ANEJO Nº7

ESTUDIO GEOTÉCNICO

Se adjunta a continuación ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA C.R. LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA. redactado por los geólogos Jose Manuel Bescos Roy y Alfredo Zamora Rada del gabinete IGEOSUMA S.L.

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA C.R. LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.

PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.

INFORME:820

FECHA INFORME: ENERO 2023

ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN
2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA
3. SITUACIÓN GEOLÓGICA
3.1. ENCUADRE GEOLÓGICO GENERAL
3.2. ESTRATIGRAFÍA
3.3. ESTRUCTURA Y TECTÓNICA
3.4. HIDROGEOLOGÍA
3.5. SISMICIDAD
4. TRABAJOS REALIZADOS
4.1. TRABAJOS DE CAMPO
4.1.1. Sondeos mecánicos
4.1.2. Calicatas mecánicas
4.1.1. Ensayos DPSH
4.2. TRABAJOS DE LABORATORIO
4.2.1. Ensayos realizados
4.2.2. Resultados
5. CARACTERIZACIÓN UNIDADES GEOTÉCNICAS
5.1. UG-0. TIERRA DE LABOR / SUELO VEGETAL/RELLENOS NIVELACIÓN
5.2. UG-IARECUBRIMIENTO CUATERNARIO. COSTRA CARBONATADA
5.3. UG-IB. RECUBRIMIENTO CUATERNARIO. SUELO GRANULAR FINO
5.4. UG-IC. RECUBRIMIENTO CUATERNARIO. SUELO GRANULAR GRUESO
5.5. UG III. SUSTRATO TERCIARIO
6. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS
6.1 BALSA SUPERIOR
6.1.1. Características de la balsa
6.1.2. Modelo geológico-geotécnico
6.1.3. Estabilidad de taludes de excavación
6.1.4. Excavabilidad
6.1.5. Aprovechamiento de los materiales de excavación
6.1.6. Fondo de balsa
6.1.7. Cimiento del dique
6.1.8. Estabilidad terraplén-cimiento
6.1.9. Agresividad a los hormigones por sulfatos
6.2 BALSA INFERIOR
6.2.1. Características de la balsa
6.2.2. Modelo geológico-geotécnico
6.2.3. Estabilidad de taludes de excavación
6.2.4. Excavabilidad
6.2.5. Aprovechamiento de los materiales de excavación
6.2.6. Fondo de balsa
6.2.7. Cimiento del dique
6.2.8. Estabilidad terraplén-cimiento
6.2.9. Agresividad a los hormigones por sulfatos
6.3 ESTACIÓN DE BOMBEO
6.3.1. Modelo de terreno
6.3.2. Cimentación
6.3.3. Excavabilidad-estabilidad
6.3.4. Soleras
6.3.5. Impermeabilidad de soleras
6.3.6. Agresividad del terreno
6.3.7. Sismicidad
6.3. 8. Exposición al radón procedente del terreno
6.4 PARQUE FOTOVOLTAICO
6.4.1. Aspectos previos
6.4.2. Modelo de terreno geológico-geotécnico
6.4.3.Consideraciones geotécnicas generales y orientativas.
6.4.4. Agresividad a los hormigones y corrosividad
6.5 RED DE TUBERÍAS
6.6 CRUCE DE INFRAESTRUCTURAS

ANEJOS
I. PLANTAS DE SITUACIÓN DE ENSAYOS DE CAMPO
II. REGISTROS DE SONDEOS
III. REGISTROS DE CALICATAS
IV. REGISTROS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA DPSH
V. BOLETINES DE ENSAYOS DE LABORATORIO
VI. PERFILES DE CORRELACIÓN DE BALSAS Y CRUCES DE INFRAESTRUCTURAS
VII. SALIDAS GRÁFICAS ANÁLISIS DE ESTABILIDAD
VIII. ZONIFICACIÓN RED DE RIEGO

1. INTRODUCCIÓN

La empresa TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA S.L. encarga a IGEOSUMA S.L. la realización de un estudio geotécnico para el PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE LA ALEGRÍA (HUESCA), quedando la totalidad del área de actuación dentro del Término Municipal de Monzón (Huesca).

En el proyecto se contempla la construcción de 2 balsas de almacenamiento de agua y una estación de bombeo, así como la colocación de una red de tuberías en todo el ámbito de la zona regable que incluye el cruce tanto de la línea férrea Tardienta-Lérida como de la carretera N-240 y la autovía A-22.

Los objetivos de los trabajos y del presente informe son:

- Para las balsas, determinar el perfil de terreno existente, la excavabilidad, la presencia de nivel freático, capacidad portante, estabilidad de excavaciones y terraplenes, aprovechamiento de los materiales para la construcción de diques y su puesta en obra, así como detectar cualquier problemática geotécnica que pudiera condicionar su construcción.

- Para la estación de bombeo, definir el tipo de cimentación, estabilidad de las excavaciones, agresividad a los hormigones del terreno y/o el agua freática, etc. y en general detectar cualquier problemática geotécnica que pudiera condicionar su construcción.

- Para los cruces de las tuberías bajo las infraestructuras existentes, determinar el perfil de terreno, la presencia de agua, la excavabilidad y estabilidad, asi como la metodología de cruce a aplicar.

- Para la red de tuberías, determinar la excavabilidad de los materiales, presencia de agua freática, estabilidad de los taludes de excavación, necesidad o no de entibación, así como la aptitud de los materiales excavados para el relleno de las zanjas.

Para cubrir estos objetivos se ha planteado una campaña de investigaciones geotécnicas que ha consistido en el reconocimiento geológico de las zonas afectadas por las diferentes unidades de obra y en su caracterización geotécnica a partir de ensayos de campo y de laboratorio. Los ensayos geotécnicos de campo han consistido en la realización de:

- 8 sondeos; 2 para la Balsa Inferior, 2 para la Balsa Superior, 1 para la Estación de Bombeo, 2 para el Cruce 1 (de la N-240 y A-22) y 1 para el Cruce 2 (de la FFCC).

- 6 ensayos DPSH: 1para el Cruce 1,1 para el Cruce 2, 1 para el Cruce 3, 2 para la Estación de Bombeo y 1 en la Balsa Inferior.

- 24 calicatas de reconocimiento;5 para la Balsa Superior, 6 para la Balsa Inferior, 12 para la red de tuberías y 1 calicata para el cruce 3.

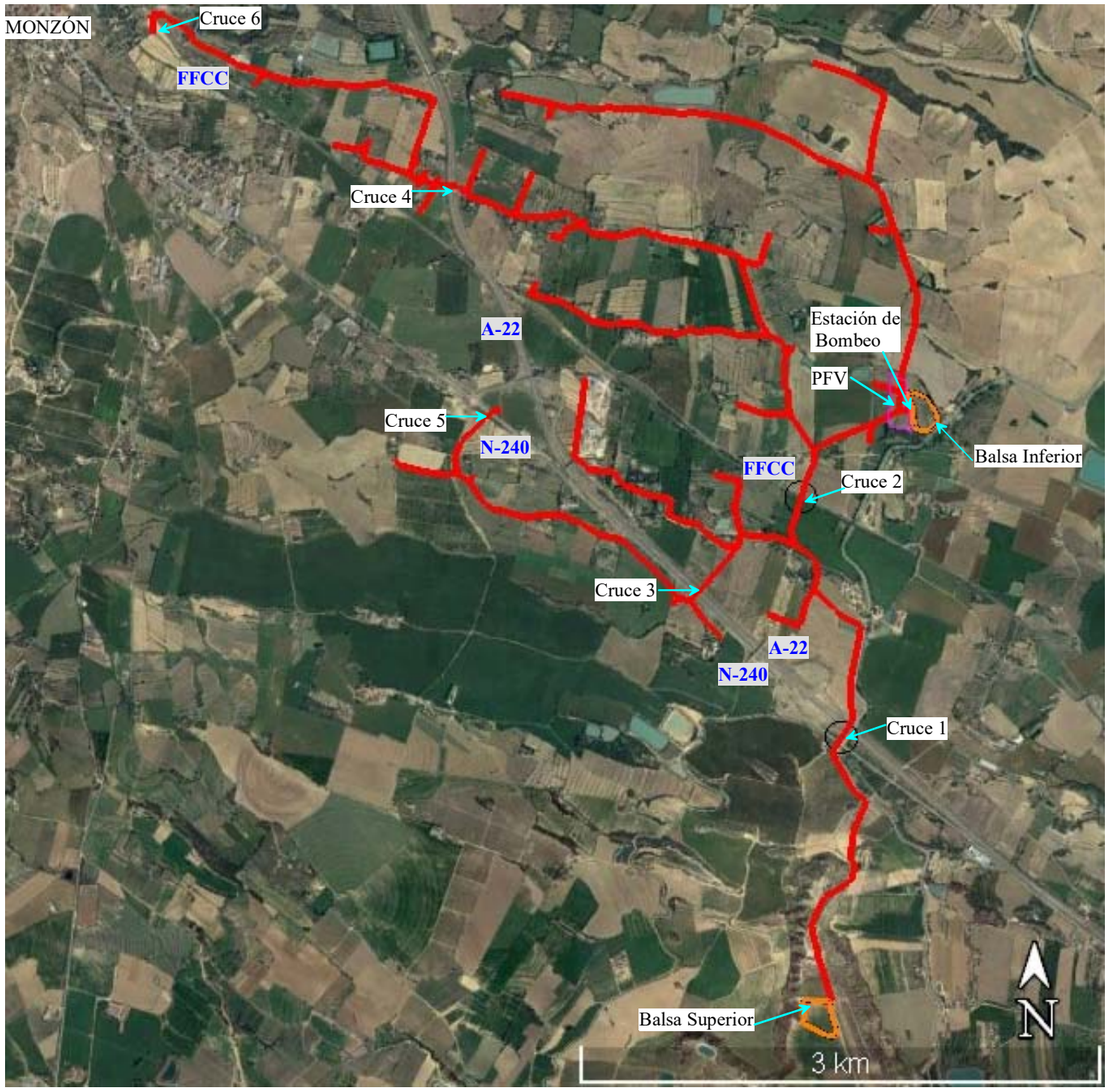
En los sondeos se han realizado ensayos de resistencia dinámica S.P.T. y se han tomado diferentes tipos de muestras (inalteradas y plastificadas). Durante la ejecución de las calicatas también fueron tomadas muestras de los diferentes horizontes litológicos reconocidos. Sobre estas muestras se realizaron los correspondientes ensayos de laboratorio cuyos resultados se adjuntan en el Anejo V “Boletines de ensayos de laboratorio” y se resumen en el capítulo 4.2 de este informe.

Las coordenadas de los ensayos se tomaron mediante GPS de mano con una precisión de ± 3 metros. La cota de los ensayos realizados en las balsas y estaciones de bombeo se tomó a partir de los planos topográficos facilitados.

En el Anejo I “Plantas de situación ensayos” se recoge la ubicación de los ensayos geotécnicos realizados.

2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El proyecto se extiende por una amplia superficie que abarca terrenos del término municipal de Monzón, municipio de la provincia de Huesca, geográficamente situado en la parte Noreste del sector aragonés de la Depresión del Ebro.



A la zona se puede acceder a través de numerosos caminos agrícolas y pistas existentes, tomando los desvíos pertinentes desde la N-240. En la imagen anteriormente expuesta se recoge la situación de las unidades de obra estudiadas y el ámbito de actuación del proyecto, quedando éste al NW de Binéfar.

3. SITUACIÓN GEOLÓGICA

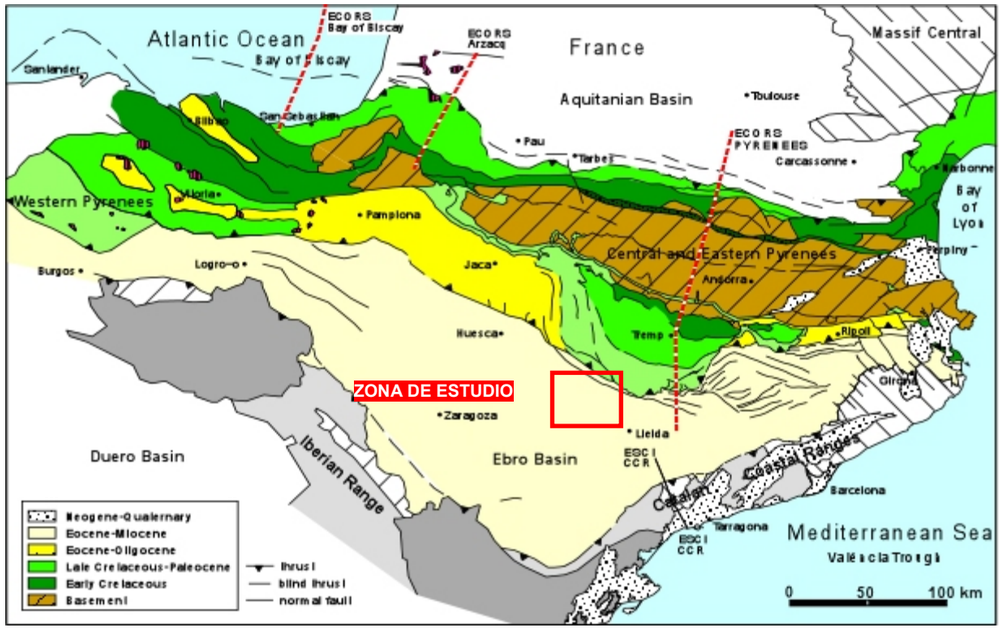
3.1. ENCUADRE GEOLÓGICO GENERAL

Geológicamente, la zona estudiada se sitúa en la Depresión del Ebro, y más concretamente en el sector centro-oriental de la misma (Véase figura siguiente).

La Cuenca del Ebro corresponde a los últimos estadios de evolución de la cuenca de antepaís meridional del Orógeno Pirenaico, actuando como centro de depósito de los materiales procedentes del desmantelamiento de esta cordillera y también de otras áreas marginales. Por la posición del área de estudio y la edad de los materiales (Oligoceno - Mioceno) los procesos de sedimentación sinorogénicos(es decir, mientras se están produciendo los principales movimientos tectónicos) han sido constantes dándole a todo el sector un carácter especial.

Esta zona presenta una geología muy sencilla, debido a que la deformación sufrida en los Pirineos, Cordillera Ibérica y Catalánides apenas se ha transmitido a este sector de la cuenca. Debido a ello, las capas de los sedimentos terciarios presentan unos buzamientos prácticamente horizontales.

Los materiales terciarios que configuran la zona estudiada tienen una edad comprendida entre el Oligoceno superior y el Mioceno inferior, estando recubiertos por sedimentos cuaternarios.

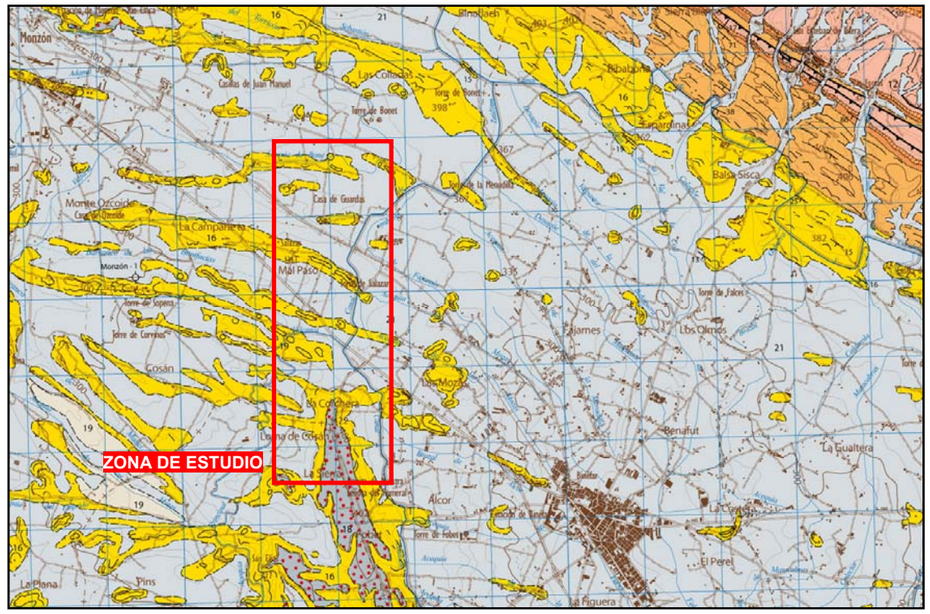


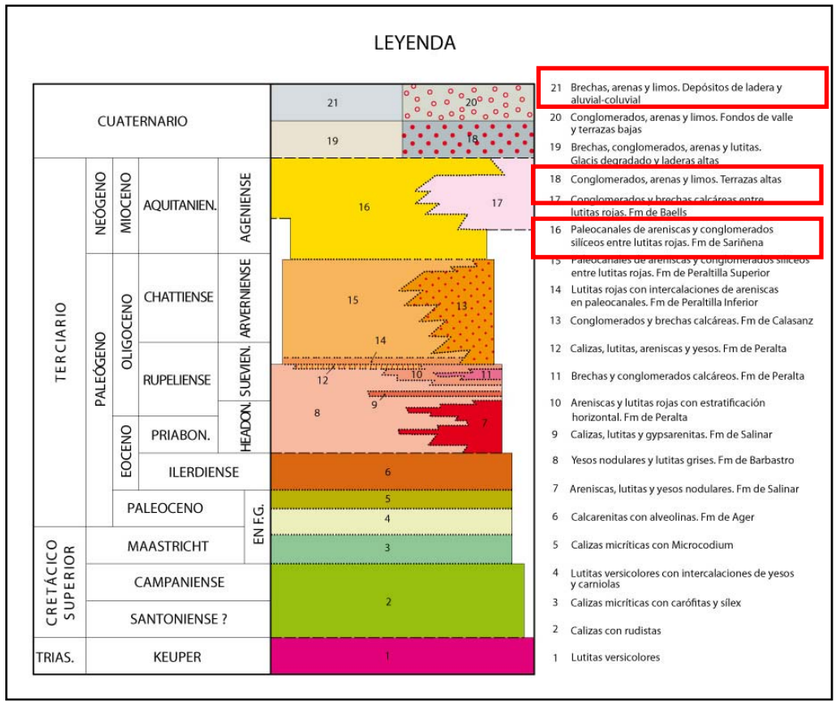
3.2. ESTRATIGRAFÍA

La zona de actuación se extiende en la hoja 326 MONZÓN del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 del IGME. En la figura siguiente se ha representado la zona de actuación sobre la hoja geológica citada y en ella se identifican las unidades litoestratigráficas del sustrato terciario y los diversos recubrimientos cuaternarios existentes.

Los materiales que aparecen son terrígenos de edad terciaria y materiales cuaternarios que los recubren de una forma bastante extensa.

Los sedimentos terciarios consisten fundamentalmente en facies terrígenas detríticas constituidas por areniscas y arcillas de colores pardo-amarillentos y rojizos. Los depósitos cuaternarios presentes consisten en diversos niveles de terraza (Cinca), depósitos de relleno de fondo de valle y depósitos de ladera y otros de tipo mixto (aluvial - coluvial).





De acuerdo con esta cartografía geológica, los materiales que podemos encontrar en la zona de estudio son los siguientes:

- TERCIARIO (NEÓGENO - MIOCENO)

Unidad 16. Fm de Sariñena.

Es una formación siliciclástica fluvial que constituye la formación más alta en este sector, yaciendo prácticamente horizontal en los afloramientos situados al sur del anticlinal de Barbastro. Esta unidad queda constituida por paleocanales de arenisca y conglomerados silíceos entre lutitas rojas, característicos de ríos trenzados.

- CUATERNARIO

Los recubrimientos cuaternarios reflejados en la cartografía geológica consultada son los siguientes:

.Unidad 18.

Conglomerados, arenas y limos que forman las terrazas fluviales situadas altimétricamente elevadas sobre el valle encajado del río Cinca

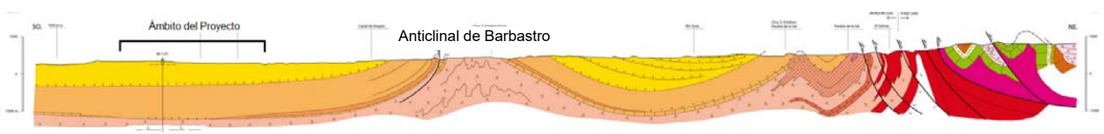
. Unidad 21.

Brechas, arenas y limos formando glacis y laderas, depósitos aluviales - coluviales recientes. Son los depósitos más extensos reconocidos en el área de estudio.

3.3. ESTRUCTURA Y TECTÓNICA

Los sedimentos descritos en la HOJA 326 MONZÓN del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 del IGME fueron plegados y fracturados durante la etapa de compresión alpina desarrollada entre el Priaboniense superior y el Mioceno. El anticlinal de Barbastro representa un pliegue despegado de esta etapa deformacional que tiene gran continuidad regional y cuyo flanco enlaza con los sedimentos indeformados de la cuenca del Ebro que ocupan la zona meridional de la hoja y el ámbito del proyecto.

La Formación Sariñena que atañe al presente proyecto se encuentra en discordancia progresiva con el flanco sur del Anticlinal de Barbastro.



3.4. SITUACIÓN HIDROGEOLÓGICA

El cauce fluvial de mayor entidad y más cercano al área de estudio corresponde al río Cinca. Este río presenta un régimen fluvial de carácter nivo-pluvial o pirenaico de abundantes aguas, que alcanzan sus niveles máximos en Mayo. Mantiene una dirección preferente norte-sur y discurre al oeste de la zona de estudio. Como curso fluvial de menor entidad discurre por la zona el río Sosa, que corresponde con un afluente por la derecha del río Cinca y discurre al norte de la zona de estudio, manteniendo un trazado con dirección preferente aproximada noreste-suroeste. El resto de la red fluvial queda formada por barrancos de trazado corto y de variable incisión lineal, que son tributarios directos o indirectos de los anteriormente mencionados.

Hidrogeológicamente, la zona de estudio queda encuadrada en el dominio hidrogeológico de la Depresión del Ebro (según división de la Confederación Hidrográfica del Ebro, abreviadamente CHE) o Cuenca del Ebro, según división del IGME (Instituto Geominero de España).

Concretando ese encuadre hidrogeológico y atendiendo al Instituto Geominero de España, la zona investigada quedaría fuera de los sistemas acuíferos regionales, si bien es cierto que en las proximidades se reconoce la unidad acuífera denominada *"Unidad hidrológica 29.: Aluvial del Cinca"*, a una distancia aproximada de 6,3 Km, como queda reflejado más adelante.

