el Barranco de Mostrakas están constituidos por arcillas y limos, con fracción variable tamaño arena, que presentan fragmentos de roca como elementos aislados y en pasadas dispersas, que en muchos casos pasan sin solución de continuidad hasta el suelo eluvial o de alteración “in situ” del sustrato.

En función del poder energético y cuenca, los elementos groseros pueden llegar a conformar intercalaciones de gravas angulosas, como es el caso del Barranco de Mostrakas, o solamente estar constituido por suelos detríticos finos (arcillas y limos) como es el caso de las vaguadas que disectan las fincas de cultivo de forma perpendicular hacia el Barranco de Mostrakas.

En la zona de estudio, estas vaguadas se encuentran enmascaradas y rellenadas en la actualidad para eliminar bordes de parcelas y ampliar la superficie cultivable.

En el emplazamiento de la balsa se intuye la existencia de una pequeña vaguada de escasa entidad, discurre por el sector central de la balsa, cuyos rasgos geomorfológicos han desaparecido.



Fondo de valle del Barranco de Mostrakas. Emplazamiento de la balsa al fondo



Vaguada en la zona del emplazamiento de la balsa que conecta con el Barranco de Mostrakas, al fondo de la foto.

2.2.2.4. Tierra vegetal

Se trata principalmente de tierra de cultivo, con espesores de entre 0,2 y 0,4 m, estando prácticamente ausente o con escaso desarrollo en el resto del emplazamiento de la balsa ocupado por afloramientos del sustrato Terciario.

2.3. ESTRUCTURA Y TECTÓNICA

El sustrato se dispone en una estructura monoclinal, con una estratificación con dirección E-O y buzamientos suaves hacia el S, de entre 5-20° S. No hemos detectado en el reconocimiento de campo ni en los trabajos de investigación fracturas que lo afecten.

Las unidades litoestratigráficas diferenciadas, Unidad de Olite y Areniscas de Artajona, presentan un contacto en paraconformidad, manteniendo la dirección y buzamiento general.

La red de diaclasado que lo afecta es poco densa, subvertical y únicamente visible en los niveles competentes de areniscas y limolitas cementadas.

Se han efectuado medidas de discontinuidades en niveles de areniscas aflorantes en la ladera asociada al emplazamiento de la balsa, tanto en areniscas tableadas de la Unidad de Olite como en las Areniscas de Artajona.

Agrupándolas por familias se observa que se disponen subparalelas y ortogonales a la ladera y parecen corresponder con facies distensivas y de decompresión del macizo.

Familia	Dirección	Buzamiento
D1	E-O	70° S
D2	N-S	70-75° E
D3	NE-SO	80° E
D4	NW-SE	Subvertical

La densidad de diaclasado es media-baja, pero dado el escaso espesor de los niveles de areniscas, no se originan bloques grandes, observando losas de tamaños con lados de orden decimétricos.

Las familias D1 y D3 parecen predominar y ser determinantes en la configuración morfológica de esta zona.

Los planos son alabeados e irregulares y las superficies rugosas y escalonadas. Su continuidad vertical es pequeña, limitada al nivel competente, siendo mayor su continuidad horizontal.

Su abertura parece depender de la decompresión del macizo, de tal forma que son visibles en afloramiento cuando están expuestas, normalmente abiertas o rellenadas por arcilla, encontrándose selladas hacia el interior del macizo.

En los sondeos de investigación el índice RQD obtenido es prácticamente del 100%, no observando tramos afectados por juntas con rellenos. La parte más somera en contacto con el recubrimiento sí que se encuentra decomprimida disgregándose en pequeños bloques delimitados por diaclasas.

No hemos observado en el reconocimiento geológico de campo ni se reseñan en la bibliografía consultada fracturas o fallas. Tampoco se detectan estructuras o discontinuidades que afecten a los suelos cuaternarios, indicadores de actividad neotectónica.

2.4. GEOMORFOLOGÍA

El rasgo morfológico más característico de la zona es el endorreísmo asociado a zonas deprimidas ocupadas por materiales detríticos deleznable (lutitas) delimitados por cerros y alineaciones montañosas donde predominan niveles competentes de areniscas y alternancias con lutitas. La principal zona endorreica del entorno es la Laguna de Pitillas, la cual no se encuentra afectada por la construcción de la balsa.

En general, los procesos geomorfológicos más importantes que afectan a la zona de estudio son los relacionados con la erosión diferencial que se produce entre capas duras y blandas del sustrato que dominan el entorno (areniscas y lutitas), con laderas regularizadas de perfiles cóncavos (allí donde existe cubierta vegetal y cierto espesor de regolito), mientras que en laderas desnudas, donde afloran los materiales más lábiles del sustrato, se

originan perfiles rectilíneos donde son frecuentes los procesos erosivos que conllevan incisión lineal (regueros) y acarcavamientos.

Se forman modelados estructurales tipo cuestras, crestas, superficies estructurales y líneas de capa dura, principalmente, resultantes de una erosión por incisión lineal, así como procesos de vertiente a los que se superponen los fenómenos de acumulación (rellenos de fondo de val y barrancos, derrubios de ladera, depósitos coluviales, etc...).

En la zona de estudio, existen numerosas alineaciones montañosas a modo de crestas que se ramifican a partir del macizo de la Sierra de Ujué con dirección N-S, actuando como interfluvios de cuencas secundarias (barrancos) cuya incisión lineal genera escarpes estructurales favorecidos por la estructura monoclinial y disposición subhorizontal de las capas resistentes. Las laderas presentan pendientes medias en torno al 45% que se suavizan hacia su parte baja. En ellas aparece el sustrato Terciario con algunos sedimentos coluviales-derrubios a su pie.

La balsa se emplaza al pie de uno de estos relieves en cresta, que delimita la cuenca del Barranco de Mostrakas con la cuenca del Barranco de Picarana.

No se han observado inestabilidades de ladera en el reconocimiento geológico de la ladera que delimita la balsa y su entorno, a excepción de los pequeños desprendimientos de bloques en los niveles en voladizo de las areniscas que conforman principalmente la unidad Areniscas de Artajona.

Dentro de los materiales que constituyen el sustrato Terciario, es muy diferente su resistencia a la erosión, mucho mayor en las areniscas que en lutitas. Esta característica, unida a la disposición subhorizontal, origina una erosión diferencial que deja en voladizo los niveles de areniscas produciéndose finalmente su desprendimiento y caída. Este fenómeno se observa frecuentemente en la ladera, aunque dado el escaso espesor de los niveles de areniscas, el tamaño de los bloques es generalmente pequeño.



Dispersión de bloques de arenisca en ladera, con mayor concentración a los pies de bancos de areniscas



Acumulación de bloques de areniscas limitados al espesor de la capa

Al pie del relieve la pendiente disminuye notablemente, especialmente influido por el predominio de facies lutíticas (Unidad de Olite) sobre facies areniscosas, que predominan en la ladera, siendo su superficie aprovechada para el cultivo, donde se produce la acumulación de suelos coluviales procedentes de la erosión y arroyada difusa de la ladera. Es en esta zona donde se emplaza la balsa, siendo el principal condicionante a efectos geomorfológicos que se debe prever, el encauzamiento y evacuación de las aguas de escorrentía procedentes de la ladera.

Los fondos de valle o “vales” conforman la red de drenaje de la zona. Presentan una morfología de vales: Fondos de valle amplios con escasa pendiente longitudinal y escaso encajamiento.

Como ya se ha comentado el Barranco de Mostrakas actúa como nivel de base local de la zona, a donde coalescen pequeñas vaguadas y escurrederos encajados por incisión lineal.

Están constituidos por limos y arcillas que colmatan las vaguadas, inicialmente excavadas en materiales lutíticos del sustrato Terciario, en cuyas cabeceras se producen procesos de incisión lineal y acaravamiento, aflorando de nuevo el sustrato Terciario en el fondo.

Dentro del vaso tenemos una vaguada colmatada y delimitando las parcelas de cultivo existen escurrederos de drenaje encajados en las zonas donde existe un mayor espesor de suelos.

2.5. HIDROGEOLOGÍA

2.5.1. Hidrología superficial

La zona de estudio se emplaza en la cuenca hidrográfica del río Aragón, concretamente en la margen derecha del Barranco de Mostrakas de su cuenca receptora, que actúa como un escurredero/desagüe que drena las aguas de escorrentía de la zona meridional de la Sierra de Ujué.

La balsa se sitúa en la margen derecha del Barranco de Mostrakas, en su parte alta, discurriendo de N a S hasta su desembocadura en el TM de Santacara.

Nos encontramos en una zona caracterizada por un clima mediterráneo-continental, con una pluviometría media/anual del orden de 525 l/m², de carácter principalmente torrencial, y valores de temperatura media/anual entre 13,0-13,5° C aproximadamente.

La superficie del terreno ha sido objeto de numerosas roturaciones de monte bajo y modificaciones mediante pequeños movimientos de tierra para ampliar la superficie productiva, dedicado íntegramente al cultivo de cereal.

Las aguas pluviales que no llegan a infiltrarse en el terreno son conducidas por cárcavas y pequeñas vaguadas hacia el Barranco de Mostrakas, por lo que el drenaje se realiza principalmente por escorrentía superficial, tras un breve periodo de infiltración en el terreno, dado el carácter impermeable de los materiales lutíticos que afloran de forma somera.

2.5.2. Hidrología subterránea

2.5.2.1. Marco hidrogeológico

La zona estudiada se encuentra dentro del dominio hidrogeológico de la Depresión del Ebro, aunque no pertenece a ninguna de las Unidades Hidrogeológicas ni a las Masas de Agua Subterránea (M.A.S.) definidas según la Directiva Marco del Agua. De estas últimas, las más próximas se situarían al Sur, M.A.S. 55 "Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela" y al Oeste M.A.S. 56 "Aluvial del Cidacos".

Por lo tanto, los recursos y captaciones de agua subterránea tienen interés local, casi inexistentes y sin interés, predominando en gran medida los aprovechamientos superficiales temporales para el abastecimiento a ganado.

Las características hidrogeológicas de los materiales están condicionadas por sus características litológicas, diferenciando entre materiales permeables y materiales de baja permeabilidad o impermeables.

Los materiales de baja permeabilidad o impermeables están representados por el sustrato Terciario, que se considera desde el punto de vista hidrogeológico como acuitardos, pudiendo llegar a constituir acuíferos detríticos multicapa con una acentuada anisotropía en la vertical.

El predominio de materiales lutíticos hace que se trate de materiales prácticamente impermeables, por lo que la capacidad de drenaje profundo es muy baja. La permeabilidad en tanto en la Unidad Areniscas de Artajona como en la Unidad de Olite viene dada por los cuerpos de arenisca, estando condicionada por el grado de cementación y la presencia de discontinuidades. En algunos casos, estos niveles pueden drenar flujos temporales que en cualquier caso presentan escasa entidad y carácter estacional.

La recarga se produce por infiltración de precipitaciones, mientras que la descarga se produce de manera difusa y muy localizada en laderas y taludes, tanto naturales como artificiales.

Cabe destacar que los suelos coluviales y de fondo de val, si tienen espesores significativos, pueden almacenar agua y tener una cierta transmisividad al tratarse de arenas y arcillas alteradas variando en función del predominio de una u otra litología.

Se trata de materiales con mayor permeabilidad al no existir niveles cementados ni consolidados. Se alimentan fundamentalmente de la infiltración de agua de lluvia. Drenan rápidamente por transferencia directa a vaguadas y barrancos.

Estos suelos Cuaternarios apenas están representados, localizándose en valles de fondo plano de vaguadas y barrancos con cierta entidad, o en laderas con poca pendiente donde pueden acumularse suelos coluviales. En general tienen escaso espesor, por lo que no conforman acuíferos, y prácticamente la infiltración de aguas pluviales se descarga de forma rápida por el contacto con el sustrato Terciario discurriendo posteriormente por escorrentía superficial.

Dada la potencia del sustrato Terciario, espesores superiores a 500 m, y un marcado carácter impermeable del depósito lutítico, no existen en la zona de estudio aprovechamientos de aguas subterráneas mediante pozos susceptibles de explotación.

2.5.2.2. Características hidrogeológicas de los materiales y piezometría

En el emplazamiento de la balsa el sustrato Terciario está constituido por la Unidad de Olite, donde alternan niveles con cierta permeabilidad por porosidad intergranular y principalmente por discontinuidades (planos de estratificación y diaclasas) como son las areniscas con otros escasamente permeables (lutitas y argilitas).

Constituyen un acuífero multicapa anisótropo donde es mucho mayor la permeabilidad horizontal que la vertical por su disposición subhorizontal, aunque en cualquier caso ambas son muy bajas.

El recubrimiento Cuaternario (coluvial y fondo de val) lo constituyen materiales semi-permeables por porosidad intergranular. Los suelos coluviales se localizan al pie de las laderas y conforman zonas de mayor permeabilidad, colgadas y desconectados de la red de drenaje del Barranco. Los depósitos de fondo de val se localizan en el centro de pequeñas vaguadas y en la de fondo plano que conforma el Barranco de Mostrakas. Presentan una permeabilidad baja-media debido a su carácter marcadamente arcilloso.

Diferenciamos el comportamiento hidrogeológico del sustrato sano/poco alterado del decomprimido, asimilando y asociando este último con el recubrimiento Cuaternario existente en el emplazamiento de la balsa.

El recubrimiento Cuaternario (arcillas-limos coluviales y de fondo de val) está formado por materiales semi-permeables por porosidad intergranular.

El sustrato decomprimido al que recubren es permeable principalmente por las discontinuidades abiertas que presenta. Ambos constituyen acuíferos libres conectados hidráulicamente, aunque los depósitos coluviales se encontrarían colgados y desconectados de la red hidrológica actual.

No constituyen acuíferos dado su espesor, y aunque en algunos reconocimientos se han detectado potencias superiores a 3,0 m, son de escasa entidad y temporales, ya que no se han detectado niveles freáticos en los trabajos de investigación ni tampoco surgencias relacionadas con los mismos.

No existen captaciones ni manantiales en el emplazamiento de la balsa ni en su entorno próximo.

2.6. SISMICIDAD

Ya se ha mencionado que no hay ningún signo de actividad neotectónica en la balsa y su entorno, siendo de aplicación a efectos sísmicos la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), publicada en el BOE el 11 de Octubre de 2002.

El emplazamiento de la balsa se sitúa en el Término Municipal de Pitillas (Navarra), no figurando en la relación del Anejo 1 de la citada Norma, de modo que la aceleración sísmica básica (a_b) se considera inferior a 0,04 g.

En el artículo “1.2.3. Criterios de aplicación de la Norma” se especifica que no es obligatoria la aplicación de esta Norma cuando la aceleración sísmica básica (a_b) sea inferior a 0,04 g, siendo “g” la aceleración de la gravedad. Por lo tanto, no es necesario aplicar la norma NCSE-02 para la obra prevista.

3. GEOTECNIA

3.1. INTRODUCCIÓN. MÉTODO DE ESTUDIO

Se plantea una balsa con morfología elíptica con dirección E-O, más ensanchada en la zona occidental que en la oriental, en la que se plantea un desmante en todo el fondo de excavación y zona Norte en ladera de la balsa, y el cerramiento de esta mediante la construcción de un relleno en dique en su parte meridional.

Se plantean excavaciones máximas inferiores a 10,0 m en la zona central del vaso, proyectando taludes de excavación con pendientes 1H:1V y 2H:1V en dos niveles separados por berma, y la construcción de un relleno para conformar el dique de cerramiento de altura inferior a 10,0 m, con taludes 2H:1V.

Sus principales características geométricas son las siguientes:

- Cota de coronación: 475 msnm
- Cota del lecho en el punto más bajo: 467,5 msnm
- Cota Nivel Máximo Normal de embalse: 474 msnm
- Conducción de toma desde Almenara nº 11: Canal de 340 m de longitud de 7,5 m de ancho y 5 m de altura, discurriendo al pie de la ladera.

No existen trabajos previos en este emplazamiento de la balsa ya que no se planteaba en el “Proyecto de trazado del Canal de Navarra (2ª Fase)” realizado por IBAYNA UTE (1990).

En el 2018 se planteó una primera opción en el mismo entorno de la ladera, en las fincas de cultivo colindantes a la actual, más cercanas a la Almenara, donde incluso parte de la esa balsa ocupaba la parcela donde actualmente se proyecta la balsa, de mayor envergadura y más profunda. Antes de paralizar su estudio completo se hizo el reconocimiento geológico de la zona y el planteamiento de la campaña de investigación, llegando incluso a realizar dos perfiles sísmicos de refracción, pudiéndolos emplear para el actual proyecto.

Una vez que se replantea la ubicación de la nueva balsa, se recopila esa información y se sigue el siguiente método de trabajo:

- Reconocimiento geológico del emplazamiento de la balsa y su entorno, con especial atención a los aspectos litoestratigráficos, tectónicos, geomorfológicos e hidrogeológicos.
- Planteamiento de la campaña de investigación geológica-geotécnica.
- Ejecución de la campaña de investigación mediante la realización de 30 ml de sondeos de investigación distribuidos en 3 puntos, con los correspondientes ensayos de campo (SPT) y toma de muestras inalteradas y plastificadas.

Excavación de 3 calcatas mediante retroexcavadora. Ensayos y análisis de laboratorio de parte de las muestras obtenidas en los sondeos y calcatas.

3.2. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Sondeos

Se perforan tres sondeos geotécnicos de investigación en tanto en la zona de desmonte, para valorar el aprovechamiento de los materiales de excavación, como en el tramo más desfavorable de apoyo del relleno del dique. Se nombran como S (sondeo)- BP (Balsa de Pitillas) y el nº de orden correspondiente.

Se efectúan mediante una sonda rotativa modelo ROLATEC RL-48 L montada sobre orugas de goma, invadiendo el cereal sembrado en la parcela de ubicación de la balsa.

La perforación de los suelos Cuaternarios (arcillas coluviales) y zonas alteradas del sustrato Terciario (arcillas y lutitas decomprimidas más someras) se realiza en seco utilizando baterías tipo B provistas de coronas de widia de entre 113 y 101 mm de diámetro. Para atravesar los materiales sanos y competentes del sustrato Terciario (lutitas y areniscas) se debió emplear agua de forma continua para la refrigeración del útil de corte, empleando batería tipo T provista de coronas de diamante de 86 mm de diámetro.

A continuación, reflejamos en el siguiente cuadro la situación en coordenadas (ETRS 89, Huso 30) de cada sondeo, así como el nº de ensayos SPT, toma de muestras y profundidad alcanzada.

Sondeo	X	Y	Z	Prof.(m)	SPT	MI	TP	Cajas
S-BP1	620957	4698441	476,8	10	1	1	2	4
S-BP2	621051	4698424	467,5	10	1	1	3	4
S-BP3	621049	4698491	475,5	10	1	1	4	4

Sus columnas litoestratigráficas, resultados de ensayos y fotografías se adjuntan en el Apéndice 1.

Para obtener un orden de magnitud acerca de la capacidad portante del terreno, se han realizado durante la perforación ensayos estándar de penetración (SPT).

El ensayo SPT consiste en contar el número de golpes necesario para hincar 30 cm (15+15) un tomamuestras, de 2" x 1 3/8" de diámetro con tubo bipartido, normalizado, mediante golpeo de una maza de 63,5 kg de peso que cae desde una altura de 75 cm.

Para realizar el ensayo se marcan en el varillaje 60 cm en tramos de 15 cm, contándose los golpes para los 30 cm centrales (valor de N_{SPT}). Se considera que se obtiene rechazo y se suspende el ensayo cuando después de dar una serie de 100 golpes no se introducen los 30 cm en su totalidad o cuando tras dar 50 golpes el tomamuestras no se ha introducido 5 cm.

Los ensayos se realizaron con un penetrómetro automático ROLATEC siguiendo la norma UNE EN ISO 22476-3. Los resultados han sido los siguientes:

Sondeo	Prof. (m)	Golpeo	N_{SPT}	Litología
S-BP1	4,90-4,99	R	R	Areniscas. S. Terciario sano
S-BP2	2,40-3,00	3-5-7-11	12	Arenas arcillosas. Coluvial
S-BP3	2,40-2,82	4-15-R	R	Arcillas coluviales-Areniscas Terciarias

Asimismo, se han tomado varias muestras inalteradas a percusión (MI-nº de orden), mediante un tomamuestras GMPV de pared gruesa en cuyo interior se aloja un tubo de P.V.C. donde se introduce la muestra. Inmediatamente después de su extracción se sellan los extremos para evitar pérdidas de humedad.

La hincada del tomamuestras se realiza mediante una maza de 63,5 kg que cae desde una altura de 75 cm. La profundidad de cada muestra y los golpes obtenidos, en el caso de muestras MI, referidos a cada uno de los tramos de 15 cm fueron los siguientes:

Sondeo	Muestra	Prof. (m)	Golpeo	Litología
S-BP1	MI-1	1,80-2,40	7-6-4-6	Arcillas. Coluvial
S-BP2	MI-1	1,80-2,40	6-7-6-7	Arenas arcillosas. Coluvial
S-BP3	MI-1	1,80-2,40	6-5-6-7	Arcillas. Coluvial

Por otra parte, se tomaron muestras del testigo inalterado del sustrato Terciario (TP-nº de orden), perforado con batería tipo T con adición de agua, a las siguientes profundidades:

Sondeo	Muestra	Prof. (m)	Litología
S-BP1	TP-1	5,00-5,40	Areniscas. Sustrato Terciario
	TP-2	8,40-8,80	Lutitas. Sustrato Terciario
S-BP2	TP-1	4,80-5,10	Lutitas. Sustrato Terciario
	TP-2	6,90-7,10	Areniscas. Sustrato Terciario
	TP-3	8,70-9,00	Lutitas. Sustrato Terciario
S-BP3	TP-1	3,80-4,10	Lutitas. Sustrato Terciario
	TP-2	5,40-5,80	Lutitas. Sustrato Terciario
	TP-3	7,20-7,50	Lutitas. Sustrato Terciario
	TP-4	9,00-9,40	Lutitas. Sustrato Terciario

3.2.2. Calicatas

Se excavan 3 calicatas mediante retroexcavadora mixta, empleando un cazo de 60 cm. Su profundidad viene determinada por la excavabilidad de los materiales o el alcance de la máquina ($\approx 4,0$ m). Inicialmente todas ellas se planteaban para valorar los materiales de excavación del vaso de cara a su empleo en el relleno del dique. Durante su realización y a la vista de los anormales espesores de suelos Cuaternarios que aparecían tanto en el sondeo S-BP2 como en la calicata C-BP1, dos de ellas se realizaron en la zona de apoyo del dique para tratar de determinar el contacto con los materiales del sustrato competente.

Además de su testificación, se refleja su excavabilidad, la estabilidad de las paredes, la aparición de agua y se toman muestras alteradas y en bloque de los materiales que aparecen. Al igual que en los sondeos, se denominan como C (Calicata)-BP (Balsa de Pitillas) y nº de orden.

Calicata	X	Y	Z	Prof. (m)	Muestras inalteradas	Muestras alteradas	Situación	Objetivos
C-BP1	620953	4698372	471,8	4,10	-	1	Vaso	Geotecnia y materiales
C-BP-2	621013	4698378	467,5	3,70	1	2	Dique	Geotecnia y materiales
C-BP3	621192	4698497	468,1	1,70		1	Dique	Geotecnia y materiales

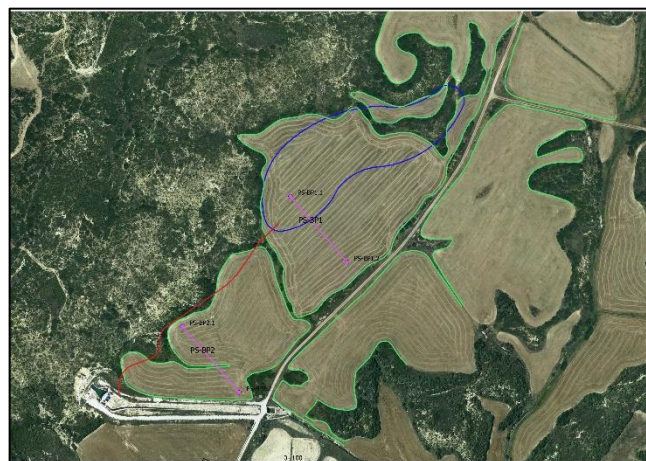
Sus columnas litoestratigráficas, resultados de ensayos, observaciones y fotografías del hueco de excavación y acopio, se adjuntan en el Apéndice 2.

3.2.3. Campaña de sísmica por refracción

En noviembre de 2018 se realiza una campaña de sísmica de refracción en el emplazamiento de la balsa que se planteaba. Se efectuaron dos perfiles sísmicos de 120 m de longitud de forma perpendicular en las fincas que esa opción ocupaban (Apéndice 3).



Perfiles sísmicos en la opción de emplazamiento de la balsa en el 2018



Perfiles sísmicos en la opción de emplazamiento de la balsa en el 2021

Tras modificar el emplazamiento de la balsa en marzo de 2021, el perfil PS-BP1 se sitúa la zona SO de la balsa y el perfil PS-BP2 corta la zona central de la conducción de toma/desagüe, pudiendo emplear los datos obtenidos, en nuestra opinión suficientes dada la tipología de la balsa proyectada (balsa excavada y revestida con lámina impermeable).

Estos perfiles nos permiten complementar la investigación además de determinar parámetros y excavabilidades. Consideramos que el contacto recubrimiento Cuaternario coluvial con el sustrato Terciario en la dromocrona 1000 m/s, estimando espesores de hasta 4,0 m, reduciéndose hacia el camino de acceso de la parcela. El sustrato alterado/decomprimido entre los dromocronas 1000 y 1400 m/s, observándose un espesor homogéneo en torno a 1,0-1,5 m. El sustrato sano/poco alterado se establece con velocidades de ondas P superiores a 1400 m/s.

Respecto a su excavabilidad se determina que el recubrimiento Cuaternario y la parte alterada del sustrato (velocidades sísmicas menores de 1400 m/s) son excavables con medios convencionales mientras que el sustrato sano ($v > 1400$ m/s) sería ripable. Dentro del sustrato sano podrían aparecer puntualmente niveles de areniscas de cierto espesor ($\approx 1-2$ m) donde de forma conservadora podrían preverse voladuras de esponjamiento, dado el gran espaciamiento entre discontinuidades, según los criterios de Franklin (1974).

Como se ha indicado anteriormente, de los dos perfiles efectuados, únicamente el PS-BP1 se encuentra en el emplazamiento proyectado actualmente para la balsa.

El punto de inicio y final de cada perfil se define en coordenadas UTM (ETRS 89, Huso 30), reflejando en el siguiente cuadro una interpretación breve de sus resultados:

Perfil sísmico	X	Y	Z	Resultados
PS-BP1	621041 620963	4698303 4698394	462,4 472,5	El espesor del recubrimiento coluvial aumenta desde 1,5 m al inicio del perfil hasta 4 m al final del perfil, aproximadamente.
PS-BP2	620892 620814	4698123 4698214	457,7 469,2	El espesor del recubrimiento coluvial aumenta desde 2 m al inicio del perfil hasta 4 m al final del perfil, aproximadamente.