Localización de la masa de agua subterránea 09.060 - Aluvial del Cinca dentro de la Cuenca del Ebro

En la unidad hidrogeológica Aluvial del Cinca, el acuífero existente está asociado a los aluviales y terrazas más bajas del río Cinca y queda limitado lateralmente por los materiales terciarios continentales de baja permeabilidad de la Cuenca Terciaria del Ebro que son también impermeables. Se trata de un acuífero libre de alta permeabilidad al que se asigna un espesor saturado de unos 6 metros y que está alimentado principalmente por los retornos de riego y en menor medida por la infiltración del río. Debido al tipo de alimentación de este acuífero, se señalan las máximas elevaciones piezométricas en verano, coincidiendo con el periodo de riego.

Fuera de la unidad hidrogeológica del aluvial del Cinca, los recubrimientos cuaternarios (terrazas elevadas, glacis, aluviones, coluviones y rellenos de valles) presentan una permeabilidad media a baja, siendo susceptibles de poseer niveles de acumulación locales de agua con funcionamiento de acuífero tipo libre, si bien estos recubrimientos presentan un escaso interés hidrogeológico debido al escaso espesor que presentan, a que están colgados y a que tienen un drenaje rápido a través de surgencias condicionadas por las precipitaciones y la escorrentía como por el retorno de las aguas de riego, fugas desde la red de canales y acequias... Por ello, la profundidad de aparición del nivel freático será menor en épocas de pluviometría elevada y/o riego. En cualquier caso es esperable una gran variabilidad en la profundidad de aparición de agua en el subsuelo. Como ya se ha expuesto anteriormente, dichos niveles de agua estarían colgados y desconectados hidráulicamente del acuífero aluvial del río Cinca.

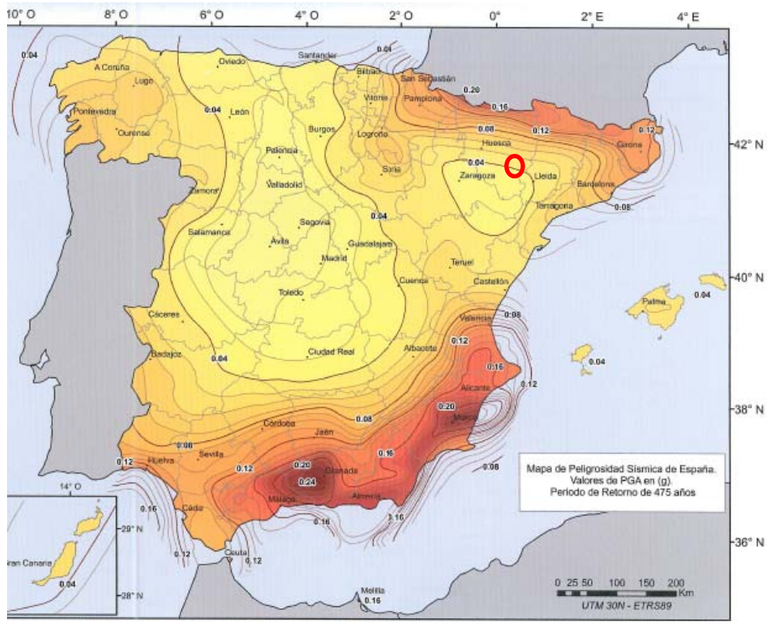
Las formaciones terciarias presentan una baja permeabilidad, y aunque los niveles detríticos más gruesos (arenas, areniscas y conglomerados) presentes dentro de alguna de estas formaciones pueden tener cierta permeabilidad que facilita alguna acumulación local de agua, ésta es, en general, de muy reducida magnitud dado el pequeño espesor de éstos tramos y al grado de aislamiento que presentan.

Localización de la masa de agua subterránea del Aluvial del Cinca donde queda reflejada la distancia al proyecto.

3.5. SISMICIDAD

La vigente Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02 asigna a los términos municipales de Monzón y Binefar en los que se encuadra la actuación, una aceleración sísmica básica a_b inferior a 0,04·g (siendo g la aceleración de la gravedad).

En la *"Actualización de Mapas de Peligrosidad Sísmica de España 2012"* (IGN) la aceleración sísmica (PGA) asignada al término municipal de Monzón para un periodo de retorno de 475 años es de 0,04·g (figura adjunta).



4. TRABAJOS REALIZADOS

4.1. TRABAJOS DE CAMPO

Los ensayos geotécnicos de campo han consistido en la realización de:

- 8 sondeos; 2 para la Balsa Inferior, 2 para la Balsa Superior, 1 para la Estación de Bombeo, 2 para el Cruce 1 y 1 para el Cruce 2.
- 6 ensayos DPSH: 1 para el Cruce 1,1 para el Cruce 2, 1 para el Cruce 3, 2 para la Estación de Bombeo y 1 en la Balsa Inferior.
- 24 calicatas de reconocimiento;5 para la Balsa Superior, 6 para la Balsa Inferior, 12 para la red de tuberías y 1 calicata para el cruce 3.

4.1.1. Sondeos mecánicos

Se han realizado 8 sondeos, acumulando un total de 53,80 m perforados, cuya ubicación se muestra en las plantas del Anejo I.

Las coordenadas y cotas de terreno, obtenidas de los planos topográficos facilitados, se indican en la siguiente tabla.

Unidad de Obra	Sondeo	Coordenadas UTM (ETRS89) 31 T		Cota terreno (m)	Prof. (m)
		X (m)	Y (m)		
Balsa Superior	MBS-S1	271.940	4.637.632	417,0	7,1
	MBS-S2	271.825	4.637.485	414,4	7,1
Balsa Inferior	MBI-S1	272.701	4.640.930	354,5	8,1
	MBI-S2	272.557	4.641.028	352,0	7,1
Cruce 1	MC1-S1	272.133	4.639.242	352,9	5,1
	MC1-S2	272.024	4.639.068	352,7	8,1
Cruce 2	MC2-S1	271.905	4.640.546	351,6	5,2
E. Bombeo	MEB-S1	272.498	4.641.024	351,0	6,0

Los sondeos se realizaron entre los días 8 y 11 de Noviembre de 2022 con sonda de rotación modelo ROLATEC RL-800montada sobre camión. Se utilizaron diámetros de 128 y 101 mm, perforando en seco con corona de widia y batería sencilla en los suelos y en los niveles rocosos más alterados, y con agua y batería doble en los niveles rocosos. Durante la perforación se realizaron ensayos SPT y se tomaron muestras inalteradas (MI) y testigos plastificados (TP).

En la tabla adjunta se detalla la profundidad del sondeo, número de ensayos SPT, muestras inalteradas, testigos plastificados, tubería piezométrica colocada para control del agua subterránea, así como el número de cajas de alojamiento de las muestras que han sido usadas para cada uno de los sondeos.

Unidad de Obra	REFERENCIA	PROF (m)	SPT	MI	TP	CAJAS	PVC
Balsa Superior	MBS-S1	7,1	5	2		2	
	MBS-S2	7,1	5			2	
Balsa Inferior	MBI-S1	8,1	1		3	3	
	MBI-S2	7,1	1	1	3	3	
Cruce 1	MC1-S1	5,1	1	1	2	2	5,1
	MC1-S2	8,1	2	1	3	3	8,1
Cruce 2	MC2-S1	5,2	2	1	1	2	5,2
E. Bombeo	MEB-S1	6,0	1	1	1	3	
	Total	**53,8**	**18**	**7**	**13**	**20**	**18,4**

4.1.1.a.- Perfil del terreno

Los perfiles litológicos de los sondeos y las fotografías de las cajas de testigos e incluyen en el Anejo II.

De forma resumida, los perfiles tipo obtenidos son los siguientes:

Balsa Superior

En los sondeos MBS-S1 y 2, se identifican de arriba abajo, las siguientes unidades geológicas:

- Tierra de labor/Suelo vegetal; UG-0.

  Limos arenosos marrón oscuros con cantos calizos angulosos y gravilla dispersa con un espesor de 0,40 m.

- Costra carbonatada (Cuaternario). UG-IA.

  Se detecta por debajo del nivel anterior. Este nivel está constituido por una costra carbonatada blanquecina que presenta grava media cementada y cantos calizos. Con espesores de aproximadamente 1,40 m, este nivel alcanza una profundidad media de 1,80 m.

- Gravas (Recubrimiento cuaternario grueso). UG-IC.

  Aparece por debajo del nivel anteriormente mencionado, llegando hasta la profundidad máxima de reconocimiento alcanzada (7,10 m).

  Este nivel queda constituido por una grava media a gruesa subangulosa - subredondeada en matriz arenosa marrón ocre con tapizados carbonatados en los cantos.

- Suelos arenosos. (Recubrimiento cuaternario fino). UG-IB.

  Este nivel se ha identificado únicamente en el S-1, a una profundidad de 5,20-6,10 m. Se trata de un nivel de arena fina limosa arcillosa marrón ocre algo trabada y con pasadas más arcillosas.

  La presencia de este nivel intercalado en las gravas, también reconocido en las calicatas realizadas en esta unidad de obra, sugiere la presencia de suelos granulares finos de gran variabilidad en cuanto a profundidad de aparición y continuidad lateral.

No se ha detectado presencia de agua en ninguno de los sondeos realizados.

Balsa Inferior

En los sondeos se identifican, de arriba abajo, las siguientes unidades geológicas:

- Tierra de labor / Suelo vegetal. UG-0.

  Limos arenosos con un espesor de 0,35 m.

- Suelos areno-limosos(Recubrimiento cuaternario fino). UG-IB.

  Aparece por debajo del nivel anterior, alcanzando una profundidad de 1,0 m en el S-1 y de 1,40 m en el S-2.

  Este nivel queda integrado por una arena limosa - limo arenoso marrón claro, que hacia base se hace más arenoso. Por otra parte, en el S-2 se han identificado en este nivel rizocreciones blanquecinas y pasadas algo más arcillosas.

  Se interpreta como un recubrimiento cuaternario de tipo coluvial.

- Argilitas y arenitas (Sustrato terciario sano). UG-II.

  Aparece por debajo del nivel anterior y se extiende al menos hasta la profundidad máxima alcanzada en el reconocimiento geotécnico (8,10m y 7,10 m para los sondeos S-1 y S-2 respectivamente).

  Este nivel queda integrado por una alternancia variable de:

  . Argilitas marrón ocres y grisáceas que pueden presentar interestratos milimétricos (<2cm) arenosos (argilitas limoarenosas)

  . Arena fina - media trabada y cementada marrón ocre (arenita).

  Presenta una parte superior alterada con un espesor de 0,45 m (S1) a 0,3 m (S2).

En los tramos perforados en seco, no se ha detectado presencia de agua en ninguno de los sondeos realizados.

Estación de Bombeo

Para esta unidad de obra se ha realizado únicamente 1 sondeo donde se identifican, de arriba abajo, las siguientes unidades geológicas.

- Tierra de labor / Suelo vegetal. UG-0.

  Limos arenosos con un espesor medio de 0,30 m.

- Suelos areno-limosos (Recubrimiento cuaternario fino). UG-IB.

  Aparece por debajo del nivel anterior alcanzando una profundidad de 1,50 m. Este nivel queda integrado por un limo arenoso - arena limosa marrón ocre con algo de gravilla dispersa a techo.

  Se trata de los suelos de recubrimiento cuaternario de tipo coluvial.

- Argilitas y arenitas (Sustrato terciario sano). UG-II.

  Aparece por debajo de la unidad anteriormente expuesta, desde 1,50 m de profundidad hasta 6,00 m (profundidad máxima de reconocimiento alcanzada).

  Este nivel queda integrado por una arena fina - media marrón ocre y grisácea trabada y cementado, variando el grado de cementación en profundidad. De hecho, el grado de cementación reconocido se hace menor por debajo de 5,40 m, pudiendo presentar algún interestrato arcilloso.

  A techo de este nivel se ha reconocido una parte más alterada de 45 cm de espesor.

Hasta la profundidad perforada en seco, no se ha detectado presencia de agua.

Cruce 1

En los sondeos S-1 y S-2 realizados en esta unidad de obra, se identifican, de arriba abajo, las siguientes unidades geológicas:

- Tierra de labor / Relleno de gravas antrópico. UG-0.

  En el S-1 se ha determinado un espesor de 0,20 m de suelo vegetal mientras que en el S-2 se ha reconocido en superficie un relleno antrópico de gravas medias - gruesas con escasa matriz que alcanzan una profundidad de 1,55 m.

- Suelos granulares finos (Recubrimiento cuaternario fino). UG-IB.

  Este nivel se ha reconocido únicamente en el S-1 apareciendo por debajo del nivel anterior, con un espesor de 1,70 m.

  Este nivel está compuesto por limos versicolores con contenido variable en arcillas y gravas dispersas.

- Argilitas y arenitas (Sustrato terciario). UG-II.

  Aparece por debajo del relleno antrópico en caso del S-1 y por debajo de los suelos granulares finos en el caso del S-2, a profundidades de 1,9 y 1,55 m, respectivamente. Se reconoce hasta la profundidad máxima alcanzada en los sondeos (5,10m y 8,10 m para los sondeos S-1 y S-2 respectivamente).

  Este nivel queda integrado por argilitas marrón ocres y grisáceas con decoloraciones rojizas que pueden presentar interestratos milimétricos (<2cm) arenosos (argilitas limoarenosas); y niveles de arena fina - media trabada y cementada marrón ocre, grisácea y con pasadas rojizas (arenita) que puede presentar interestratos argilíticos.

  A techo aparece una zona alterada de un espesor de 0,35 y 0,7 m en S1 y S2, respectivamente.

Se ha detectado humedades y ciertos rezumes de agua en los rellenos en el caso del S2 y en el contacto de los limos con el sustrato terciario en el caso del S1. No obstante tras realizar su achique no se observó recuperación, por lo que interpretamos que no existiría un nivel de agua como tal en el terreno.

Cruce 2

Para esta unidad de obra únicamente se ha realizado un sondeo en el que se identifican, de arriba abajo, las siguientes unidades geológicas:

- Tierra de labor / Suelo vegetal. UG-0.

Limos marrón oscuros con un espesor de 0,40 m.

- Suelos granulares finos (Recubrimiento cuaternario fino). UG-IB

  Aparece por debajo del nivel anterior, con un espesor de 2,20 m. Este nivel queda compuesto por arena fina - media marrón oscura ocre con algo de arcilla que aparece muy húmeda, pasando a estar completamente saturada en agua hacia base.

- Argilitas (Sustrato terciario sano). UG-II.

  Aparece por debajo del nivel anterior y se extiende hasta la profundidad máxima alcanzada en el reconocimiento geotécnico (5,20 m).

  Este nivel queda integrado por argilitas limoarenosas marrón ocres con decoloraciones grisáceas y rojizas pudiendo presentar láminas milimétricas arenosas.

  Se ha reconocido un tramo algo más alterado a techo de unos 0,85 m de espesor.

Se ha detectado un nivel de agua que satura la base de los suelos finos (UG-IB) en su contacto con el sustrato Terciario. Se dispone a 1,2 m de profundidad.

4.1.1.b.- Ensayos de penetración dinámica estándar S.P.T.

Los índices N que se obtienen directamente del ensayo SPT deben corregirse de tal manera que queden normalizados a una presión efectiva de referencia, común e igual a 98 kPa. Para ello puede utilizarse la expresión siguiente:

$$N_{corregido} = f \times N$$

siendo f el factor de corrección dado por la fórmula siguiente:

$$f = \sqrt{\frac{98}{p'}}$$

donde p´ es la presión efectiva a la cota de ensayo en kPa

Cuando existan datos relativos al porcentaje de la energía total del golpeo que se transmite al tomamuestras, se realizará una segunda corrección, para obtener N_{60}, mediante la expresión siguiente:

$$N_{60} = N_{corregido} \times \eta/60$$

donde:

η = Porcentaje de la energía total del golpeo que se transmite al tomamuestras (rendimiento). Para los martillos accionados mecánicamente con los que se ha realizado la campaña, este factor toma un valor de 75% según diversos autores (VENTAYOL y FERNANDEZ TADEO, 2011), si bien para ensayos a menos de 6 metros de profundidad, la relación η/60 puede establecerse en 1,1; en 1,25 para profundidades entre 6 y 10, y en 1,33 para profundidades superiores a 10 metros.

Del lado de la seguridad, para los ensayos SPT a profundidades menores de 6 m no se han aplicado las correcciones anteriores ya que incrementarían sensiblemente el valor de SPT.

En cualquier caso, el valor del índice N del SPT que se utilice para los cálculos de las cimentaciones y asientos, después de corregido, no debe ser nunca superior a 50.

Se han realizado un total de 18 ensayos SPT (uno de ellos cerrado), con los resultados que se recogen en el cuadro siguiente.

Zona Estudio	Sondeo	Profundidad (m)		Ensayo SPT Nº de golpes/15 cm. N_{15}	N_{15}	N_{15}	N_{15}	N_{SPT}	N_{60}	Litología dominante	Unidad geotécnica
Balsa Superior, MBS	S-1	1,00	1,60	21	32	33	21	65	**65**	Costra carbonatada	I-A
		2,20	2,80	12	23	22	26	45	**45**	Gravas	I-C
		4,00	4,40	23	52	R			**R**	Gravas	I-C
		5,80	6,40	10	19	32	68	51	**51**	Arenas / Gravas	I-B/I-C
		7,00	7,10	R					**R**	Gravas	I-C
	S-2	1,00	1,60	20	41	46	59	87	**87**	Costra carbonatada	I-A
		2,60	3,20	16	18	24	38	42	**42**	Gravas	I-C
		4,00	4,50	15	35	R			**R**	Gravas	I-C
		5,50	5,75	42	R				**R**	Gravas	I-C
		7,00	7,10	R					**R**	Gravas	I-C
Balsa Inferior, MBI	S-1	1,00	1,60	11	13	16	46	29	**29**	Arcillas-Argilitas	II-A
	S-2	1,70	1,90	69	R				**R**	Arena cementada	II-B
Estación de Bombeo, MEB	S-1	1,80	2,20	29	56	R			**R**	Arena cementada	II-A/II-B
Cruce 1, MC1	S-1	1,60	2,20	1	3	10	21	13	**13**	Limo / Arena	I-B/II-A
	S-2	1,00	1,60	33	25	27	20	52	***52**	*Gravas (Relleno)	*0
		2,15	2,75	40	35	47	66	82	**82**	Argilita	II-B
Cruce 2, MC2	S-1	1,60	2,20	0	0	0	0		**0**	Arena	I-B
		3,00	3,60	12	33	36	65	69	**69**	Argilita	II-A/II-B

En negrita no se han aplicado factores de correción por profundidad y energía
*SPT cerrado

4.1.1.c.- Muestras inalteradas

Se han tomado un total de 7 muestras inalteradas, con las profundidades y con la secuencia de golpeo que se recoge en el cuadro siguiente.

Zona Estudio	Sondeo	Profundidad (m)	Ensayo Toma de muestra Inalterada Nº de golpes/15 cm. N_{15}	N_{15}	N_{15}	N_{15}	N_{MI}	N_{SPT} (60% N_{MI})	Litología dominante	Unidad geotécnica
Balsa Superior, MBS	S-1	1,60-2,20	13	17	28	33	45	27	Costra carbonatada / Gravas	I-A/I-C
		5,20-5,80	21	25	37	26	62	37	Arena	I-B
Balsa Inferior, MBI	S-2	1,20-1,70	14	24	39	R	63	38	Limo arenoso / Arena cementada	I-B/II-A
Estación de Bombeo, MEB	S-1	1,20-1,80	8	8	22	35	30	18	Limo arenoso / Arena cementada	I-B/II-A
Cruce 1, MC1	S-1	1,00-1,60	3	3	2	2	5	3	Limo	I-B
	S-2	1,80-2,15	33	80	R		R	R	Argilita	II-A/II-B
Cruce 2, MC2	S-1	1,00-1,60	2	2	2	2	4	2	Arena	I-B

4.1.1.d.- Otros tipos de muestras

Se han tomado 13 muestras plastificadas (TP), de los testigos obtenidos por perforación con batería doble y agua. Las muestras y profundidades a las que se han tomado se recogen en el cuadro siguiente.

Zona Estudio	Sondeo	Profundidad (m)	Tipo de muestra	Litología dominante	Unidad geotécnica
Balsa Inferior, MBI	S-1	2,40-2,60	TP	Argilita	II-B
		4,60-5,10	TP	Argilita	II-B
		6,40-6,70	TP	Arena cementada	II-B
	S-2	2,70-3,00	TP	Arena cementada	II-B
		5,05-5,30	TP	Arena cementada	II-B
		6,00-6,35	TP	Arena cementada	II-B
Estación de Bombeo, MEB	S-1	3,20-3,45	TP	Arena cementada	II-B
Cruce 1, MC1	S-1	2,85-3,05	TP	Arena cementada	II-B
		4,80-5,10	TP	Argilita	II-B
	S-2	4,20-4,70	TP	Arena cementada	II-B
		5,80-6,20	TP	Arena cementada	II-B
		7,60-7,80	TP	Argilita	II-B
Cruce 2, MC2	S-1	3,75-4,15	TP	Argilita	II-B

TP.- Parafinada, con batería doble y agua.

4.1.1.e.- Índice RQD

Dada la naturaleza rocosa del sustrato Terciario (UG-II) se realizó, en los tramos perforados con agua y para cada una de las maniobras de perforación realizadas, la medición del índice RQD (Rock Quality Determinación)

El índice RQD se calcula con la expresión siguiente:

$$RQD(\%) = \frac{\sum Longitud_testigos_más_de_10_cm}{Longitud_total} \times 100$$

Los resultados obtenidos se incluyen en las columnas de los sondeos del anejo II y se resumen en la siguiente tabla, donde se incluye además los valores ponderados por sondeo, unidad de obra y el valor general para el conjunto del sustrato terciario sano (II-B).

UNIDAD DE OBRA	Sondeo	Profundidad Inicio (m)	Profundidad Final (m)	RQD %	VALORES RQD (%) PONDERADOS		
					POR SONDEO	POR UNIDAD DE OBRA	GENERAL
BALSA INFERIOR	MBI-S1	2,00	3,40	57	74	77	82
		3,40	5,20	84			
		5,20	7,10	87			
		7,10	8,10	57			
	MBI-S2	2,40	3,00	100	80		
		3,00	4,00	74			
		4,00	5,40	81			
		5,40	7,10	76			
ESTACIÓN DE BOMBEO	MEB-S1	2,40	4,40	80	88	88	
		4,40	6,00	98			
CRUCE 1	MC1-S1	2,60	3,20	83	78	84	
		3,20	4,20	55			
		4,20	5,10	100			
	MC1-S2	3,50	4,70	65	88		
		4,70	5,80	97			
		5,80	6,50	86			
		6,50	8,10	99			
CRUCE 2	MC2-S1	3,60	5,20	98	98	98	

En función de estos datos se puede valorar la calidad del macizo rocoso de acuerdo a la tabla siguiente.