3.2.4. Ensayos de laboratorio

Sobre muestras extraídas de los sondeos y calicatas, tanto inalteradas como alteradas y plastificadas, y representativas de los diversos materiales existentes, se han realizado en el laboratorio ensayos de identificación (granulometría y límites de Atterberg), resistencia a compresión simple, colapso tras humectación, permeabilidad, corte directo, deformabilidad (hinchamiento libre), dispersabilidad y análisis químicos.

Se llevan a cabo según normas UNE, NLT o conforme a criterios de buena práctica. Sus resultados se muestran en los registros de sondeos (Apéndice 1) y calicatas (Apéndice 2). Los boletines correspondientes se incluyen en el Apéndice 4. Al final del apartado se incluye un cuadro resumen agrupados por formaciones litológicas.

PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de Pitillas																							
Formación litoestratigráfica										LITOLÓGIA													
Sustrato Terciario. Unidad de Olite (TOL)										Lutitas ocreas con intercalaciones de areniscas													
EDAD										LITOLÓGIA													
Micaceno										LITOLÓGIA													
TRABAJO	MUESTRA	PROF. (m)	W (%)	γ _d (gr/cm ³)	GRANULOMETRÍA			L-ATTERBERG		USCS	PG-3	PROCTOR NORMAL	DISPER	PERMEA	M.O.	Ion SO ₄ mg/kg ss	H. LIBRE %	COLAPSO 1%	C. SIMPLE	CD Remoldeado	OBSERVACIONES		
					T _s	T ₂	T ₆₀₀	L.L.	I.P.			Wpct. (%)	γ _d (gr/cm ³)	NLT-207	cm/s	%			cu (kg/cm ²)	def. (%)	c (kg/cm ²)	φ (°)	
C-BP3	MS-1	1,00-1,70			99	97	89,2	26,9	11,3	CL	TOL	13,0	1,93				1,10						
S-BP1	TESTIGO	0,00-10,00			92	89	75,9	22,2	6,5	CL	TOL	10,3	1,96	ND-2	8,66E-08				317,0	1,7		0,37	25,9
S-BP1	TP-1	5,00-5,40	2,9	2,45																			
S-BP1	TP-2	8,40-8,80	6,6	2,29																			
S-BP3	TESTIGO	3,00-10,00			93	90	81,2	24,2	10,9	CL	TOL	11,4	2,00		1,06E-08		2,45		32,0	2,1		0,37	27,9
S-BP3	TP-1	3,80-4,10	7,9	2,22																			
S-BP3	TP-3	7,20-7,50	11,9	2,12																			
NÚMERO	7	MEDIA	7,3	2,27	94,7	92,0	82,1	24,4	10,2			11,6	1,96	ND-2	4,9E-08		1,8		96,6	3,1	0,37	26,9	
		MÍNIMO	2,9	2,12	92,0	89,0	75,9	22,2	6,5			10,3	1,93	ND-2	1,1E-08		1,1		9,7	1,7	0,37	25,9	
		MÁXIMO	11,9	2,45	99,0	97,0	89,2	26,9	11,3			13,0	2,00	ND-2	8,7E-08		2,5		317,0	4,8	0,37	27,9	

PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de Pitillas																													
Formación litoestratigráfica										EDAD										LITOLOGÍA									
Depósitos Coluviales (Qco)										Recubrimiento Cuaternario										Arcillas marrones con fracción variable de arena									
TRABAJO	MUESTRA	PROF. (m)	W (%)	yd (gr/cm³)	W (%)	yd (gr/cm³)	GRANULOMETRÍA			LATTERBERG			USCS	PG-3	PROCTOR		DISPER	PERMEA	M.O.	Ion SO ₄	H. LIBRE	COLAPSO	C. SIMPLE	CD Remoldeado	OBSERVACIONES				
							T ₅	T ₂	T _{0.075}	L.L.	I.P.			Wopt (%)	W _{max} (%)	NLT-207	cm/s	%	mg/kg ss	%	I %	qu (kg/cm²)	def. (%)	c' (kg/cm²)	φ' (°)				
C-BP1	MS-1	0,40-4,20		1,62	99	97	100	100	81,1	26,4	10,7	CL	TOL	14,4	1,79	ND-1	6,89E-09	0,67	207,00	0,75	0,15			0,35	24,7				
C-BP2	MB-1	2,00-2,20	12,0	1,62	100	100	100	75,6	19,8	6,4	CL-ML										3,25								
S-BP2	MI-1	1,80-2,40	9,5	1,55	100	100	100	87,7	20,7	4,4	CL-ML										7,82	0,8	1,6						
NUMERO	3		10,8	1,59	99,7	99,0	99,0	81,5	22,3	7,2				14,4	1,79	ND-1	6,9E-09	0,67	207,0		5,5	0,8	1,6	0,35	24,7				
			9,5	1,55	99,0	97,0	75,6	19,8	4,4					14,4	1,79	ND-1	6,9E-09	0,67	207,0		3,25	0,8	1,6	0,35	24,7				
			12,0	1,62	100,0	100,0	87,7	20,7	4,4					14,4	1,79	ND-1	6,9E-09	0,67	207,0		7,82	0,8	1,6	0,35	24,7				

3.3. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES

El emplazamiento de la balsa se sitúa al pie de la ladera ocupada en su mayor parte por fincas de cultivo con una suave pendiente hacia el S, del orden de 10°, proyectándose un desmonte en el lado N desde la cota 479 msnm hasta la cota 467,5 msnm que constituye el fondo de excavación. En el lado S se plantea un dique de cerramiento de 10 m aproximadamente de altura de relleno.

El espesor de tierra vegetal observado en las fincas de cultivo se situaría entre 0,2 y 0,4 m, apareciendo a continuación el recubrimiento Cuaternario, con escaso desarrollo en el resto del emplazamiento de la balsa ocupado por afloramientos del sustrato Terciario.

El recubrimiento Cuaternario está constituido principalmente por suelos cohesivos (arcillas y limos) interpretados como suelos coluviales, si bien en parte podrían también tratarse de rellenos ya consolidados como consecuencia de la roturación, explanación y unión de las parcelas que originalmente componían esta zona. Los espesores observados son del orden de 4,0 m en la zona central y occidental de apoyo del dique, reduciéndose conforme nos acercamos al pie de la ladera. A continuación, aparecerían materiales competentes del sustrato Terciario, lutitas y areniscas de la Unidad de Olite.

De acuerdo con su comportamiento geotécnico los materiales que se verán involucrados en la construcción de la balsa son principalmente: Lutitas con areniscas del sustrato Terciario y Arcillas del recubrimiento Cuaternario.

3.3.1. Sustrato Terciario

Está constituido por una alternancia en niveles de orden métrico o inferior de lutitas y areniscas, intercalando frecuentemente términos intermedios entre ambas, desde areniscas arcillosas a limolitas arenosas y argilitas. Se disponen según secuencias granodecrecientes que comienzan con areniscas de grano medio a fino, en varios niveles tabulares de 0,10-0,50 m, pudiendo constituir bancos por acreción de hasta 1,0 m de potencia.

A continuación, se produce un paso gradual a materiales detríticos finos, desde areniscas arcillosas a limolitas arenosas y lutitas que conforman tramos de orden métrico.

Son interpretados como facies de abanico aluvial medio, correspondiendo litoestratigráficamente a la Unidad de Olite, de edad Mioceno inferior.

Constituyen el sustrato competente de toda la balsa y su entorno, aflorando únicamente en la zona Noreste de la balsa ocupado por bancales de cultivo, y bajo un espesor de suelos Cuaternarios superiores a 4,0 m en la zona central del dique.

Su parte alterada a arenas/limos/arcillas tiene normalmente escaso espesor, del orden de 0,4-1,0 m y puntualmente inexistente. Su parte decomprimida es del mismo orden en las zonas cubiertas por suelos Cuaternarios, y aumenta en las áreas donde aflora superficialmente. Podrán ser utilizados para la construcción del núcleo del dique.

Se han ensayado muestras de materiales correspondientes al sustrato Terciario, fundamentalmente detríticos finos (lutitas y lutitas arenosas) que conforman el material predominante, procedentes de testigos inalterados y muestras a granel "todo-uno" de sondeos y calicatas para determinar sus parámetros resistentes y su aptitud para su empleo en rellenos.

Se trata fundamentalmente de materiales con un contenido en finos del 82,1% de media, límites líquidos de 24,4 e índices de plasticidad de 10,2, por lo que se clasifican según la USCS como Arcillas de baja plasticidad (CL).

A continuación, se reflejan los resultados obtenidos en el resto de ensayos sobre muestras de lutitas y muestras todo-uno con predominio de lutitas.

Ensayo	Valor máximo	Valor mínimo	Media
Humedad natural (%)	11,9	6,6	8,8
Densidad seca (t/m ³)	2,29	2,12	2,21
Contenido en:			
Tamaño gravas (%)	8	1	≈5
Tamaño arenas (%)	16	10	≈13
Tamaño limo arcilla (%)	89	76	≈82
Límite líquido	26,9	22,2	24,4
Límite plástico	16,3	13,3	14,7
Índice de plasticidad	11,3	8,5	10,2
Clasificación USCS	Mayoritariamente CL (arcillas de baja plasticidad)		
Contenido en sulfatos (mgSO ₄ /kg suelo seco)	170	< 100	115,7
Resistencia a la compresión simple:			
Resistencia (kg/cm ²)	32,0	9,7	23,2
Deformación (%)	4,8	2,1	3,5
Proctor Normal:			
Humedad óptima (%)	13,0	10,3	11,6
Densidad máxima (g/cm ³)	2,0	1,9	2,0
Dispersabilidad sobre muestra remoldeada	ND-1	ND-2	No Dispersiva
Permeabilidad sobre muestra remoldeada (cm/s)	8,7 E-08	1,1 E-08	4,9 E-08
Hinchamiento libre sobre muestra remoldeada (%)	2,5	1,1	1,8
Corte directo CU sobre muestra remoldeada:			
Cohesión (kg/cm ²)	0,37	0,37	0,37
Ángulo de rozamiento interno (°)	27,9	25,9	26,9

Tal y como se observa, se trata de materiales competentes, rocas R1 (Muy blandas) según la clasificación ISRM (1981), con resistencias a compresión simple entre 10 y 50 kg/cm². En ensayos SPT se obtienen golpes de rechazo de forma prácticamente inmediata.

Los niveles de areniscas intercalados en general son de espesor centimétrico a decimétrico, siendo puntuales los tramos con un mayor espesor. Lógicamente se trata de rocas más duras, obteniendo en una muestra de un tramo de espesor métrico una resistencia a compresión simple de 377 kg/cm², roca R3 (Moderadamente dura) según la ISRM (1981).

Durante la perforación de los sondeos se determinó el índice RQD siendo en todos los casos próximos al 100%, lo que da cuenta de la integridad y escasa fracturación del macizo.

Para la determinación de los parámetros resistentes del sustrato poco alterado/sano se toma las correlaciones más frecuentes indicadas por diversos autores.

Para el sustrato Terciario y considerando el predominio de materiales detríticos finos (lutitas y limolitas) frente a areniscas, para estimar los parámetros resistentes del macizo (q_u , C' y ϕ') podemos aplicar la correlación entre el RQD y la resistencia a compresión simple indicada por Kulhawy y Goddman en la publicación "Ground Engineer's" de F.G. Bell.

RQD	q_u	C'	ϕ'
0-70%	0,33 q_u	0,10 q_u	30
70-100%	0,33-0,8 q_u	0,10 q_u	30-60

De manera muy conservadora, para el macizo de lutitas con un RQD > 70% y con una resistencia media de la roca matriz en el entorno de 20-25 kg/cm² podría considerarse a corto plazo una resistencia a compresión del macizo de 6,6-8,25 kg/cm², y a largo plazo una cohesión efectiva de al menos 0,7 kg/cm² y un ángulo de rozamiento interno efectivo de 30°.

Si se considera la existencia de niveles más competentes (areniscas), evidentemente los parámetros resistentes a considerar serían mayores tanto en la cohesión como en el ángulo de rozamiento interno. En este sentido cabe decir que las areniscas intercaladas suponen un porcentaje poco significativo, según los reconocimientos efectuados, por lo que no se consideran a efectos de cálculo.

La determinación del módulo de deformación que puede asignarse al sustrato se hace de modo conservador, teniendo en cuenta que para esfuerzos verticales no sirve hacer una media de los módulos de cada nivel, sino que los niveles más deformables tienen una influencia mucho mayor. Así para poder calcular de una manera conservadora se toma para las lutitas y argilitas una resistencia a compresión de 20 kg/cm².

Según Judd y Jubert puede tomarse $E = 350 q_u$; según Jiménez Salas, J.A. $E = 200-840 q_u$ y según Justo Alpeñes, J.L. igual a $18 q_u^{1,5}$.

Considerando el rango medio indicado por Jiménez Salas (400) y haciendo la media de las tres correlaciones, podríamos tomar para las lutitas y argilitas $E = 5500 \text{ kg/cm}^2$.

Por tanto, a efectos prácticos, los parámetros resistentes del sustrato Terciario sano serían:

$$\gamma_{ap} = 2,3 \text{ kg/cm}^3$$

$$q_u = 20 \text{ kg/cm}^2$$

$$C' = 7 \text{ t/m}^2$$

$$\varphi' = 30^\circ$$

$$E \geq 5500 \text{ kg/cm}^2$$

Aunque se comentará en apartados anteriores, estos materiales se clasifican como Suelos Tolerables según el PG-3, dado el predominio de materiales detríticos finos, y en el caso de aumentar el contenido en areniscas (material que pasa por tamiz 20 inferior a 20) conformarían rellenos tipo Todo-Uno asimilables a Suelos Tolerables. No conforman explanada según la Instrucción 6.1.-IC y como apoyo de rellenos constituirían Suelos Tipo 0.

En ensayos de compactación sobre muestra todo-uno del sustrato se obtiene en el ensayo Proctor Normal valores medios de humedad óptima del 11,6% y densidad máxima de 2,0 g/cm³.

De cara a su utilización en la construcción del dique, se efectúan diversos ensayos sobre muestras remoldeadas en condiciones Proctor normal, valorando su posible hinchamiento, dispersabilidad, permeabilidad y parámetros resistentes.

Se trata de materiales que presentan una cierta expansividad, obteniendo un valor máximo de hinchamiento libre de 2,45%. Una vez compactados son no dispersivos (ND-1/ND-2) y presentan una permeabilidad media de 4,9 E-08 cm/s. Presentan una cohesión de 0,37 kg/cm² y un ángulo de rozamiento de 26,9°.

3.3.2. Recubrimiento Cuaternario

Recubren a los materiales del sustrato en gran parte del vaso y apoyo del dique de cerramiento de la balsa. En la cartografía geológica se diferencian geomorfológicamente suelos coluviales y suelos de fondo de val. A efectos geotécnicos se trata de materiales con unas características geotécnicas muy similares en el contexto de la balsa, al igual que los rellenos producto del movimiento de tierras realizado para la ampliación de las fincas de cultivos, siendo imposible su diferenciación al tratarse de los mismos materiales, pero removilizados.

Presentan un espesor importante, máximos del orden de 4,0 m en la zona de apoyo del dique de cerramiento y entre 2,7-2,9 m en la zona de desmonte central. Se acuñan bruscamente hacia el ENE, conforme nos aproximamos a los escarpes que delimitan con otras fincas de cultivo, teniendo escaso desarrollo en ellas, inferiores a 1,0 m de potencia.

Se agrupan en una misma unidad geotécnica, habiendo efectuado los siguientes ensayos de laboratorio sobre muestras inalteradas y a granel procedentes de sondeos y calicatas.

Ensayo	Valor máximo	Valor mínimo	Media
Humedad natural (%)	12,0	9,5	10,8
Densidad seca (t/m ³)	1,62	1,55	1,59
Contenido en:			
Tamaño gravas (%)	1	0	≈0
Tamaño arenas (%)	24	12	≈18

Ensayo	Valor máximo	Valor mínimo	Media
Tamaño limo arcilla (%)	87,7	75,6	≈81,5
Límite líquido	26,4	19,8	22,3
Límite plástico	16,3	13,4	15,1
Índice de plasticidad	10,7	4,4	7,2
Clasificación USCS	CL-ML en dos de las tres muestras ensayadas		
Contenido en sulfatos (mgSO ₄ /kg suelo seco)	207	207	207
Índice de Colapso (%)	7,82	3,25	5,5
Resistencia a la compresión simple:			
Resistencia (kg/cm ²)	0,8	0,8	0,8
Deformación (%)	1,6	1,6	1,6
Proctor Normal:			
Humedad óptima (%)	14,4	14,4	14,4
Densidad máxima (g/cm ³)	1,79	1,79	1,79
Dispersabilidad sobre muestra remoldeada	ND-1	ND-1	No Dispersiva
Permeabilidad sobre muestra remoldeada (cm/s)	6,89 E-09	6,89 E-09	6,89 E-09
Corte directo CU sobre muestra remoldeada:			
Cohesión (kg/cm ²)	0,35	0,35	0,35
Ángulo de rozamiento interno (°)	24,7	24,7	24,7

Se trata de suelos arcillo-limosos con un contenido medio en finos de 81,5%, límite líquido entre 19,8 y 26,4 e índice de plasticidad entre 4,4 y 10,7. Son suelos CL-ML según la clasificación de la USCS, presentando en general densidades secas bajas del orden de 1,55 g/cm³ y humedades del orden 11%.

Su principal característica es su tendencia al colapso, habiendo resultado colapsables las dos muestras inalteradas ensayadas, registrando Índices de colapso de 3,25 y 7,82% bajo un escalón de carga de 2,0 kg/cm² y una alta deformabilidad, hasta un 10,25% de deformación tras saturación.

Teniendo en cuenta la presión que transmitirá el núcleo y los espaldones del dique de la balsa apoyando sobre estos materiales, podrían producirse asentamientos muy importantes y no de consolidación, sino bruscos ya que el colapso se produce con el aumento de humedad y con la saturación del suelo, siendo claramente inadmisibles.

Para garantizar la estabilidad del apoyo, una de las opciones sería sanear y dejar espesores de arcillas-limos muy pequeños bajo el apoyo. Este procedimiento generaría un mayor volumen de material a sumar al excedente que ya se contempla en el movimiento de tierras, donde se estima un exceso de 52.000 m³.

Otra posible opción que estudiaremos en posteriores apartados es el de sanear un cierto espesor de suelos, acopiarlos y volverlos a colocar convenientemente compactados para reducir, incluso eliminar su colapsabilidad.

En cuanto a su capacidad portante, en un ensayo SPT se obtiene un valor de N_{SPT}= 12, deduciendo una consistencia Firme. En muestras inalteradas el valor medio de N_{MI} es 11, considerando N_{SPT}= N_{MI}/2 ≈ 6 según la bibliografía especializada, deduciendo una consistencia Media.

La resistencia a compresión simple sobre una muestra inalterada es de 0,8 kg/cm², por lo asumiremos para estos materiales una consistencia Media.

En cuanto a su deformabilidad, efectos prácticos y aplicando las correlaciones habituales en suelos normalmente consolidados sobre freático (E= 75-100 qu), podría asignarse un valor del módulo de deformación en el entorno de unos 100 kg/cm².

A efectos de cálculos, y de forma conservadora pueden considerarse para el material "in situ" los siguientes parámetros:

$$\gamma_{ap} = 1,8 \text{ kg/cm}^3$$

$$q_u = 1,0 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_u = 5 \text{ t/m}^2$$

$$C' = 1 \text{ t/m}^2$$

$$\varphi' = 25^\circ$$

$$E \approx 100 \text{ kg/cm}^2$$

Suelo colapsable

Para valorar su utilización en la construcción del relleno del dique de cerramientos se han efectuado ensayos de compactación, dispersabilidad, permeabilidad, corte directo CU y de colapso tras humectación, en muestras tomadas a granel de los suelos Cuaternarios.

En un ensayo Proctor Normal se obtiene una humedad óptima del 14,4% y una densidad máxima de 1,79 g/cm³. En estas condiciones, estos materiales son no dispersivos (ND-1) y presentan una permeabilidad de 6,89 E-09 cm/s. Se obtiene una cohesión de $C' = 0,35 \text{ kg/cm}^2$ y un ángulo de rozamiento interno de $\varphi' = 24,7^\circ$. La muestra remoldeada en condiciones Proctor tiene un hinchamiento libre de 0,75% y no presenta colapsabilidad, ($I_c = 0,15 \%$), bajo un escalón de carga de 2,0 kg/cm².

Según el PG-3 se clasificarían como Suelos Tolerables y Suelos Tipo 0 según la Instrucción 6.1-IC, una vez compactados, conformando Suelos Marginales en el caso de no efectuar tratamientos que reduzcan su colapsabilidad. No conforman ninguno de los tipos de explanada definidas en la Instrucción 6.1-IC.

4. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

En este apartado se valora y analiza los datos geotécnicos obtenidos de la testificación de sondeos y calicatas, unido a los resultados de los ensayos de laboratorio e interpretación, para dar respuesta a los criterios y recomendaciones más idóneas para la construcción de la balsa, siendo los aspectos más importantes:

- Excavabilidad
- Reutilización de materiales
- Estabilidad de taludes
- Construcción del relleno del dique de cerramiento, tratamiento del cimientado y estabilidad
- Impermeabilización y drenaje
- Agresividad

4.1. EXCAVABILIDAD

Dada la topografía existente en el emplazamiento de la balsa se proyecta la excavación de la práctica totalidad de su superficie, construyendo un relleno de hasta 10 m de altura como dique de cerramiento.

Se plantea la excavación de taludes interiores con pendientes 1H:1V desde la cota 480 msnm hasta la cota 475 msnm, donde se construye una berma intermedia por donde discurre el camino perimetral de la balsa, y taludes con pendientes 2H:1V entre la berma y el fondo de excavación a 467,5 msnm.

Los materiales afectados por la excavación de los taludes son principalmente lutitas y lutitas con intercalaciones de areniscas de la Unidad Olite, afectando a suelos Cuaternarios (Coluvial) en la zona central del vaso.

Tal y como se observa en los perfiles estratigráficos A-A' y B-B', entre la primera mitad y hasta 2/3 del fondo de excavación se encuentra sobre lutitas con areniscas del sustrato Terciario y el resto en suelos arcillo-limosos del recubrimiento Cuaternario.

A continuación, se indica para cada tipo de terreno la maquinaria más apropiada para la excavación, teniendo en cuenta que cabe descartar "a priori" las voladuras, salvo que en algún punto se precise excavar un banco de areniscas de espesor significativo, singularidad que podría producirse en la zona nororiental de la balsa, próxima al contacto con la Fm. Areniscas de Artajona, aunque en superficie los niveles observados eran inferiores a 1,5 m.

Para el sustrato rocoso Terciario, al tratarse de excavaciones de gran dimensión, en general podrán hacerse con medios mecánicos potentes. En niveles de arenisca potentes y sanos, deberá recurrirse al ripado duro o con toda probabilidad a la utilización de martillo neumático rompedor.

En los perfiles de sísmica de refracción efectuados, los registros obtenidos en Vp son inferiores a 1600 m/s para las profundidades de excavación previstas.

Evidentemente los suelos limo-arcillosos Cuaternarios son excavables por medios mecánicos convencionales.

En ninguno de los terrenos indicados hasta ahora habrá dificultades de movilidad para la maquinaria necesaria, salvo evidentemente en épocas de lluvias persistentes.

4.2. REUTILIZACIÓN DE MATERIALES

Para la construcción de la balsa se precisa de un movimiento de tierras que genera un volumen de excavación en desmonte de 103.272, 8 m³ y un volumen de relleno para la construcción del dique de cerramiento de 51.243,7 m³, por lo que es necesario retirar a vertedero un exceso de tierras de 52.029,1 m³.

Según los diversos elementos de la obra, necesitamos:

- Relleno del dique de cerramiento: Materiales para el cuerpo del relleno.
- Camino de acceso: Materiales para rellenos y para subbase y base granular.

El grueso de los materiales necesarios podrá conseguirse de la excavación del vaso de la balsa, siendo necesario recurrir a plantas de suministro y tratamiento de áridos del entorno, tanto de hormigón como graveras y canteras, por la falta de suelos granulares.

En concreto, los materiales de excavación del vaso de la balsa, tanto suelos Cuaternarios como materiales del sustrato Terciario, podrán emplearse para la construcción del relleno del dique.

En este sentido se han efectuado diversos ensayos sobre muestras todo-uno tanto de los suelos Cuaternarios, como de los materiales Terciarios, así como de la mezcla entre ambas, de forma que se reproduzcan las condiciones de excavación, acopio de materiales y puesta en obra que puedan producirse.

Como se ha comentado anteriormente, los suelos Cuaternarios (coluviales y de fondo de val) son suelos fundamentalmente cohesivos (CL de forma global), clasificados según el PG-3 como Suelos Tolerables. Las lutitas con areniscas, predominio de lutitas en los reconocimientos efectuados son suelos CL según la USCS y se clasifican según el PG-3 como Suelos Tolerables. Si el contenido en fragmentos de areniscas en el acopio aumentara, material que pasa por el tamiz 20 inferior al 70%, se trataría de un relleno Todo-Uno asimilable a Suelos Tolerables.

Ambos materiales son No Dispersivos (ND-1 / ND-2), según los ensayos PIN-HOLE efectuados, incluso en muestras mezcladas, con hinchamientos libres máximos sobre muestras remoldeadas del 2,45%, no siendo colapsables una vez compactadas.

A continuación, se reflejan los resultados obtenidos en ensayos de laboratorio de cara a su utilización en la construcción del relleno del dique.

Ensayo	Cuaternario	Terciario	Mezcla
Contenido en:			
Tamaño gravas (%)	1	4	8
Tamaño arenas (%)	18	11	16
Tamaño limo arcilla (%)	81	85	76
Límite líquido	26,4	25,6	22,2
Límite plástico	15,7	14,5	13,7
Índice de plasticidad	10,7	11,1	8,5
Clasificación USCS	CL	CL	CL
Contenido en sulfatos (mgSO ₄ /kg suelo seco)	207	148,5	< 100
Proctor Normal:			
Humedad óptima (%)	14,4	12,2	10,3
Densidad máxima (g/cm ³)	1,79	1,97	1,96
Dispersabilidad sobre muestra remoldeada	ND-1	-	ND-2
Permeabilidad sobre muestra remoldeada (cm/s)	6,89 E-09	1,06 E-08	8,66 E-08
Hinchamiento libre sobre muestra remoldeada (%)	0,75	2,45 (máximo)	-
Colapso bajo escalón de carga de 2,0 kg/cm ² (%)	0,15	-	-
Corte directo CU sobre muestra remoldeada:			
Cohesión (kg/cm ²)	0,35	0,37	0,37
Ángulo de rozamiento interno (°)	24,7	27,9	25,9

Como puede observarse, tanto por separado como en conjunto son materiales muy similares que podrán colocarse en obra en núcleo del relleno del dique por tongadas de 0,3 m de espesor máximo, compactados por tongadas al 100% PN.

Como se ha dicho, al compactar las muestras a densidad y humedad próximas a la máxima Proctor Normal, estos materiales pierden su carácter colapsable, las permeabilidades son muy bajas (< E-07 cm/s) y resultan no dispersivos, (ND-1 a ND-2).

Para el talud de aguas abajo del dique se utilizarán los suelos Cuaternarios, más susceptibles de revegetaciones satisfactorias.

Para la puesta en obra de los materiales excavados y posteriormente compactados al 100% PN, el coeficiente de paso de los suelos Cuaternarios es del orden de 0,88 y para los materiales Terciarios el Coeficiente de paso estimado es de 1,12.

El resto de materiales necesarios: Suelos granulares para el firme del camino perimetral y hormigones deberán obtenerse de plantas de tratamiento y suministro de áridos y hormigones.

4.3. ESTABILIDAD DE TALUDES

Para los taludes en desmonte, se plantea una excavación con pendientes 1H:1V desde la cota 480 msnm hasta cota 475 msnm, construyendo una berma intermedia de 5 m de ancho por donde discurre el camino perimetral de la balsa, y desde 475 msnm a 467,5 msnm con talud inferior 2H:1V.

Con esta pendiente y una altura máxima de 7,0 m desde coronación a fondo de excavación del vaso, no existe riesgo de rotura ni de deslizamiento de la ladera ya que únicamente afecta a lutitas y lutitas con intercalaciones de areniscas de la Unidad Olite, admitiendo en general pendientes mucho más elevadas.

Para evitar la caída y desprendimiento de bloques de areniscas producidos por erosión diferencial, bien de la Fm. Areniscas de Artajona no afectada por la excavación propuesta, bien de niveles areniscos de espesor decimétrico de la Unidad de Olite situados a mayor cota, se recomienda la construcción de una pequeña berma en coronación del talud, antes de la preceptiva cuneta de guarda hormigonada, de forma que puedan acumularse en ella los bloques y material desprendido.

Esta berma deberá ser accesible y prever un mantenimiento periódico para retirar las acumulaciones y limpieza de la cuneta de coronación.

Para la conducción de toma y desagüe de la balsa se proyecta una zanja de 7,5 m de ancho en el fondo de excavación para alojar ambas tuberías, a cota inferior a 462,5 msnm, y por tanto taludes con alturas de excavación del orden de 4,0-5,0 m en general.

El trazado de la conducción discurre tanto por lutitas con areniscas del sustrato Terciario desde la Almenara nº 11 hasta 2/3 del trazado aproximadamente, como por suelos coluviales arcillosos en el último tercio, hasta su conexión con la balsa.

Los taludes provisionales en materiales del sustrato Terciario podrán construirse con pendientes 1H:3V. Para taludes de excavación sobre suelos coluviales los taludes deberán ser más tendidos, siendo lo recomendable 1H:1V. No obstante, como a lo largo del trazado, sobre todo en la parte final bajo los suelos coluviales aparecerán lutitas y areniscas del sustrato Terciario, en estas situaciones podrían dimensionarse taludes provisionales con pendiente 2H:3V.

El cálculo de la estabilidad de los taludes, con sus diferentes hipótesis de cálculo se encuentra desarrollado en el apéndice 9.3 del anejo nº 9.

4.4. CONSTRUCCIÓN DEL RELLENO DEL DIQUE, TRATAMIENTO DEL CIMIENTO Y ESTABILIDAD

Este aspecto es fundamental a la hora de la construcción de la balsa. Dada la tipología prevista, se ha de construir un relleno con una altura máxima de 9,84 m, hasta cota 475 msnm, que culmina en coronación con un camino.

Como paso previo al inicio de la construcción del relleno, se retirará la tierra vegetal hasta un espesor máximo de 0,4 m en las parcelas cultivadas, y casi inexistente donde aflore el sustrato. Debe ser acopiada para su posterior empleo en la revegetación del espaldón de aguas abajo del dique.

Bajo la tierra vegetal aparecen en la mayor parte del apoyo del relleno suelos arcillo-limosos Cuaternarios, colapsables en estado natural, que inevitablemente deben tener un tratamiento para minorar el grado de colapsabilidad.

En concreto se debe proceder a la excavación y acopio de estos materiales tratando que el espesor máximo que quede sea de 1,5 m con respecto al contacto con el sustrato Terciario, lo que supone excavaciones de hasta 3,0 m en la zona central del dique.

Posteriormente puede volver a colocarse el material acopiado por tongadas de 0,3 m de espesor máximo compactándolo al 100% del PN, construyendo el relleno sobre la superficie resultante. De esta manera se elimina el riesgo por colapso del terreno de apoyo del relleno.

Durante la excavación de los taludes y vaso de la balsa y previamente a la construcción del relleno, o de forma solapada, deberán disponerse acopios intermedios para facilitar la mezcla y homogeneización de los materiales (arcillas coluviales y lutitas con areniscas). En el proceso de arranque y puesta en obra debe incidirse en su fragmentación y disgregación, sobre todo en lo que respecta a posibles bloques de areniscas y lutitas/limolitas con cierto grado de cementación.

Una vez alcanzado el fondo de excavación, sería recomendable colocar una capa de arcillas de 0,5 m de espesor bajo el fondo de la balsa, reforzando la impermeabilización del fondo y permitiendo el control de posibles fugas.

Para la construcción del relleno recomendamos la extensión del material por tongadas de unos 30 cm de espesor mediante tractores de cadenas, y su compactación con rodillo vibratorio o tipo pata de cabra con un mínimo de cuatro pasadas por tongada.

Su humedad de puesta en obra deberá ser la humedad próxima a la óptima por el lado seco del Proctor Modificado, y la densidad de compactación será igual o superior al 95% del Proctor Modificado de referencia del material a colocar.

En estas condiciones los parámetros resistentes del relleno del dique, valorados a partir de ensayos de laboratorio en mezclas y de experiencias en obras con actuaciones similares, serían:

$$\gamma_{ap} = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$C' = 37 \text{ kN/m}^2$$

$$\varphi' = 26^\circ$$

$$E \approx 25000 \text{ kN/m}^2$$

Dadas las alturas de relleno proyectadas, inferiores a 10 m y considerado como más desfavorable la zona central del dique, el espesor máximo deformable es de 5 m correspondiente a suelos Cuaternarios recompactados y horizonte alterado del sustrato Terciario, estimando un asiento definido por:

$$S = \sum \frac{\Delta p \cdot H_i}{E_i}$$

$$\Delta p = 10 \text{ m} \cdot 2,0 \text{ t/m}^3 = 20,0 \text{ t/m}^2 = 2,0 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_1 = H_2 = 5 \text{ m} = 500 \text{ cm}$$

$$E_1 = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_2 = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

S = Asiento del terreno de apoyo

$$S = 2,0 \cdot \frac{500}{250} + 2,0 \cdot \frac{500}{5500} = 4,18 \text{ cm}$$

Este asiento se producirá conforme se va construyendo el relleno, resultando al final de su construcción un asiento diferido despreciable.

El asiento del propio relleno, con un módulo de deformación de unos 250 kg/cm², sería:

$$S_R = \frac{H \cdot \Delta p_{medio}}{E} = \frac{1000 \text{ cm} \cdot \frac{2,0 \text{ kg/cm}^2}{2}}{250} = 4,0 \text{ cm}$$

Al igual que el anterior se irá produciendo conforme se vaya construyendo y el diferido será también despreciable.

4.5. IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE

Se plantea la construcción de una balsa impermeabilizada con lámina de polietileno, con objeto de garantizar que no haya pérdidas a favor de niveles de areniscas o entre contacto arenisca-lutita.

Dicha lámina deberá ir protegida con geotextil para la impermeabilización de los taludes y fondo de balsa, siendo recomendable la colocación de una cama de arcillas compactadas de 0,5 m de espesor que sirva de regularización en el fondo de la balsa, e impida a su vez el punzonamiento del geotextil y la lámina. Además, esta capa supondrá otra barrera impermeable frente a posibles fugas.

Para ejecutar esa cama de arcillas, se tendrían que extender dos tongadas de arcilla compactada que cumpla las siguientes características:

- Debe evitarse la presencia de fragmentos de arenisca y/o lutitas con cierto grado de cementación, y en el caso de existir, éstos deben ser no angulosos y en un porcentaje menor al 20%.
- El porcentaje de material que pase por el tamiz 0,080 UNE debe ser como mínimo del 50%.
- El índice de plasticidad ha de ser mayor o igual a 10.
- El tamaño de los bloques de arcilla/lutita debe ser suficientemente pequeño, para que se consiga la impermeabilidad.
- El porcentaje de sulfatos será inferior al 3%.

Para estas condiciones únicamente los materiales fundamentalmente más lutíticos del sustrato Terciario cumplen lo exigido, debiéndolas de acopiar convenientemente para su posterior reutilización.

Para su colocación y también para el cuerpo del dique, se recomienda cumplir las siguientes especificaciones:

- Desmenuzar y reducir lo máximo posible el tamaño de los bloques de lutita/argilita, bien durante las labores de extracción (escarificando con una herramienta tipo cultivador) o bien durante las labores de extendido (rodillos pata de cabra o pasadas con bulldozer). En este sentido es muy aconsejable escarificar la lutita, regarla y dejarla varios días hasta que se altere y pueda desmenuzarse con facilidad.
- Limitar el tamaño de tongada a 30 cm después de compactada, cuidando de que la superficie de la misma permanezca húmeda.
- Compactación mediante rodillos vibratorios o tipo pata de cabra, realizando las pasadas necesarias hasta conseguir un grado de compactación de al menos el 98% de la densidad máxima según el ensayo Proctor Normal, con humedades próximas a la óptima por el lado seco.

Por último, para poder controlar posibles fugas o filtraciones conviene diseñar un sistema de drenaje en el fondo de la balsa, dentro de las arcillas del fondo con salida hacia el exterior. Periódicamente se controlará el caudal recogido por el sistema de drenaje para comprobar el correcto funcionamiento de la balsa.

4.6. AGRESIVIDAD

Los ensayos de contenido en sulfatos del terreno natural permiten concluir que tanto las arcillas y limos del recubrimiento Cuaternario como las lutitas y areniscas del sustrato Terciario no son agresivas, por lo que no será necesario el empleo de cementos sulfurresistentes para hormigones en contacto con el terreno.

5. CONDUCCIÓN DE TOMA Y DESAGÜE DE FONDO

Tanto para uno como para otro, la cimentación debe apoyarse sobre el sustrato Terciario sano o escasamente alterado, previendo, dado que estamos en la parte media-alta de las fincas de cultivo atravesadas por la conducción, espesores de recubrimiento inferiores a 3,0 m.

Por los datos obtenidos, el fondo de excavación a la cota prevista (< 462,5 msnm) prácticamente se encontrará el sustrato Terciario constituido por lutitas con intercalaciones de areniscas en niveles decimétricos.

Se plantea una zanja de 7,5 m de anchura en el fondo de excavación que alojará tanto la conducción de toma desde la Almenara nº 11 como la conducción de desagüe de la balsa que evacuará al aliviadero ya existente en la Almenara.

Para la excavación pueden seguirse las recomendaciones generales indicadas en el apartado anterior, considerando taludes provisionales en suelos Cuaternarios (arcillas) con pendientes 1H:1V, y en materiales del sustrato taludes con pendientes 1H:3V. Otra opción a considerar son taludes provisionales con pendiente 2H:3V en toda la zanja.

Aunque el terreno de apoyo no resulta muy expansivo, hay que cuidar de evitar que el de apoyo se seque excesivamente, colocando el hormigón de limpieza casi inmediatamente después de efectuada la excavación.

Cabe indicar que en el último tramo de la zanja, en la zona de conexión con la balsa, los espesores de suelos Cuaternarios son del orden de 4,0 m. Si la cota de la superficie del terreno en este tramo se encuentra entre la 466 y la 467 msnm, debe preverse una cierta sobreexcavación de entre 1,0-2,0 m para llegar al sustrato Terciario, saneando los suelos coluviales y volviéndolos a colocar compactados hasta la cota de la solera proyectada. De igual forma que lo indicado en la construcción del dique, estos suelos se colocarán por tongadas de 30 cm de espesor alcanzado un grado de compactación del 100% PN.

El trazado de la conducción atravesando el relleno del dique se diseñará de modo que se eviten posibles despegues en la superficie de contacto.

6. APROVECHAMIENTO DE MATERIALES

Vistas las aptitudes de los materiales que se excavarán en los taludes y vaso de la balsa, proponemos los siguientes aprovechamientos:

	Tipo de materiales propuesto	Propuesta
Dique	Arcillas Cuaternarias y lutitas con areniscas del sustrato Terciario	Excavación de taludes y vaso
Talud exterior	Arcillas Cuaternarias	Excavación del vaso
Capa de fondo impermeable	Lutitas del sustrato Terciario	Excavación de taludes
Drenes	Gravas o machaqueo de calizas, lavadas y seleccionadas	Adquisición en plantas próximas

	Tipo de materiales propuesto	Propuesta
Zahorra para caminos	Gravas o machaqueo de calizas	Adquisición en plantas próximas
Hormigón	Gravas o machaqueo de calizas	Adquisición en plantas próximas

En el caso de su adquisición en plantas de tratamiento y canteras, se seleccionan entre otros frentes de gravera de pequeñas empresas del entorno, que dada su distancia a la obra pueden ser susceptibles de suministro, dados los volúmenes requeridos en zahorras para caminos.

También se añaden plantas de tratamiento y suministro de áridos y hormigones con una mayor capacidad pero que se encuentran a mayor distancia.

Se muestra en el siguiente cuadro la empresa, distancia a la obra, contacto y materiales que suministran, reflejando su situación en la planta adjunta en Figuras (Figura 3).

Material	Empresa	Población	Distancia (km)	Observaciones
Zahorras, Áridos hormigones y drenes	Excavaciones Cañuca, S.L.	Tafalla	20	Explotación local Áridos
	Excavaciones Muñoz, S.A.	Marcilla	25	Explotación local Áridos
	Hormigones en masa de Valtierra, S.A.	Cadreita/Castejón	35	Áridos y hormigones
	Áridos Gamén, S.L.:	Castejón	35	Áridos y hormigones
	CALINSA	Andosilla	45	Explotación local Áridos
	Compactaciones y nivelaciones Pardo, S.L.:	Cárcar	50	Explotación local Áridos
	Obramas 9002, S.L.	Corella	50	Explotación local Áridos
	Áridos Palacios	Biota	50	Áridos y hormigones
	HORMAVASA	Tudela	55	Áridos y hormigones
	Hormigones Arga	Ejea de Los Caballeros	60	Áridos y hormigones
	Hormigones Beriain, S.A.	Buñuel	70	Áridos y hormigones
	ARIHORMA	Tauste	85	Áridos y hormigones
Hormigones Tauste, S.A.	Tauste	85	Áridos y hormigones	

De las plantas próximas donde se seleccionan y lavan gravas aluviales hay posibilidad de obtener préstamos para drenes, además de zahorras para caminos.

Para el suministro de hormigón se deberá recurrir a plantas de mayor entidad en Cadreita/Valtierra, Castejón y Tudela como más próximas.



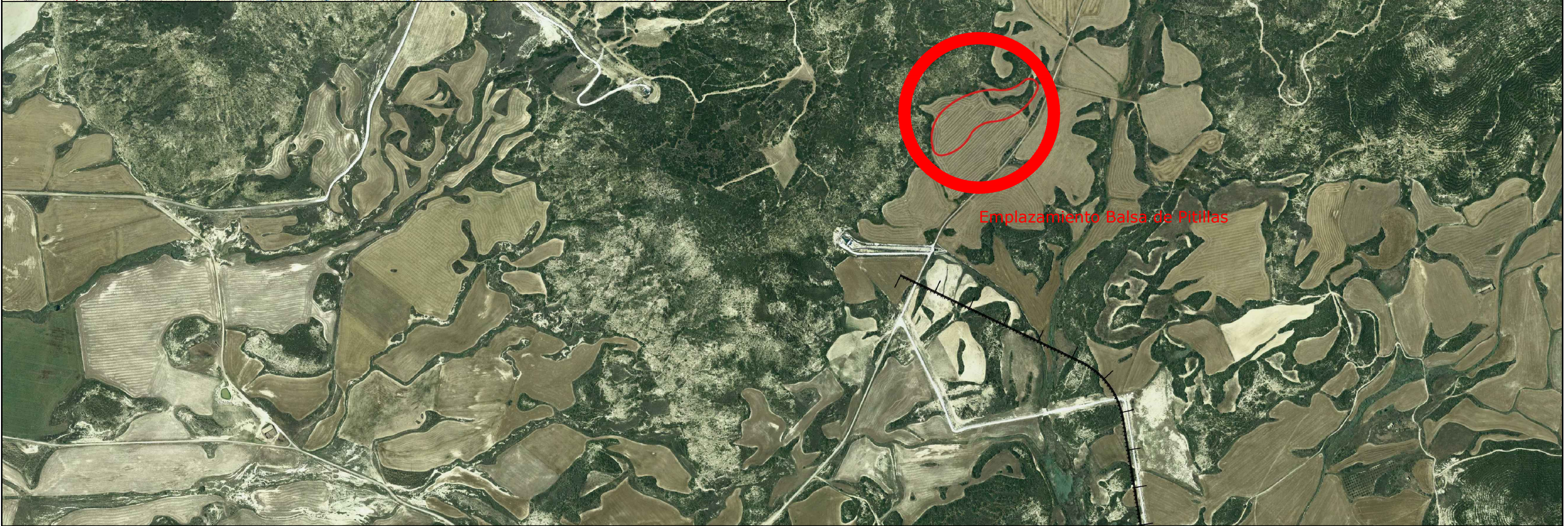
Fdo. Javier Prats Rivera
Ingeniero de Caminos. Colegiado 7.780

FIGURAS

Figura 1.- Situación geográfica. Mapa topográfico MTN25 y ortofoto PNOA (IGN).

Figura 2.- Situación geológica. MAGNA 1/50.000, Hoja nº 206 “Peralta” (IGME).

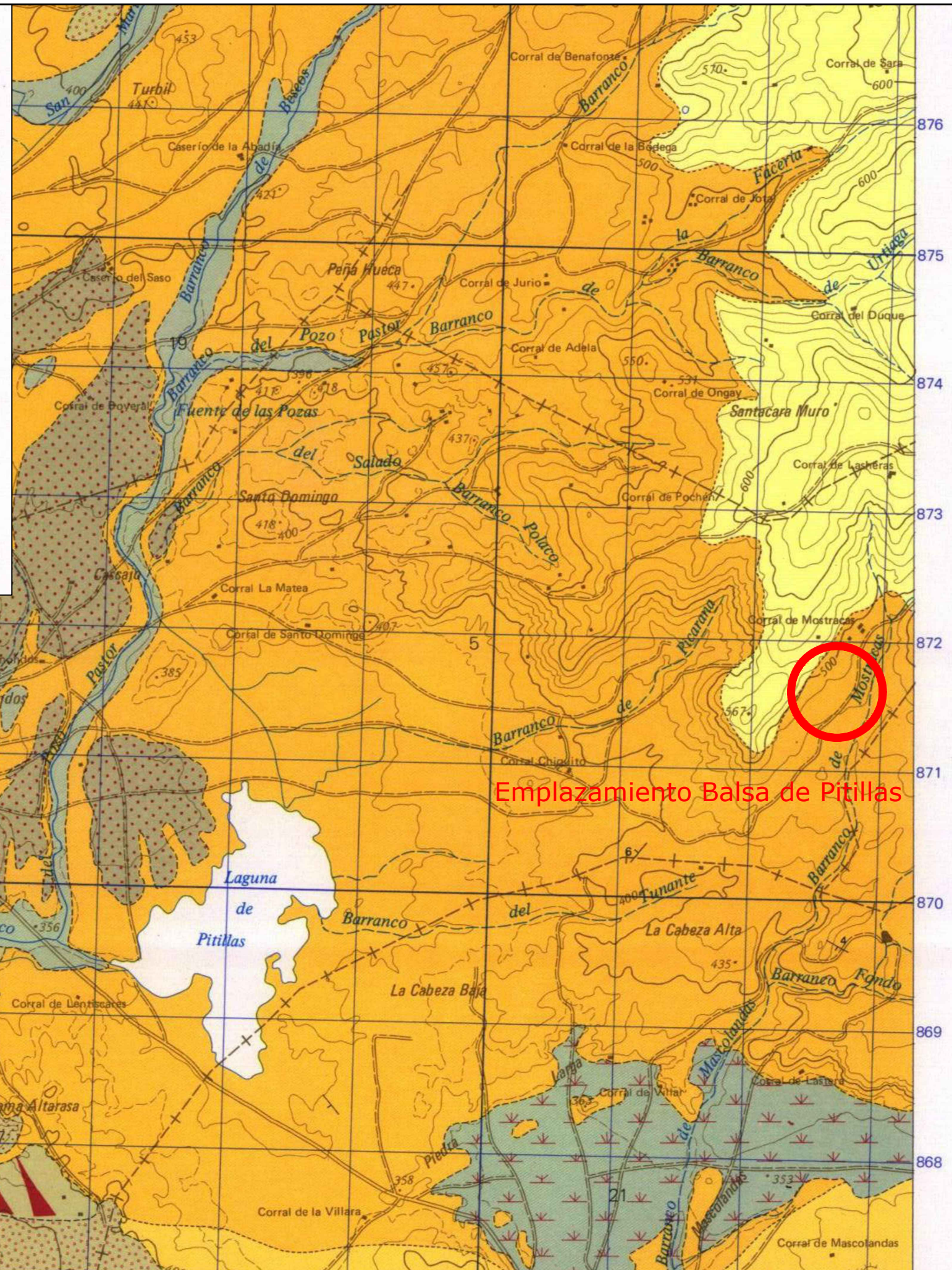
Figura 3.- Plantas de suministro y graveras.



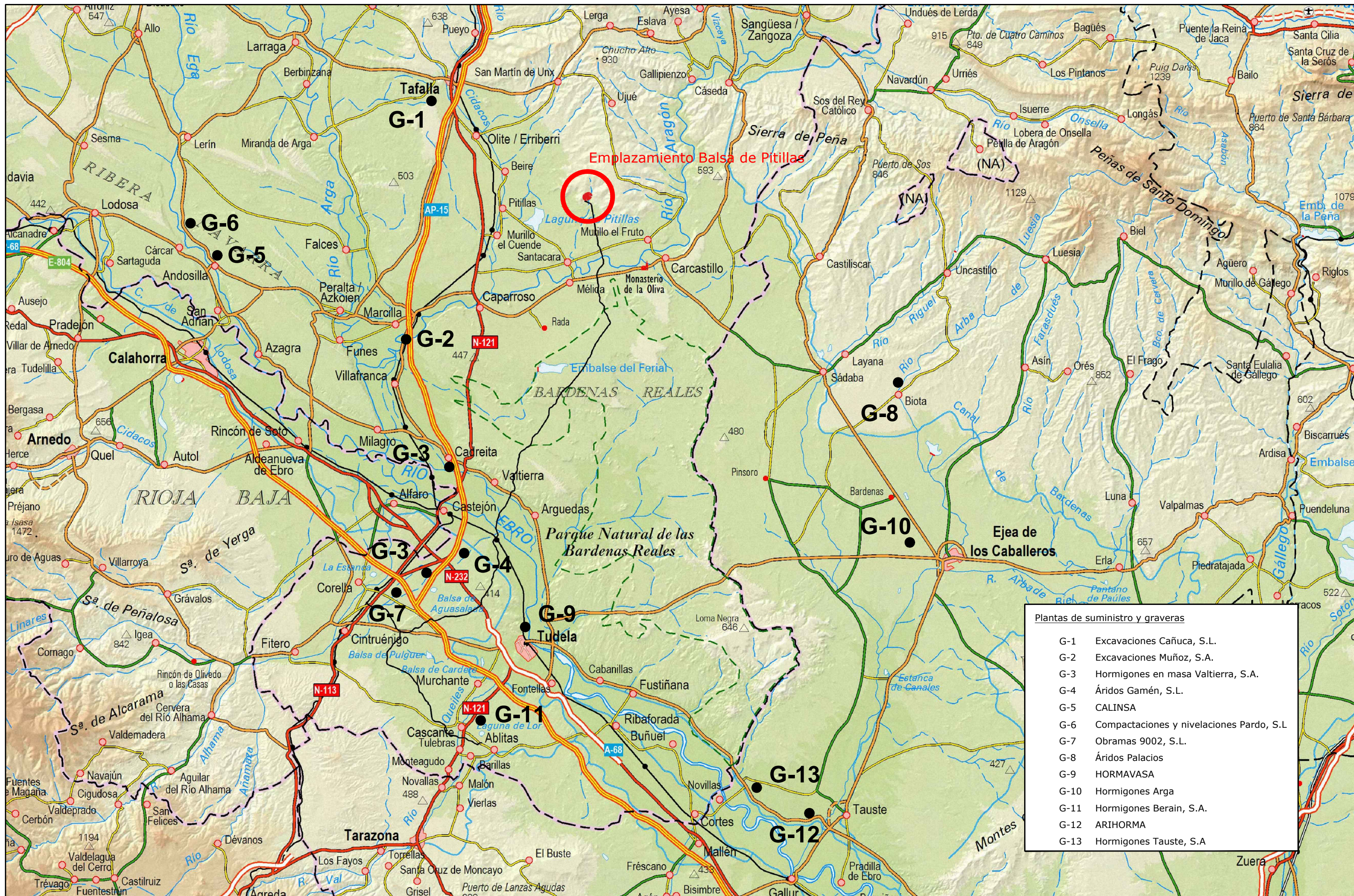
LEYENDA

CUATERNARIO		HOLOCENO			
		19	20	21	22
TERCIARIO		PLEISTOCENO			
		17	16	16	14
		13	12	11	10
		8			
		7			
		6			
		5			
		4			
		3			
		2			
NEOGENO	MIOCENO	INFERIOR	ARAGONIENSE	ASTARACIENSE	
			3	9	
PALEOGENO	OLIGOCENO		ARVERNIENSE	ORLEANIENSE	
			3	4	
			SUVIENSE		
			HEADONIENSE	1	

- 22 Cauces abandonados
- 21 Depósitos endorreicos
- 20 Arcillas con cantos. Coluvión
- 19 Gravas, arenas y arcillas. Aluvial y fondo de valle
- 18 Gravas, arenas y arcillas. Glacis
- 17 Terraza. Gravas y arenas
- 16 Terraza. Gravas y arenas
- 15 Terraza. Gravas y arenas
- 14 Terraza. Gravas y arenas
- 13 Terraza. Gravas y arenas
- 12 Terraza. Gravas y arenas
- 11 Terraza. Gravas y arenas
- 10 Terraza. Gravas y arenas
- 9 Areniscas y arcillas (Ujué)
- 8 Calizas y margas (Portillo)
- 7 Margas con capas de caliza (Miranda)
- 6 Limos y arcillas (Olite)
- 5 Limos, arcillas y areniscas
- 4 Margas y yesos (Los Arcos)
- 3 Arcillas y niveles de areniscas (Larraga)
- 2 Yesos masivos y laminados (Desojo)
- 1 Areniscas, limos y yesos (Mues)



Emplazamiento Balsa de Pitillas



Plantas de suministro y graveras	
G-1	Excavaciones Cañuca, S.L.
G-2	Excavaciones Muñoz, S.A.
G-3	Hormigones en masa Valtierra, S.A.
G-4	Áridos Gamén, S.L.
G-5	CALINSA
G-6	Compactaciones y nivelaciones Pardo, S.L
G-7	Obramas 9002, S.L.
G-8	Áridos Palacios
G-9	HORMAVASA
G-10	Hormigones Arga
G-11	Hormigones Berain, S.A.
G-12	ARIHORMA
G-13	Hormigones Tauste, S.A

PLANOS

Plano nº 1.- Planta topográfica y situación de trabajos de investigación. E: 1/2000.