RQD %	Calidad macizo
<25	Muy mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

Según los datos obtenidos los valores de RQD son en general, propios de un macizo rocoso de calidad buena, con un valor general de RQD=82%.

4.1.2. Calicatas

Se han realizado un total de 24 calicatas de reconocimiento: 5 para la Balsa Superior, 6 para la Balsa Inferior, 12 para la red de tuberías y 1 calicata para el cruce 3.. Las coordenadas y cotas de terreno, obtenidas de los planos topográficos facilitados (caso de las balsas), se indican en la tabla siguiente.

Unidad de Obra	Calicata	Coordenadas UTM (ETRS89) 31 T		Cota terreno (m)
		X (m)	Y (m)	
Balsa Superior, MBS	C1	271.956	4.637.448	415,7
	C2	271.965	4.637.537	416,5
	C3	271.886	4.637.537	415,7
	C4	271.846	4.637.654	416,6
	C5	271.802	4.637.579	415,8
Balsa Inferior, MBI	C1	272.657	4.641.047	356,0
	C2	272.587	4.641.122	353,8
	C3	272.632	4.640.898	354,7
	C4	272.550	4.640.943	353,3
	C5	272.619	4.640.992	352,1
	C6	272.668	4.641.035	353,3
Cruce 3, MC3	C1	271.261	4.639.940	
Red de tuberías, MRR	C1	272.195	4.638.758	
	C2	272.195	4.638.758	
	C3	270.816	4.640.703	
	C4	270.495	4.641.720	
	C5	271.840	4.641.015	
	C6	272.612	4.641.699	
	C7	271.593	4.641.917	
	C8	271.782	4.642.677	
	C9	270.632	4.642.827	
	C10	268.852	4.643.073	
	C11	270.004	4.642.353	
	C12	269.951	4.640.936	

Las calicatas de las balsas se realizaron el día 8 de Noviembre de 2022, utilizando una retroexcavadora mixta JCB 4CX eco. Las correspondientes al cruce y red de tuberías se realizaron el 29 de Diciembre de 2022 con idéntica máquina.

En las calicatas se ha observado el perfil litológico, la existencia o no de nivel freático, la estabilidad de las excavaciones, la dificultad de excavación, y se han tomado muestras del terreno para su ensayo en laboratorio. Todos estos datos y las fotografías correspondientes se recogen en el Anejo III.

A continuación se describen los perfiles litológicos obtenidos en cada una de las unidades de obra, sobre la base de la subdivisión general reconocida en los sondeos.

Balsa Superior

Se han realizado un total de 5 catas en las que se diferencian, de arriba abajo, las siguientes unidades geológicas.

- Tierra de labor, UG-0

  Limos con cantos, fragmentos de costras carbonatadas y gravas. El espesor de este nivel es de 0,4 a 0,6 m, no obstante su parte basal (últimos 0,1 a 0,2 m) es un tránsito a los términos de arenas cementadas (costra), por lo que específicamente el término de suelo vegetal podría asignarse un espesor general de 0,4 m.

- Costra Carbonatada (Cuaternario). UG-IA.

  Este nivel se reconoce en todas las calicatas realizadas por debajo del nivel anterior, con un espesor que puede variar de 0,90 a 1,40 m.

  Se encuentra constituido por una costra carbonatada blanquecina cementada a techo que a medida que se profundiza va siendo cada vez más arenosa. Cabe destacar que en la C-4, la costra carbonatada se encontraba muy cementada, presentando áreas totalmente calcáreas y cantos embebidos pudiéndose llegar a considerar como un conglomerado.

  La estabilidad de este nivel en todas las calicatas abiertas ha sido buena, si bien la excavabilidad ha sido costosa, llegando a ser no excavable en la C-4.

- Suelos arenosos (Recubrimiento Cuaternario fino). UG-IB.

  Únicamente se reconocen en 2 de las 5 calicatas realizadas (C-1 y C-2) justo por debajo del nivel anteriormente descrito. Aparecen a una profundidad de 1,40 m en la C-1 y de 1,80 m en la C-2, presentando en ambos casos un espesor muy similar de 75 cm en media. Se trata de suelos granulares finos caracterizados por la presencia de una arena fina limosa trabada y densa, no cementada, de color marrón ocre con algo de gravilla y rizocreciones blanquecinas.

  En general, la estabilidad y la excavabilidad de los suelos granulares finos es buena y fácil respectivamente.

- Gravas (Recubrimiento Cuaternario grueso). UG-IC

  Se identifica en todas las calicatas realizadas, ya sea por debajo de los suelos cuaternarios finos (C-1 y C-2), o por debajo de la costra carbonatada (C-3y C-5). Este nivel presenta un espesor que llega hasta la profundidad máxima alcanzada en las calicatas (2,9 a 3,6 m). Aparece a profundidades del orden de 2,2 a 2,5 m en las C-1 y C-2, y a 1,70 m en las catas C-3 y C-5.

  Este nivel se caracteriza por la presencia de gravas heterométricas medias-gruesas subredondeadas - subangulosas con algún tapizado carbonatado en los cantos y encostramientos discontinuos y locales, en abundante matriz arenosa marrón ocre.

  La estabilidad de los materiales pertenecientes al nivel de gravas es buena y presentan una excavabilidad fácil.

No se ha detectado la presencia de agua en ninguna de las calicatas abiertas.

Balsa Inferior

Se han realizado un total de 6 calicatas en las que se han identificado, de arriba abajo, las siguientes unidades geológicas:

- Suelo vegetal. UG-0.

  Limos arenosos de color marrón claro a oscuro con raicillas. Su espesor es de 0,40 m.

  En la calicata C6 realizada en la balsa no se detecta.

- Suelos de grano fino. Arenas y limos(Recubrimiento Cuaternario fino). UG-IB

  Este nivel se identifica por debajo del nivel anterior en todas las catas realizadas a excepción de la C-6 que fue realizada en el fondo de una pequeña balsa existente en la zona de estudio. Aparece a una profundidad de 0,40 m y presenta un espesor mínimo de 0,6 a 0,7m y máximo de 1,7 m. Está, formado por un estrato superior de arena limosa rojiza - marrón rojiza reconocido en las catas C-1, C-2 y C-4 y una arena fina marrón ocre inferior con rizocreciones blanquecinas.

  Cabe destacar que en la C-3 este nivel queda integrado por un limo versicolor (marrón amarillento, rojizo...).

  La estabilidad y excavabilidad de este nivel ha sido buena y fácil respectivamente en todas las calicatas realizadas.

- Arcillas - argilitas y areniscas. (Sustrato Terciario alterado). UG-IIA.

  Este nivel se identifica en todas las catas realizadas. Aparece a una profundidad de 1,00 a 1,2 m para las catas C-1, C-3 y C-5, y a una profundidad mayor de 1,50 a 2,1 m en las C-2 y C-4.

  Por otra parte, en la C-6, este nivel aparece a 0,4 m, bajo unas arcillas con cañas que corresponden con un material depositado en el fondo de la balsa donde se realizó la calicata.

  El sustrato terciario alterado queda integrado por: arenas marrón ocre con un grado variable de trabazón y cementación; y arcillas intercaladas.

  La estabilidad de este nivel en todas las calicatas abiertas ha sido buena, mientras que la excavabilidad se ha visto influenciada por el grado de trabazón/cementación de las arenas. De esta manera, la excavabilidad se hace cada vez más complicada a medida que se profundiza.

- Argilitas y areniscas. (Sustrato Terciario sano).

  Este nivel se alcanza en todas las calicatas, excepto en la C6. Aparece a una profundidad de 1,6 a 1,9 m en las calicatas C1, 3,4 y 5; profundizándose hasta los 3,1 m en la C3.

  Queda integrado por argilitas versicolores (marrón ocres, rojizas, grisáceas) con pasadas areno limosas y arenas fuertemente cementadas y trabadas (arenisca) marrón ocres.

  La estabilidad del sustrato terciario sano es buena en ambas catas. En cuanto a la excavabilidad, esta es regular para las argilitas y difícil - no excavable para las areniscas.

No se ha reconocido la presencia de agua en ninguna de las calicatas abiertas.

Cruce 3

Se han realizado 1 calicata en la que se ha identificado, de arriba abajo, las siguientes unidades geológicas:

- Suelo vegetal. UG-0.

Limos marrón oscuros con raicillas. Su espesor es de 0,40 m.

- Suelos de grano fino. Arcillas limosas a arenas arcillosas (Recubrimiento Cuaternario fino). UG-IB

  Este nivel se identifica por debajo del nivel anterior y se extiende al menos hasta la profundidad alcanzada en la calicata, 3,3 m.

  Está formado en su parte superior y hasta los 2,5 m, por arcillas limosas marrones rojizas a marrón amarillentas a base, con porosidad radicular y rizocreciones blanquecinas. Por debajo son arenas arcillosas marrón amarillentas con alguna gravilla y grava fina.

  Aparecen algo húmedas.

La estabilidad y excavabilidad ha sido buena y fácil, respectivamente.

Hasta la profundidad alcanzada, no se ha reconocido la presencia de agua.

Red de tuberías

Se han realizado 12 calicatas. De forma resumida, en la tabla adjunta se indican las unidades reconocidas en cada una de ellas (profundidad de aparición y espesor) asi como si se detecta agua o rezumes.

CALICATA	Profundidad final calicata (m)	Nivel 0. Suelo vegetal, Tierra labor (SV-TL). Relleno tierras (RT)		Nivel I. RECUBRIMIENTO CUATERNARIO			NIVEL II. SUSTRATO TERCIARIO				NIVEL DE AGUA
				Nivel IB. Suelos finos.							
		Espesor (m)	Composición	Profundidad (m)	Espesor (m)	Composición	Profundidad (m)	Espesor parte alterada (m); IIA	Espesor mínimo RECONOCIDO (m)	Composición	Profundidad (m)
MRR-C1	3	2,00	RT	2,00	1,0	Limos con arenas	NO ALCANZADO				NO
MRR-C2	3	0,40	SV-TL	0,40	2,5	Arcillas limosas	2,9	0,1	0,1	Areniscas	2,40
MRR-C3	2,6	0,30	SV-TL	NO APARECE			0,3	0,2	2,3	Limolitas y argilitas con areniscas	NO
MRR-C4	2,3	0,40	SV-TL	0,40	0,30	Arena limosa	0,7	0,5	1,6	Limolitas y argilitas con areniscas	NO
MRR-C5	3,3	0,40	SV-TL	0,40	2,90	Arcillas limosas					2,10
MRR-C6	2,45	0,80	RT	0,80	0,30	Limos arcillosos	1,1	1,3	1,4	Limolitas a base areniscas	NO
MRR-C7	3,4	0,40	SV-TL	0,40	3,00	Arenas limosas	NO ALCANZADO				3,30
MRR-C8	2,4	1,10	RT	1,10	0,70	Limos arenosos a arenas limosas (parte superior resto suelo vegetal)	1,8	0,5	0,6	Arenas-Areniscas	NO
MRR-C9	0,9	0,30	SV-TL	0,30	0,20	Limos arenosos	0,5	0,2	0,4	Argilitas y Limolitas-Areniscas	NO
MRR-C10	2,8	2,10	RT	2,10	0,70	Arenas y Arcillas limosas	NO ALCANZADO				NO
MRR-C11	3,1	0,40	SV-TL	0,40	2,70	Arenas limosas	NO ALCANZADO				NO
MRR-C12	2,2	0,40	SV-TL	0,40	1,60	Arcillas limosas	2	0,1	0,2	Argilitas y Areniscas	NO

De los perfiles reconocidos en las calicatas destacar que en cuatro calicatas (C1, C6, C8 y C10) la unidad UG-0 corresponde con un relleno de tierras de nivelación de parcelas, formado por suelos finos compuestos de limos arenosos, limos arcillosos y arenas finas con un contenido reducido de gravas y fragmentos-cantos de roca.

En tres de las 12 calicatas realizadas se detecto, entre 2,1 y 3,3 m de profundidad, un nivel de agua saturando los suelos finos de la unidad UG-IB.

La excavabilidad de las unidades UG-O y UG-IB fue fácil. La excavación de la UG-II correspondiente al sustrato rocoso fue fácil en su parte alterada con espesores de 0,1 a 1,3 m, y variable en su parte sana. Concretamente, la excavación de términos de argilitas y limolitas trabadas pero no cementadas fue fácil a regular. En el caso de las areniscas cementadas o fuertemente trabadas, la excavación fue difícil a no excavable para el medio de excavación utilizado (retroexcavadora mixta).

La estabilidad fue buena en todas las calicatas donde no se detecto nivel de agua.

En las cuatro calicatas donde se detectó nivel de agua la estabilidad de las paredes de excavación (para inclinaciones de corte vertical) fue mala por debajo del primer 1,0 a 1,5 m de profundidad.

El nivel 0 de suelo vegetal y la parte superior del relleno de tierras que está edafizado por el laboreo del mismo, en un espesor de 0,3 a 0,4 m, presenta una estabilidad algo inferior al terreno existente inmediatamente por debajo.

4.1.3. Ensayos de penetración dinámica tipo DPSH

Los días 11 y 14 de Noviembre de 2022, se realizaron un total de 5ensayos de penetración dinámica tipo DPSH, mediante un equipo automático montado sobre orugas de la casa TECOINSA y de acuerdo con la norma UNE 103802:1998.

Las coordenadas UTM y cotas de terreno se indican en la tabla de la página siguiente. Su posición se refleja en el plano del anejo I.

Los resultados obtenidos en los ensayos de penetración dinámica se recogen en el anejo IV.

Unidad de Obra	Ensayo DPSH	Coordenadas UTM (ETRS89) 31 T		Cota terreno (m)
		X (m)	Y (m)	
Balsa Inferior, MBI	P1	272.712	4.640.984	355,5
Cruce 1, MC1	P1	272.082	4.639.140	351,6
Cruce 2, MC2	P1	271.890	4.640.519	340,5
Estación de Bombeo, MEB	P1	272.508	4.641.010	351
	P2	272.520	4.641.020	351

- Balsa Inferior

Se ha realizado 1 ensayos DPSH. Según el perfil obtenido se diferencian tres estratos resistentes, para cuya interpretación se ha utilizado el perfil obtenido de la testificación del MBI-S1.

. Estrato resistente superior. Se extiende desde la superficie hasta 1,40 m de profundidad, con un golpeo promedio de N_{20}=10 y una resistencia dinámica en punta promedio de 96Kp/cm^2. Se interpreta como el recubrimiento cuaternario de grano fino (IB).

. Estrato resistente intermedio. Aparece bajo el nivel anterior y se extiende hasta los 2,20 m de profundidad. Se caracteriza por un golpeo más alto (N_{20}=20) y una resistencia dinámica en punta promedio de 180kp/cm^2. Se interpreta como el sustrato terciario rocoso alterado (II-A).

. Estrato resistente inferior. Aparece bajo el nivel anterior y se extiende hasta el rechazo que se obtiene a 2.60 m de profundidad. Se caracteriza por un golpeo alto (N20=63) hasta el rechazo, y una resistencia dinámica en punta mínima superior a 200Kp/cm^2. Se interpreta que corresponde a la parte sana del sustrato Terciario constituido por arcillas rígidas con intercalaciones de arenisca en estratos centimétricos (II-B).

- Estación de bombeo

Se han realizado 2 ensayos DPSH, diferenciándose hasta tres estratos resistentes:

. Estrato resistente superior. Se extiende desde la superficie y presenta un espesor de0,80 m en MEB-P1 y de 1,40 m en MEB-P2. Posee un golpeo promedio de N_{20}=10 que se traduce en una resistencia dinámica en punta promedio de 104Kp/cm^2. Por lo observado en el sondeo cercano MEB-S1, se interpreta que correspondería a los suelos de grano fino del recubrimiento cuaternario (UG-IB).

. Estrato resistente intermedio. Como tal solo se detecta en el MEB-P1. Aparece bajo el anterior (a 0,8 m) y tiene un espesor de 0.2 m. Presenta un golpeo N_{20} de 20, que se traduce en una resistencia dinámica del orden de 200 Kp/cm^2. Se asocia a la UG-IIA.

. Estrato resistente inferior. Aparece bajo el nivel anterior o bien bajo el nivel resistente superior (caso del P2) a una profundidad de 1,0 a 1,4 m. Se caracteriza por golpeos iguales o superiores a 50, llegando hasta el rechazo , lo que se traduce en una resistencia dinámica en punta mínima mayor de 300Kp/cm^2. Corresponde con la parte sana del sustrato Terciario (II-B).

- Cruce 1

Se ha realizado 1 ensayo, diferenciándose tres estratos resistentes:

. Estrato resistente superior. Se extiende desde la superficie hasta 2,00m de profundidad, con golpeo N_{20}=13que se traduce en una resistencia dinámica promedio de 129Kp/cm^2. Gracias a las observaciones in situ obtenidas durante el replanteo del ensayo, este estrato se relaciona con un relleno antrópico ubicado en las inmediaciones de la autovía A-22.

. Estrato resistente intermedio. Aparece bajo el anterior y se extiende hasta una profundidad de 4,40 m. Se caracteriza por un golpeo bajo N_{20} de 5, que se traduce en una resistencia dinámica de 40Kp/cm^2. Por lo observado en el sondeo cercano MC1-S1, lo asociamos con el recubrimiento cuaternario granular fino constituido por limos con alguna pasada mas arcillosa (UG-IB).

. Estrato resistente inferior. Aparece bajo el anterior y se extiende hasta el rechazo a una profundidad de 4,80 m. Presenta unos primeros 0,2 m con un golpeo alto N_{20}=25 que se traduce en una resistencia dinámica en punta de 178 Kp/cm^2, que interpretamos corresponde con la UG-IIA. Por debajo se produce el rechazo que asociamos al sustrato sano II-B.

- Cruce 2

Se ha realizado 1 ensayo, diferenciándose tres estratos resistentes:

. Estrato resistente superior. Se extiende desde la superficie hasta 1,00 m de profundidad, con golpeo N_{20}=6 que se traduce en una resistencia dinámica promedio de 63 Kp/cm^2. Este estrato se relaciona con la UG-IB.

. Estrato resistente intermedio. Aparece bajo el anterior y se extiende hasta una profundidad de 3,80 m. Se caracteriza por un golpeo muy bajo N_{20}=2, que se traduce en una resistencia dinámica de 20 Kp/cm^2. Por lo observado en el sondeo cercano MC2-S1, se asociaría con la UG-IB pero muy húmeda a saturada.

. Estrato resistente inferior. Aparece bajo el anterior y se extiende hasta el rechazo a una profundidad de 4,60 m. Se caracteriza por un golpeo alto N_{20}>40, que se traduce en una resistencia dinámica en punta mayor de 300 Kp/cm^2. Este estrato se relaciona con el sustrato rocoso terciario sano II-B, aunque con una parte alterada de espesor reducido al que asignaríamos un N20 del orden de 30-40.

4.2. TRABAJOS DE LABORATORIO

4.2.1. Ensayos realizados

Las muestras tomadas en los sondeos y las calicatas fueron examinadas por personal especializado y agrupadas de modo conveniente. Se sometió a ensayo una serie de muestras representativas de cada uno de los tipos de terreno aparecidos. Los ensayos han sido realizados por TERRALABS que cuenta con las acreditaciones pertinentes para estos trabajos.

El tipo y número de ensayos realizados, así como la normativa aplicada, se recogen en la tabla adjunta.

Tipos de ensayo en suelos	Normativa	Nº
Análisis granulométrico por tamizado	UNE-103101/95	10
Determinación de límites de Atterberg	UNE-103103/94 y UNE-103104/93	12
Determinación de la densidad aparente	UNE 103301/94	6
Determinación de la humedad natural	UNE-103300/93	6
Ensayo de compresión simple	UNE-103400/93	6
Determinación presión máxima de hinchamiento en edómetro	UNE 103602/96	1
Ensayo de corte directo tipo UU	UNE-103401/98	2
Ensayo de corte directo tipo CU	UNE-103401/98	5
Ensayo compactación Proctor Modificado	UNE 10350/95	3
Hinchamiento libre en edómetro	UNE 103601/96	1
Contenido de sulfatos solubles	UNE 103201/96	10
Contenido de sales solubles	UNE 103205/2019	1
Tipo de ensayo en agua	**Normativa**	**Nº**
Contenido en ión sulfato	Anejo 5º EHE	1

4.2.2. Resultados

En el Anejo VI se adjuntan los boletines de los ensayos realizados. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro de la página siguiente.

Unidad de Obra	Sondeo / cata	Muestra	Profundidad (m)	Clasificación USCS	% Grava >5mm	% Arena 5 - 0,08 mm	% Finos <0,08mm	LL %	LP %	IP	Densidad seca (g/cm³)	Densidad aparente (g/cm³)	Humedad natural (%)	Densidad seca probeta (g/cm³)	Densidad aparente probeta (g/cm³)	Humedad natural probeta (%)	Compresión simple		Corte Directo CU, (UU)		Proctor Modificado		Corte Directo CU sobre muestra compactada al 98%PM		Hinchamiento libre (%) remoldeada al 98% PM	Presión de hinchamiento (kg/cm²)	Sulfatos solubles SO_3 (%)	Ión sulfato $SO_{4^{2-}}$ (mg/l)	Sales solubles (%)	Litología	Unidad geotécnica
																	q_u (kg/cm²)	Def. a rotura (%)	c (kPa)	Ang Roz Int (º)	Densidad máxima (g/cm³)	Humedad óptima (%)	c (kPa)	Ang Roz Int (º)							
MBS	S-1	MI	1,6-2,2								1,73	1,97	13,4						9,69	34,08										Arena encostrada / Arena	IA / IB
	C-2	Granel + Bloques	2	SC	9	61	30	36,5	23,8	12,8	1,74	1,86	6,5						85,59	40,27							< 0,1			Arenas finas trabadas	IB
		Granel	2,7	GW-GC	57	36	7	31,4	22	9,3																	< 0,1			Gravas	IC
	C-3	Granel	1	GM	43	42	15	NO	NO	NP											1,77	16,62	48,81	43,35			< 0,1			Arenas encostradas. Costra	IA
MBI	S-1	TP	2,4-2,6					31,8	24,1	7,7				2,28	2,50	9,40	18,24	2,99												Argilitas	IIB
		TP	4,6-5,1					25,7	16,4	9,3				2,38	2,54	6,54	40,46	2,40								0,00				Argilitas	IIB
	S-2	MI	1,2-1,7								1,67	1,88	12,8						30,60	39,00										Limos arenosos / arenas	IB / IIA
		TP	2,7-3,0												2,37		43,00													Arena trabada y cementada (arenisca)	IIB
	C-2	Granel	1,4	SM	0	61	39	NO	NO	NP											2,08	9,24	84,32	31,92			< 0,1		0,3	Arenas limosas	IB
	C-3	Granel	1,3	CL	0	16	84	37	23,6	13,4											2,00	11,49			5,50		< 0,1			Arcillas	IIA
MEB	S-1	MI	1,2-1,8																								< 0,1			Limo arenoso / arena	IB / IIA
		TP	3,2-3,45											2,34	2,51	7,13	37,03	2,87												Arena trabada y cementada (arenisca)	IIB
MC1	S-1	MI	1,0-1,6	CL-ML	0	46	54	24,6	17,9	6,7	1,46	1,70	16,1						(39,81)	(32,14)							< 0,1			Limos	IB
		TP	4,8-5,1											2,44	2,59	6,14	68,40	3,20												"Argilita"	IIB
MC2	S-1	MI	1,0-1,6	SM	1	63	36	NO	NO	NP	1,82	2,09	14,7						(9,9)	(40,31)							< 0,1			Arena fina	IB
		TP	3,75-4,15											2,19	2,53	15,47	1,55	2,99												Argilita	IIB
		Agua																										463,0			
MC3	C-1	Granel	1,8	CL	0	29	71	30,3	19,3	11,0	1,69	2,01	18,6														< 0,1			Arcilla limosa marrón amarillenta	IB
MRR	C-2	Granel	1,1	CL	0	24	76	34	31,1	12,9																				Arcilla limosa marrón amarillenta	IB
	C-7	Granel	1,5	SM	1	64	35	NO	NO	NP																	< 0,1			Arena fina limosa con arcilla	IB

5. CARACTERIZACIÓN UNIDADESGEOTÉCNICAS

En base a los diferentes ensayos de campo realizados, los materiales reconocidos en el área estudiada se han dividido en 6 unidades geotécnicas:

- UG 0: Tierra de labor, suelo vegetal y rellenos.
- UG IA: Costra Carbonatada. Esta unidad geotécnica se ha reconocido únicamente en la Balsa Superior. Se incluye dentro de los recubrimientos cuaternarios de terraza.
- UG IB: Recubrimiento cuaternario fino. Esta unidad geotécnica queda integrada por limos, arenas y arcillas. Se ha detectado en todas las unidades de obra. En la balsa superior aparece intercalado entre las gravas de la UG-IC o a techo de las mismas y se incluye como un recubrimiento cuaternario de terraza. En el resto corresponde con un recubrimiento de tipo coluvial.
- UG IC: Recubrimiento cuaternario grueso. Esta unidad solo se ha detectado en la balsa superior. Está formada por gravas heterométricas, subredondeadas a subangulosas, características de depósitos de terraza
- UG IIA (Alterado) y UG IIB (Sano): Correspondiente al sustrato Terciario de argilitas con intercalaciones-alternancias de arenisca.

5.1. UG-0. TIERRA DE LABOR / SUELO VEGETAL/RELLENOS

En la balsa superior se determina un espesor de 0,4 m.

En la balsa inferior y estación de bombeo próxima, el espesor asignable a esta unidad es del orden de 0,35 m.

En el cruce 1, en la zona del MC1-S1 se determina un espesor de 0,2 m y corresponde exclusivamente con la tierra de labor. Mientras que en la zona de los ensayos MC1-P1 y MC1-S2, esta unidad estaría constituida por rellenos a priori incontrolados en el caso del P1 y de gravas en el S-2. Dichos rellenos se extenderían hasta profundidades de 2,0 a 1,35 m, respectivamente.

En el cruce 2 se determina un espesor de 0,4 m.

Los suelos vegetales y tierra de labor carecen de interés geotécnico ya que deben ser retirados de forma previa.

En la zona del cruce 1 donde se trata de rellenos incontrolados, dada su heterogeneidad no se han caracterizado, y su análisis concreto a los efectos de su influencia en la obra proyectada se realiza en el capítulo 6.6.

En algunas de las calicatas de la red de tuberías se han detectado rellenos de tierras de nivelación de parcelas, cuya composición es a grandes rasgos parecida a la IB con un contenido variable de gravas y fragmentos de roca, en general de tamaño gravilla a grava fina. De estos materiales no se ha realizado su caracterización, no obstante consideramos serían extrapolables los resultados obtenidos y la caracterización composicional que más adelante se detalla en el apartado 5.3. El análisis concreto a los efectos de su influencia en la obra proyectada, concretamente en la red de tuberías se trata en el capitulo 6.5.

5.2. UG-IA. COSTRA CARBONATADA.

Estos materiales se han reconocido únicamente en la Balsa Superior (MBS), a una profundidad media de 0,40 m justo por debajo de la UG 0.

Esta unidad geotécnica se encuentra constituida por unas arenas con gravillas variablemente cementadas por carbonatos, constituyendo una costra carbonatada blanquecina a marrón blanquecina. Esta cementación, caso de la calicata C-4, es muy intensa y determina un nivel de conglomerado.

Presenta un espesor de 0,9 a 1,4 m (espesor medio de 1,2 m). Alcanzando profundidades de 1,4 a 1,9 m.

5.2.1- Caracterización general

En la tabla siguiente se muestran los resultados de los ensayos de laboratorio.

Sondeo / cata	Muestra	Profundidad (m)	Clasificación USCS	% Grava >5mm	% Arena 5 - 0,08 mm	% Finos <0,08mm	LL %	LP %	IP	Densidad seca (g/cm³)	Densidad aparente (g/cm³)	Humedad natural (%)	Corte Directo CU, (UU)		Proctor Modificado		Corte Directo CU sobre muestra compactada al 98%PM		Sulfatos solubles SO_3 (%)	Litología	Unidad geotécnica
													c (kPa)	Ang Roz Int (º)	Densidad máxima (g/cm³)	Humedad óptima (%)	c (kPa)	Ang Roz Int (º)			
MBS-C3	Granel	1	GM	43	42	15	NO	NO	NP						1,77	16,62	48,81	43,35	< 0,1	Arenas encostradas. Costra	IA
MBS-S1	MI	1,6-2,2								1,73	1,97	13,4	9,69	34,08						Arena encostrada / Arena	IA / IB

La muestra MBS-C3 que representaría propiamente los términos encostrados, en su excavación genera un material catalogable granulométricamente y según SUCS, como una grava limosa con arena (GM) con finos no plásticos.

La muestra MBS-S1 tomada en el tránsito de términos encostrados (IA) a no encostrados (IB), consideramos sería más propia del segundo término.

5.2.2.- Caracterización resistente por ensayos de campo

Para la caracterización resistente de este nivel se disponen de los ensayos SPT y del golpeo de una muestra inalterada realizado en el tránsito entre la I-A y I-C.

. Ensayos SPT

Sobre este nivel se han realizado 2 ensayos SPT que reflejamos en la tabla adjunta.

Zona Estudio	Sondeo	Profundidad (m)		Ensayo SPT Nº de golpes/15 cm. N_{15}	N_{15}	N_{15}	N_{15}	N_{SPT}	N_{60}	Litología dominante	Unidad geotécnica
Balsa Superior	S-1	1,00	1,60	21	32	33	21	65	**65**	Costra carbonatada	I-A
	S-2	1,00	1,60	20	41	46	59	87	**87**	Costra carbonatada	I-A

Los golpeos obtenidos son de 65 a 87.

. Golpeo de Muestra Inalterada

Se ha realizado la toma de una muestra inalterada en el tránsito visible de la UG-IA a UG-IC, cuyo resultado reflejamos en la tabla adjunta.

Zona Estudio	Sondeo	Profundidad (m)	Ensayo Toma de muestra Inalterada Nº de golpes/15 cm. N_{15}	N_{15}	N_{15}	N_{15}	N_{MI}	N_{SPT} (60% N_{MI})	Litología dominante	Unidad geotécnica
Balsa Superior	S-1	1,60-2,20	13	17	28	33	45	27	Costra carbonatada / Gravas	I-A/C

El golpeo obtenido consideramos no sería representativo de la I-A, e interpretamos que podría estar asociada a los limos arenosos que pueden aparecer a techo de las gravas, es decir, a la I-B.

Concretamente los dos tramos iníciales del golpeo de la muestra inalterada los asociamos al I-B; y los dos tramos finales a la I-C.

5.2.3.- Parámetros geotécnicos

Se trata de un terreno con un comportamiento que varía entre un suelo arenoso con cohesión en los términos menos cementados-encostrados a un terreno de características rocosas en las zonas más cementadas.

A los efectos, del lado de la seguridad, adoptamos el comportamiento geotécnicamente más desfavorable que sería el de un suelo arenoso con cierta componente cohesiva por cementación.

Para la estimación de los parámetros geotécnicos se ha considerado un valor mínimo de SPT=50,

Considerando este valor de SPT, un comportamiento de suelo arenoso y aplicando los gráficos de la Caltrans, se estimaría una densidad aparente de 2,1 g/cm^3.

Densidad Relativa

Según las expresiones del apartado 5.3.3. se estimaría un Dr de 85 a 90%.

Ángulo de rozamiento interno

Según las expresiones del apartado 5.3.3. se estimarían ángulos de rozamiento interno de 38 a 49º.

Asumiendo un comportamiento mixto, y aplicando la expresión recogida en PARRA y RAMOS (2006) en arcosas españolas:

$$\phi^{o} = 5{,}35 \cdot \ln N + 14{,}44^{o}$$

En este caso se estima un ángulo de rozamiento interno de 35º.

El ensayo de corte directo CU realizado, consideramos sería más propio de los términos de arenas de la UG-IA. No obstante y ante posibles variaciones del encostramiento se ha considera.

Teniendo presente lo indicado y del lado de la seguridad se adopta un valor de ángulo de rozamiento interno de 35º (promedio de los menores).

Cohesión

De considerar un comportamiento mixto, puede aplicarse la expresión recogida en PARRA y RAMOS (2006) para arcosas españolas (Cu en Kg/cm2):

$$C_u = 0{,}22 \cdot \ln N - 0{,}40$$

Según esta expresión se estima una cohesión de 0,46 Kg/cm^2.

Como ya hemos dicho anteriormente el ensayo de corte directo CU sería representativo de la UG-IA, no obstante se ha considerado ante las posibles variaciones de encostramiento.

A la vista de estos resultados, y teniendo presente la alta fracción arenosa y la baja-nula plasticidad, consideramos que la cohesión a adoptar en los mismos debe ser limitada. Por todo ello, y del lado de la seguridad se adopta una cohesión sin drenaje (a corto plazo) de 0,2 Kg/cm^2.

Módulo de deformación

Según las expresiones del apartado 5.3.3. se estimarían módulos de deformación de 248 a 825 Kg/cm2, adoptándose como característico el promedio de los valores menores, E=350 Kg/cm^2.

En resumen, los parámetros geotécnicos considerados son los siguientes para cada una de las unidades de obra:

U.G.	Zona	N_{SPT}	Densidad (t/m^3)	Angulo rozamiento interno (º)	Cohesión (Kg/cm2)	Módulo deformación (kg/cm^2)
IA	Balsa superior	50	2,1	35	0,2	350

5.2.4.- Otros aspectos geotécnicos

Colapsabilidad y Expansividad

Por sus características composicionales se descartan riesgos de colapso e hinchamiento.

Excavabilidad

Es una unidad de excavabilidad difícil y siempre con medios potentes, a ripable. Localmente, en las zonas más intensamente cementadas requeriría el apoyo del martillo picador.

Agresividad química a los hormigones

En la muestra ensayada el contenido en sulfatos solubles es<0,1 % de SO_3, lo que clasifica a este terreno como no agresivo para los hormigones, según Código Estructural.

Aprovechamiento de los materiales

La excavación de este terreno va a generar desde un todo-uno a una grava limosa-arenosa como se ha observado en el ensayo de la muestra MBS-C3, a una arena con cantos en las zonas menos encostradas. Pudiendo incluso obtenerse un material tipo pedraplén en las zonas mas cementadas como la observada en la MBS-C4.

Para el dique se debe descartar el aprovechamiento de granulometrías de pedraplén ya que supondría espesores de tongada excesivos, difíciles de compactar adecuadamente.

En este sentido es crucial que el sistema de excavación y puesta en obra garantice la máxima fragmentación de los términos cementados, de forma que pueda obtenerse una granulometría tipo todo-uno (PG-3) o bien tipo grava como la obtenida en la muestra ensayada y que según PG3 se catalogaría (por granulometría y plasticidad) como un suelo seleccionado.

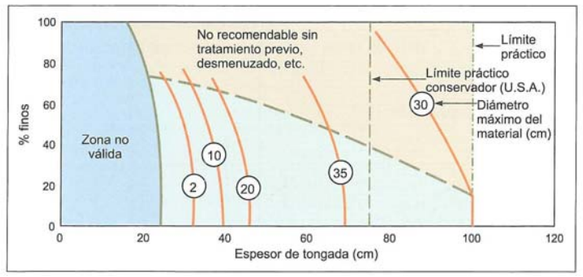
El todo-uno obtenido de la excavación por efecto de la compactación, puede modificar su granulometría dependiendo de su grado de encostramiento, ya que los fragmentos de costra menos cementados son disgregables y fragmentables con facilidad por los medios de compactación. Por dicho motivo el todo-uno y/o grava extraído, puede pasar a un suelo arenoso, con características propias de suelos adecuados a tolerables.

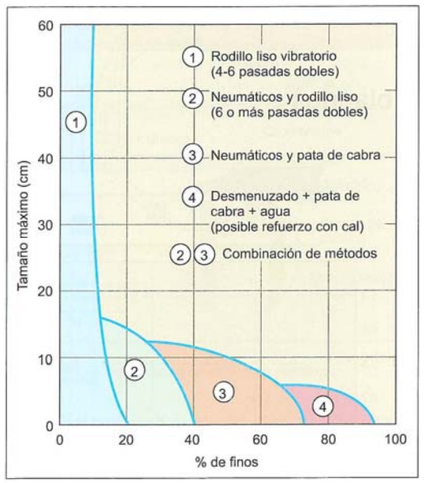
Para su puesta en obra se ha realizado un ensayo de compactación Proctor Modificado, con los siguientes resultados:

- Densidad máxima seca: 1,77 t/m^3
- Humedad óptima: 16,6 %

Los criterios generales de puesta de obra de los materiales en lo que respecta al espesor de tongadas que está en función del tamaño máximo del material y su contenido en finos, así como del método de compactación, se recogen en las figuras anejas.

-
-
-
-
-
-
-
-





Según dichas gráficas considerando la granulometría de grava obtenida lo aconsejable serían tongadas de 40 cm. Ante la posibilidad de una disgregación mayor del material y reducción de la granulometría, debería contemplarse tongadas de 35 cm. En cualquier caso durante la puesta en obra deben eliminarse los fragmentos no disgregables de tamaños no compatibles con el espesor final de tongada (condición PG-3, tamaño máximo de 2/3 del espesor de tongada). En este sentido, para los espesores de tongadas indicados los tamaños máximos serían del orden de 25 cm.

Para la granulometría de grava obtenida el método de compactación más adecuado sería con rodillo liso vibratorio. No obstante y ante la posibilidad de una disgregación alta de los mismos e incremento de la fracción fina, consideramos deberían aplicarse de forma combinada el rodillo pata de cabra y el liso vibratorio.

Para caracterizar su comportamiento geomecánico una vez compactados se ha realizado un ensayo de corte directo CU (consolidado no drenado) sobre muestra remoldeada al 98% del Proctor Modificado, con los siguientes resultados:

- Ángulo de rozamiento interno: 43,3º.
- Cohesión: 48,8kPa.

La NAVFAC (1971) establece unas propiedades típicas para diferentes suelos compactados. Considerando dichos valores para un suelo GM se asignarían valores de ángulo de rozamiento superiores a 34º y una cohesión nula, para un suelo SM serían de 34º y una cohesión de 0,5 Kg/cm^2. Según los datos expuestos en la publicación de Estaire J. et al ("Ábacos para el dimensionado de los taludes de las secciones definidas en el Manual de diseño, construcción y mantenimiento de balsas") para estos mismos tipos de suelos (GM y SM) compactados y no saturados, la cohesión asignada sería 50 KPa y el ángulo de rozamiento interno de 32,5º.

A la vista de estos valores tipificados, el resultado obtenido en el ensayo de corte CU asi como el obtenido en los suelos arenosos de la UG-IB y que también creemos que en parte podrían representar el comportamiento de esta unidad, asignaríamos los siguientes parámetros de corte, algo más conservadores que el resultado del ensayo CU:

- Ángulo de rozamiento interno: 34º.
- Cohesión: 20kPa.

Permeabilidad

La granulometría obtenida de la excavación no representaría la permeabilidad esperable del terreno en su estado natural. Consideramos sería más propia de un suelo arenoso con abundantes finos al que orientativamente podría asignarse un valor de K del orden de **10^{-3} cm/s.**

5.3. UG I-B. RECUBRIMIENTO CUATERNARIO FINO.

En la balsa superior están formados por arenas finas limosas a arcillosas marrón ocres y densas. Aparecen como intercalaciones dentro de la UG-IC (caso del MBS-S1) o a techo de la misma (caso de MBI-C1 y C2). Su espesor es de 0,7 a 0,9 m. Se interpreta como recubrimientos cuaternarios de terraza.

En el resto de unidades aparece bajo la UG-0 y está formado por arenas limosas, limos arenosos con gravillas y limos con arcillas. En este caso se interpreta como un recubrimiento cuaternario pero de tipo coluvial.

En la balsa inferior y estación de bombeo se extiende hasta profundidades de 1,0 a 2,1 m (media 1,4 m). Su espesor varía entre mínimos de 0,6-0,7 m y máximos de 1,7 m (media de 1,0 m).

En el cruce 1 se detecta en el MC1-S1 e interpreta en el MC1-P1. En el primero aparece a 0,2 m y se extiende hasta una profundidad de 1,9 m, mientras que en el segundo ensayo aparece a 2,0 m y se extiende hasta los 4,4 m de profundidad.

En el cruce 2 aparece sobre los 0,4 m y se extiende hasta profundidades de 2,6 m en el MC2-S1 y de 3,8 m en el MC1-P1.

5.3.1.- Caracterización general

En la tabla siguiente se muestran los resultados de los ensayos de laboratorio.

Sondeo / cata	Muestra	Profundidad (m)	Clasificación USCS	% Grava >5mm	% Arena 5 - 0,08 mm	% Finos <0,08mm	LL %	LP %	IP	Densidad seca (g/cm³)	Densidad aparente (g/cm³)	Humedad natural (%)	Corte Directo CU, (UU)		Proctor Modificado		Corte Directo CU sobre muestra compactada al 98%PM		Sulfatos solubles SO_3 (%)	Sales solubles (%)	Litología	Unidad geotécnica
													c (kPa)	Ang Roz Int (º)	Densidad máxima (g/cm³)	Humedad óptima (%)	c (kPa)	Ang Roz Int (º)				
MBS-S1	MI	1,6-2,2								1,73	1,97	13,4	9,69	34,08							Arena encostrada / Arena	IA / IB
MBS-C2	Granel + Bloques	2	SC	9	61	30	36,5	23,8	12,8	1,74	1,86	6,5	85,59	40,27					< 0,1		Arenas finas trabadas	IB
MBI-C2	Granel	1,4	SM	0	61	39	NO	NO	NP						2,08	9,24	84,32	31,92	< 0,1	0,3	Arenas limosas	IB
MC1-S1	MI	1,0-1,6	CL-ML	0	46	54	24,6	17,9	6,7	1,46	1,70	16,1	(39,81)	(32,14)					< 0,1		Limos	IB
MC2-S1	MI	1,0-1,6	SM	1	63	36	NO	NO	NP	1,82	2,09	14,7	(9,9)	(40,31)					< 0,1		Arena fina	IB
MC3-C1	Granel	1,8	CL	0	29	71	30,3	19,3	11,0	1,69	2,01	18,6							< 0,1		Arcilla limosa marrón amarillenta	IB
MRR-C2	Granel	1,1	CL	0	24	76	34	31,1	12,9												Arcilla limosa marrón amarillenta	IB
MRR-C7	Granel	1,5	SM	1	64	35	NO	NO	NP										< 0,1		Arena fina limosa con arcilla	IB
MBI-S2	MI	1,2-1,7								1,67	1,88	12,8	30,60	39,00							Limos arenosos / arenas	IB / IIA
MEB-S1	MI	1,2-1,8																	< 0,1		Limo arenoso / arena	IB / IIA

Según SUCS, cuatro de las siete muestras ensayadas se catalogan como suelos arenosos SM (arenas limosas) a SC (arenas arcillosas). Las tres restantes se catalogan como CL (Arcilla de media plasticidad con arena) a CL-ML (arcilla limo-arenosa).

El contenido en arenas es del 24 al 64%, y el de finos es del 30 al 76%. Los finos son no plásticos en el caso de las SM y de plasticidad baja a media en el caso de las SC, CL y CL-ML.

La densidad seca oscila entre 1,46-1,82 g/cm^3 con una humedad de 6,5 al 18,6%. La densidad aparente varía entre 1,7 y 2,09 g/cm^3, determinándose un valor medio de 1,9 g/cm^3.

5.3.2.- Caracterización resistente por ensayos de campo

Para la caracterización resistente de este nivel se disponen de los ensayos SPT, del golpeo de muestras inalteradas y de los ensayos DPSH.

- Ensayos SPT

  Sobre este nivel o en el tránsito del mismo, se han realizado 3 ensayos SPT que reflejamos en la tabla adjunta.

Zona Estudio	Sondeo	Profundidad (m)		Ensayo SPT					N_{60}	Litología dominante	Unidad geotécnica
				Nº de golpes/15 cm.				N_{SPT}			
				N_{15}	N_{15}	N_{15}	N_{15}				
Balsa Superior	S-1	5,80	6,40	10	19	32	68	51	**51**	Arenas / Gravas	I-B/C
Cruce 1	S-1	1,60	2,20	1	3	10	21	13	**13**	Limo / Arena	I-B/II-A
Cruce 2	S-1	1,60	2,20	0	0	0	0		**0**	Arena	I-B

  En el ensayo de la balsa superior, consideramos que serían los tramos iníciales los representativos de la I-B, por lo que se recalcularía un NSPT=20-29.

  En el caso del cruce 1, entendemos que el valor obtenido sería representativo de este nivel, aunque claramente lo asociaríamos más bien al golpeo del segundo tramo del ensayo, por lo que el NSPT a considerar sería de 6.

  En el cruce 2 el golpeo nulo obtenido en realidad representa el hincado del penetro solo con el peso de la maza de golpeo, en ningún caso representa un hueco.