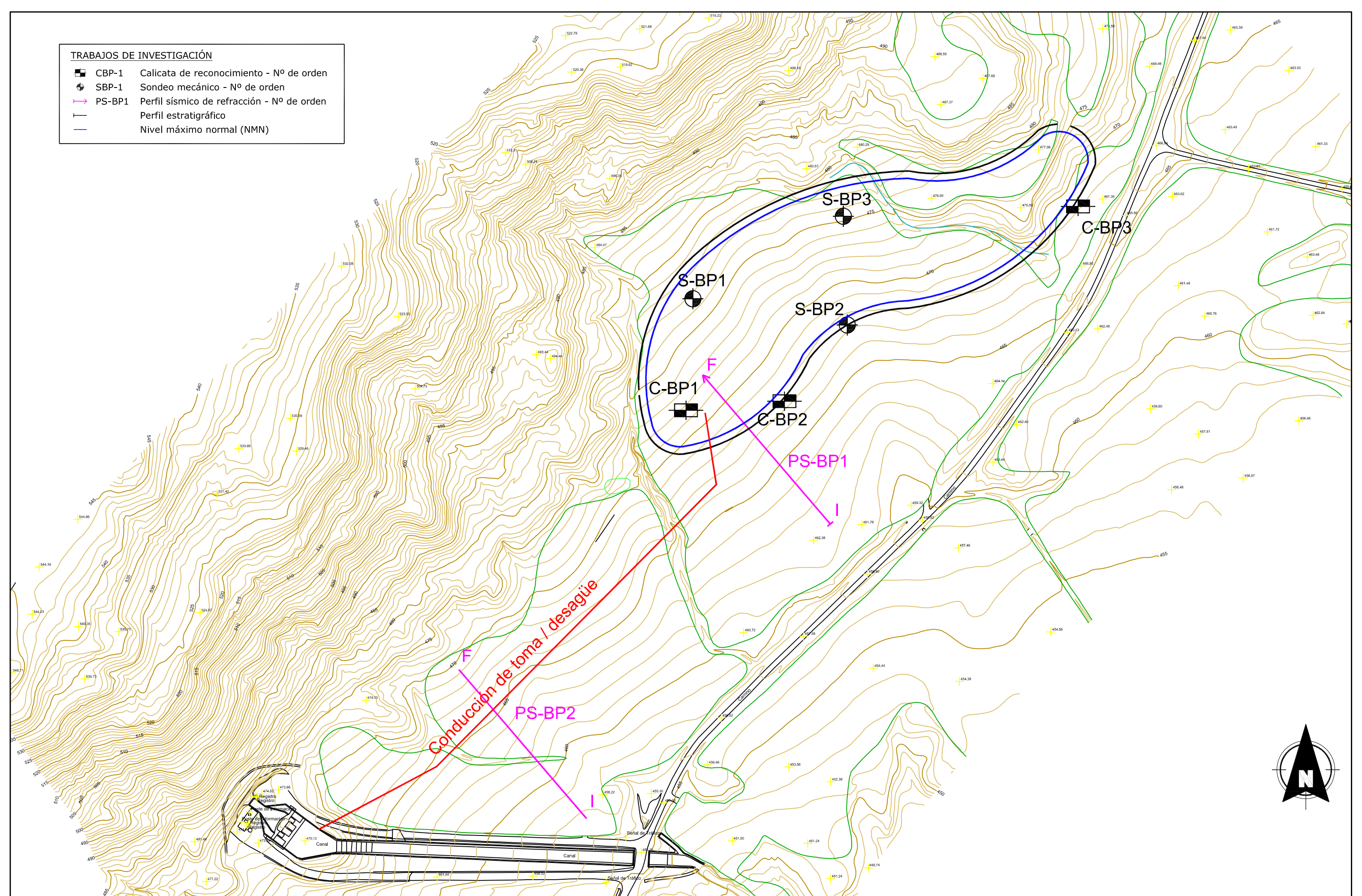
Plano nº 2.- Planta geológica y situación de trabajos de investigación. E: 1/2000.

Plano nº 3.- Perfiles estratigráficos transversales por el vaso. EH: 1/500. EV: 1/200.






Plano nº 4.- Perfil estratigráfico por la línea del dique. EH: 1/1000. EV: 1/200.

TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN



- CBP-1 Calicata de reconocimiento - Nº de orden
- SBP-1 Sondeo mecánico - Nº de orden
- PS-BP1 Perfil sísmico de refracción - Nº de orden
- Perfil estratigráfico
- Nivel máximo normal (NMN)





TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN





-  CBP-1 Calicata de reconocimiento - Nº de orden
-  SBP-1 Sondeo mecánico - Nº de orden
-  PS-BP1 Perfil sísmico de refracción - Nº de orden
-  Perfil estratigráfico
-  Nivel máximo normal (NMN)

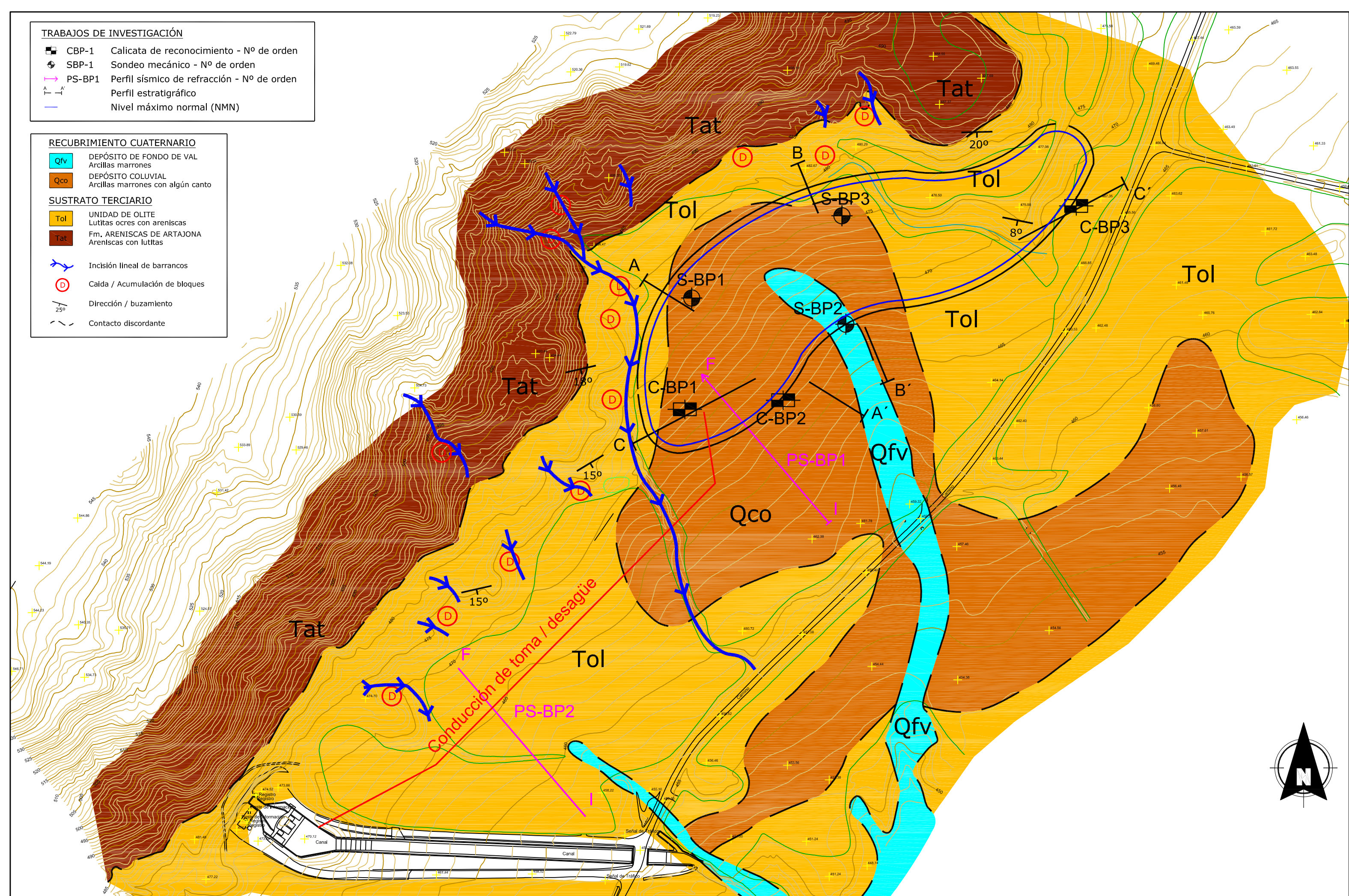
RECUBRIMIENTO CUATERNARIO

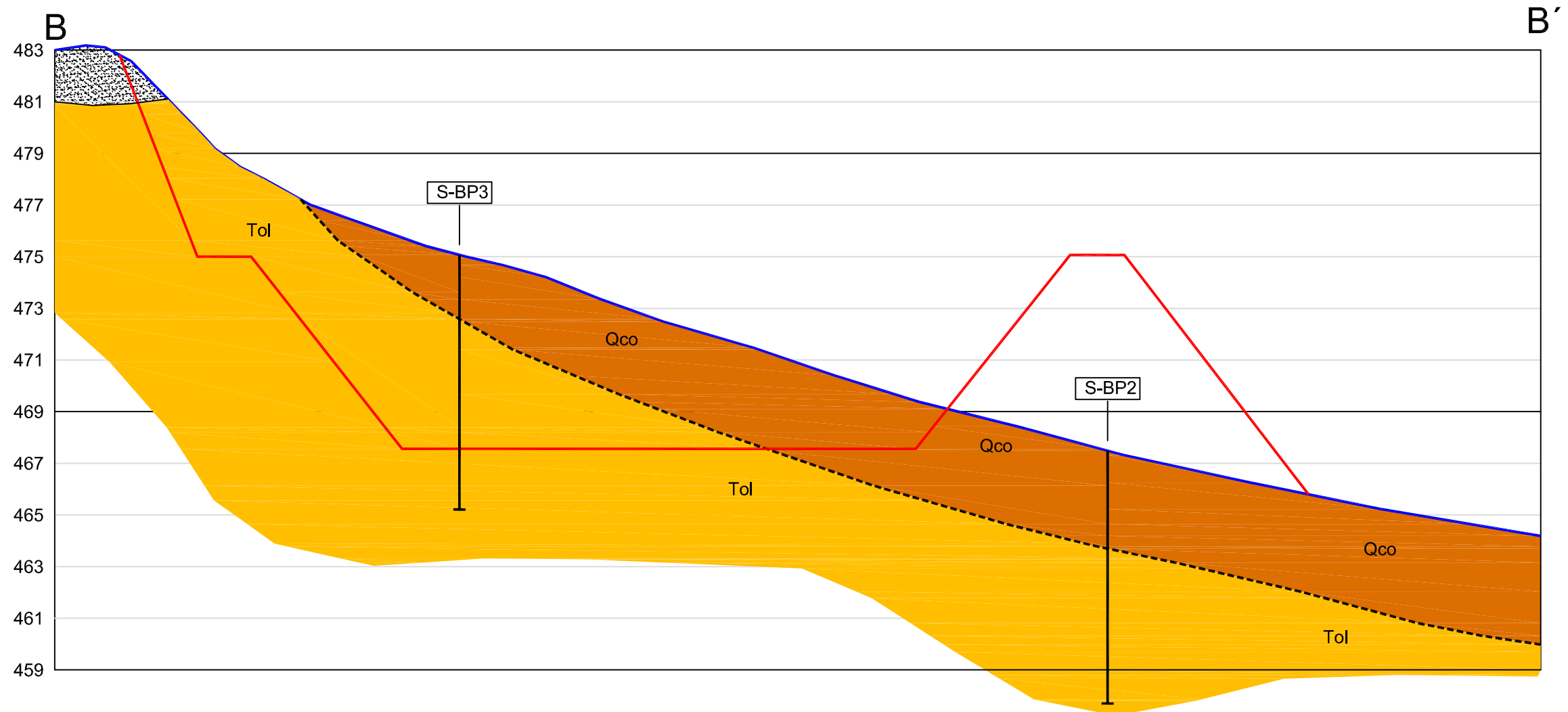
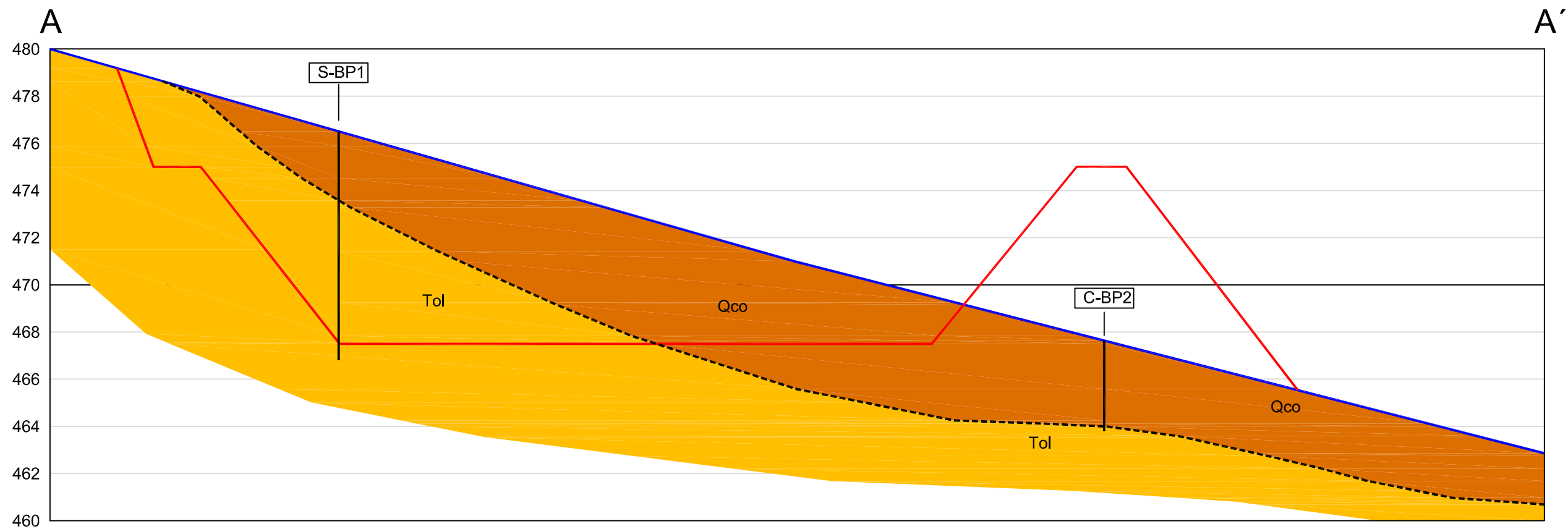
-  Qfv DEPÓSITO DE FONDO DE VAL
Arcillas marrones
-  Qco DEPÓSITO COLUVIAL
Arcillas marrones con algún canto




SUSTRATO TERCIARIO

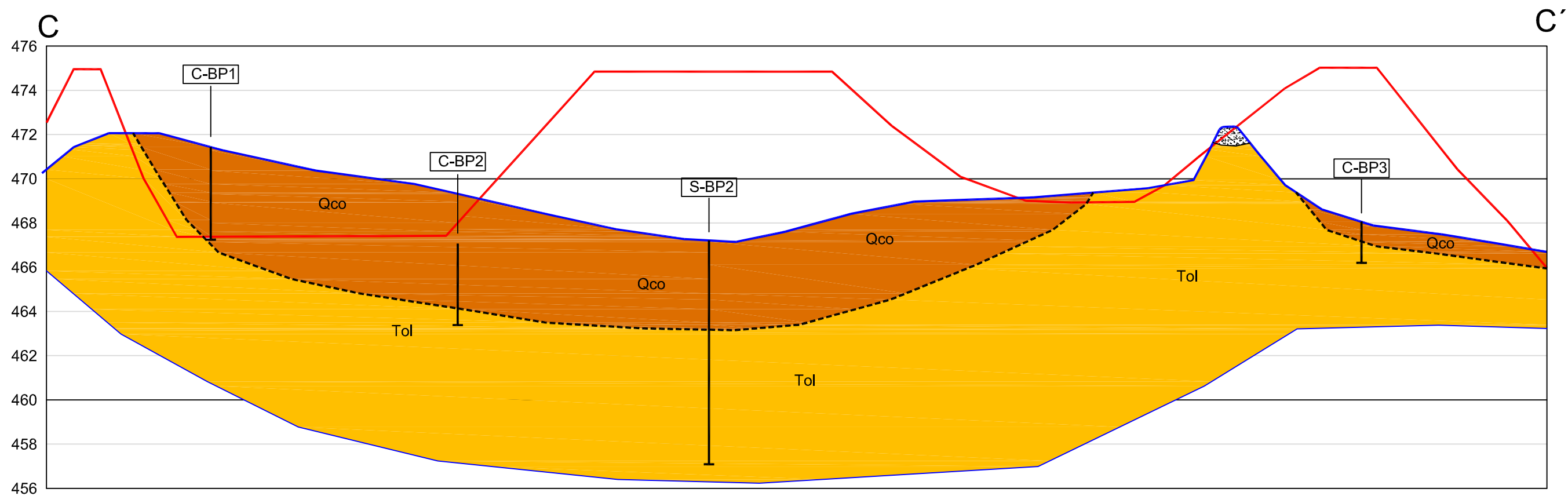
-  Tol UNIDAD DE OLTITE
Lutitas ocreas con areniscas
-  Tat Fm. ARENISCAS DE ARTAJONA
Areniscas con lutitas




-  Incisión lineal de barrancos
-  Caída / Acumulación de bloques
-  Dirección / buzamiento
-  Contacto discordante





LEYENDA	
	Terreno
	Balsa
	Contacto litológico



LEYENDA	
	Terreno
	Balsa
	Contacto litológico

APÉNDICES

APÉNDICE 1

**SONDEOS. COLUMNAS LITOESTRATIGRÁFICAS, RESULTADOS DE ENSAYOS Y
FOTOGRAFÍAS DEL TESTIGO OBTENIDO.**



Obra: **PROYECTO DE LA SEGUNDA FASE DEL CANAL DE NAVARRA**
BALSA DE PITILLAS

Referencia: **18AG0538** Peticionario: **UTE CANAL DE NAVARRA FII**

Fecha Inicio: **11-05-2021** Fecha Final: **11-05-2021** Sonda: **ROLATEC RL-48 L** Supervisor: **DAVID BONA**

COORDENADAS
 X = 620957
 Y = 4698441
 Z = 476,8

SONDEO
S - BP1
 1 DE 1

Escala 1:50	Revestimiento	Tipo Perforación	Ø Perforación	Recuperación	R.Q.D.	Cota	Profundidad	Estratigrafía	Descripción	Nivel freático	Muestra	Golpeo Inalterada	S.P.T	Nspt	Ep [presiometro] [Kg/cm²]	Humedad	Densidad seca [gr/cm³]	GRANULOMETRÍA			L. ATTERBERG			Clasificación USCS	C. SIMPLE		P.M. Hinchamiento [Kg/cm²]	Hinchamiento libre %	Índice colapso %	Sulfatos (mg SO4/kg suelo seco)		
																		% T5 [UNE]	% T2 [UNE]	% T0,08 [UNE]	WL	WP	IP		qu [kg/cm²]	Def. %						
1						476.60	0.20		SUELO VEGETAL. RECUBRIMIENTO COLUVIAL. Arcillas marrones claras con precipitados de carbonatos en filamentos. Intercalan niveles centimétricos de arenas claras, algo arcillosas. Presentan textura oquerosa patente.																							
2										1.80	1.80																					
3						473.90	2.90		SUSTRATO TERCIARIO ALTERADO. Arcillas claras a ocre con restos de raíces carbonizadas.																							
4						473.60	3.20		SUSTRATO TERCIARIO. UNIDAD OLITE (To). Lutitas ocre a claras con vetado rojizo.																							
5						472.70	4.10		Areniscas de grano fino marrones rojizas, con intercalaciones a techo de limolitas grises a rojizas. So: 5-10°. Plana, lisa y sin relleno. J1: 65-70°. Plana, algo rugosa y sin relleno.																							
6						471.00	5.80		Lutitas de tonos ocre a grises claros, con vetado de tonos rojizos.																							
7																																
8						469.30	7.50		Lutitas con intercalaciones de 0,2-0,3 m de limolitas y areniscas en paso gradual. So: 5-10°. Plana, lisa y sin relleno.																							
9																																
10						466.80	10.00																									

WS...Corona de widia sin agua MA: Muestra alterada
 WH...Corona de widia con agua MI: Muestra inalterada
 DH...Diamante con agua TP: Muestra plastificada

OBSERVACIONES:
 · No se detecta nivel freático durante la perforación.
 · Se ensaya muestra todo-uno de 0,0 a 10,0 m.

SONDEO S - BP1



Emplazamiento S-BP1



De 0,00 a 3,00 m



De 3,00 a 6,00 m



De 6,00 a 9,00 m



De 9,00 a 10,00 m



Obra: **PROYECTO DE LA SEGUNDA FASE DEL CANAL DE NAVARRA**
BALSA DE PITILLAS

Referencia: **18AG0538** Peticionario: **UTE CANAL DE NAVARRA FII**

Fecha Inicio: **12-05-2021** Fecha Final: **12-05-2021** Sonda: **ROLATEC RL-48 L** Supervisor: **DAVID BONA**

COORDENADAS
 X = 621051
 Y = 4698424
 Z = 467,5

SONDEO
S - BP2
 1 DE 1

Escala 1:50	Revestimiento	Tipo Perforación	Ø Perforación	Recuperación	R.Q.D.	Cota	Profundidad	Estratigrafía	Descripción	Nivel freático	Muestra	Golpeo Inalterada	S.P.T	Nspt	Ep [presiómetro] [Kg/cm²]	Humedad	Densidad seca [gr/cm³]	GRANULOMETRÍA			L. ATTERBERG			Clasificación USCS	C. SIMPLE		P.M. Hinchamiento [Kg/cm²]	Hinchamiento libre %	Índice colapso %	Sulfatos (mg SO4/kg suelo seco)						
																		% T5 [UNE]	% T2 [UNE]	% T0,08 [UNE]	WL	WP	IP		qu [kg/cm²]	Def. %										
						467.30	0.20		SUELO VEGETAL.																											
1						466.70	0.80		RECUBRIMIENTO COLUVIAL. Arcillas marrones oscuras con restos de raíces y textura oquerosa.																											
2	113	WS	B - 113						Arenas arcillosas marrones claras con precipitados de carbonatos en filamentos. Engloban esporádicamente pequeñas concrecciones lutíticas de pequeño tamaño.	1.80	MI-1 6-7-6-7																									
3										2.40																										
4			B - 101			463.60	3.90		SUSTRATO TERCIARIO ALTERADO. Arenas marrones claras, algo arcillosas, englobando lajas de arenisca heterométricas.																											
5						463.00	4.50		SUSTRATO TERCIARIO. UNIDAD DE OLITE (To). Alternancia de lutitas con areniscas arcillosas de tonos grises a ocre.	4.80	TP-1																									
6						461.50	6.00		Areniscas de grano fino a medio, de tonos marrones rojizos, con interestratos centimétricos de lutitas grises a rojizas. So: 5-10°. Plana, lisa y sin relleno.	6.90	TP-2																									
7			WH	T - 86						7.10																										
8						459.40	8.10		Lutitas de tonos ocre a grises claros, con veteado de tonos rojizos.																											
9										8.70	TP-3																									
10						457.50	10.00			9.00																										

WS...Corona de widia sin agua MA: Muestra alterada
 WH...Corona de widia con agua MI: Muestra inalterada
 DH...Diamante con agua TP: Muestra plastificada

OBSERVACIONES:
 · No se detecta nivel freático durante la perforación.

SONDEO S - BP2



Emplazamiento S-BP2



De 0,00 a 3,00 m



De 3,00 a 6,00 m



De 6,00 a 9,00 m



De 9,00 a 10,00 m



Obra: **PROYECTO DE LA SEGUNDA FASE DEL CANAL DE NAVARRA**
BALSA DE PITILLAS

Referencia: **18AG0538** Peticionario: **UTE CANAL DE NAVARRA FII**

Fecha Inicio: **13-05-2021** Fecha Final: **14-05-2021** Sonda: **ROLATEC RL-48 L** Supervisor: **DAVID BONA**

COORDENADAS
 X = 621049
 Y = 4698491
 Z = 475,5

SONDEO
S - BP3
 1 DE 1

Escala 1:50	Revestimiento	Tipo Perforación	Ø Perforación	Recuperación	R.Q.D.	Cota	Profundidad	Estratigrafía	Descripción	Nivel freático	Muestra	Golpeo Inalterada	S.P.T	Nspt	Ep [presiómetro] [Kg/cm²]	Humedad	Densidad seca [gr/cm³]	GRANULOMETRÍA			L. ATTERBERG			Clasificación USCS	C. SIMPLE		P.M. Hinchamiento [Kg/cm²]	Hinchamiento libre %	Índice colapso %	Sulfatos (mg SO4/kg suelo seco)	
																		% T5 [UNE]	% T2 [UNE]	% T0,08 [UNE]	WL	WP	IP		qu [kg/cm²]	Def. %					
1						475.20	0.30		SUELO VEGETAL.																						
2		WS							RECUBRIMIENTO COLUVIAL. Arcillas marrones con precipitados de carbonatos en filamentos. A tramos presentan fracción variable de arena. Textura oquerosa patente.		MI-1	6-5-6-7																			
3						472.80	2.70		SUSTRATO TERCIARIO. UNIDAD DE OLITE (ToI).. Areniscas de grano fino, algo arcillosas, de tonos grises claros a ocre.				4-15-R																		
4						471.80	3.70		Lutitas con pasos graduales a limolitas algo arenosas, sobre todo a muro. Presentan tonos ocre con vetado a grises claros y rojizos.		TP-1					7,9	2,22								27,8	4,8					
5																															
6																															
7		WH																													
8																															
9																															
10						465.50	10.00																								

WS...Corona de widia sin agua MA: Muestra alterada
 WH...Corona de widia con agua MI: Muestra inalterada
 DH...Diamante con agua TP: Muestra plastificada

OBSERVACIONES:
 · No se detecta nivel freático durante la perforación.
 · Se ensaya muestra todo-uno de 3,00 a 10,00 m.