- Golpeo de Muestra Inalterada

  Sobre este nivel o en el tránsito del mismo, se han tomado 5 muestras inalteradas, con los golpeos que reflejamos en la tabla adjunta.

Zona Estudio	Sondeo	Profundidad (m)	Ensayo Toma de muestra Inalterada						Litología dominante	Unidad geotécnica
			Nº de golpes/15 cm.				N_{MI}	N_{SPT} (60% N_{MI})		
			N_{15}	N_{15}	N_{15}	N_{15}				
Balsa Superior	S-1	5,20-5,80	21	25	37	26	62	37	Arena	I-B
Balsa Inferior	S-2	1,20-1,70	14	24	39	R	63	38	Limo arenoso / Arena cementada	I-B/II-A
Estación de Bombeo	S-1	1,20-1,80	8	8	22	35	30	18	Limo arenoso / Arena cementada	I-B/II-A
Cruce 1	S-1	1,00-1,60	3	3	2	2	5	3	Limo	I-B

  En la muestra de la balsa inferior interpretamos que son los golpeos del primer y/o segundo tramo los representativos de este nivel, por lo que se estimaría un NSPT de 17 a 22.

  En la estación de bombeo asociamos los dos tramos de golpeo inicial como propios de esta unidad, por lo que se estima un NSPT=10.

  Como hemos indicado en el apartado 5.1.2, el golpeo de los tramos iníciales de la muestra tomada en la balsa superior serían más propios de esta unidad, por lo que se estimaría un NSPT=18.

- Ensayos DPSH

  En la balsa inferior y estación de bombeo se asocia al estrato resistente superior que posee un golpeo N20 medio de 10.

  En el cruce 1, se asocia al estrato resistente intermedio que posee un golpeo N20 medio de 5.

  En el cruce 2, se asocia a los estratos resistentes superior e intermedio con golpeos promedio de 6 y de 2 respectivamente.

  El golpeo (N_{20}) de los ensayos DPSH se puede traducir a valores de golpeo de SPT aplicando un factor general de 1,2, o bien la expresión de Dahlberg (1974) modificada para ensayos DPSH.

Para la caracterización geotécnica de este nivel UG-I, se va a definir un valor de N_{SPT} para cada unidad de obra en función de los valores obtenidos de golpeo SPT, MI y DPSH. De esta manera, se define:

- Para la Balsa superior se establece un valor característico de N_{SPT} = 22 (promedio de los menores).
- Para la Balsa inferior y estación de bombeo; un valor característico de N_{SPT} = 10 (promedio de los menores).
- Para el cruce 1, un valor característico de N_{SPT} = 5.
- Para el cruce 2, un valor característico de N_{SPT} = 0-2.

5.3.3.- Parámetros geotécnicos

En su conjunto, el comportamiento geotécnico de estos materiales será el de un suelo granular arenoso con cierta componente cohesiva fruto del alto contenido en finos y la cierta plasticidad de los mismos en algunos casos.

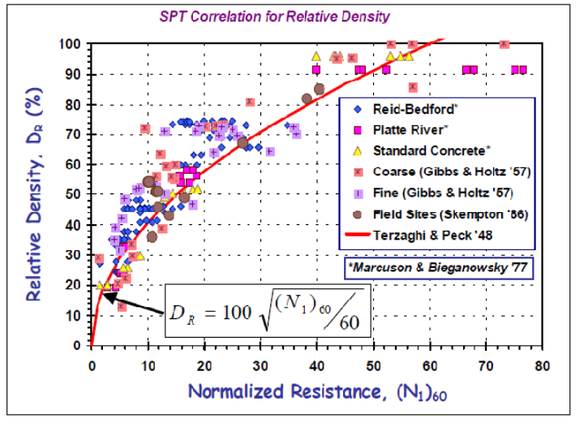
Densidad relativa (Dr)

Para las arenas (SM, SM-SC, SP-SM) se calcula la densidad relativa aplicando la siguiente fórmula:

$$\ln (Dr\ \%) = 0{,}478 \times \ln (N_{60}) - 0{,}262 \times \ln (\sigma'_{vo}) + 2{,}84$$

donde Dr = densidad relativa.
σ'_{vo} = presión vertical efectiva en t/m^2.
N_{60} = valor del SPT.

También puede valorarse indirectamente a partir de la gráfica y ecuación adjunta (Skempton, 1986) en la que se utiliza el valor del SPT normalizado y corregido.



Con dichas expresiones y los diferentes valores de SPT asignados, se estimaría los siguientes valores:

- Para balsa superior, N_{SPT} = 22.Dr de 54-60%; media de 57%.
- Para balsa inferior y estación de bombeo, N_{SPT} = 10.Dr de 35-40%, media de 37%.
- Para el cruce 1, N_{SPT} = 5 (sin nivel freático).Dr 25-29%, media de 27%.
- Para el cruce 2, N_{SPT} = 0-2 (con nivel freático).Dr igual o inferior a 17%.

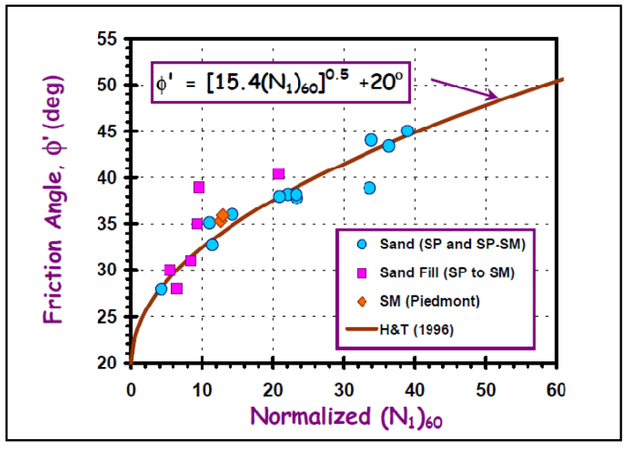
Ángulo de rozamiento interno

Para el ángulo de rozamiento interno se pueden utilizar las siguientes correlaciones:

. Meyerhof, a partir de la densidad relativa, establece la siguiente expresión para calcular el ángulo de rozamiento interno en arenas con más de un 5% de finos: **φº=25+(0,15*DR).**

. Osaki propone: $\varphi = 15 + (20xN)^{0,5}$

. Hatanaka y Uchida (1996):



. Godoy (1983)

$$\phi = 28^0 + 0{,}4N$$

Con dichas expresiones y los diferentes valores de SPT asignados, se estimaría los siguientes valores:

- Para balsa superior, N_{SPT} = 22. Ángulo de rozamiento de 33 a 38º, promedio de 35º.
- Para balsa inferior y estación de bombeo, N_{SPT} = 10. Ángulo de rozamiento de 29 a 32º, promedio de 30º.
- Para el cruce 1, N_{SPT} = 5 (sin nivel freático). Ángulo de rozamiento de 25 a 30º, promedio de 28º.
- Para el cruce 2, N_{SPT} = 0-2 (con nivel freático). Ángulo de rozamiento de 21 a 28º, promedio de 24º.

Asumiendo un comportamiento mixto, y aplicando la expresión recogida en PARRA y RAMOS (2006) en arcosas españolas:

$$\phi^o = 5{,}35 \cdot \ln N + 14{,}44^o$$

En este caso se estima ángulos de rozamiento interno de: 31º (NSPT=22); 27º (NSPT=10); 23º (NSPT=5) y 18º (NSPT=2).

En la balsa superior, en dos ensayos tipo CU, se obtienen ángulos de rozamiento interno de 34 a 40º En el rango de los estimados con el SPT.

En la balsa inferior, en un ensayo tipo CU, se obtiene un ángulo de rozamiento interno de 39º. Muy superior al estimado con el SPT.

En el cruce 1, en un ensayo tipo UU, se obtiene un ángulo de rozamiento interno de 32º. Superior al estimado con el SPT.

En el cruce 2, en un ensayo tipo UU, se obtiene un ángulo de rozamiento interno de 44º. Muy superior al estimado con el SPT y claramente muy alejado a lo esperable en un terreno blando como el reconocido en el sondeo.

A la vista de estos resultados, y teniendo presente la cierta componente cohesiva se asignarían como característicos los siguientes valores de ángulo de rozamiento interno:

- Para balsa superior, N_{SPT} = 22. Ángulo de rozamiento de 34º.
- Para balsa inferior y estación de bombeo, N_{SPT} = 10. Ángulo de rozamiento de 30º.
- Para el cruce 1, N_{SPT} = 5 (sin nivel freático). Ángulo de rozamiento de 27º.
- Para el cruce 2, N_{SPT} = 0-2 (con nivel freático). Ángulo de rozamiento de 21º.

Cohesión

En la balsa superior, en dos ensayos tipo CU, se obtienen cohesiones de 9 KPa a 85 KPa, claramente muy diferentes y asociamos a que la primera correspondería con términos arenosos con finos no plásticos y la segunda a términos con plasticidad.

En la balsa inferior, en un ensayo tipo CU, se obtiene una cohesión de 30 KPa.

En el cruce 1, en un ensayo tipo UU, se obtiene una cohesión de 39 KPa.

En el cruce 2, en un ensayo tipo UU, se obtiene una cohesión de 9 KPa.

De considerar un comportamiento mixto, puede aplicarse la expresión recogida en PARRA y RAMOS (2006) para arcosas españolas (Cu en Kg/cm2):

$$C_u = 0{,}22 \cdot \ln N - 0{,}40$$

Se ha aplicado solo a las zonas donde el NSPT es igual o superior a 10, ya que para valores inferiores a 7 la expresión genera un valor negativo.

Según esta expresión se estima una cohesión de 0,28 Kg/cm^2 (NSPT=22) y de 0,1Kg/cm^2 (NSPT=10).

Ala vista de estos resultados, y asumiendo la dominancia del comportamiento granular, se asignarían como característicos los siguientes valores de ángulo de rozamiento interno:

- Para balsa superior, N_{SPT} = 22. Cohesión 20 KPa (promedio de los menores).
- Para balsa inferior y estación de bombeo, N_{SPT} = 10. Cohesión 10 KPa.
- Para el cruce 1 y 2una cohesión nula.

Módulo de deformación

Para la estimación del módulo de deformación en suelos arenosos se han considerado las siguientes correlaciones con el ensayo SPT:

. Webb: E (kg/cm^2) = 4 (N_{60} + 12)
, Denver: E (MPa) = 7 x $(N_{60})^{1/2}$
, Bowless E (kg/cm^2) = 10 x ((0,5 x N_{60}) + 7,5)
, Shultz y Horn: E (kg/cm^2) = (5,17 x N_{60}) + 76,4
, Teixeira y Godoy (1996): E(MPa)=K*N_{SPT}, siendo K el reflejado en la tabla.

Tipo de material	Parámetro
Arena	E (MPa)=2,7 NSPT
Arena limosa	E (MPa)=2,1 NSPT
Arena arcillosa	E (MPa)=1,65 NSPT

Con dichas expresiones y los diferentes valores de SPT asignados, se estimaría los siguientes valores:

- Para balsa superior, N_{SPT} = 22. Módulo de deformación medio, descartados valores mínimos y máximos, de 185 Kg/cm^2.
- Para balsa inferior y estación de bombeo, N_{SPT} = 10. Módulo de deformación, descartados valores mínimos y máximos medio de 125 Kg/cm^2.
- Para el cruce 1, N_{SPT} = 5 (sin nivel freático). Módulo de deformación medio de 100 Kg/cm^2.
- Para el cruce 2, N_{SPT} = 0-2 (con nivel freático). Módulo de deformación promedio, igual o inferior a 70 Kg/cm^2.

Unidad geotécnica	Unidad Obra	N_{SPT}	Densidad (t/m^3)	Angulo rozamiento interno	Cohesión (KPa)	Módulo deformación(kg/cm^2)
IB	Balsa Superior	22	1,9	34º	20	185
IB	Balsa inferior y Estación de bombeo	10	1,9	30	10	125
IB	Cruce 1	5	1,9	27	nula	100
IB	Cruce 2	0-2	1,9	21	nula	menor de 70

5.3.4.- Otros aspectos geotécnicos

Colapsabilidad

Según los valores de densidad seca obtenida y el criterio de colapsabilidad reflejado en la tabla adjunta (fuente: Vallejo et al. 2002), este nivel se catalogaría como de un bajo potencial de colapso, ya que la mayor parte de las muestras poseen valores de densidad seca por encima de 16 KN/m^3. Únicamente una de las muestras presenta una densidad seca próxima al valor de 14 KN/m^3.

CUADRO 2.14

Criterios de colapsabilidad

Grado de colapso	Peso específico seco (kN/m^3)	Potencial de colapso (%)(*)
Bajo	> 14,0	< 0,25
Bajo a medio	12,0-14,0	0,25-1,0
Medio a alto	10,0-12,0	1,0-5,0
Alto a muy alto	< 10,0	> 5,0

(*) Asiento inducido por colapso bajo inundación referido a la altura inicial de la muestra.

Para evaluar el potencial de colapso de los materiales con plasticidad es habitual usar el criterio de colapsabilidad de Gibbs, según el cual un suelo con plasticidad presenta riesgo de colapso cuando:

$$\gamma_d < 2{,}6/(1+0{,}026 \times LL)$$

También puede aplicarse el criterio de Rodríguez Ortiz et al (1989), indica que existe riesgo de colapso, para materiales con plasticidad, cuando:

$$\gamma_d \text{(densidad seca)} < 1{,}92 - 0{,}016\ LL\ \text{(límite líquido)}$$

En las tres muestras con plasticidad las densidades críticas son:

. Para la MBS-C2 de 1,3 g/cm^3 (según ambas expresiones) muy inferior a la densidad seca obtenida de 1,74 g/cm^3.

. Para la MC1-S1 de 1,58 g/cm^3 (según Gibss) y de 1,52 (según Rodriguez Ortiz) que está algo por encima de la densidad seca obtenida que fue de 1,46 g/cm^3.

. Para la MC3-C1 de 1,45 g/cm^3 (según Gibss) y de 1,43 (según Rodriguez Ortiz) muy inferior a la densidad seca obtenida de 1,69 g/cm^3.

A la vista de estos resultados consideramos que con carácter general, la unidad se catalogaría como de nulo a muy bajo riesgo de colapso.

En la zona del cruce 1 consideramos que esta unidad tendría un cierto riesgo de colapso, a priori bajo a medio.

Expansividad

En los términos arenosos de nula plasticidad se descartan problemas de expansividad.

Para los términos con plasticidad, aplicando el criterio de Oteo (1986) para suelos españoles, que relaciona la expansividad con el límite líquido y el índice de liquidez, se incluirían todos ellos dentro de la denominada como región I de nula a baja expansividad.

A la vista de ello, catalogamos con carácter general a esta unidad, como de nulo a bajo riesgo de expansividad.

Excavabilidad

Esta UG es excavable en su totalidad con medios convencionales (excavadoras o traillas).

Agresividad química a los hormigones

En las cinco muestras ensayadas, el contenido en sulfatos solubles es inferior a 0,1 % de SO_3, lo que clasifica a este terreno como no agresivo por sulfatos para los hormigones, según Código Estructural.

Aprovechamiento de los materiales

De acuerdo con las granulometrías y plasticidades se catalogan como suelos Tolerables (PG-3). Por el contenido en sales solubles mantendrían la misma catalogación.

Para su puesta en obra se ha realizado un ensayo de compactación Proctor Modificado sobre una muestra arenosa con finos no plásticos (SM), con los siguientes resultados:

- Densidad máxima seca: 2,08 t/m^3
- Humedad óptima: 9,24 %

Los criterios generales de puesta de obra de los materiales en lo que respecta al espesor de tongadas que está en función del tamaño máximo del material y su contenido en finos, así como del método de compactación, pueden ser establecidos a partir de las figuras incluidas en el apartado 5.2.4. Concretamente dado que el tamaño máximo de partícula sería inferior a 2cm, las tongadas deberían ser del orden de 30 cm y como método de compactación usar el rodillo pata de cabra y el rodillo liso.

Dada la densidad seca de compactación obtenida se descartan riesgos de colapsabilidad en el material compactado.

Para caracterizar su comportamiento geomecánico una vez compactados se ha realizado un ensayo de corte directo CU (consolidado no drenado) sobre muestra (SM) remoldeada al 98% del Proctor Modificado, con los siguientes resultados:

- Ángulo de rozamiento interno: 31,9º.
- Cohesión: 84 KPa.

La NAVFAC (1971) establece unas propiedades típicas para diferentes suelos compactados. Considerando dichos valores un suelo SM, SC serían de 31-34º para el ángulo de rozamiento interno y de una cohesión de 0,7 a 0,5 Kg/cm^2. Para términos ML-CL, serían de 32º y 0,6 Kg/cm^2, para los parámetros antes indicados. Según los datos expuestos en la publicación de Estaire J. et al ("Ábacos para el dimensionado de los taludes de las secciones definidas en el Manual de diseño, construcción y mantenimiento de balsas") para estos mismos tipos de suelos compactados y no saturados, la cohesión asignada sería 50 a 75KPa y el ángulo de rozamiento interno de 32,5 a 30º.

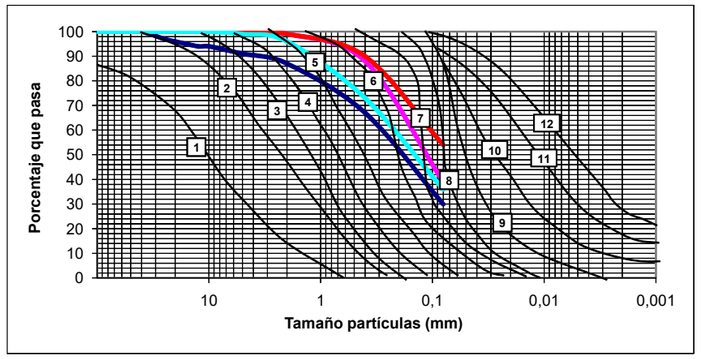
A la vista de estos valores tipificados y el resultado obtenido en el ensayo de corte CU, asignaríamos los siguientes parámetros de corte, algo más conservadores que el resultado del ensayo CU:

- Ángulo de rozamiento interno: 31º.
- Cohesión: 50kPa.

Permeabilidad

Para estimar la permeabilidad se utilizan las curvas de Breddin (figura adjunta). Las colas de las curvas obtenidas en laboratorio apuntan a una clase entre 5 y 8, a las que se asignan permeabilidades de **K=9x10^{-3} cm/s a 7x10^{-4} cm/s, adoptándose un valor característico de K en el rango de 10^{-2} a 10^{-3} cm/s**, típico de suelos de mediana permeabilidad.

CLASE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K (cm/s)	3	0,7	0,1	0,05	9.10^{-3}	5.10^{-3}	2.10^{-3}	7.10^{-4}	7.10^{-5}	1.10^{-5}	$<1.10^{-5}$	$<<1.10^{-5}$



5.4. UG I-C. RECUBRIMIENTO CUATERNARIO GRUESO. GRAVAS.

Esta UG incluye los materiales granulares cuaternarios de terraza que aparecen únicamente en la Balsa Superior, tanto por debajo de la UG I-A como por debajo de la I-B o directamente bajo la tierra de labor (UG-0).

Esta unidad geotécnica está constituida por gravas heterométricas subredondeadas a subangulosas, con matriz arenosa marrón ocre, presentando algún canto y bloque calizo. Se ha reconocido la presencia de tapizados carbonatados en superficies de los cantos y encostramientos localizados de las gravas.

Como se ha mencionado anteriormente, esta unidad geotécnica puede presentar intercalaciones arenosas de la UG I-B a priori de espesores inferiores a 1 metro.

Aparece a profundidades de 1,7-1,9 a 2,5 m, y se extiende al menos hasta las profundidades de investigación alcanzadas.

5.4.1.- Caracterización general

En la tabla siguiente se muestran los resultados de los ensayos de laboratorio.

Sondeo / cata	Muestra	Profundidad (m)	Clasificación USCS	% Grava >5mm	% Arena 5 - 0,08 mm	% Finos <0,08mm	LL %	LP %	IP	Sulfatos solubles SO_3 (%)	Litología	Unidad geotécnica
MBS-C2	Granel	2,7	GW-GC	57	36	7	31,4	22	9,3	< 0,1	Gravas	IC

Según SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), la muestra ensayada se clasifica como GW-GM (grava bien graduada con arcilla y arena).

La fracción fina es baja, 7 %, y tiene una media plasticidad.

Con el valor de SPT que asignamos más adelante y utilizando el gráfico de Caltrans, se determinaría una densidad aparente de 2,15 g/cm^3.

5.4.2.- Caracterización resistente por ensayos de campo

Para la caracterización de la resistencia in situ de estos materiales se dispone de los siguientes ensayos:

- 8 ensayos SPT, de ellos siete se han realizado en este nivel y el octavo en el tránsito entre el IB y IC. Los resultados se reflejan en la tabla adjunta.

Zona Estudio	Sondeo	Profundidad (m)		Ensayo SPT					N_{60}	Litología dominante	Unidad geotécnica
				Nº de golpes/15 cm.				N_{SPT}			
				N_{15}	N_{15}	N_{15}	N_{15}				
Balsa Superior	S-1	2,20	2,80	12	23	22	26	45	**45**	Gravas	I-C
		4,00	4,40	23	52	R			**R**	Gravas	I-C
		5,80	6,40	10	19	32	68	51	**51**	Arenas / Gravas	I-B/C
		7,00	7,10	R					**R**	Gravas	I-C
	S-2	2,60	3,20	16	18	24	38	42	**42**	Gravas	I-C
		4,00	4,50	15	35	R			**R**	Gravas	I-C
		5,50	5,75	42	R				**R**	Gravas	I-C
		7,00	7,10	R					**R**	Gravas	I-C

En el ensayo realizado en el tránsito entendemos que los tramos centrales y/o finales serían representativos de la UG-IC, por lo que el valor de SPT se movería entre 51 y 100.

- Golpeo de una Muestra Inalterada, cuyo resultado se resume en la tabla adjunta.

Se realizó una toma de muestra sobre la UG-IA pero en su parte final paso a las gravas, por lo que los golpeos de los tramos finales se asociarían a la UG-IC. Se determinaría un valor de NSPT de 37 a 40.

Zona Estudio	Sondeo	Profundidad (m)	Ensayo Toma de muestra Inalterada						Litología dominante	Unidad geotécnica
			Nº de golpes/15 cm.				N_{MI}	N_{SPT} (60% N_{MI})		
			N_{15}	N_{15}	N_{15}	N_{15}				
Balsa Superior	S-1	1,60-2,20	13	17	28	33	45	27	Costra carbonatada / Gravas	I-A/C

Por lo tanto, se definiría un valor de NSPT mínimo de 43, aunque más del 60% de los ensayos SPT son de rechazo. Asignando a los valores de rechazo un golpeo SPT de cálculo de 50, se determinaría un NSPT=47.

5.4.3.- Parámetros geotécnicos

El comportamiento geotécnico de estos materiales será el de un suelo granular grueso (friccional).

Densidad relativa

A partir del N_{SPT} se obtiene la densidad relativa, utilizando la expresión general señalada en ISOPT-1(1988):

$$DR(\%) = 25 \times N^{0,44} \times \left(100 \times \sigma'_{v0}\right)^{-0,13}$$

Siendo:

σ'_{v0}: presión vertical efectiva en kPa

N: N_{60}

Considerando el SPT mínimo indicado se determinan valores de densidad relativa de 50 a 60%, que serían mayores de considerar los valores de rechazo.

Ángulo de rozamiento interno

Schmertmann (1977) para suelos granulares estima que el ángulo φ se relaciona con la densidad relativa a partir de la expresión:

$$\varphi = 38 + 0,08 * DR$$

Giuliani y Nicoll, basándose en métodos estadísticos propusieron:

$$tg\varphi = 0,575 + 0,361 * (DR)^{0,866}$$

Adicionalmente autores como Kishida o Muromachi proponen relaciones directas con el SPT:

- $\varphi = 12 + (20xN)^{0,5}$
- $\varphi = 20+3,5xN^{0,5}$

Según estas expresiones se determinan valores de ángulo de rozamiento interno de 38 a 43º, adoptándose como característico un valor medio de 40º.

Cohesión

La fracción fina presenta una plasticidad media en la muestra ensayada, con un porcentaje de la fracción fina del 7%. Además se ha observado ciertos encostramientos discontinuos en las gravas.

En función de estos rasgos, consideramos podría adoptarse a corto plazo una cierta cohesión, orientativamente c=1 t/m^2. A largo plazo consideramos una cohesión nula.

Módulo de deformación

Para el cálculo y estimación de los módulos de deformación de los materiales granulares, se han considerado las correlaciones existentes en la bibliografía y que relacionan el módulo de deformación elástico con los golpeos obtenidos en los ensayos de penetración dinámica estándar (SPT). Concretamente se han considerado las siguientes formulaciones:

- Begueman (1974) $E= 40+12(N_{SPT} -6)$ (kg/cm^2)
- Wrench y Nowatzki $E= 2,22 \times N^{0,888}$ (MPa)
- D´Appolonia et al. (1970) $E= 7,56 \times N_{SPT} +187,5$ (kg/cm^2)
- Angnostoupoulos $E= 7,5 +0,8 \times N_{SPT}$ (Mpa)
- Bowles (1983) $E= 7,5+0,5 \times N_{SPT}$ (MPa)

Según estas expresiones se estiman valores de módulo de deformación elástica de 626 a 290 Kg/cm2, estableciéndose del lado de la seguridad el promedio de los menores, E= 350 Kg/cm^2.

Los parámetros geotécnicos considerados para esta unidad geotécnica en la balsa superior se resumen en la tabla adjunta.

Unidad geotécnica	Unidad Obra	N_{SPT}	Densidad (t/m^3)	Angulo rozamiento interno	Cohesión (kg/cm^2)	Módulo deformación (kg/cm^2)
IC	Balsa Superior	43 (47)	2,15	40º	0,1 (nula)	350

5.4.4.- Otros aspectos geotécnicos

Expansividad y colapsabilidad

Por sus características composicionales se descartan riesgos de colapso y expansividad.

Excavabilidad

Según lo observado en los ensayos de campo, esta UG es excavable con retroexcavadora, ya que los las cementaciones por carbonatos son locales y discontinuas.

Permeabilidad

Para estimar la permeabilidad se puede utilizar la fórmula de Hazen, en la que la permeabilidad es función del diámetro eficaz correspondiente al 10% en peso que atraviesa la serie de tamices (D_{10}). La permeabilidad es aproximadamente proporcional al cuadrado del tamaño del grano del material. La expresión clásica para arenas es:

$$K\ (cm/s) = C x D10^2$$

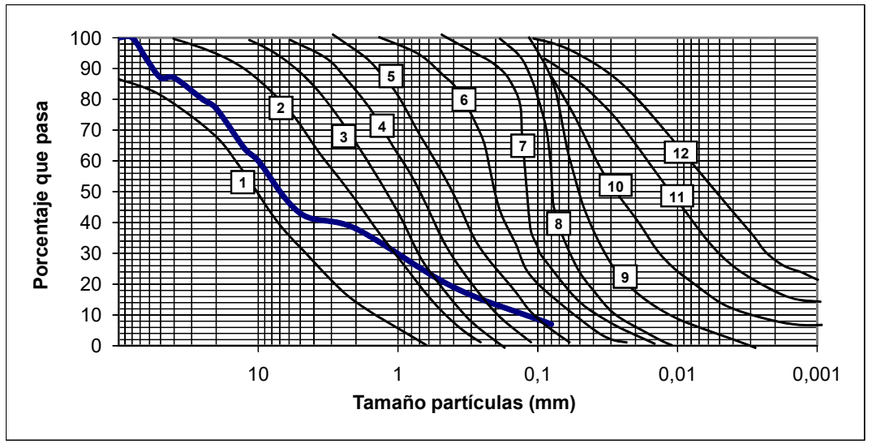
Siendo C:

- En arenas muy finas bien graduadas C=40-80
- En arenas medias mal graduadas o gruesas bien graduadas C=80-120
- En arenas muy gruesas mal graduadas C=120-150

En este caso se considera C = 150 y a partir de la granulometría de laboratorio se obtiene un valor de permeabilidad $K=3 \cdot 10^{-2}$ cm/s.

También para su estimación puede utilizarse las curvas de Breddin. Comparada la curva granulométrica de la muestra ensayada con las de Breddin (figura adjunta), se determina que ésta se situaría entre las clases 2 y 4, las que se asigna valores de K de 0,7 a0,05 cm/s.

CLASE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K (cm/s)	3	0,7	0,1	0,05	9.10^{-3}	5.10^{-3}	2.10^{-3}	7.10^{-4}	7.10^{-5}	1.10^{-5}	$<1.10^{-5}$	$<<1.10^{-5}$



A la vista de ambos resultados asignaríamos una permeabilidad igual o superior a **10^{-2} cm/s**.

Agresividad

En la muestra ensayada, el contenido en sulfatos solubles es inferior al 0,1% de SO_3, lo que clasifica a este terreno como no agresivo para los hormigones, según Código Estructural.

Aprovechamiento en obra

En base a su granulometría, se catalogarían como suelos seleccionados (según PG-3) pero por los valores de plasticidad se situarían en el límite entre suelos seleccionados y adecuados.

No se ha realizado ensayo específico (Proctor modificado) para determinar las condiciones de puesta de obra de los mismos, por lo que en fase de obra deberán realizarse. No obstante, por experiencia en similares materiales, la densidad para compactaciones del 98% del PM sería igual o superior a 2,1 g/cm^3.

Para su puesta en obra en lo que respecta a espesor de tongadas y método de compactación se aplican las gráficas incluidas en el apartado 5.1.4. Según dichas gráficas el espesor de tongadas aconsejable sería de 40 cm y su compactación con rodillos lisos vibratorios.

La NAVFAC (1971) establece unas propiedades típicas para diferentes suelos compactados. Considerando dichos valores para una grava tipo GW-GC se asignaría valores de ángulo de rozamiento interno superiores a 31º y una cohesión nula . Según los datos expuestos en la publicación de Estaire J. et al ("Ábacos para el dimensionado de los taludes de las secciones definidas en el Manual de diseño, construcción y mantenimiento de balsas") para una grava GW-GC en condiciones no saturadas se asigna una cohesión de 15 a 50 KPa y un ángulo de rozamiento interno de 32,5 a 40º.

A la vista de ambas fuentes puede adoptarse un valor de ángulo de rozamiento interno de 32º y una mínima cohesión de 10 KPa.

5.5. UG II. SUSTRATO TERCIARIO

El sustrato terciario (Mioceno) está constituido por argilitas que se alternan con estratos de arenisca. areniscas.

Estas litologías se catalogan como rocas de dureza blanda o muy blanda en el caso de las argilitas, a rocas de dureza blanda en el caso de las areniscas. Todas ellas se disponen en estratos subhorizontales. Este nivel corresponde con el sustrato Terciario rocoso de la zona, y concretamente se incluiría dentro de la unidad cartográfica 16 señalada en el capítulo 3 (Formación Sariñena).

Esta unidad se identifica en casi todos los ensayos de campo realizados, exceptuando aquellos ubicados en la Balsa Superior, unidad de obra donde no se ha alcanzado el sustrato terciario.

En la balsa inferior aparece a una profundidad de 1,0 a 1,5 m y solo en la MBI-C2, profundiza hasta 2,1 m. En el fondo de la balsa existente aparece a 0,4 m por debajo del relleno de arcillas con cañas. Se reconoce un espesor de alteración (UG-IIA) de 0,2-0,3 m a 0,7-1,0 m, con un valor medio de 0,6 m.

La composición de esta unidad de alteración depende de la naturaleza del sustrato infrayacente. En este sentido está formado desde arcillas (alteración de argilitas) a arenas (alteración de areniscas), siendo más frecuentes los términos de arenas.

En la estación de bombeo aparece a una profundidad de 0,8 a 1,5 m. Presenta una parte superior alterada (IIA) de un espesor de 0,2 a 0,5m. La composición de esta zona alterada es arenosa.

En el cruce 1, según los sondeos aparece a 1,55 a 1,9 m. Según el DPSH profundiza hasta los 4,4 m. Se determina una zona superior alterada (II-A) de 0,35 a 0,7 m en los sondeos y del orden de 0,2-m en el DPSH., valor medio de 0,4 m. Esta zona de alteración es de naturaleza arenosa caso del MC1-S1 y arcillosa en el caso del MC1-S2.

En el cruce 2, aparece entre 2,6 y 3,8 m de profundidad. Se reconoce una parte superior alterada de 0,85 m a 0,2-0,4 m (promedio de 0,5-0,6 m) de composición arcillosa (alteración argilitas) según sondeo.

5.5.1.- Caracterización general

En la tabla se adjunta el resumen de los resultados de los ensayos realizados sobre los materiales asignados a este nivel.

Sondeo / cata	Muestra	Profundidad (m)	Clasificación USCS	% Grava >5mm	% Arena 5 - 0,08 mm	% Finos <0,08mm	LL %	LP %	IP	Densidad seca (g/cm³)	Densidad aparente (g/cm³)	Humedad natural (%)	Densidad seca probeta (g/cm³)	Densidad aparente probeta (g/cm³)	Humedad natural probeta (%)	Compresión simple		Corte Directo CU, (UU)		Proctor Modificado		Hinchamiento libre (%) remoldeada al 95% PM	Presión de hinchamiento (kg/cm²)	Sulfatos solubles SO_3 (%)	Litología	Unidad geotécnica
																q_u (kg/cm²)	Def. a rotura (%)	c (kPa)	Ang Roz Int (°)	Densidad máxima (g/cm³)	Humedad óptima (%)					
MBI-S2	MI	1,2-1,7								1,67	1,88	12,8						30,60	39,00						Limos arenosos / arenas	IB / IIA
MEB-S1	MI	1,2-1,8																						< 0,1	Limo arenoso / arena	IB / IIA
MBI-C3	Granel	1,3	CL	0	16	84	37	23,6	13,4											2,00	11,49	5,50		< 0,1	Arcillas	IIA
MBI-S1	TP	2,4-2,6					31,8	24,1	7,7				2,28	2,50	9,40	18,24	2,99								Argilitas	IIB
MBI-S1	TP	4,6-5,1					25,7	16,4	9,3				2,38	2,54	6,54	40,46	2,40						0,00		Argilitas	IIB
MBI-S2	TP	2,7-3,0												2,37		43,00									Arena trabada y cementada (arenisca)	IIB
MEB-S1	TP	3,2-3,45											2,34	2,51	7,13	37,03	2,87								Arena trabada y cementada (arenisca)	IIB
MC1-S1	TP	4,8-5,1											2,44	2,59	6,14	68,40	3,20								"Argilita"	IIB
MC2-S1	TP	3,75-4,15											2,19	2,53	15,47	1,55	2,99								Argilita	IIB

Las litologías arcillosas son de plasticidad variable, de baja a media, con un límite líquido promedio del 31,5 % y un índice de plasticidad del 10,1.

Según SUCS, y sobre la base de que se trata de suelos de una granulometría dominantemente fina, se clasifican como CL “arcilla de baja media plasticidad con algo de arena”.

De los términos arenosos alterados no se dispone de ensayos de caracterización, no obstante y de forma orientativa podría asumirse los obtenidos en la balsa inferior y estación de bombeo para la UG-IB que tiene unas características similares ya que en ocasiones muestra un paso gradual (aumento de la trabazón) a la UG-IIA arenosa. Es decir, se catalogaría como arenas limosas (SM).

Para la parte alterada de este nivel (II-A) y de naturaleza arenosa se ha considerado el resultado obtenido en una muestra tomada en el tránsito IB a IIA. En el mismo se determina una densidad aparente de 1,88 g/cm^3 con una humedad del 12,8%.

Considerando los gráficos de Caltrans, para el valor de SPT característico que hemos asignado más adelante a la parte alterada (NSPT=25) se determina una densidad aparente de 2,0 g/cm^3.

A la vista de ello, para la parte alterada (IIA) arcillosa o arenosa se considera una densidad aparente de 1,95 g/cm^3.

Para la parte sana (III-B) se obtiene una densidad aparente media de 2,5 g/cm^3 con una humedad media del 9 %.

5.5.2.- Caracterización resistente por ensayos de campo

Para la caracterización resistente de este nivel se dispone de los siguientes ensayos de campo:

. Ensayos SPT

Sobre este nivel se han realizado 6 ensayos SPT, uno de ellos en el tránsito de la UG-IB a la II-A. Los resultados se reflejan en la tabla adjunta.

Zona Estudio	Sondeo	Profundidad (m)		Ensayo SPT					N_{60}	Litología dominante	Unidad geotécnica
				Nº de golpes/15 cm.				N_{SPT}			
				N_{15}	N_{15}	N_{15}	N_{15}				
Estación de Bombeo	S-1	1,80	2,2	29	56	R			**R**	Arena cementada	II-A/II-B
Cruce 1	S-1	1,60	2,2	1	3	10	21	13	**13**	Limo / Arena	I-B/II-A
	S-2	2,15	2,75	40	35	47	66	82	**82**	Argilita	II-B
Cruce 2	S-1	3,00	3,6	12	33	36	65	69	**69**	Argilita	II-A/II-B
Balsa Inferior	S-1	1,00	1,60	11	13	16	46	29	**29**	Arena limosa - limo arenoso	II-A
	S-2	1,70	1,9	69	R				**R**	Arena cementada	II-B

En el ensayo SPT del MEB-S1 realizado en el tránsito de la parte alterada a la sana, puede entenderse el primer tramo de golpeo como propio de la parte alterada (IIA), por lo que se determinaría un NSPT=58. (para la arena de alteración)

En el SPT del MC1-S1 realizado en el tránsito de la UG-IB a la II-A, consideramos que los tramos finales o únicamente el tramo final del ensayo serían característicos de la UG-II, por lo que se determinaría un NSPT para la misma de 31 a 42 (para la arena de alteración).

En el SPT del MC2-S1 realizado en el tránsito de la parte alterada (IIA) a la sana, consideramos que el tramo inicial como representativo de la IIA, por lo que se determinaría para la misma, un NSPT=24 (para arcilla de alteración).

En suma según la interpretación realizada, para la UG-IIA los golpeos de SPT serían de 24, 31 a 42, 58 y 29. Para los términos sanos los valores de NSPT serían de rechazo (especialmente en el caso de areniscas cementadas) o de golpeos muy elevados de 69 a 82.

. Golpeo de Muestras Inalteradas

Se ha realizado la toma de 3 muestras inalteradas dos de ellas en el tránsito de la UG-IB a la IIA, y la tercera en el tránsito de la parte alterada (IIA) y la sana del sustrato Terciario.

Zona Estudio	Sondeo	Profundidad (m)	Ensayo Toma de muestra Inalterada						Litología dominante	Unidad geotécnica
			Nº de golpes/15 cm.				N_{MI}	N_{SPT} (60% N_{MI})		
			N_{15}	N_{15}	N_{15}	N_{15}				
Balsa Inferior	S-2	1,20-1,70	14	24	39	R	63	38	Limo arenoso / Arena cementada	I-B/II-A
Estación de Bombeo	S-1	1,20-1,80	8	8	22	35	30	18	Limo arenoso / Arena cementada	I-B/II-A

En la muestra del MBI-S2 interpretamos que son los golpeos centrales los propios de la parte alterada (IIA) por lo que mantendríamos el SPT asignado de 38. El rechazo lo asociaríamos a la parición del sustrato sano (IIB).

En la muestra del MEB-S1 interpretamos que los dos tramos finales serían los correspondientes a la parte alterada (IIA) por lo que se estimaría un NSPT de 34.

En la muestra del MC1-S2 interpretamos el primer tramo de golpeo como propio de la UG-IIA, por lo que se estimaría un NSPT=39. El golpeo de rechazo lo asociaríamos a la UG-IIB.

. Ensayos DPSH

En la balsa inferior la UG-IIA se asocia al estrato resistente intermedio con un N20 medio de 17. El estrato resistente inferior con N20=63 y de rechazo correspondería con la parte sana.

En la estación de bombeo, la UG-IIA se asocia al estrato resistente intermedio con un N20 medio de 20. El estrato resistente inferior con N20 superiores a 50 y de rechazo correspondería con la parte sana.

En el cruce 1, la UG-IIA se asocia al estrato resistente inferior con un N20 medio de 25. El rechazo correspondería con la parte sana.

En el cruce 2, la UG-IIA se asocia al estrato resistente inferior con un N20 del orden de 30-40. El golpeo superior a 50 y de rechazo correspondería con la parte sana.

El golpeo (N_{20}) de los ensayos DPSH se puede traducir a valores de golpeo de SPT aplicando un factor general de 1,2.

Los resultados de los diferentes ensayos asignados a la parte alterada del sustrato (II-A) dan valores máximos de 58 y mínimos de 17-20, no observándose una tendencia específica en función de si el término alterado era arcilloso o arenoso. A los efectos se ha considerado como característico, NSPT=25.

Para el sustrato sano (IIB) el golpeo asignable sería superior a 50. No obstante a efectos posteriores de cálculo se considera un valor máximo de 50.

5.5.3.- Parámetros geotécnicos sustrato alterado (IIA)

Como ya se ha señalado anteriormente la composición de la parte alterada depende de la naturaleza del sustrato infrayacente, reconociéndose desde arcillas (alteración de argilitas) que tendrían un comportamiento de suelo cohesivo a arenas (alteración de areniscas) que tendrá un comportamiento de un suelo granular. Dado este diferente comportamiento se ha estimado los parámetros geotécnicos para ambos tipos de comportamiento.

<u>Suelo arcilloso (Cohesivo).</u>

- *Resistencia a compresión simple (q_u) y cohesión a corto plazo (c_u)*

De acuerdo al valor de SPT (25) se establece, para arcillas de media plasticidad, aplicando la expresión de Pasqualini, una resistencia a compresión simple de 3,5 kg/cm^2 y aplicando el gráfico de Stroud, una resistencia a compresión simple de 3,2 kg/cm^2 para arcillas de media plasticidad y de 1,8 Kg/cm^2 para arcillas de alta plasticidad.

Marangon estima que c≅ N/α donde α tendría valores de 13 para arcillas de mediana plasticidad y 23 para arcillas de baja plasticidad. Terzaghi y Peck (1948) sugieren un valor general de α de 15.

Stroud (1974) para arcillas no sensitivas propone la siguiente expresión de cálculo de la cohesión sin drenaje (c_u):

$$c_u(KN/m2) = K \times NSPT$$

El valor de K puede variar entre 3,5 y 6,5 kN/m^2. Para suelos de mediana plasticidad suele adoptarse un valor de 5 y de 4 para arcillas de baja plasticidad.

Con estas tres últimas expresiones se obtendrían valores de cohesión sin drenaje del orden de 1,25 a 1,9 kg/cm^2 términos de media plasticidad y de 1,0 a 1,1 para los términos de baja plasticidad.

Por ello, considerando el conjunto de resultados tanto de términos de media como de baja plasticidad, adoptamos un valor de resistencia a compresión simple característica de 2,5 kg/cm^2 y una cohesión sin drenaje de 1,2 kg/cm^2 (mitad de la compresión simple).

- *Ángulo de rozamiento interno*

Aplicando la expresión de Jiménez Salas para suelos arcillosos-limosos españoles con contenidos en carbonatos < 12% (en CO2): 34,9º-0,338*Ip

se determina un ángulo de rozamiento interno de 31º (para un IP medio de 10) para el IP máximo (13,4) es de 30º.

Según expresión de Sorenson y Okkels (2013) para arcillas normalmente consolidadas y a partir del índice de plasticidad promedio (PI) se obtendría un ángulo de rozamiento interno de 30º y de 28 con el IP máximo.

ϕ=44-14*log(PI) si IP<50 y ϕ=30-6*log(PI) si IP>=50.

A la vista de ello, adoptamos el menor de los valores obtenidos: 28º.

- *Módulo de deformación elástica*

Para la estimación de la deformabilidad de las arcillas a partir del SPT se aplica la correlación de Stroud (1974). Para los valores de IP obtenidos, puede considerarse una relación E/N= 1600 a 1400kPa, de donde se obtendría un módulo de deformación de 375 kg/cm^2 (E/N adoptado de 1500).

También puede estimarse según la fórmula propuesta por Henkel y Wroth E= 220xc_u, obteniéndose para c_u=1,2 kg/cm^2 un módulo de deformación de E= 265 kg/cm^2.

A la vista de ambos resultados, se adopta para el cálculo el valor E=320 kg/cm^2.

<u>Suelo arenoso (Granular).</u>

- *Densidad relativa (Dr)*

Según las expresiones del apartado 5.3.3 se estima una Dr=60%.

- *Ángulo de rozamiento interno*

Según las expresiones del apartado 5.3.3. se estiman ángulos de rozamiento interno de 34 a 39º, promedio de 37º.

Asumiendo un comportamiento mixto, y aplicando la expresión recogida en PARRA y RAMOS (2006) en arcosas españolas:

$$\phi^{o} = 5{,}35 \cdot \ln N + 14{,}44^{o}$$

En este caso se estima un ángulo de rozamiento interno de 32º.

En el ensayo de corte directo tipo CU, realizado en una muestra de tránsito entre IB y IIA arenoso se obtiene un ángulo de rozamiento interno de 39º.