SONDEO S - BP3



Emplazamiento S-BP3



De 0,00 a 3,00 m



De 3,00 a 6,00 m



De 6,00 a 9,00 m



De 9,00 a 10,00 m

APÉNDICE 2

**CALICATAS. COLUMNAS LITOESTRATIGRÁFICAS, RESULTADOS DE ENSAYOS Y
FOTOGRAFÍAS DEL HUECO Y ACOPIO.**



Obra: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA
BALSA DE PITILLAS

Referencia: 18AG0538 Peticionario: UTE CANAL DE NAVARRA FII

Fecha Inicio: 12-05-2021 Supervisor: DAVID BONA Tipo de máquina: RETRO MIXTA

COORDENADAS
 X = 620953
 Y = 4698372
 Z = 471,8

CALICATA
C - BP1

Escala 1:50	Cota	Profundidad	Estratigrafía	Descripción	Soil Test Kg/cm2	Nivel freático	Muestra Inalterada	Muestra Alterada	Humedad	Densidad seca [gr/cm³]	Granulometría		L. Atterberg		Clasificación USCS	Proctor Modificado		Dispersabilidad	Permeabilidad cm/s	Corte Directo		Índice colapso %	Hinchamiento libre %	Sulfatos (mg SO4/kg suelo seco)	Materia orgánica %
											% T5 [UNE]	% T0,08 [UNE]	WL	IP		D. máx. [gr/cm³]	Hum. ópt. %			Cohesión [kg/cm²]	Ángulo rozamiento				
	471.40	0.40		SUELO VEGETAL.																					
1	470.60	1.20		RECUBRIMIENTO COLUVIAL. Arcillas marrones oscuras con alguna raíz. Textura oquerosa patente.	2,0			0.40																	
2				Arcillas marrones claras, fracción variable de arena, con precipitados de carbonatos en filamentos, a tramos con mayor densidad.	1,5-2,0																				
								MS-1			99	81,1	26,4	10,7	CL	1,79	14,4	ND-1	6,89E-9	0,35	24,7	0,15	0,75	207	0,67
3					2,0-2,5																				
4	467.60	4.20																							

- MS: Muestra alterada (en saco)
 - MB: Muestra inalterada (bloque)

- Excavabilidad: Se excava sin dificultad.
 - Estabilidad de las paredes: Se mantienen verticales.
 - No se detecta nivel freático durante la excavación.





Obra: **PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA**
BALSA DE PITILLAS

Referencia: **18AG0538** Petionario: **UTE CANAL DE NAVARRA FII**

Fecha Inicio: **12-05-2021** Supervisor: **DAVID BONA** Tipo de máquina: **RETRO MIXTA**

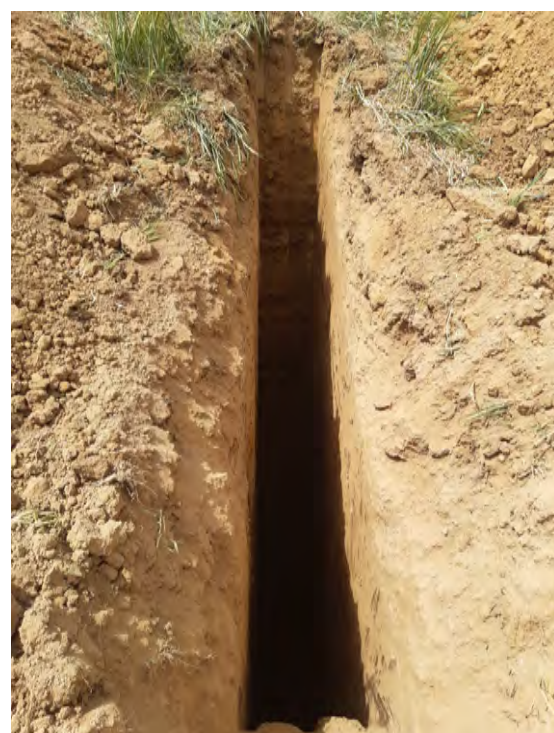
COORDENADAS
 X = 621013
 Y = 4698378
 Z = 467,5

CALICATA
C - BP2

Escala 1:50	Cota	Profundidad	Estratigrafía	Descripción	Soil Test Kg/cm2	Nivel freático	Muestra Inalterada	Muestra Alterada	Humedad	Densidad seca [gr/cm³]	Granulometría		L. Atterberg		Clasificación USCS	Proctor Modificado		Dispersabilidad	Permeabilidad cm/s	Corte Directo		Índice colapso %	Hinchamiento libre %	Sulfatos (mg SO4/kg suelo seco)	Materia orgánica %
											% T5 [UNE]	% T0,08 [UNE]	WL	IP		D. máx. [gr/cm³]	Hum. ópt. %			Cohesión [kg/cm²]	Ángulo rozamiento				
	467.10	0.40		SUELO VEGETAL.																					
1				RECUBRIMIENTO COLUVIAL. Arcillas marrones oscuras con alguna raíz. Textura oquerosa patente y frecuentes precipitados de carbonatos en filamentos. De 1,0 a 1,40 nivel de arcillas con frecuentes fragmentos de areniscas groseros.	2,0-2,5			0.40																	
2	465.90	1.60		Arenas y arcillas en variable proporción, aumentando a muro el contenido en arenas, en general arenas arcillosas de tonos marrones claros, con frecuentes precipitados de carbonatos en filamentos.	1,5-2,0			1.60																	
								2.00 2.20	12,0	1,62	100	75,6	19,8	6,4	CL-ML						3,25				
3																									
4	464.10 463.80	3.40 3.70		SUSTRATO TERCIARIO ALTERADO. Areniscas en niveles decomprimidos y fracturados, trabados por arenas. No ripables con retroexcavadora mixta.				3.40																	

- MS: Muestra alterada (en saco)
 - MB: Muestra inalterada (bloque)

- Excavabilidad: Fondo de excavación no ripable.
 - Estabilidad de las paredes: Se mantienen verticales.
 - No se detecta nivel freático durante la excavación.





Obra: **PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA**
BALSA DE PITILLAS

Referencia: **18AG0538** Peticionario: **UTE CANAL DE NAVARRA FII**

Fecha Inicio: **12-05-2021** Supervisor: **DAVID BONA** Tipo de máquina: **RETRO MIXTA**

COORDENADAS
 X = 621192
 Y = 4698497
 Z = 468,1

CALICATA
C - BP3

Escala 1:50	Cota	Profundidad	Estratigrafía	Descripción	Soil Test Kg/cm2	Nivel freático	Muestra Inalterada	Muestra Alterada	Humedad	Densidad seca [gr/cm³]	Granulometría		L. Atterberg		Clasificación USCS	Proctor Modificado		Dispersabilidad	Permeabilidad cm/s	Corte Directo		Índice colapso %	Hinchamiento libre %	Sulfatos (mg SO4/kg suelo seco)	Materia orgánica %
											% T5 [UNE]	% T0,08 [UNE]	WL	IP		D. máx. [gr/cm³]	Hum. ópt. %			Cohesión [kg/cm²]	Ángulo rozamiento				
	467.90	0.20		SUELO VEGETAL.																					
1	467.10	1.00		RECUBRIMIENTO COLUVIAL. Arcillas marrones, algo arenosas, englobando algún fragmento de arenisca lajoso y heterométrico.	> 4,5			1.00																	
	466.70	1.40		SUSTRATO TERCIARIO ALTERADO. Arcillas grises claras con alguna raíz y algo de arena.	> 4,5			MS-1			99	89,2	26,9	11,3	CL	1,93	13,0					1,1	127		
2	466.40	1.70		SUSTRATO TERCIARIO. UNIDAD OLITE (Tol). Lutitas grises con veteado rojizo y ocre, con algo de arena. Difícilmente ripables con retro mixta.	> 4,5			1.70																	
3																									
4																									

- MS: Muestra alterada (en saco)
 - MB: Muestra inalterada (bloque)


- Excavabilidad: Se excava con dificultad.
 - Estabilidad de las paredes: Se mantienen verticales.
 - No se detecta nivel freático durante la excavación.

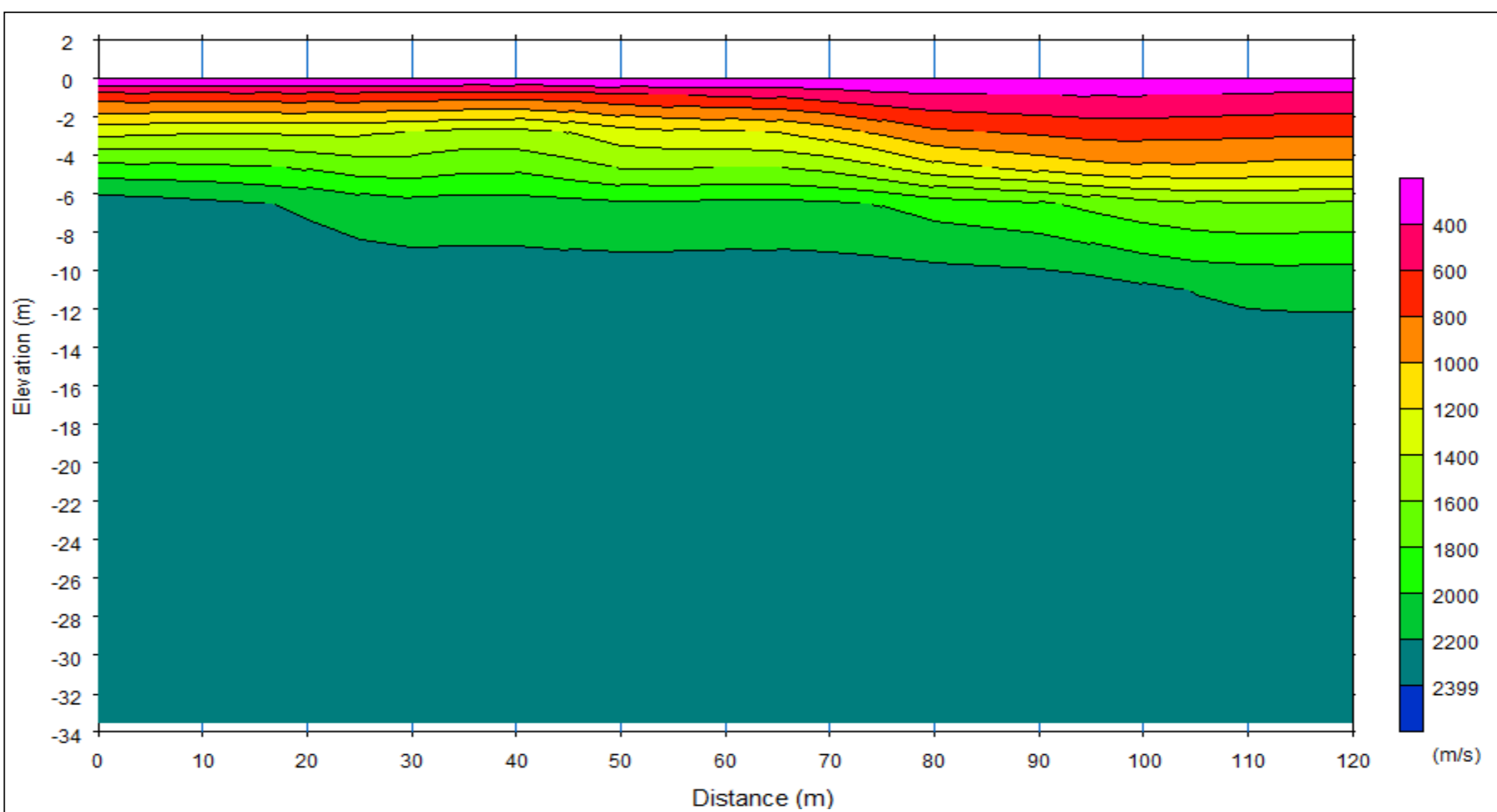


APÉNDICE 3



CAMPAÑA DE PROSPECCIÓN SÍSMICA DE REFRACCIÓN.

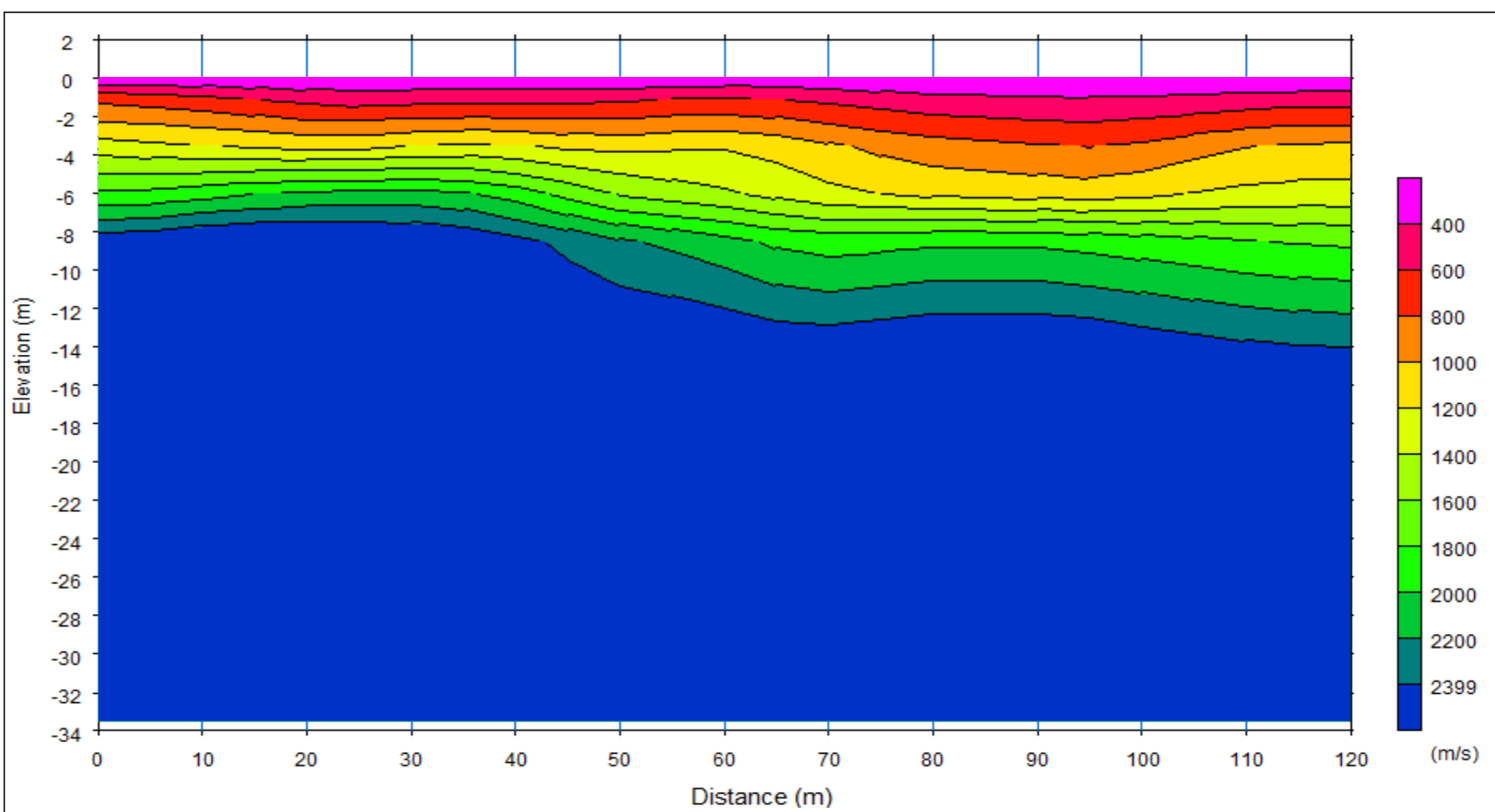


<p>PETICIONARIO:</p> <p>ENSAYA </p> <p>Laboratorio de Ensayos Técnicas S.A.</p>	<p>TÍTULO:</p> <p>PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA.</p> <p>BALSA DE PITILLAS</p>	<p>DOCUMENTO:</p> <p>SITUACIÓN DE ENSAYOS</p>	<p>GeyTex S.L. GEOLOGIA Y TÉCNICAS DE EXPLORACIÓN</p> <p>NOVIEMBRE DE 2.018</p>
---	---	---	--



Vp (m/s)	Excavabilidad	Técnica de Excavación	Grado Alteración
<800	Excavable	Tractor Pequeño (<100 KW)	VI. Completo
800-1200	Ripable Fácil	Tractor Ligero (100-150 KW)	V. Muy Alto
1200-1600	Ripable Moderado	Tractor Medio (150-220 KW)	IV. Alto
1600-2000	Ripable Difícil	Tractor Pesado (220-350 KW)	III. Moderado
2000-2400	Ripable Marginal	Tractor Muy Pesado (>350 KW)	II. Ligero
>2400	No Ripable	Voladura	I. Nulo

PETICIONARIO: 	TÍTULO: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. BALSA DE PITILLAS	DOCUMENTO: PERFIL SÍSMICO BP-1	 NOVIEMBRE DE 2.018
--	--	-----------------------------------	---



Vp (m/s)	Excavabilidad	Técnica de Excavación	Grado Alteración
<800	Excavable	Tractor Pequeño (<100 KW)	VI. Completo
800-1200	Ripable Fácil	Tractor Ligero (100-150 KW)	V. Muy Alto
1200-1600	Ripable Moderado	Tractor Medio (150-220 KW)	IV. Alto
1600-2000	Ripable Difícil	Tractor Pesado (220-350 KW)	III. Moderado
2000-2400	Ripable Marginal	Tractor Muy Pesado (>350 KW)	II. Ligero
>2400	No Ripable	Voladura	I. Nulo

PETICIONARIO:



TÍTULO:

PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA.

BALSA DE PITILLAS

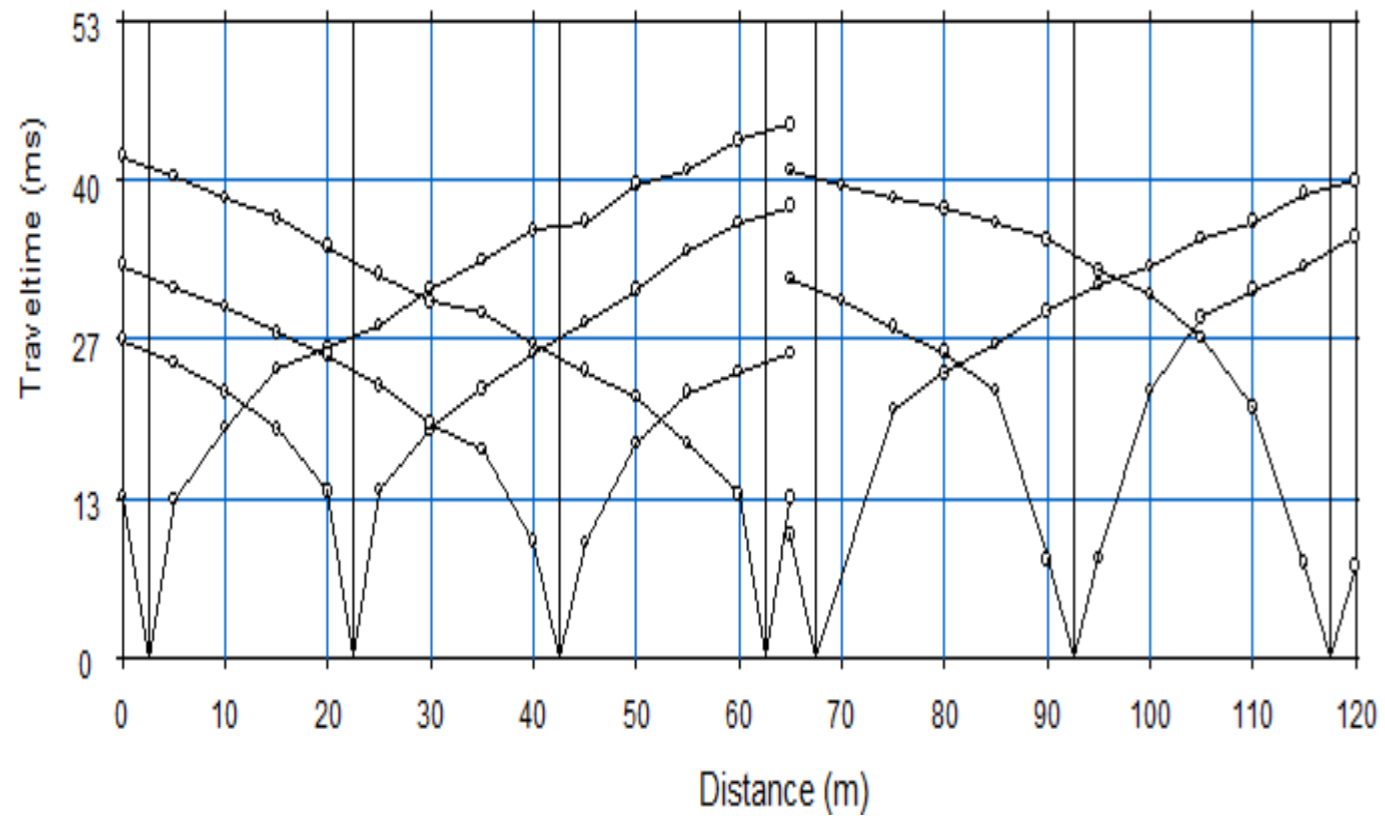
DOCUMENTO:

PERFIL SÍSMICO BP-2

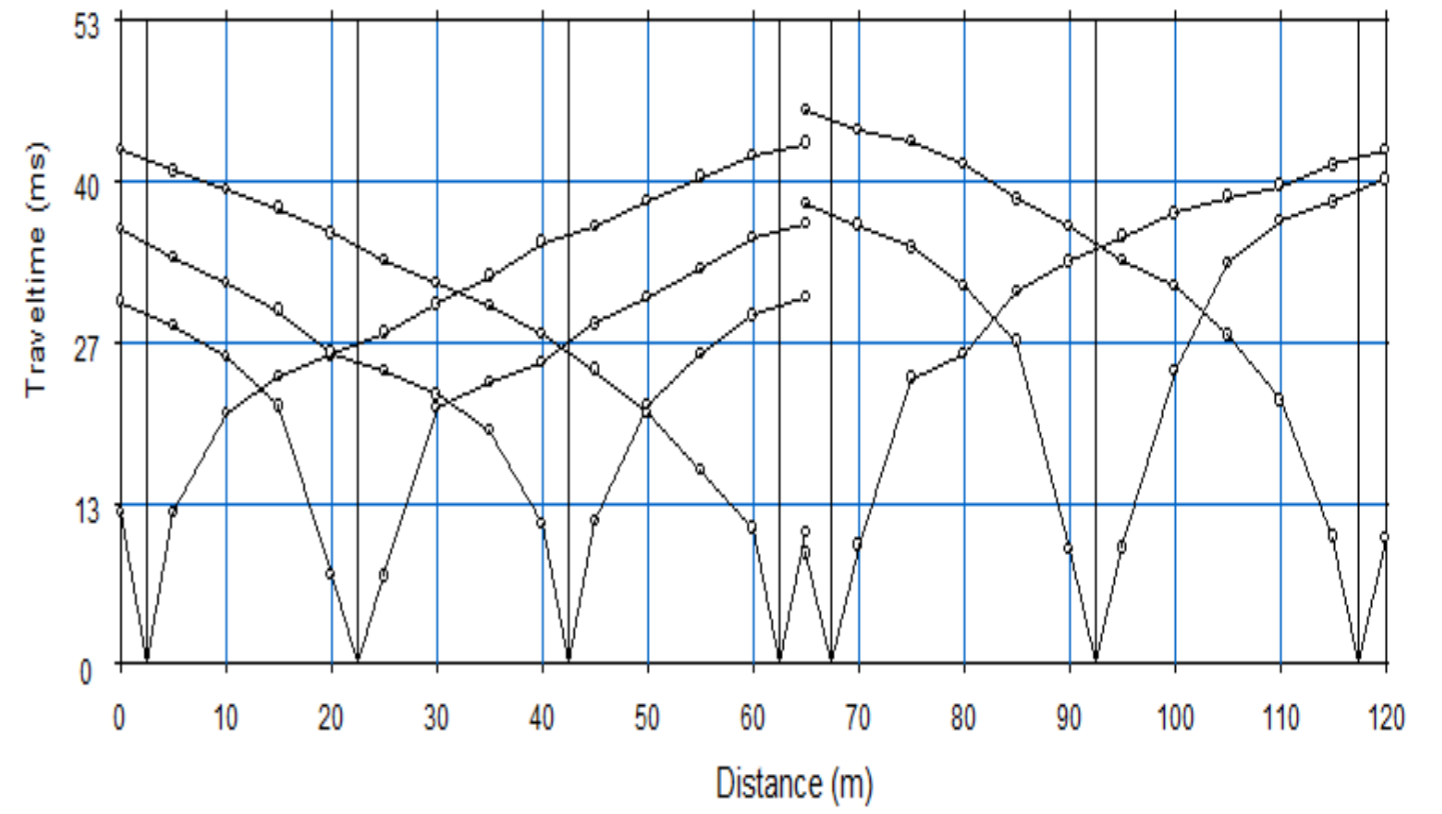


NOVIEMBRE DE 2.018

PS-BP-1



PS-BP-2



PETICIONARIO:



TÍTULO:

PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA.
BALSA DE PITILLAS

DOCUMENTO:

DROMOCRÓNICAS



NOVIEMBRE DE 2.018

APÉNDICE 4

ACTAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO SOBRE MUESTRAS DE SONDEOS Y CALICATAS.