Considerando estos resultados y que el comportamiento principal de estos materiales sería de tipo granular, se establece un ángulo de rozamiento interno de 35º.

- *Cohesión*

De considerar un comportamiento mixto, puede aplicarse la expresión recogida en PARRA y RAMOS (2006) para arcosas españolas:

$$C_u = 0{,}22 \cdot \ln N - 0{,}40$$

Según esta expresión se estima una cohesión de 0,3 Kg/cm^2.

En el ensayo de corte directo tipo CU, realizado en una muestra de tránsito entre IB y IIA arenoso se obtiene una cohesión de 30 KPa.

A la vista de ello y dado el comportamiento principalmente granular de este terreno, adoptamos un valor de cohesión ligeramente inferior y semejante al asignado a la IB de 0,2 Kg/cm^2.

- *Módulo de deformación*

Según las expresiones del apartado 5.3.3. considerando un comportamiento de suelo arenoso, se estima un valor de módulo de deformación de 200 Kg/cm^2.

Unidad geotécnica	N_{SPT}	Densidad (t/m^3)	Resistencia a compresión simple (Kg/cm^2)	Cohesión (kg/cm^2)	Ángulo de rozamiento interno (º)	Módulo deformación(kg/cm^2)
II-A arcilloso	25	1,95	2,5	1,2	28	320
II-A arenoso	25	1,95		0,2	35	200

5.5.4.- Parámetros geotécnicos sustrato sano (IIB)

Para el sustrato sano (UG-IIB) el comportamiento sería propiamente el de un macizo rocoso de calidad buena (RQD del 82%), formado principalmente por rocas de dureza muy blanda a blanda (argilitas) y con intercalaciones de variable espesor de rocas de resistencia blanda (areniscas).

- Resistencia a compresión de la roca matriz

Para la caracterización resistente de las litologías que componen este nivel, se dispone de 6 ensayos de resistencia a compresión simple.

En las areniscas se han obtenido valores de resistencia a compresión simple de 37 a 43 Kg/cm2.

En las argilitas se han obtenido valores de resistencia a compresión simple de 18, 40 y 68 Kg/cm^2. En un cuarto ensayo se obtuvo un valor de rotura de 1,5 Kg/cm^2 que no se ha considerado ya que la probeta rompió a favor de una discontinuidad. Consideramos que los valores de resistencia a rotura más elevados obtenidos en las argilitas serían más propios de términos areniscosos.

Según el valor de NSPT de rechazo se estimarían resistencias a compresión superiores a 8-10 Kg/cm^2.

A la vista de ello podría adoptarse los siguientes valores:

. Para las argilitas un valor de resistencia a compresión simple de **18 Kg/cm^2.**

. Para las areniscas puede considerarse un valor de resistencia a compresión simple de **47 Kg/cm^2.**

- Módulo de deformación de la roca matriz

Rodríguez Ortiz (Curso Aplicado de Cimentaciones. Rodríguez Ortiz et al., 1989) propone para lutitas una relación E/σ_c= 50-300. Para un valor medio de 150, siendo σ_c = 29 Kg/cm^{2}se obtiene un módulo elástico E=2700 Kg/cm^2.

Para las areniscas y limolitas, la relación E/σ_c= 100-400. Adoptando un valor de 250, siendo σ_c = 47 Kg/cm^{2}se obtiene un módulo elástico E=11750 Kg/cm^2.

Macizo rocoso

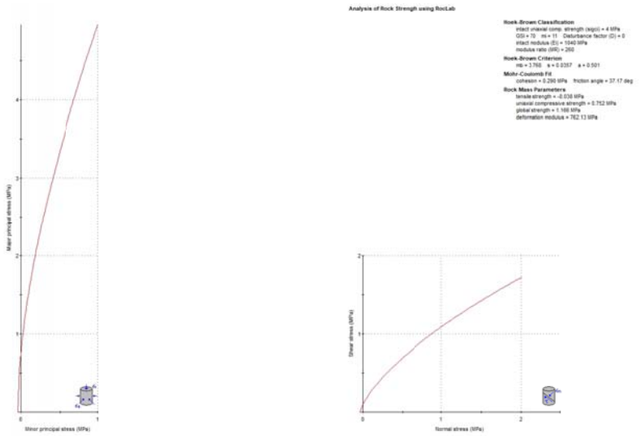
Los parámetros geotécnicos generales del macizo rocoso dependen no sólo de los asociados a cada uno de los tipos litológicos que lo forman, sino también de la relación porcentual de los mismos y del grado de fracturación. Su asignación se estable sobre las siguientes premisas:

.Existe una marcada variación porcentual entre las dos litologías extremas, tanto por unidad de obra como en la misma unidad de obra. En este sentido se ha adoptado un valor general de resistencia a compresión simple que corresponde con el promedio de los valores de los cinco ensayos de compresión simple válidos. Concretamente una resistencia a compresión simple de 41 Kg/cm^2.

. Su grado de fracturación se define a partir del RQD ponderado obtenido y que fue del 82%.

Según la caracterización del macizo rocoso señalada puede estimarse los parámetros geotécnicos del mismo mediante la aplicación del programa roclab v1.0 de Rocscience.

Los parámetros geotécnicos obtenidos se reflejan en la figura adjunta, de ellos destacamos los siguientes: cohesión 2,9 Kg/cm^2; ángulo de rozamiento: 37º y módulo de deformación, E=7620 Kg/cm^2.



En la tabla adjunta se resumen los parámetros geotécnicos asignados.

Unidad geotécnica	NSPT	Densidad (t/m3)	Resistencia a compresión simple macizo rocoso (Kg/cm^2)	Cohesión macizo rocoso (Kg/cm2)	Ángulo de rozamiento interno macizo rocoso (º)	Módulo deformación macizo rocoso (kg/cm^2)
II-B macizo rocoso (roca mezcla variable de argilitas y areniscas)	Rzo	2,51	41	2,9	37	7620

<u>Otros aspectos geotécnicos. NIVELES ALTERADO (II-A) y SANO (II-B)</u>

- Colapsabilidad

Dada la naturaleza de los materiales se descartan problemas de colapsabilidad.

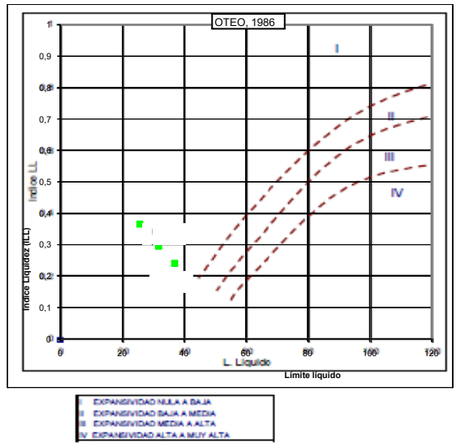
- Expansividad (términos argiliticos)

Es en los términos de arcillas-argilitas para los que se valora la expansividad potencial, ya que las areniscas que aparecen alternantes o intercaladas, por su naturaleza composicional no son expansivas.

Según los valores de plasticidad se catalogarían como arcillas de baja a mediana plasticidad (CL)y en base a la tabla siguiente, se calificaría dentro de las categorías I a II, de expansividad baja a baja-media.

Grado	Expansividad	Finos %	LL	Ind. Lambe kPa	Presión Hincham. Kpa	Hincham. Libre %
I	Baja	<30	<35	<80	<25	<1
II	Baja a Media	30-60	35-50	80-150	25-125	1-4
III	Media a alta	60-95	50-65	150-230	125-300	4-10
IV	Muy alta	>95	>65	>230	>300	>10

Aplicando los criterios de expansividad basados en la plasticidad y humedad del suelo (Oteo, 1986 para suelos españoles) reflejados en la figura adjunta puede observarse que las muestras ensayadas caen en el campo I de expansividad nula-baja.



Se ha realizado 1 ensayos de determinación de la presión de hinchamiento, obteniéndose una nula expansividad.

En el ensayo de hinchamiento libre sobre una muestra arcillosa-argilitica compactada al 98% del PM se obtuvo un valor del 5,5%, algo elevado con lo esperable a partir de los datos antes expuestos y de los que se deduciría hinchamientos libres por debajo del 4%.

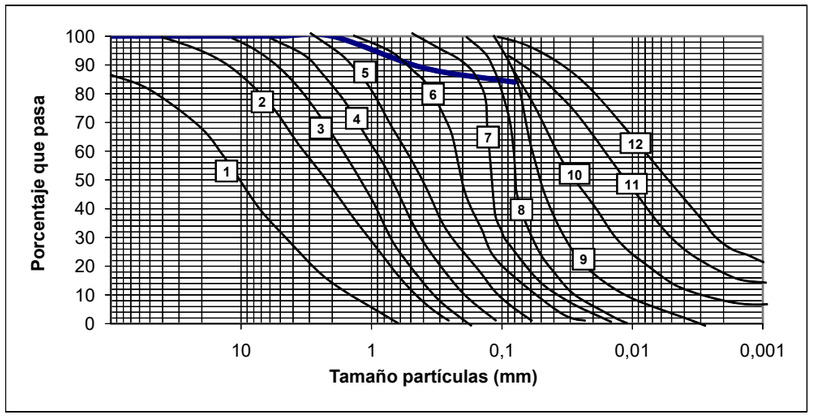
A la vista de estos resultados, las arcillas-argilitas se catalogarían como de expansividad baja a nula.

- Permeabilidad

La permeabilidad de esta unidad es muy variable, y depende de si nos disponemos sobre la parte alterada arcillosa o es la parte alterada arenosa, o bien corresponde con la parte sana del sustrato, y en este caso estará condicionada por las litologías que lo componen y la densidad de discontinuidades.

En este sentido, para los términos arcillosos de la parte alterada, la permeabilidad se ha estimado comparando la granulometría de laboratorio con las curvas de Breddin (figura adjunta). La cola de la curva obtenida en laboratorio apuntan a unas clases superiores a 9-10, por lo que les corresponde permeabilidades **$K \leq 10^{-5}$ cm/s,** típicas de unos terrenos prácticamente impermeables.

CLASE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K (cm/s)	3	0,7	0,1	0,05	9.10^{-3}	5.10^{-3}	2.10^{-3}	7.10^{-4}	7.10^{-5}	1.10^{-5}	$<1.10^{-5}$	$<<1.10^{-5}$



Para la parte alterada de composición arenosa, dado que consideramos que su granulometría sería a grandes rasgos muy similar a la UG-IB, la permeabilidad orientativa asignable sería la indicada para dicha unidad, es decir un valor de K **de 10^{-2} a 10^{-3} cm/s**.

Para el macizo rocoso sano formado por una mezcla variable de argilitas prácticamente impermeables y de areniscas algo permeables y que presenta un espaciado decimétrico de las discontinuidades, asignaríamos una permeabilidad orientativa igual o superior a **10^{-4} cm/s**.

En suma la unidad en su conjunto sería algo a poco permeable.

- Agresividad a los hormigones

En el ensayo realizado se ha determinado un contenido en sulfatos <0,1% por lo que se catalogaría al terreno como no agresivo a los hormigones por sulfatos, según el Código Estructural.

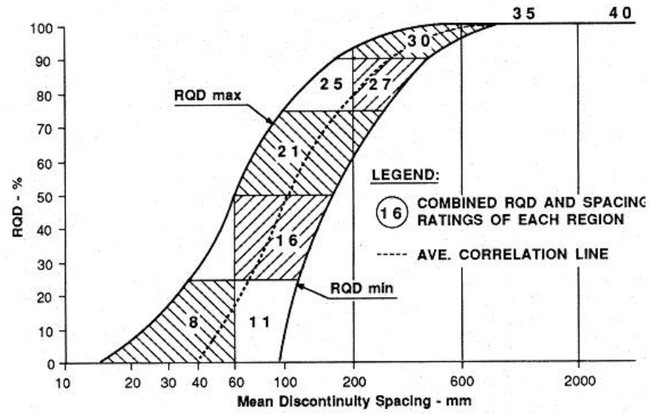
- - Excavabilidad

Respecto a las excavaciones que alcancen este nivel puede decirse que la parte superior alterada es excavable con medios convencionales.

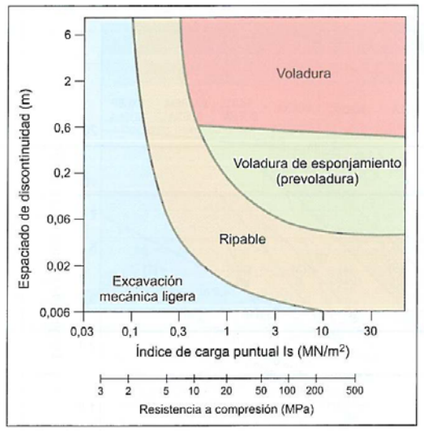
La excavación del sustrato sano dependerá de la composición del mismo. En este sentido y por litologías puede decirse que las argilitas son excavables con medios convencionales (excavadora) pero potentes a ripables. Las areniscas, limolitas de aparecer en estratos centimétricos y poco cementadas son excavables con medios convencionales (excavadora) pero potentes a ripables. De aparecer en bancos con espesores decimétricos a métricos (superiores a 0,2-0,3 m) su excavación con medios potentes es difícil y requerirían del uso de martillo picador y se catalogarían como terrenos ripables.

Se analiza de forma general la excavabilidad del macizo rocoso, sobre la base del RQD ponderado del mismo (82%) y la resistencia a compresión simple ponderada determinada de 41 Kg/cm^2.

Para valorar el espaciado de las discontinuidades se puede aplicar la gráfica siguiente debida a Priest y Hudson (1976). Con un RQD medio de 82% el espaciado medio sería de unos 20 cm.



Con dicho espaciado (20 cm) y aplicando los criterios de Franklin para la ripabilidad (figura adjunta), con una compresión simple ponderada de 4MPa nos encontraríamos que el sustrato sano (IIB) en general, se catalogaría como ripable.



No obstante y como ya hemos indicado anteriormente, en el caso de aparecer grandes bancos de areniscas, sería necesario el apoyo del martillo picador.

- Aprovechamiento de los materiales

<u>La excavación de la parte alterada (IIA)</u>, tanto de naturaleza arcillosa como arenosa, generaría un suelo que desde el punto de vista de granulometría y plasticidad se calificaría como un suelo Tolerable (PG-3) con un variable contenido en cantos (fragmentos de argilitas y areniscas menos alterados) a priori de reducido tamaño. En el caso del sustrato alterado dominantemente arcilloso, por el hinchamiento libre obtenido, a priori entendemos algo elevado respecto a lo esperable según su plasticidad, se catalogarían como suelos marginales.

Para su puesta en obra, en el caso de los términos alterados arcillosos, se ha realizado un ensayo de compactación Proctor Modificado, obteniéndose los siguientes valores:

- Densidad máxima: 2,0t/m^3
- Humedad óptima: 11,49 %

En los términos alterados de composición arenosa no se ha realizado ensayo específico, no obstante consideramos puede ser aplicado el resultado obtenido en la UG-IB que consideramos de una granulometría similar. Concretamente los resultados obtenidos para dicha unidad son:

- Densidad máxima: 2,08 t/m^3
- Humedad óptima: 9,24 %

Para los suelos arcillosos procedentes de la alteración del sustrato (IIA), a los efectos de su comportamiento geomecánico una vez compactados, puede considerarse los datos orientativos procedentes de:

. La NAVFAC (1971) que establece unas propiedades típicas para diferentes suelos compactados. Considerando un suelo arcilloso de media a baja plasticidad (CL), se asignaría un valor de ángulo de rozamiento interno de 28º y una cohesión de 8 t/m^2.

. Según los datos expuestos en la publicación de Estaire J. et al ("Ábacos para el dimensionado de los taludes de las secciones definidas en el Manual de diseño, construcción y mantenimiento de balsas"). En este caso para un suelo CL compactado y no saturado se asigna una cohesión de 0,75 KPa y 30º de ángulo de rozamiento interno.

En suma para los suelos arcillosos de alteración puede considerarse como parámetros de corte para el cálculo de estabilidad del terraplén los siguientes:

- Ángulo de rozamiento interno: 28º
- Cohesión: 70kPa

Para los términos arenosos procedentes de la alteración del sustrato (IIA) adoptaríamos los valores establecidos para la IB, a saber:

- Ángulo de rozamiento interno: 31º.
- Cohesión: 50kPa.

La excavación de la parte sana (IIB), generaría un material tipo todo-uno a pedraplén, dependiendo de la relación porcentual de argilitas y de areniscas.

Para el dique se debe descartar el aprovechamiento de granulometrías de pedraplén ya que supondría espesores de tongada excesivos, difíciles de compactar adecuadamente.

En este sentido es crucial que el sistema de excavación garantice la máxima fragmentación de los términos rocosos, en especial de las areniscas y limolitas cementadas, de forma que pueda obtenerse una granulometría tipo todo-uno (PG-3)..

RELLENOS TODO-UNO			
	MATERIALES	NLT/UNE	
GRANULOMETRÍA (*)		103101	# 0,080 < 35%, 30% < # 20 < 70%
			# 20 < 30%, # 0,080 > 10%
			Material para pedraplén pero con Dmax < 100 mm

*: Cualquiera de las tres alternativas

El todo-uno obtenido de la excavación por efecto de la compactación, puede modificar su granulometría dependiendo de su composición, ya que los términos de argilitas y areniscas-limolitas trabados pero no cementados son disgregables y fragmentables con facilidad por los medios de compactación, mientras que las areniscas-limolitas cementadas serían algo fragmentables pero escasamente disgregables. Por dicho motivo el todo-uno de una composición más argilitica podría pasar a un suelo arcilloso con cantos donde la fracción fina sería muy abundante y plástica. El todo-uno con una composición dominante de areniscas-limolitas cementadas generaría un material asimilable a una grava gruesa con una variable fracción fina de composición básicamente arenosa y a priori poco plástica o sin plasticidad, podría variar entre una GC-GM a GW-GP.

De garantizarse estas granulometrías los materiales según este parámetro serían aprovechables en diques.

Para el todo-uno que se obtengan de la excavación de la parte sana II-B, en fase de obra, se deberán realizar los ensayos de laboratorio para su caracterización PG-3 y de Proctor Modificado para determinar los parámetros de compactación óptimos. También deberá verificarse que la excavación y tratamientos posteriores de extendido y compactación garantizan o la disgregación general del mismo o en su defecto una granulometría de grava.

A los efectos de su comportamiento geomecánico una vez compactados, nos encontraríamos con dos posibles situaciones antes descritas:

. Un suelo arcilloso con cantos, al que asignaríamos los mismos parámetros de corte que los asignados al IIA.

. Un suelo granular grueso, considerando que la excavación y fragmentación durante la compactación ha garantizado dicha granulometría. En este caso la estimación de parámetros se realiza utilizando datos orientativos de las siguientes fuentes:

- La NAVFAC, para gravas tipo GC-GM un valor mínimo de ángulo de rozamiento interno de 31º y una cohesión nula. Para gravas de tipo GW-GP un ángulo de rozamiento mínimo de 37º y una cohesión nula.
- Los datos expuestos en la publicación de Estaire J. et al ("Ábacos para el dimensionado de los taludes de las secciones definidas en el Manual de diseño, construcción y mantenimiento de balsas"). Para una grava GW-GM en condiciones no saturadas se asigna una cohesión de 15 a 50 KPa (en condiciones saturadas sería de 10 a 15 KPa) y un ángulo de rozamiento interno de 40 a 32,5º.

A la vista de ello, y considerando que en general la matriz sería de baja plasticidad (dominaría el comportamiento friccional), puede considerarse como parámetros de corte para el cálculo de estabilidad del terraplén los siguientes:

- Ángulo de rozamiento interno: 33º
- Cohesión: 10 kPa

Para su puesta en obra en lo que respecta a espesor de tongadas y método de compactación se aplican las gráficas incluidas en el apartado 5.2.4. Según dichas gráficas para los materiales procedentes de la parte alterada (IIA arcilloso o arenoso) sería aconsejable tongadas de 30 cm y un tratamiento de desmenuzado de los mismos (extendido con tractores de cadenas, etc). Por el contenido en finos, el método más aconsejable sería el uso del rodillo pata de cabra.

De predominar los términos arcillosos deberá realizarse del lado húmedo.

Para los materiales procedentes de la excavación de la parte sana (IIB), puesto que se encontrarían fragmentos de tamaño superior a 2 cm sería recomendable tongadas de 40 cm. Dado que el espesor de tongada debe ser superior a 1,5 veces el tamaño máximo del material, para construir el dique con tongadas de espesor uniforme de no más de 40 cm, el tamaño máximo del todo-uno se deberá limitar a 250 mm.

En la compactación del material, se puede optar por emplear en las primeras pasadas un rodillo pata de cabra vibrante, para fragmentar los bloques de arenisca, limolita y argilita, y posteriormente utilizar rodillo vibratorio.

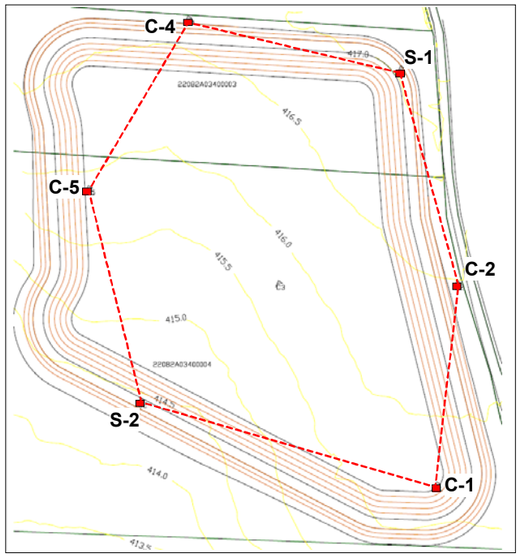
6. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

6.1. BALSA SUPERIOR

Está proyectada sobre un terreno agrícola de secano.

El estudio del terreno ha consistido en el reconocimiento geológico superficial por técnico geólogo y en su caracterización geotécnica basada en los trabajos de campo y ensayos de laboratorio ejecutados.

Los trabajos de campo fueron los siguientes: 2 sondeos (MBS-S1 y MBS-S2) y 5 calicatas (MBS-C1 a MBS-C5). La situación de los mismos se refleja en la figura adjunta que también se incluye en el plano del anejo I.