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

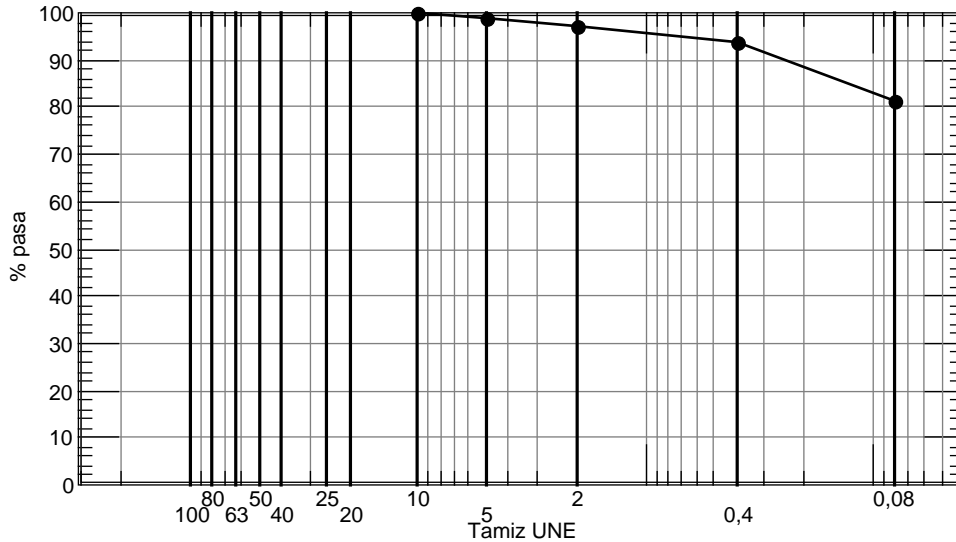
Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG06601

MUESTRA: C-BP 1. De 0,40 a 4,20 m. MS-1

FECHA DE TOMA:

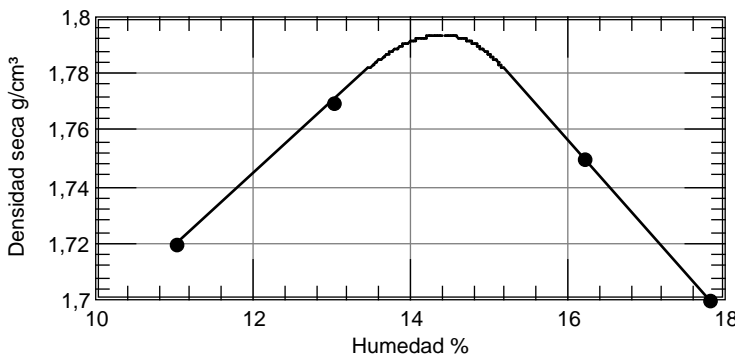
ENSAYO DE SUELOS

Análisis granulométrico (UNE 103101)



Tamiz UNE	Pasa
100	
80	
63	
50	
40	
25	
20	
10	100
5	99
2	97
0,400	94
0,080	81,1

Proctor Normal (UNE 103500)



Puntos ensayados	
Densidad seca g/cm³	Humedad %
1,72	11,00
1,77	13,00
1,75	16,20
1,70	17,80

Resultado

- Densidad máxima (g/cm³):..... 1,79
- Humedad óptima (%):..... 14,40

Límites de Atterberg (UNE 103103, 103104)

- Límite líquido:..... 26,4
- Límite plástico:..... 15,7
- Índice de plasticidad:..... 10,7

Ensayos químicos

- Materia orgánica (UNE 103204) (%):..... 0,67
- Sulfatos (UNE-EN 83963) (SO₄ mg/Kg):..... 207,00

Ensayo de colapso (NLT 254)

- Índice de colapso: (%):..... 0,15

- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga

Ensayo de hinchamiento libre (UNE 103601)

- Hinchamiento (%):..... 0,75

Clasificación

- U.S.C.S.:..... CL



Zaragoza 13 de julio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG06601

MUESTRA: C-BP 1. De 0,40 a 4,20 m. MS-1

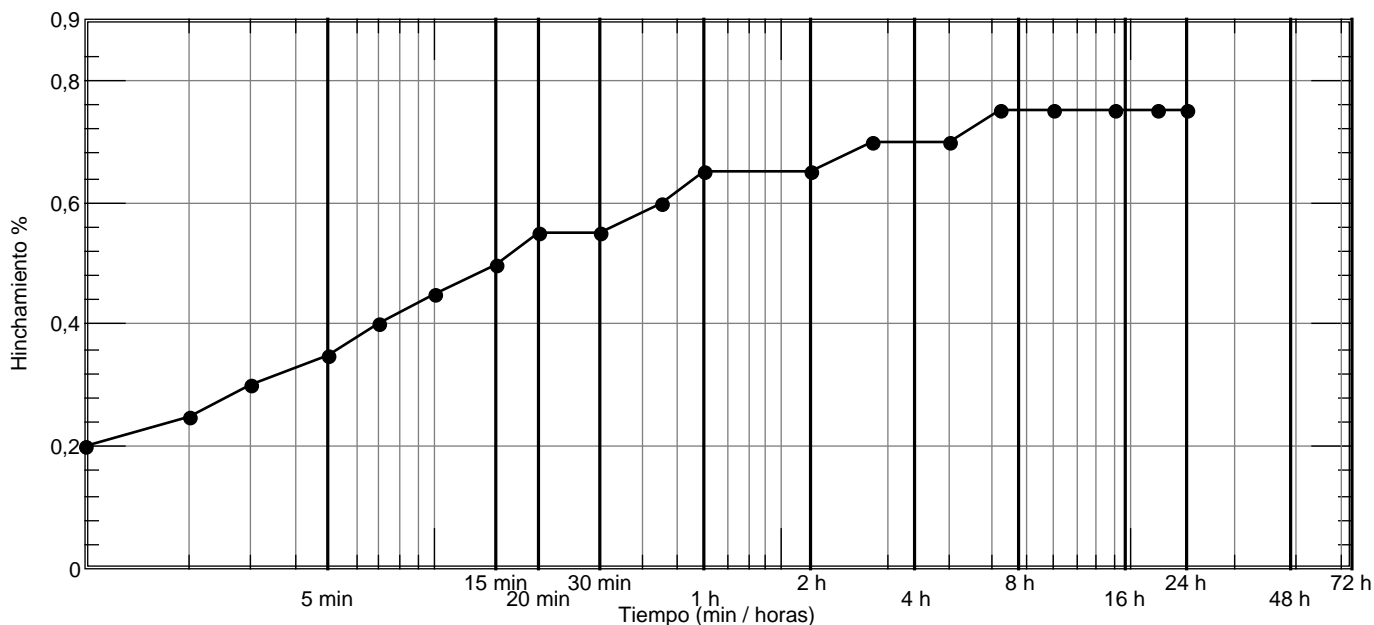
FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE HINCHAMIENTO LIBRE

Datos Generales

- Norma de ensayo:..... UNE 103601
- Tipo de probeta:..... Remoldeada
- Diámetro de la muestra (mm):..... 49,3
- Altura de la muestra (mm):..... 20,00
- Peso de la muestra (g):..... 83,70
- Humedad inicial (%):..... 13,80
- Humedad final (%):..... 15,20
- Densidad seca (g/cm³):..... 1,93
- Presión vertical (kPa):..... 10,00
- Hinchamiento libre (%):..... 0,75

Gráfico: Tiempo - Hinchamiento



- Observaciones:

El Jefe de Área



Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga

Zaragoza 13 de julio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio



Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA
MUESTRA: C-BP 1. De 0,40 a 4,20 m. MS-1

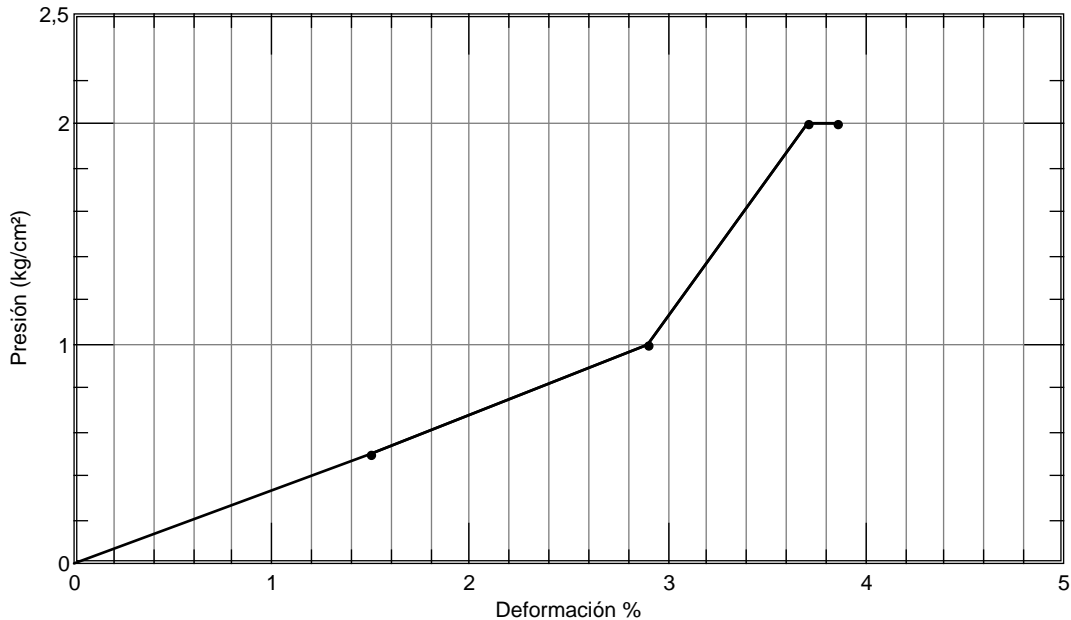
Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG06601
FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE COLAPSO

Datos Generales

- Norma de ensayo:..... NLT 254
- Humedad inicial (%):..... 15,0
- Humedad final (%):..... 15,1
- Densidad seca (g/cm³):..... 1,85
- Desc a 0,50 kg/cm² (%):..... 1,50
- Desc a 1,00 kg/cm² (%):..... 2,90
- Desc a 2,00 kg/cm² (%):..... 3,70
- Desc a 2,00 kg/cm² (%) Tras inmersión:..... 3,85

Gráfico: Presión - Deformación



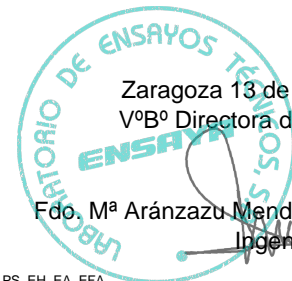
Resultado

- Índice de colapso (%):..... 0,15

- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga



Zaragoza 13 de julio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG07656

MUESTRA: C-BP 1. De 0,40 a 4,20 m. MS-1

FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE DISPERSABILIDAD (PIN-HOLE) DE SUELOS

Datos Generales

- Método de ensayo:.....NLT-207
- Tipo de muestra:.....Inalterada
- Humedad (%):.....14,2
- Densidad seca (g/cm³):.....1,88

Datos de ensayo

Altura de agua (mm)	Tiempo (min)	Volumen de agua (cm³)	Caudal de agua (cm³/seg)	Turbidez del agua		
				Clara	Turbia	Muy turbia
50	2	130	1,08	X		
	4	300	1,42		X	
	6	500	1,67			X
	8	700	1,67			X
	10	896	1,63			X
180	2					
	4					
	6					
	8					
	10					
380	2					
	4					
	6					
	8					
	10					
1020	2					
	4					
	6					
	8					
	10					

Resultado del ensayo

- Diámetro final (mm):.....2,0
- Clasificación:.....D1

- Observaciones:

El Jefe de Área


Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga



Zaragoza 13 de julio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA
MUESTRA: C-BP 01. De 0,40 a 4,20 m. MS-1

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG07291
FECHA DE TOMA:

PERMEABILIDAD EN CÉLULA TRIAXIAL

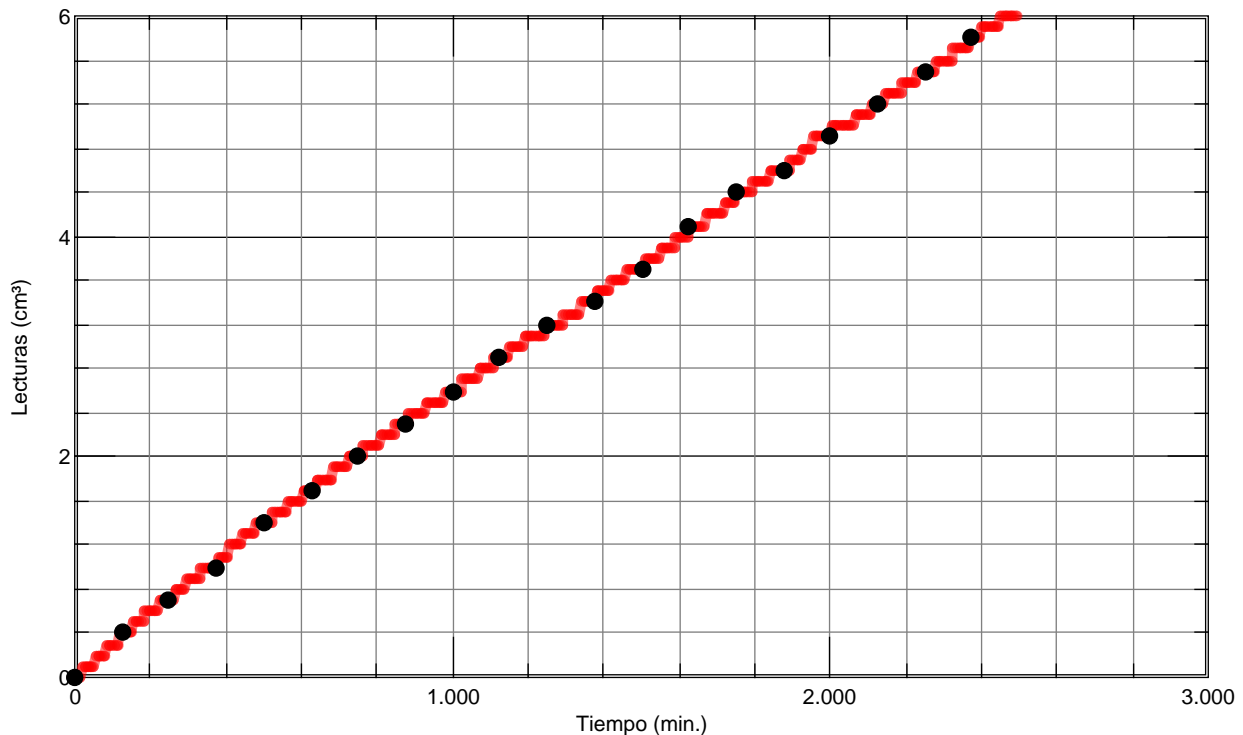
Datos Generales

- Probeta:..... Remoldeada
 - Diámetro (cm):..... 3,77
 - Presión del ensayo (kg/cm²):..... 4,00

Resultados

- Humedad inicial (%):..... 14,50
 - Humedad final (%):..... 14,29
 - Densidad inicial (g/cm³):..... 2,06
 - Densidad seca (g/cm³):..... 1,80
 - K (cm/s):..... 6,89E-9

Gráfica



- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
 Geóloga



Zaragoza 13 de julio de 2021
 VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
 Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG06953

MUESTRA: C-BP 01. De 0,40 a 4,20 m. MS-1

FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS

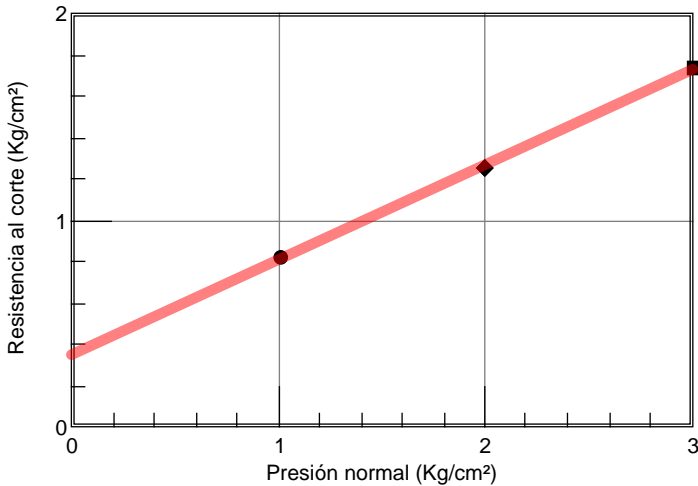
Datos Generales

- Norma de ensayo:.....UNE 103-402
- Tipo de ensayo:.....Consolidado y sin drenaje
- Tipo de muestra:.....Remoldeada
- Tipo de caja:.....Circular
- Diámetro o lado (mm):.....50
- Altura (mm):.....25

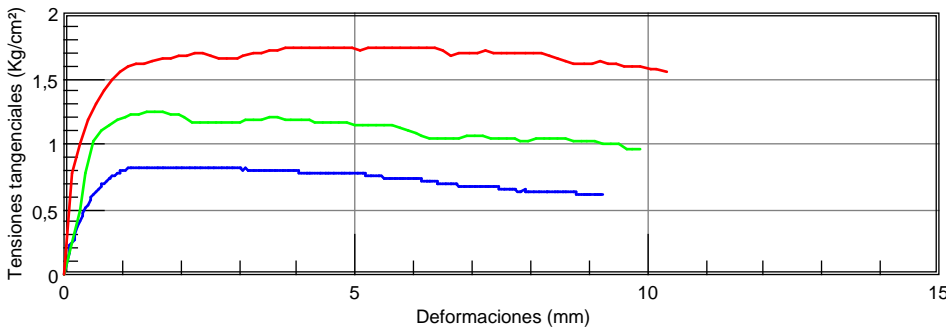
Resultados

- Presión normal (Kg/cm ²):.....1,00	2,00	3,00
- Resistencia máxima al corte (Kg/cm ²): 0,82	1,25	1,74
- Desplazamiento tangencial (mm):.....-1,16	-1,40	-5,88
- Densidad seca (g/cm ³):.....1,87	1,90	1,88
- Humedad (%):.....13,70	12,42	14,25
- Hinchamiento (%):.....No	No	No
- Carácter:.....Contractante	Contractante	Contractante

Diagrama Mohr - Coulomb



- Cohesión (Kg/cm²):.....0,35
- Ángulo de rozamiento interno (°):.....24,70



- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga

Zaragoza 13 de julio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aranzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

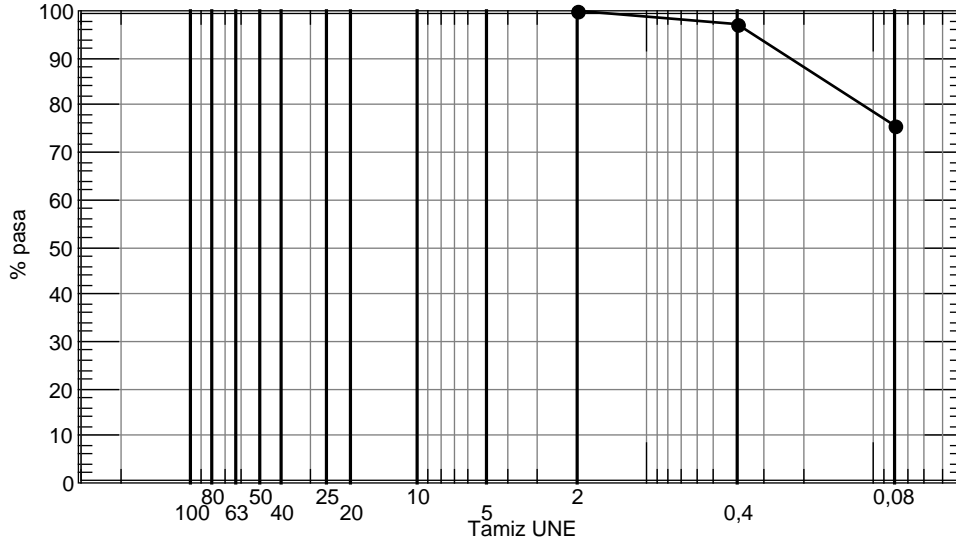
Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG07654

MUESTRA: C-BP 2. De 2,00 a 2,20 m. MB-1

FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE SUELOS

Análisis granulométrico (UNE 103101)



Tamiz UNE	Pasa
100	
80	
63	
50	
40	
25	
20	
10	
5	
2	100
0,400	97
0,080	75,6

Límites de Atterberg (UNE 103103, 103104)

- Límite líquido:.....19,8
- Límite plástico:.....13,4
- Índice de plasticidad:.....6,4

Humedad (UNE 103300)

- w (%):.....11,0

Ensayo de colapso (NLT 254)

- Índice de colapso: (%).....3,25

Clasificación

- U.S.C.S.:.....CL-ML

- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga

Zaragoza 23 de junio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA
MUESTRA: C-BP 2. De 2,00 a 2,20 m. MB-1

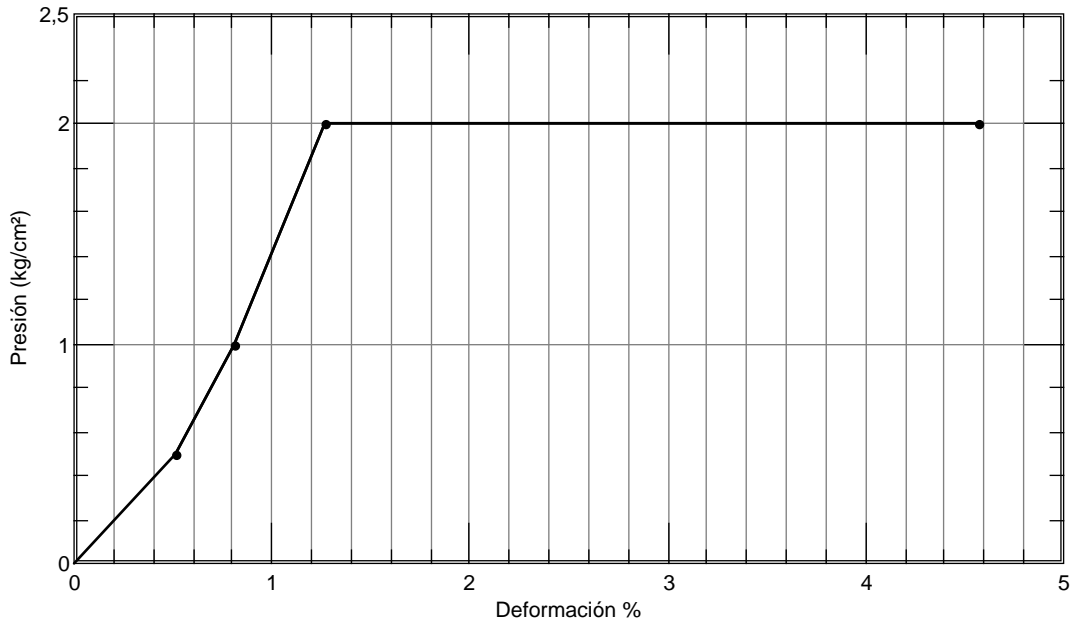
Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG07654
FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE COLAPSO

Datos Generales

- Norma de ensayo:..... NLT 254
 - Humedad inicial (%):..... 12,0
 - Humedad final (%):..... 18,8
 - Densidad seca (g/cm³):..... 1,62
 - Desc a 0,50 kg/cm² (%):..... 0,51
 - Desc a 1,00 kg/cm² (%):..... 0,81
 - Desc a 2,00 kg/cm² (%):..... 1,27
 - Desc a 2,00 kg/cm² (%) Tras inmersión:..... 4,57

Gráfico: Presión - Deformación



Resultado

- Índice de colapso (%):..... 3,25

- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga



Zaragoza 23 de junio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

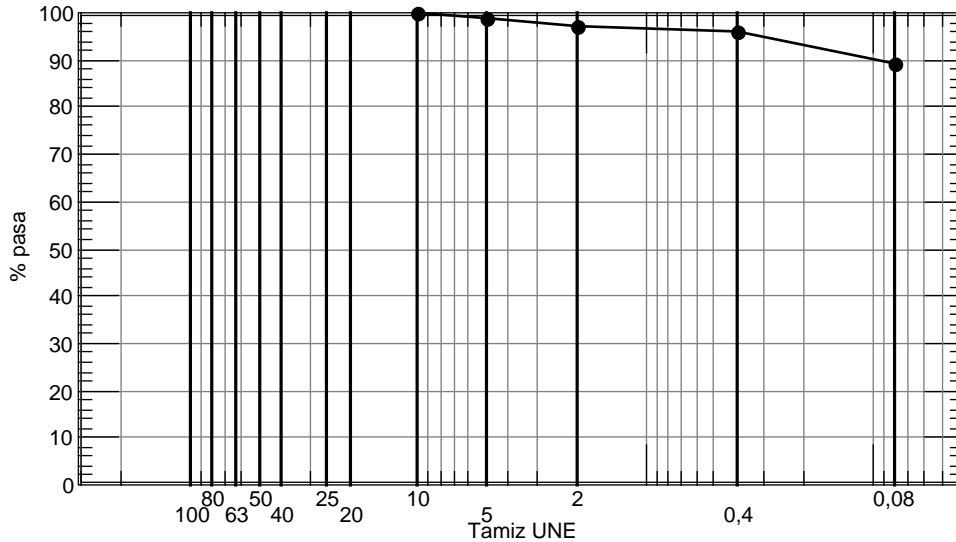
Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG06612

MUESTRA: C-BP 3. De 1,00 a 1,70 m. MS-1

FECHA DE TOMA:

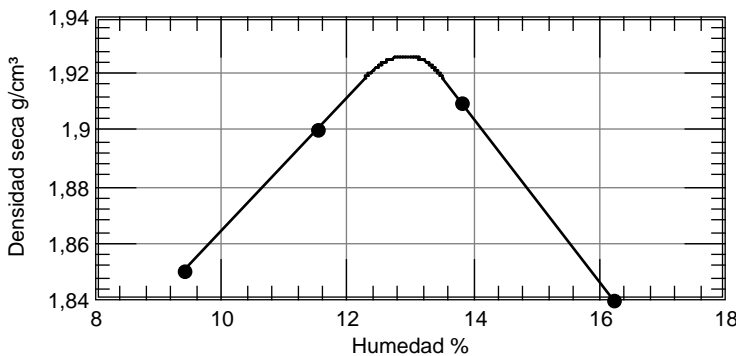
ENSAYO DE SUELOS

Análisis granulométrico (UNE 103101)



Tamiz UNE	Pasa
100	
80	
63	
50	
40	
25	
20	
10	100
5	99
2	97
0,400	96
0,080	89,2

Proctor Normal (UNE 103500)



Puntos ensayados	
Densidad seca g/cm³	Humedad %
1,85	9,40
1,90	11,50
1,91	13,80
1,84	16,20

Resultado

- Densidad máxima (g/cm³):..... 1,93
- Humedad óptima (%):..... 13,00

Límites de Atterberg (UNE 103103, 103104)

- Límite líquido:..... 26,9
- Límite plástico:..... 15,6
- Índice de plasticidad:..... 11,3

Clasificación

- U.S.C.S.:..... CL

Ensayos químicos

- Sulfatos (UNE-EN 83963) (SO₄ mg/Kg):..... 127,00

Ensayo de hinchamiento libre (UNE 103601)

- Hinchamiento (%):..... 1,10

- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga



Zaragoza 23 de junio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aranzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG06612

MUESTRA: C-BP 3. De 1,00 a 1,70 m. MS-1

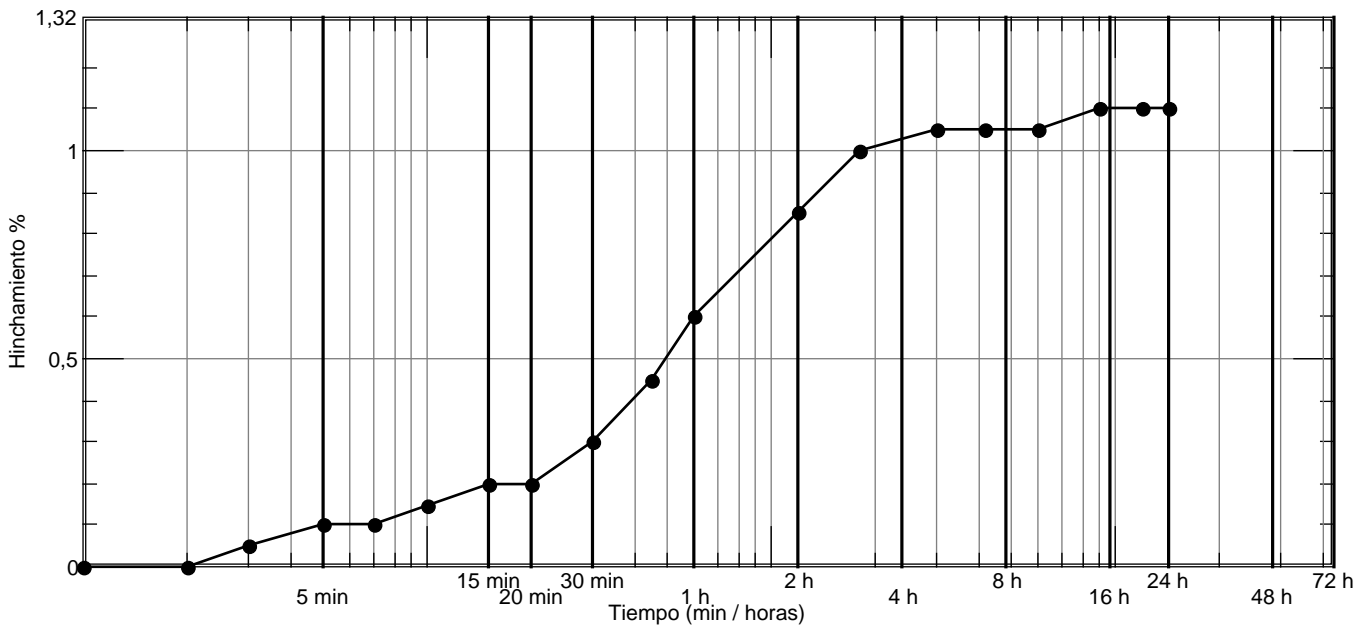
FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE HINCHAMIENTO LIBRE

Datos Generales

- Norma de ensayo:..... UNE 103601
- Tipo de probeta:.....
- Diámetro de la muestra (mm):..... 49,6
- Altura de la muestra (mm):..... 20,00
- Peso de la muestra (g):..... 84,30
- Humedad inicial (%):..... 13,30
- Humedad final (%):..... 14,40
- Densidad seca (g/cm³):..... 1,93
- Presión vertical (kPa):..... 10,00
- Hinchamiento libre (%):..... 1,10

Gráfico: Tiempo - Hinchamiento



- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga

Zaragoza 23 de junio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

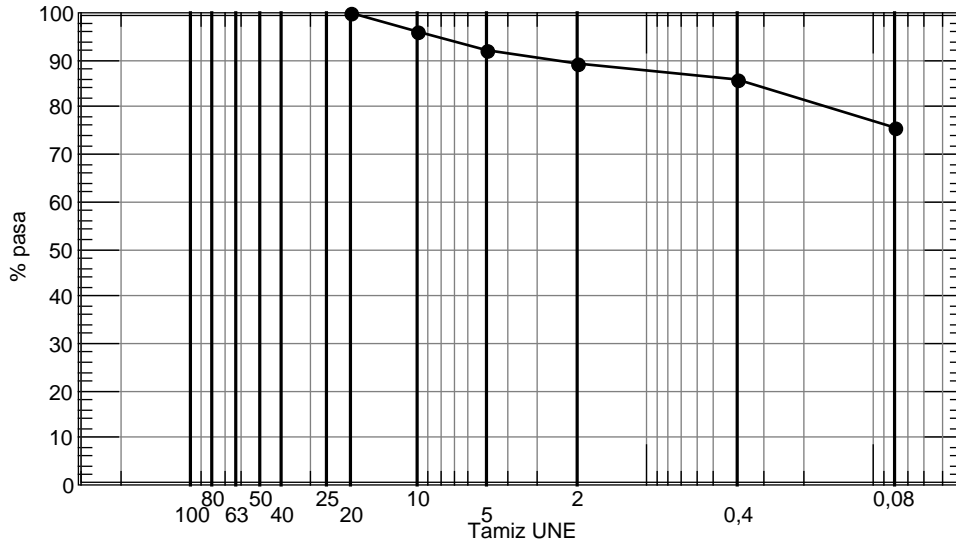
Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG06734

MUESTRA: S-BP 1. De 00,00 a 10,00 m.

FECHA DE TOMA:

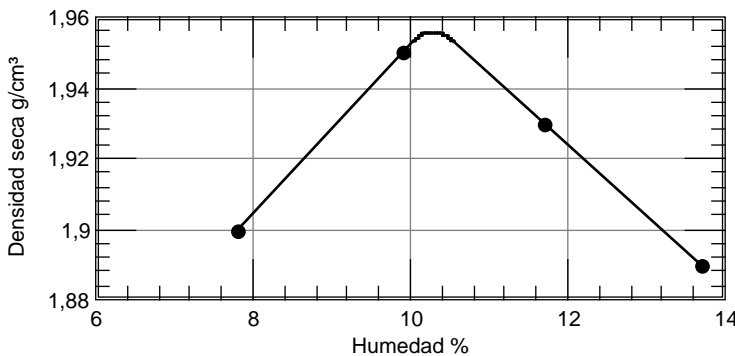
ENSAYO DE SUELOS

Análisis granulométrico (UNE 103101)



Tamiz UNE	Pasa
100	
80	
63	
50	
40	
25	
20	100
10	96
5	92
2	89
0,400	86
0,080	75,9

Proctor Normal (UNE 103500)



Puntos ensayados	
Densidad seca g/cm³	Humedad %
1,90	7,80
1,95	9,90
1,93	11,70
1,89	13,70

Resultado

- Densidad máxima (g/cm³):..... 1,96
- Humedad óptima (%):..... 10,30

Límites de Atterberg (UNE 103103, 103104)

- Límite líquido:..... 22,2
- Límite plástico:..... 13,7
- Índice de plasticidad:..... 8,5

Ensayos químicos

- Sulfatos (UNE-EN 83963) (SO₄ mg/Kg):..... < 100,00

Clasificación

- U.S.C.S.:..... CL

- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga



Zaragoza 23 de junio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG07657

MUESTRA: S-BP 1. De 0,00 a 10,00 m.

FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE DISPERSABILIDAD (PIN-HOLE) DE SUELOS

Datos Generales

- Método de ensayo:.....NLT-207
- Tipo de muestra:.....Inalterada
- Humedad (%):.....9,9
- Densidad seca (g/cm³):.....1,89

Datos de ensayo

Altura de agua (mm)	Tiempo (min)	Volumen de agua (cm³)	Caudal de agua (cm³/seg)	Turbidez del agua		
				Clara	Turbia	Muy turbia
50	2	64	0,53		X	
	4	125	0,51		X	
	6	183	0,48		X	
	8	247	0,53		X	
	10	311	0,53		X	
180	2	132	1,10		X	
	4	260	1,07		X	
	6	394	1,12	X		
	8	522	1,07	X		
	10	668	1,22	X		
380	2					
	4					
	6					
	8					
	10					
1020	2					
	4					
	6					
	8					
	10					

Resultado del ensayo

- Diámetro final (mm):.....2,5
- Clasificación:.....D2

- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga



Zaragoza 23 de junio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG07293

MUESTRA: S-BP 01. De 00,00 a 10,00 m.

FECHA DE TOMA:

PERMEABILIDAD EN CÉLULA TRIAXIAL

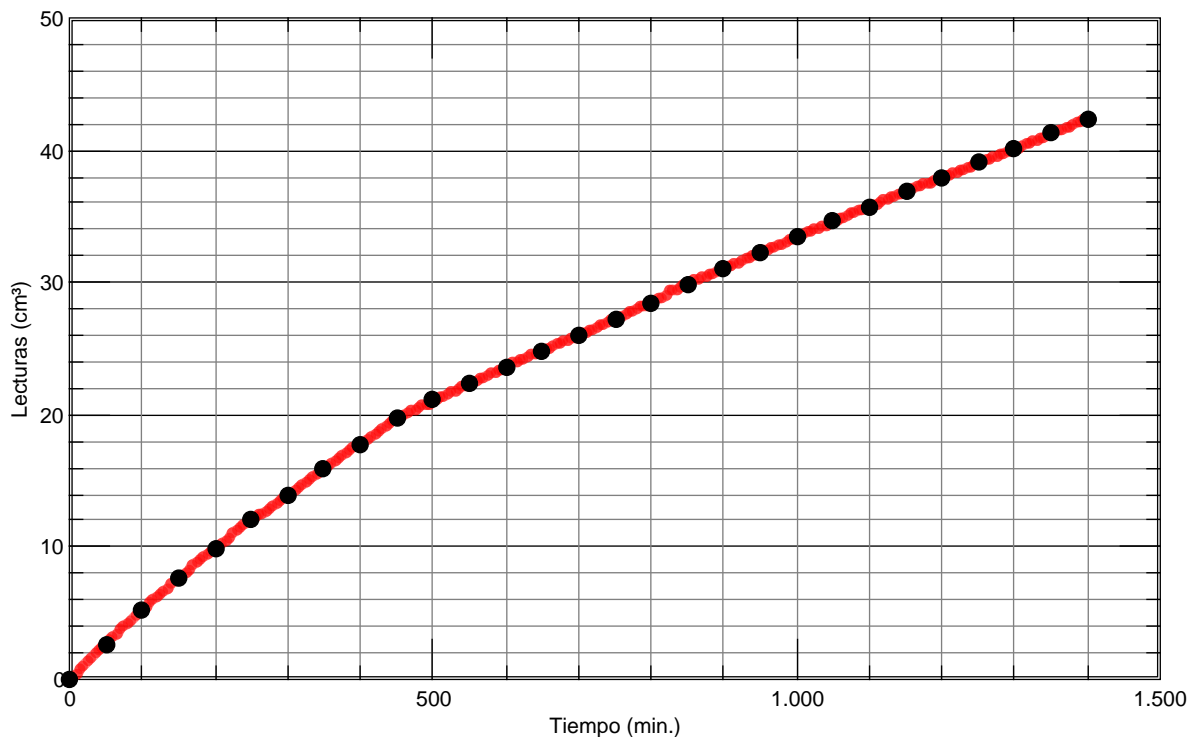
Datos Generales

- Probeta:..... Remoldeada
- Diámetro (cm):..... 3,77
- Presión del ensayo (kg/cm²):..... 4,00

Resultados

- Humedad inicial (%):..... 10,03
- Humedad final (%):..... 14,44
- Densidad inicial (g/cm³):..... 2,12
- Densidad seca (g/cm³):..... 1,93
- K (cm/s):..... 8,66E-8


Gráfica



- Observaciones:

El Jefe de Área


Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga

Zaragoza 23 de junio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG07294

MUESTRA: S-BP 01. De 00,00 a 10,00 m.

FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS

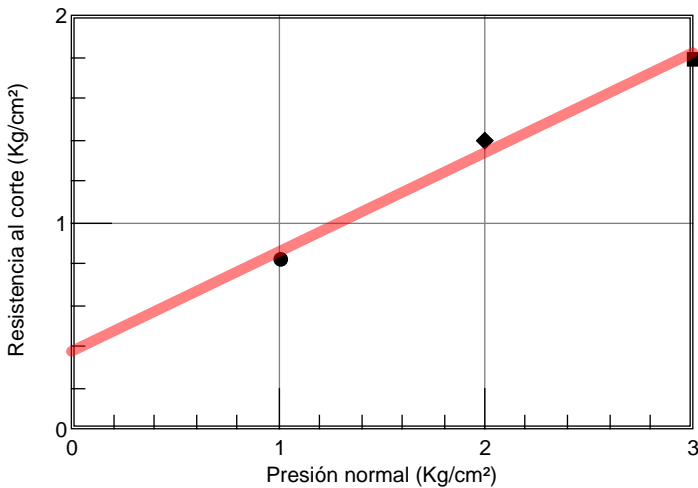
Datos Generales

- Norma de ensayo:.....UNE 103-402
- Tipo de ensayo:.....Consolidado y sin drenaje
- Tipo de muestra:.....Remoldeada
- Tipo de caja:.....Circular
- Diámetro o lado (mm):.....50
- Altura (mm):.....25

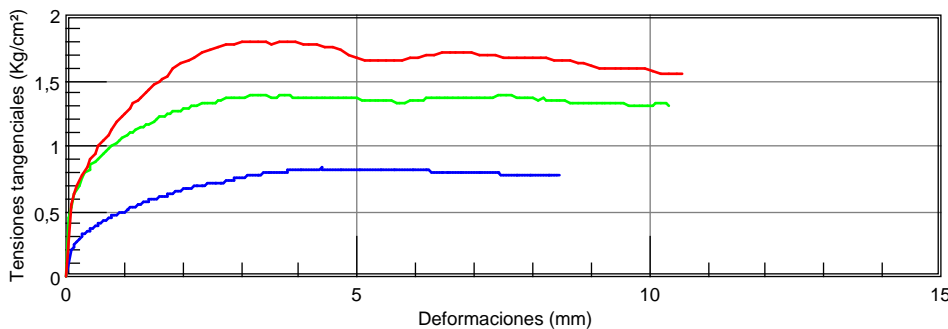
Resultados

- Presión normal (Kg/cm²):.....	1,00	2,00	3,00
- Resistencia máxima al corte (Kg/cm²):.....	0,83	1,39	1,80
- Desplazamiento tangencial (mm):.....	-4,37	-3,27	-3,29
- Densidad seca (g/cm³):.....	1,89	1,89	1,87
- Humedad (%):.....	9,86	9,71	9,39
- Hinchamiento (%):.....	No	No	No
- Carácter:.....	Contractante	Contractante	Contractante

Diagrama Mohr - Coulomb



- Cohesión (Kg/cm²):.....0,37
- Ángulo de rozamiento interno (°):.....25,87



- Observaciones:

El Jefe de Área



Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga



Zaragoza 23 de junio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG06735

MUESTRA: S-BP 01. De 05,00 a 05,40 m. TP-1

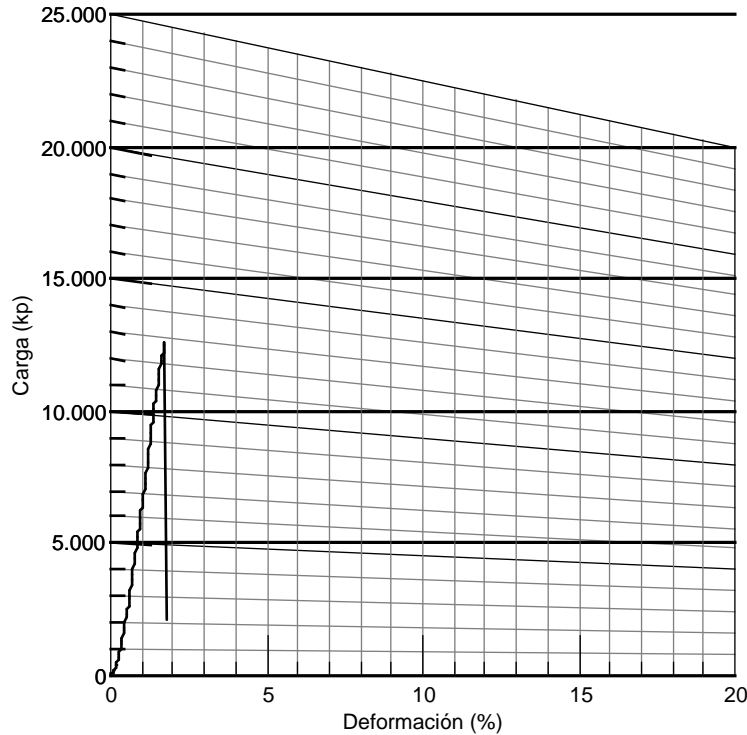
FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

Datos Generales

- Norma de ensayo:.....UNE 22-950-90
- Diámetro de la muestra (cm):.....7,1
- Altura de la muestra (cm):.....14,4
- Peso de la muestra (g):.....1.446
- Humedad (%):.....2,9
- Densidad seca (g/cm³):.....2,45
- Res. a comp. simple (kg/cm²):.....317,0
- Deformación (%):.....1,7

Gráfica carga - deformación



- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga



PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG06735

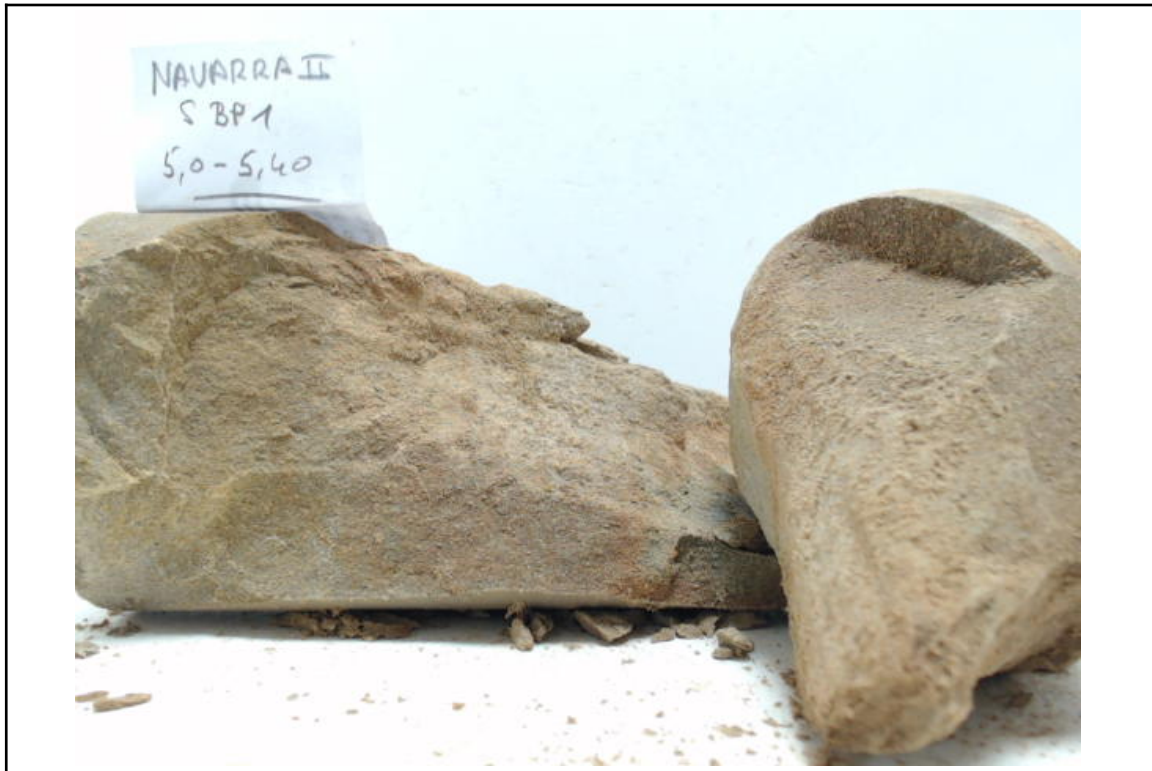
MUESTRA: S-BP 01. De 05,00 a 05,40 m. TP-1

FECHA DE TOMA:

ANEXO GRÁFICO



Probeta tras ensayo de compresión simple



Detalle del plano de rotura

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG06736

MUESTRA: S-BP 01. De 08,40 a 08,80 m. TP-2

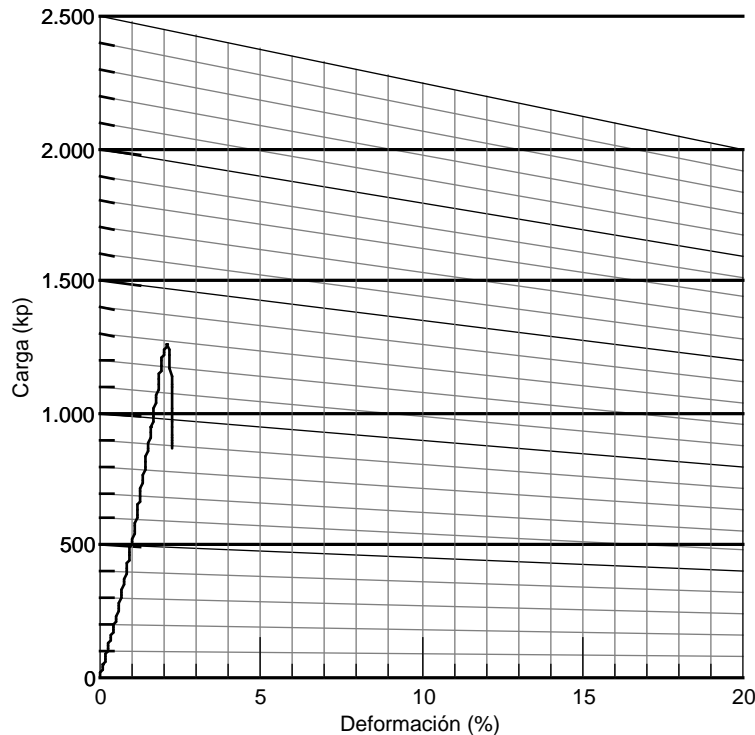
FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

Datos Generales

- Norma de ensayo:.....UNE 22-950-90
- Diámetro de la muestra (cm):.....7,1
- Altura de la muestra (cm):.....14,7
- Peso de la muestra (g):.....1.420
- Humedad (%):.....6,6
- Densidad seca (g/cm³):.....2,29
- Res. a comp. simple (kg/cm²):.....32,0
- Deformación (%):.....2,1

Gráfica carga - deformación



- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga

Zaragoza 23 de junio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG06736

MUESTRA: S-BP 01. De 08,40 a 08,80 m. TP-2

FECHA DE TOMA:

ANEXO GRÁFICO



Probeta tras ensayo de compresión simple



Detalle del plano de rotura

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

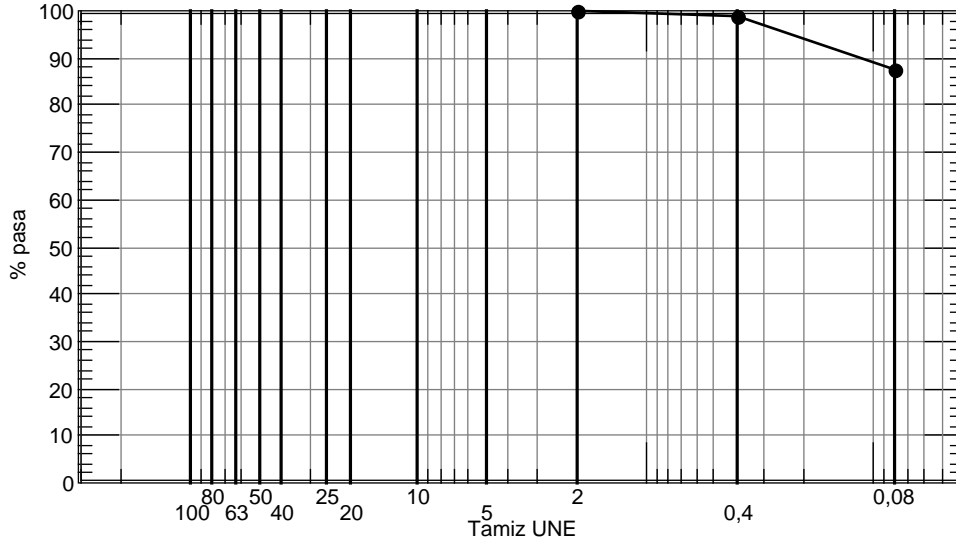
Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG07655

MUESTRA: S-BP 2. De 1,80 a 2,40 m. MI-1

FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE SUELOS

Análisis granulométrico (UNE 103101)



Tamiz UNE	Pasa
100	
80	
63	
50	
40	
25	
20	
10	
5	
2	100
0,400	99
0,080	87,7

Límites de Atterberg (UNE 103103, 103104)

- Límite líquido:.....20,7
- Límite plástico:.....16,3
- Índice de plasticidad:.....4,4

Ensayo de colapso (NLT 254)

- Índice de colapso: (%).....7,82

Clasificación

- U.S.C.S.:.....CL-ML

- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga

Zaragoza 23 de junio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA
MUESTRA: S-BP 2. De 1,80 a 2,40 m. MI-1

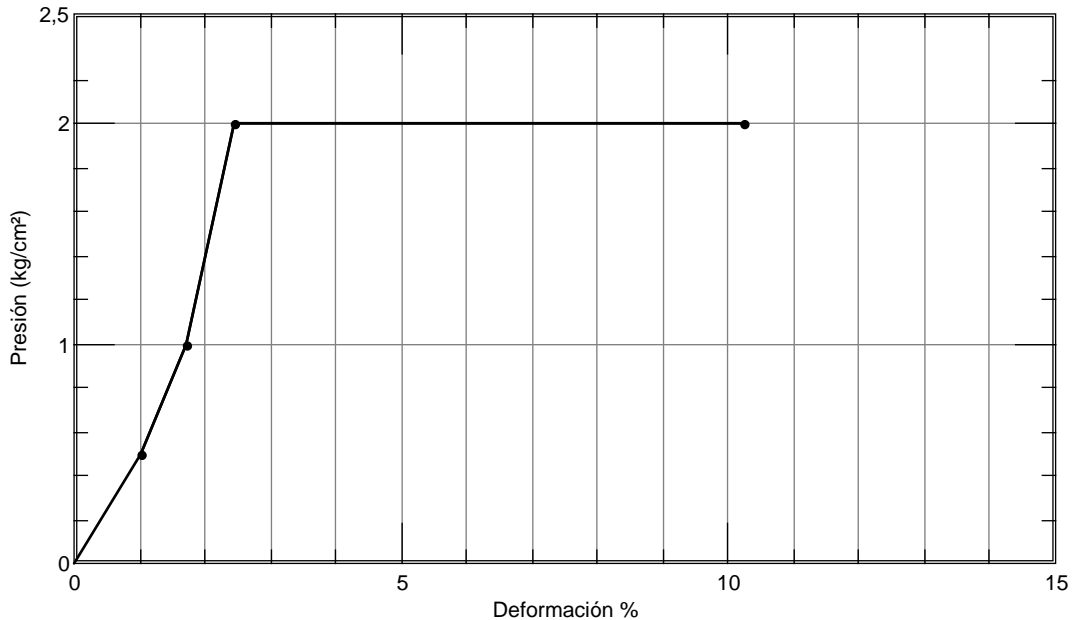
Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG07655
FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE COLAPSO

Datos Generales

- Norma de ensayo:..... NLT 254
- Humedad inicial (%):..... 9,5
- Humedad final (%):..... 20,4
- Densidad seca (g/cm³):..... 1,55
- Desc a 0,50 kg/cm² (%):..... 1,02
- Desc a 1,00 kg/cm² (%):..... 1,73
- Desc a 2,00 kg/cm² (%):..... 2,44
- Desc a 2,00 kg/cm² (%) Tras inmersión:..... 10,25

Gráfico: Presión - Deformación



Resultado

- Índice de colapso (%):..... 7,82

- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga



Zaragoza 23 de junio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG06739

MUESTRA: S-BP 02. De 01,80 a 02,40 m. MI-1

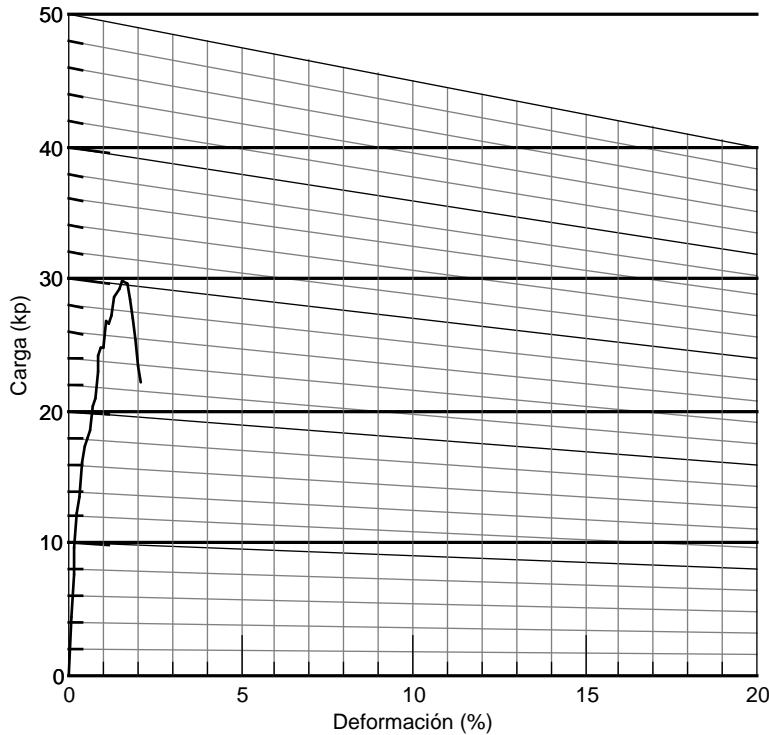
FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

Datos Generales


- Norma de ensayo:.....UNE 103400
- Diámetro de la muestra (cm):.....6,9
- Altura de la muestra (cm):.....15,2
- Peso de la muestra (g):.....978
- Humedad (%):.....8,2
- Densidad seca (g/cm³):.....1,61
- Res. a comp. simple (kg/cm²):.....0,8
- Deformación (%):.....1,6

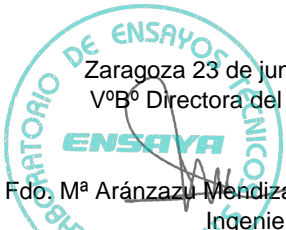
Gráfica carga - deformación



- Observaciones: Soiltest = 1.5 Kg/cm²

El Jefe de Área


Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga

Zaragoza 23 de junio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

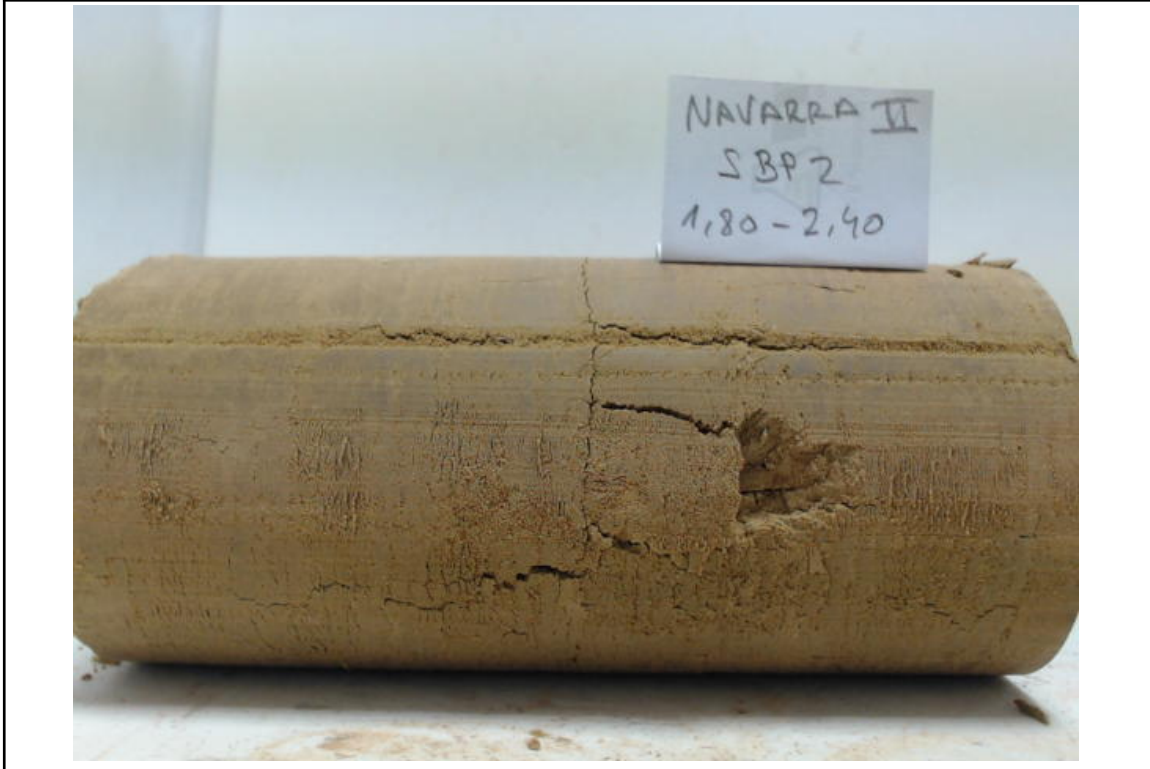
PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG06739

MUESTRA: S-BP 02. De 01,80 a 02,40 m. MI-1

FECHA DE TOMA:

ANEXO GRÁFICO



Probeta tras ensayo de compresión simple



Fragmentos de la probeta tras la rotura

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

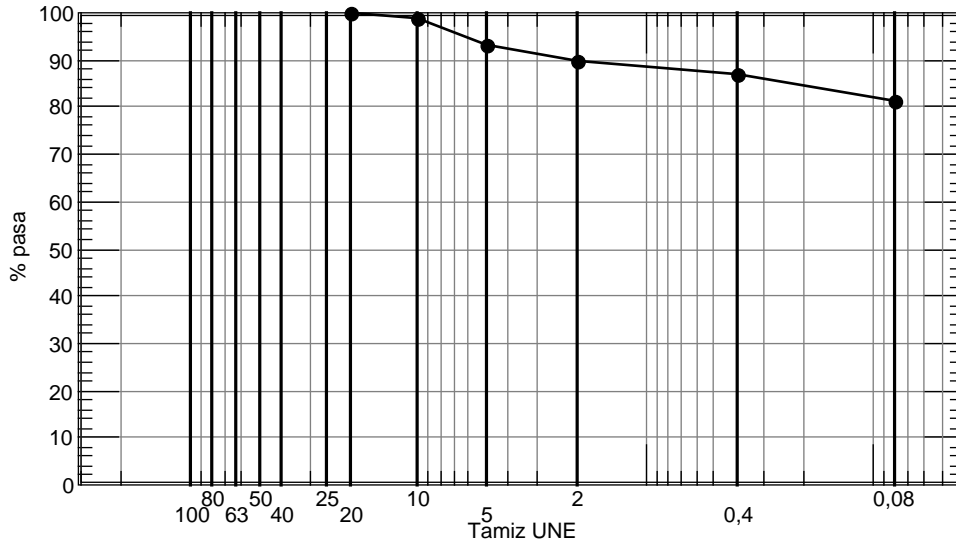
Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG06642

MUESTRA: S-BP 03. De 03,00 a 10,00 m.

FECHA DE TOMA:

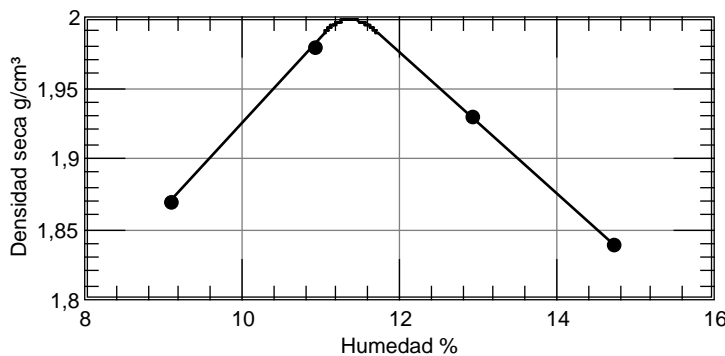
ENSAYO DE SUELOS

Análisis granulométrico (UNE 103101)



Tamiz UNE	Pasa
100	
80	
63	
50	
40	
25	
20	100
10	99
5	93
2	90
0,400	87
0,080	81,2

Proctor Normal (UNE 103500)



Puntos ensayados	
Densidad seca g/cm³	Humedad %
1,87	9,10
1,98	10,90
1,93	12,90
1,84	14,70

Resultado

- Densidad máxima (g/cm³):.....2,00
- Humedad óptima (%):.....11,40

Límites de Atterberg (UNE 103103, 103104)

- Límite líquido:.....24,2
- Límite plástico:.....13,3
- Índice de plasticidad:.....10,9

Clasificación

- U.S.C.S.:.....CL

Ensayos químicos

- Sulfatos (UNE-EN 83963) (SO₄ mg/Kg):.....170,00

Ensayo de hinchamiento libre (UNE 103601)

- Hinchamiento (%):.....2,45

- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga



Zaragoza 23 de junio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG06642

MUESTRA: S-BP 03. De 03,00 a 10,00 m.

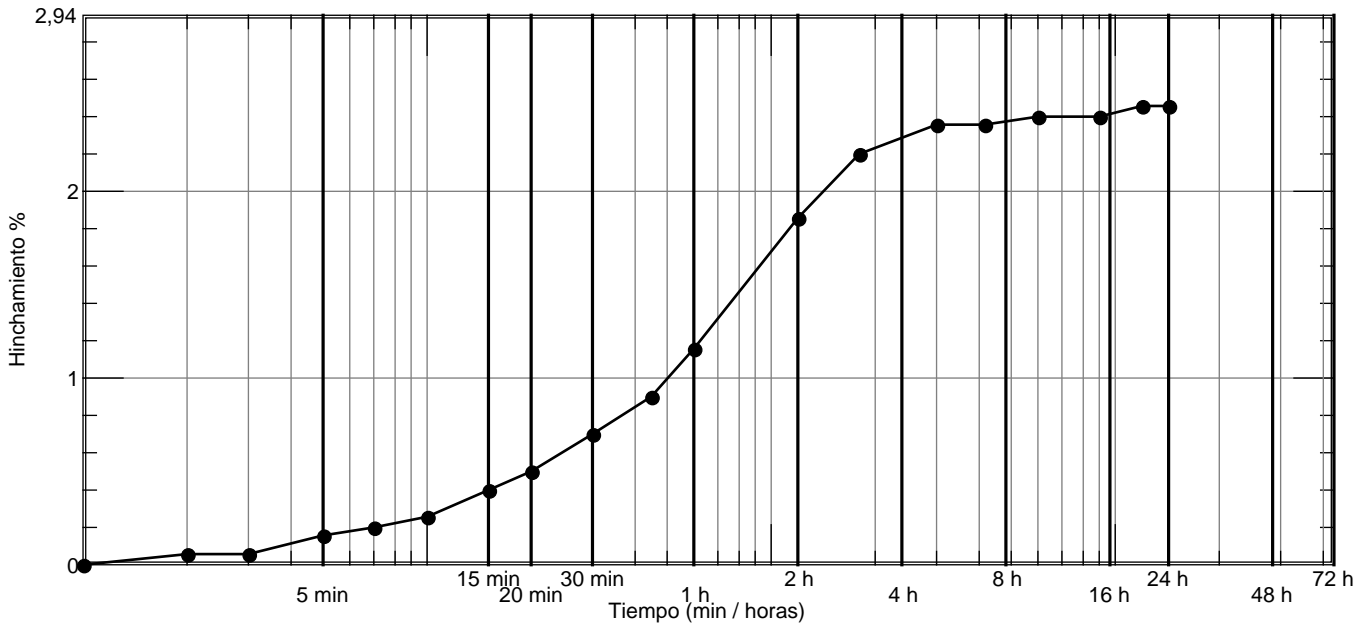
FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE HINCHAMIENTO LIBRE

Datos Generales

- Norma de ensayo:..... UNE 103601
- Tipo de probeta:.....
- Diámetro de la muestra (mm):..... 49,7
- Altura de la muestra (mm):..... 20,00
- Peso de la muestra (g):..... 83,80
- Humedad inicial (%):..... 10,90
- Humedad final (%):..... 14,00
- Densidad seca (g/cm³):..... 1,95
- Presión vertical (kPa):..... 10,00
- Hinchamiento libre (%):..... 2,45

Gráfico: Tiempo - Hinchamiento



- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga



Zaragoza 23 de junio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG07303

MUESTRA: S-BP 03. De 03,00 a 10,00 m.

FECHA DE TOMA:

PERMEABILIDAD EN CÉLULA TRIAXIAL

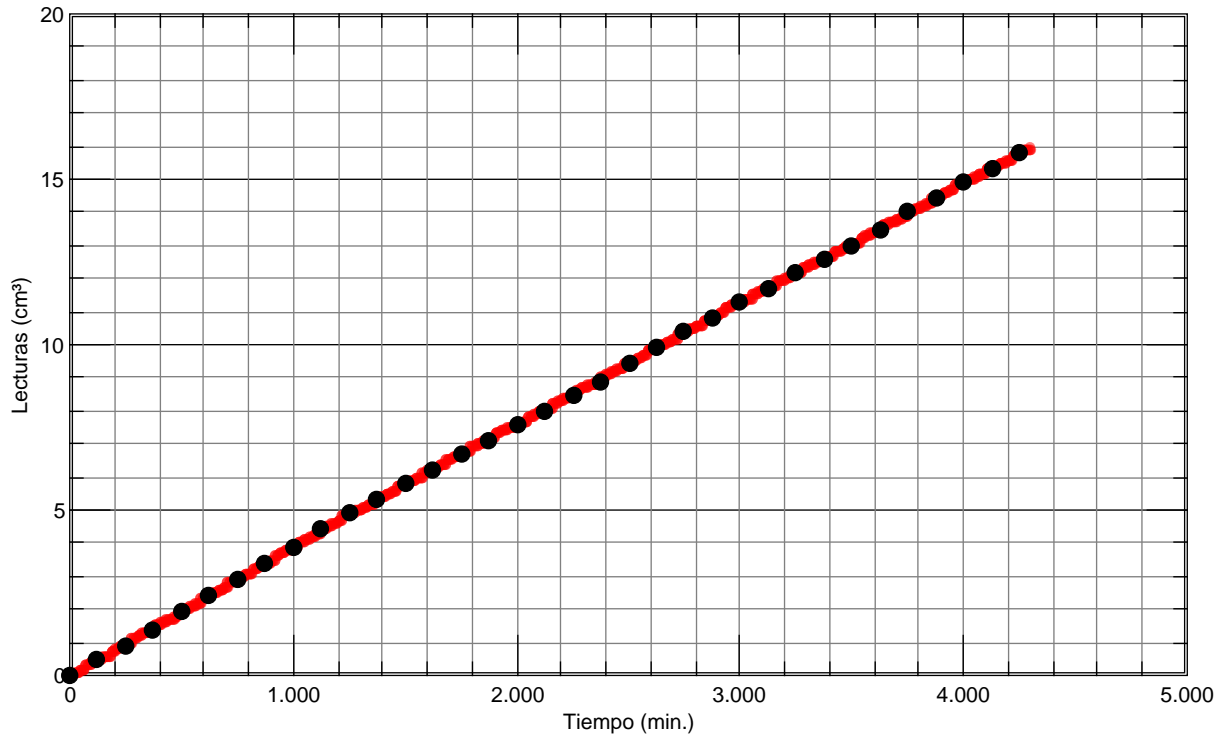
Datos Generales

- Probeta:..... Remoldeada
- Diámetro (cm):..... 3,77
- Presión del ensayo (kg/cm²):..... 4,00

Resultados

- Humedad inicial (%):..... 11,54
- Humedad final (%):..... 13,23
- Densidad inicial (g/cm³):..... 2,23
- Densidad seca (g/cm³):..... 2,00
- K (cm/s):..... 1,06E-8

Gráfica



- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga



Zaragoza 23 de junio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG07311

MUESTRA: S-BP 03. De 03,00 a 10,00 m.

FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS

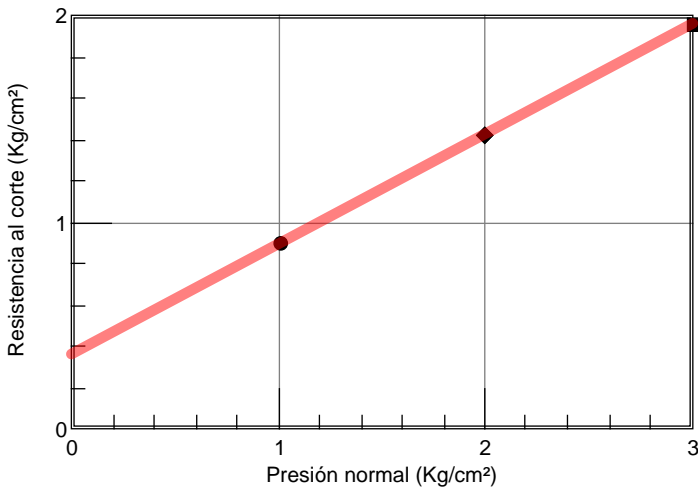
Datos Generales

- Norma de ensayo:.....UNE 103-402
- Tipo de ensayo:.....Consolidado y sin drenaje
- Tipo de muestra:.....Remoldeada
- Tipo de caja:.....Circular
- Diámetro o lado (mm):.....50
- Altura (mm):.....25

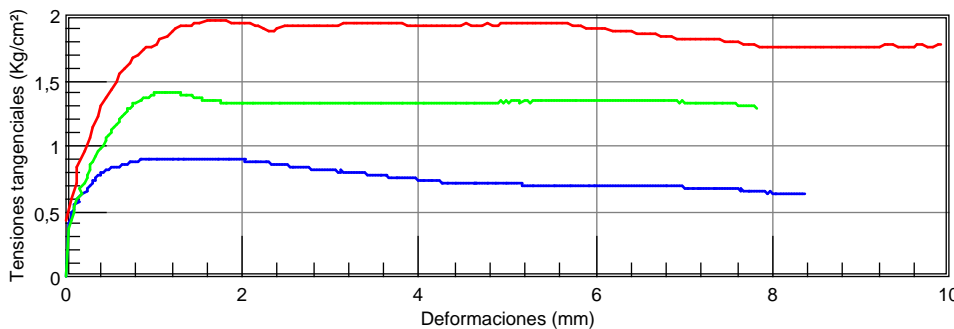
Resultados

- Presión normal (Kg/cm ²):.....	1,00	2,00	3,00
- Resistencia máxima al corte (Kg/cm ²):.....	0,90	1,42	1,96
- Desplazamiento tangencial (mm):.....	-1,06	-1,09	-1,75
- Densidad seca (g/cm ³):.....	1,95	2,00	1,98
- Humedad (%):.....	11,62	11,83	11,84
- Hinchamiento (%):.....	No	No	No
- Carácter:.....	Contractante	Contractante	Contractante

Diagrama Mohr - Coulomb



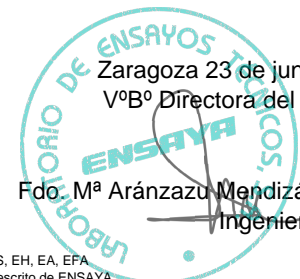
- Cohesión (Kg/cm²):.....0,37
- Ángulo de rozamiento interno (°):.....27,92



- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga



Zaragoza 23 de junio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG06744

MUESTRA: S-BP 03. De 03,80 a 04,10 m. TP-1

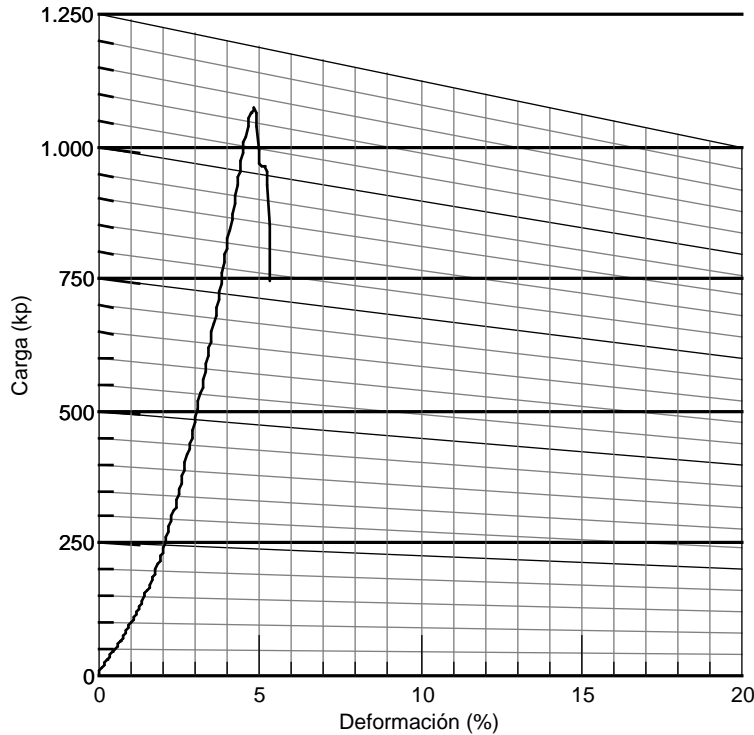
FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

Datos Generales

- Norma de ensayo:.....UNE 22-950-90
- Diámetro de la muestra (cm):.....7,0
- Altura de la muestra (cm):.....14,5
- Peso de la muestra (g):.....1.348
- Humedad (%):.....7,9
- Densidad seca (g/cm³):.....2,22
- Res. a comp. simple (kg/cm²):.....27,8
- Deformación (%):.....4,8

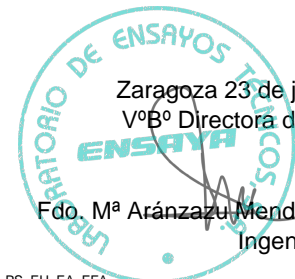
Gráfica carga - deformación



- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga



Zaragoza 23 de junio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA
MUESTRA: S-BP 03. De 03,80 a 04,10 m. TP-1

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG06744
FECHA DE TOMA:

ANEXO GRÁFICO



Probeta tras ensayo de compresión simple



Detalle del plano de rotura

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG06745

MUESTRA: S-BP 03. De 07,20 a 07,50 m. TP-3

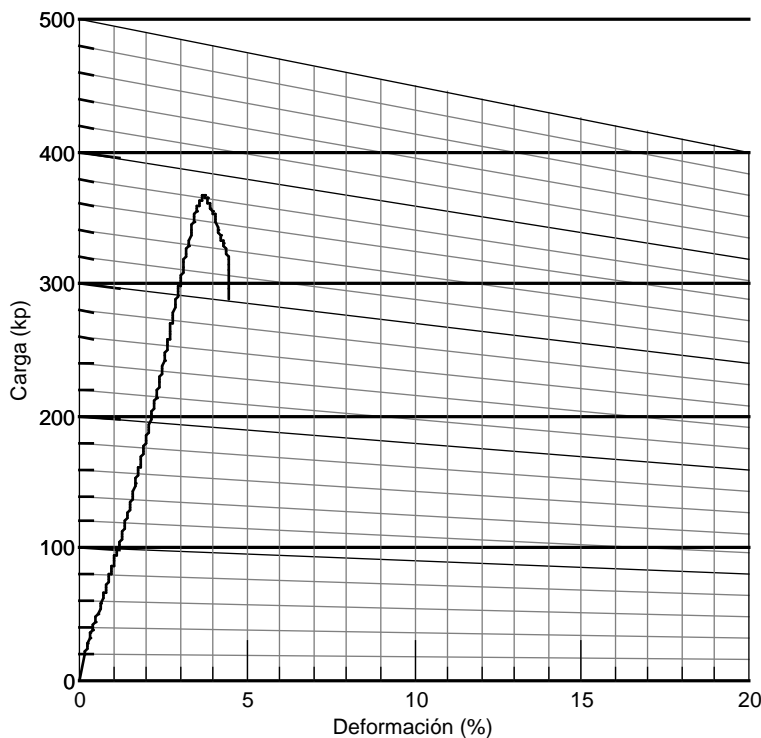
FECHA DE TOMA:

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

Datos Generales

- Norma de ensayo:.....UNE 103400
- Diámetro de la muestra (cm):.....7,0
- Altura de la muestra (cm):.....15,7
- Peso de la muestra (g):.....1.411
- Humedad (%):.....11,9
- Densidad seca (g/cm³):.....2,12
- Res. a comp. simple (kg/cm²):.....9,7
- Deformación (%):.....3,7

Gráfica carga - deformación



- Observaciones:

El Jefe de Área

Fdo. Pilar Muniesa Abadía
Geóloga

Zaragoza 23 de junio de 2021
VºBº Directora del Laboratorio

Fdo. Mª Aránzazu Mendizábal Aguirre
Ingeniero Industrial

PETICIONARIO: UTE CANAL DE NAVARRA F.II
OBRA: PROYECTO DE LA 2ª FASE DEL CANAL DE NAVARRA. Balsa de TUDELA

Nº OBRA: 18AG0538
Nº REF.: 21AG06745

MUESTRA: S-BP 03. De 07,20 a 07,50 m. TP-3

FECHA DE TOMA:

ANEXO GRÁFICO



Probeta tras ensayo de compresión simple



Detalle del plano de rotura