6.1.1. Características de la balsa

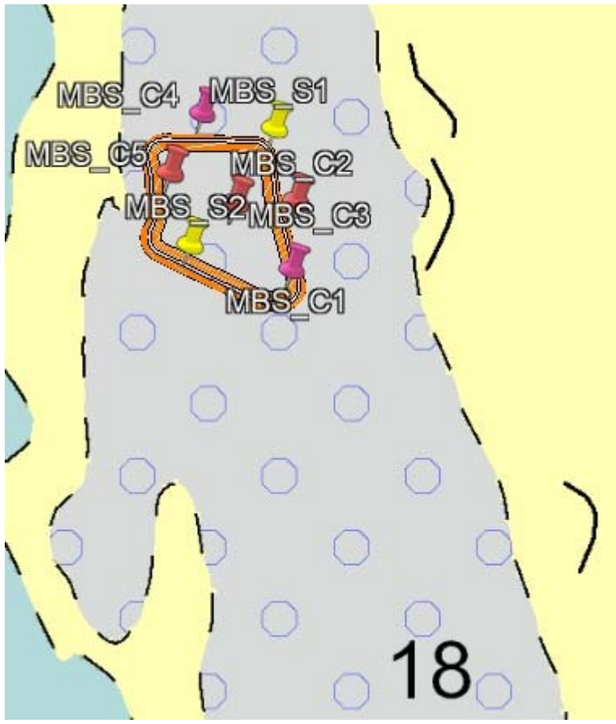
La balsa proyectada es mixta, parte excavada y parte terraplenada. Sus características geométricas son las siguientes:

- Cota de coronación: 418,75 m
- Cota de fondo: 413,75 m
- Cota terreno aproximada: 414 a 417 m
- Anchura coronación: 4,5 m
- Talud exterior terraplén: 2H/1V
- Talud interior: 2,5H/1V

Se proyecta la colocación de una lámina para impermeabilización del vaso.

6.1.2. Modelo geológico-geotécnico

En la figura siguiente se muestra el emplazamiento de la Balsa sobre la hoja nº 326 MONZÓN del Mapa Geológico 1:50.000 del IGME.

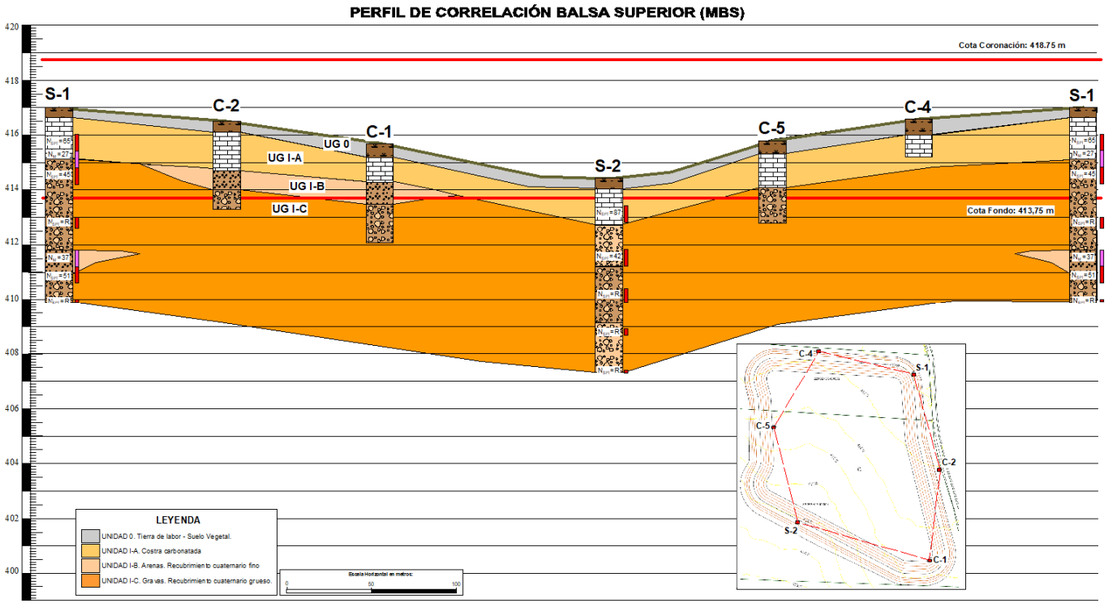


En base a dicho mapa, la balsa estaría situada sobre la unidad cartográfica 18 que corresponde con un recubrimiento cuaternario de terraza alta.

A partir de los ensayos de campo y de laboratorio, se han distinguido las siguientes unidades geotécnicas:

- UG 0: Tierra de labor, suelo vegetal y rellenos.
- UG IA: Costra Carbonatada.
- UG IB: Recubrimiento cuaternario fino.
- UG IC: Recubrimiento cuaternario grueso.

La distribución horizontal y en profundidad de estos niveles se refleja de forma esquemática y gráfica en los correspondientes perfiles de correlación del anejo VI y en la figura siguiente.



Dichos niveles se han caracterizado geotécnicamente en el capítulo 5, en el que se pueden consultar los parámetros geotécnicos asignados.

- UG 0: Tierra de labor

Presenta un espesor medio de 0,40 m. Carece de interés geotécnico y deberá ser retirada.

- UG IA: Recubrimiento Cuaternario de terraza. Costra carbonatada

Aparecen a una profundidad media de 0,40 m por debajo de la UG 0.

Se encuentra constituida por unas arenas con gravillas variablemente cementadas por carbonatos, constituyendo una costra carbonatada blanquecina - marrón blanquecina. Esta cementación, caso de la calicata C-4, es muy intensa y determina un nivel de conglomerado.

Presenta un espesor de 0,9 a 1,4 m (espesor medio de 1,2 m). Alcanzando profundidades de 1,4 a 1,9 m..

- UG IB: Recubrimiento cuaternario de terraza. Suelo granular fino (NSPT=22)

Están formados por arenas finas limosas a arcillosas marrón ocres y densas. Aparecen como intercalaciones dentro de la UG-IC (caso del MBS-S1) o a techo de la misma (caso de MBI-C1 y C2) también se interpreta su presencia a techo en el MBS-S1. Su espesor es de 0,7 a 0,9 m.

- UG IC: Recubrimiento cuaternario de terraza. Suelo granular grueso

Aparece, tanto por debajo de la UG I-A como por debajo de la I-B o directamente bajo la tierra de labor (UG-0). Está constituida por gravas heterométricas, subredondeadas a subangulosas, con matriz arenosa marrón ocre, presentando algún canto y bloque calizo. Se ha reconocido la presencia de tapizados carbonatados en superficies de los cantos y encostramientos localizados de las gravas.

Esta unidad geotécnica puede presentar intercalaciones arenosas de la UG I-B a priori de espesores inferiores a 1 metro.

Aparece a profundidades de 1,7-1,9 a 2,5 m, y se extiende al menos hasta las profundidades de investigación alcanzadas.

Por último hasta la profundidad alcanzada no se ha detectado nivel de agua en el terreno.

6.1.3. Estabilidad de taludes en excavación

No existen desmontes por encima del camino de coronación. El desmonte interior bajo camino de coronación se proyecta con un talud 2,5H/1V. La situación más desfavorable la centraríamos en el entorno del sondeo MBS-S1.

Concretamente el modelo analizado, tras la eliminación de 0,4 m de tierra de labor, consta de:

. Un dique sobre desmonte de 2,2 m de altura. Dada la heterogeneidad de los materiales que lo pueden componer se ha considerado las condiciones geotécnicamente más desfavorables de las expuestas en el apartado 6.1.5. Mayoritariamente la composición del terraplén sería el de una grava.

- Densidad aparente: 2,27 g/cm^3.
- Ángulo de rozamiento interno: 31º
- Cohesión: 10 KPa.

. Por debajo del dique, un espesor de la UG-IA de 1,2 m, bajo la misma la UG-IB con 0,3 m de espesor y finalmente la UG-IC.

. Sin nivel de agua.

Se realiza el análisis con el programa SLIDE v6.0, cuya salida gráfica se incluye en el anejo VII.

Mediante la aplicación del programa indicado se obtiene un factor de seguridad de 2,2 para el desmonte en su conjunto. De forma local y pelicular en el nivel IC de gravas el factor de seguridad es de 1,68. Ambos factores garantizan la estabilidad del talud de excavación.

6.1.4. Excavabilidad

En la excavación de la balsa se verán afectados todos los niveles geotécnicos identificados.

La UG 0 es excavable con medios convencionales y también lo es la UG-IB y IC. La costra carbonatada UG-IA es excavable con medios potentes a ripable, no descartándose que en las zonas más cementadas pueda ser necesario el uso puntual del martillo picador.

6.1.5. Aprovechamiento de materiales excavados

Como se ha indicado en el apartado anterior de las excavaciones se obtendrán materiales de todas las unidades reconocidas en la balsa.

Respecto a su reutilización en obra señalar:

- La tierra de labor (UG-0) deberá retirarse y acopiarse para usos posteriores de revegetación de taludes o nivelaciones agrícolas.

- UG IA. Según lo indicado en el apartado correspondiente del punto 5.2.4. La excavación de este terreno va a generar desde un todo-uno a una grava limosa-arenosa, pudiendo incluso obtenerse un material tipo pedraplén en las zonas mas cementadas.

Para el dique se debe descartar el aprovechamiento de granulometrías de pedraplén ya que supondría espesores de tongada excesivos, difíciles de compactar adecuadamente.

En este sentido para su aprovechamiento en los diques, es crucial que el sistema de excavación y puesta en obra, garantice la máxima fragmentación de los términos cementados, de forma que pueda obtenerse una granulometría tipo todo-uno (PG-3) o bien tipo grava y que según PG3 se catalogaría (por granulometría y plasticidad) como un suelo seleccionado.

El todo-uno y grava obtenidos de la excavación por efecto de la compactación, puede modificar su granulometría dependiendo de su grado de encostramiento, ya que los fragmentos de costra menos cementados son disgregables y fragmentables con facilidad por los medios de compactación. Por dicho motivo el todo-uno y/o grava extraído, puede pasar a un suelo arenoso, con características propias de suelos adecuados a tolerables.

- UG-IB. Según lo indicado en el apartado correspondiente del punto 5.3.4. se catalogaría como un suelo tolerable y aplicable en los diques sin especiales limitaciones.

- UG-IC. Según lo indicado en el apartado correspondiente del punto 5.4.4. se catalogaría como un suelo seleccionado a adecuado y aplicable en los diques sin especiales limitaciones.

Para la puesta en obra de cada uno de estos materiales, según los apartados 5.2.4., 5.3.4. y 5.4.4., se han establecido los siguientes valores para una compactación al 98% del PM:

UG-IA.-
- Densidad máxima seca: 1,77 t/m^3
- Humedad óptima: 16,6 %

UG-IB.-
- Densidad máxima seca: 2,08 t/m^3
- Humedad óptima: 9,24 %

UG-IC.- No se ha realizado ensayo específico (Proctor modificado) para determinar las condiciones de puesta de obra de los mismos, por lo que en fase de obra deberán realizarse. No obstante, por experiencia en similares materiales, la densidad para compactaciones del 98% del PM sería igual o superior a 2,1 g/cm^3.

Los criterios generales de puesta de obra de cada uno de estos materiales se han indicado en los apartados citados anteriormente, y a modo de resumen son los siguientes:

UG-IA.- Considerando que se obtenga una granulometría de grava, lo aconsejable serían tongadas de 40 cm. Ante la posibilidad de una disgregación mayor del material y reducción de la granulometría, debería contemplarse tongadas de 35 cm. En cualquier caso durante la puesta en obra deben eliminarse los fragmentos no disgregables de tamaños no compatibles con el espesor final de tongada (condición PG-3, tamaño máximo de 2/3 del espesor de tongada). En este sentido, para los espesores de tongadas indicados los tamaños máximos serían del orden de 25 cm.

Para la granulometría de grava obtenida el método de compactación más adecuado sería con rodillo liso vibratorio. No obstante y ante la posibilidad de una disgregación alta de los mismos e incremento de la fracción fina, consideramos deberían aplicarse de forma combinada el rodillo pata de cabra y el liso vibratorio.

UG-IB.- Tongadas del orden de 30 cm y como método de compactación usar el rodillo pata de cabra y el rodillo liso.

UG-IC.- Para su puesta en obra en lo que respecta a espesor de tongadas y método de compactación se aplican las gráficas incluidas en el apartado 5.1.4. Según dichas gráficas el espesor de tongadas aconsejable sería de 40 cm y su compactación con rodillos lisos vibratorios.

Finalmente, en lo referente al comportamiento de estos materiales compactados, según se ha indicado en los apartados referidos anteriormente, los parámetros de corte asignados son los siguientes:

UG-IA
- Ángulo de rozamiento interno: 34º.
- Cohesión: 20kPa.

UG-IB
- Ángulo de rozamiento interno: 31º.
- Cohesión: 50kPa.

UG-IC
- Ángulo de rozamiento interno: 32º.
- Cohesión: 10kPa.

6.1.6. Fondo de balsa

Según el perfil de correlación elaborado e incluido en el apartado 6.1.2., el fondo de la balsa estaría en cualquiera de las tres unidades que conforman el recubrimiento cuaternario de terraza, IA, IB o IC.

Ninguna de estas unidades, presenta problemas de colapsabilidad, ni hinchamiento y ni de capacidad soporte por lo que no será necesario tratamiento alguno de saneo.

En las zonas, donde el fondo de la balsa se disponga en las gravas de la UG-IC, dada la granulometría de este terreno la superficie de excavación obtenida sería rugosa por lo que dificultaría la adecuada colocación de la lámina impermeabilizante y además podría suponer un riesgo potencial de punzonamiento.

No es descartable también que la excavación de la UG-IA genere una superficie irregular.

A este respecto consideramos que si tras la compactación, existen zonas donde la superficie obtenida fuera irregular sería necesario refinos de las mismas mediante la disposición de suelos finos.

Este mismo tratamiento sería necesario en los taludes interiores.

6.1.7. Cimiento del dique

Según el perfil de correlación, tras la eliminación del suelo vegetal, el apoyo del terraplén de la balsa sería sobre la UG-IA que tiene una buena capacidad portante y no plantea problemas de colapsabilidad ni de hinchamiento, por lo que no será necesario aplicar medidas específicas (saneos, etc), únicamente la conveniente regularización de la superficie de apoyo y su compactación en las zonas donde la excavación haya alterado el terreno.

La situación más desfavorable de apoyo del dique sería la del entorno del sondeo MBS-S2, a saber:

. Terraplén de 4,8 m de altura (tras eliminación del suelo vegetal) construido con los materiales procedentes de la excavación. A los efectos y dada la heterogeneidad de los que se obtendrían, se han considerado los valores más desfavorables, detallados en el apartado 6.1.3.

. Por debajo, aparecería la UG-IA con un espesor de 1,3 m y tras la misma directamente las gravas de la UG-IC

. Sin nivel de agua

Se ha analizado el asiento elástico para las condiciones más desfavorables mediante el programa Settle3d v2.0, cuya salida gráfica se incluye en el anejo VII, y que refleja un asiento de 3,3 cm a priori asumible por una estructura flexible como es un terraplén de tierras.

6.1.8. Estabilidad terraplén-cimiento

En el análisis de estabilidad del terraplén-cimiento se han calculado los círculos de rotura que pasan por el cimiento y también por el terraplén (salidas gráficas del programa de cálculo SLIDE en el Anejo VII).

La sección más desfavorable es la indicada en el apartado anterior (6.1.7).

En la siguiente tabla se muestran los coeficientes de seguridad mínimos indicados en el "Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas" (CEDEX, 2010) y los obtenidos en el cálculo.

COEFICIENTES DE SEGURIDAD (F.S.)		
Terraplén-cimiento		
Situación	Mínimo requerido	FS calculado
Final construcción	1,2	2,28
Embalse lleno	1,5	2,26
Rotura de lámina	1,3	2,10
Desembalse Rápido	1,1	1,99

Los FS obtenidos cubren holgadamente los requisitos de seguridad.

Dado que la aceleración sísmica básica asignada a los términos municipales de Monzón y Binefar, en los que se enclava la zona de actuación, es inferior a 0,04g y de acuerdo al "Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas" (CEDEX, 2010), no se hace necesario el análisis de estabilidad a embalse lleno en situación de sismo.

En cualquier caso, de acuerdo a los ábacos de dimensionamiento incluidos en el citado manual, para la altura del dique máxima (de 5,0 m) y un terraplén compuesto principalmente por gravas, las inclinaciones proyectadas son más tendidas que la establecida como máxima en dichos ábacos para diferentes situaciones de sismo, por lo que aunque no es necesario el análisis de estabilidad frente al sismo, de acuerdo a dichos ábacos también estaría garantizado el cumplimiento del FS frente a esta situación.

6.1.9. Agresividad a los hormigones por sulfatos

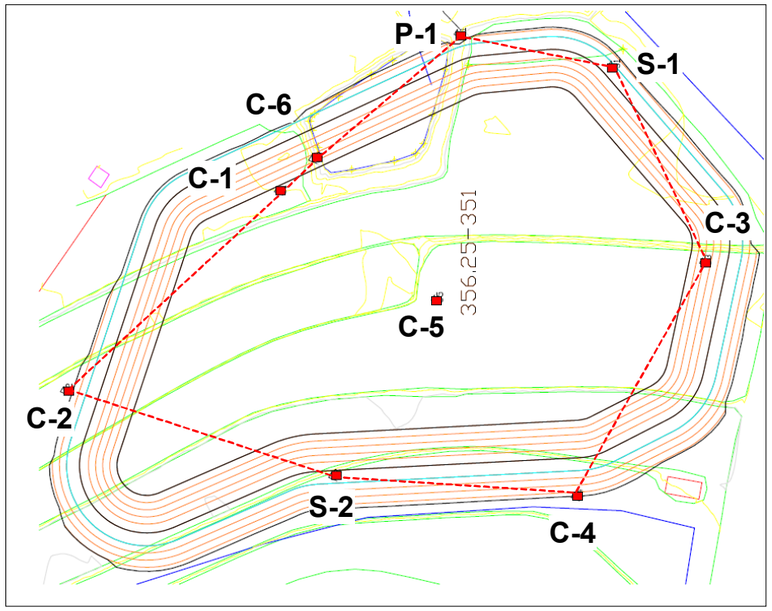
Los materiales afectados por la construcción de la balsa se catalogan como no agresivos a los hormigones.

6.2. BALSA INFERIOR

Está proyectada sobre un terreno agrícola abancalado con una pendiente general de este a oeste, pasando de una cota del orden de la 356 a la 352. En el lateral este existe una balsa excavada de unos 2 m de profundidad.

El estudio del terreno ha consistido en el reconocimiento geológico superficial por técnico geólogo y en su caracterización geotécnica basada en los trabajos de campo y ensayos de laboratorio ejecutados.

Los trabajos de campo fueron los siguientes: 2 sondeos (MBI-S1 y MBI-S2), 6 calicatas (MBI-C1 a MBI-C5) y un ensayo DPSH (MBI-P1). La situación de los mismos se refleja en la figura adjunta que también se incluye en el plano del anejo I.



6.2.1. Características de la balsa

La balsa proyectada es mixta, parte excavada y parte terraplenada. Sus características geométricas son las siguientes:

- Cota de coronación: 356,25m
- Cota de fondo: 351 m
- Cota terreno aproximada: 356 a 352 m
- Anchura coronación: 4,5 m
- Talud exterior terraplén: 2H/1V
- Talud interior: 2,5H/1V

Se proyecta la colocación de una lámina para impermeabilización del vaso.

6.2.2. Modelo geológico-geotécnico

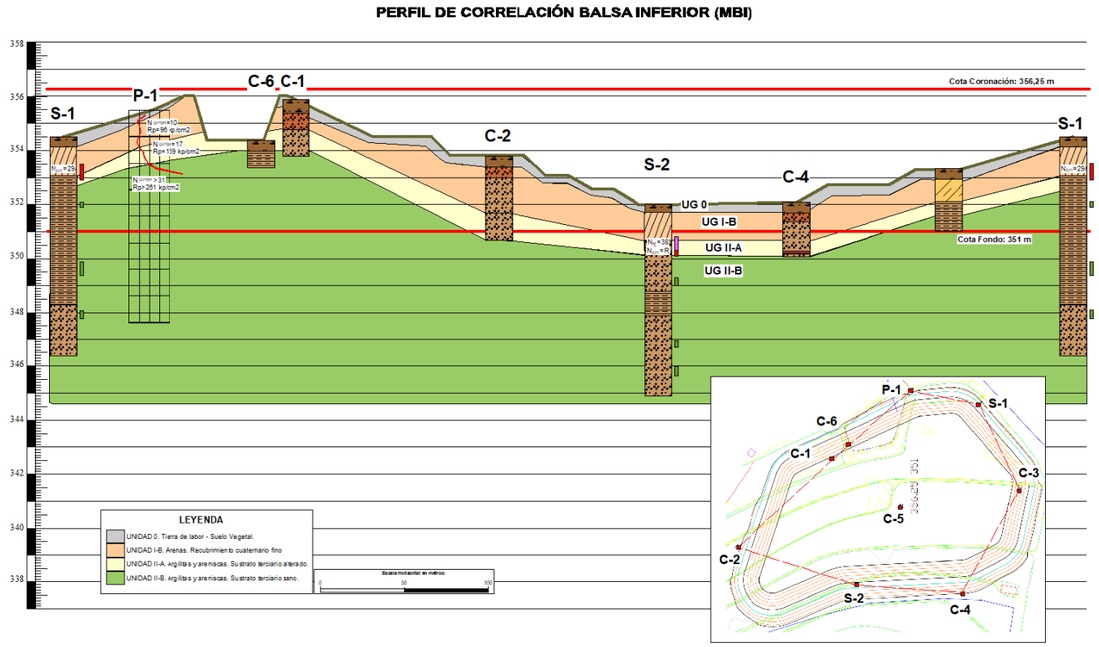
En la figura siguiente se muestra el emplazamiento de la Balsa sobre la hoja nº 326 MONZÓN del Mapa Geológico 1:50.000 del IGME.

En base a dicho mapa, la balsa estaría situada sobre la unidad cartográfica 21 que según hemos indicado en el capítulo 3 corresponde con depósitos cuaternarios coluviales formados principalmente por arenas y limos.

A partir de los ensayos de campo y de laboratorio, se han distinguido las siguientes unidades geotécnicas:

- UG 0: Tierra de labor, suelo vegetal y rellenos.
-
- UG IB: Recubrimiento cuaternario fino.
-
- UG IIA (Sustrato Terciario Alterado) y UG IIB (Sustrato Terciario Sano).

La distribución horizontal y en profundidad de estos niveles se refleja de forma esquemática y gráfica en los correspondientes perfiles de correlación del anejo VI y en la figura siguiente.



Dichos niveles se han caracterizado geotécnicamente en el capítulo 5, en el que se pueden consultar los parámetros geotécnicos asignados.

- <u>UG 0: Tierra de labor</u>

Presenta un espesor medio de 0,35 m. Carece de interés geotécnico y deberá ser retirada.

- <u>UG IB: Recubrimiento cuaternario coluvial. Suelo granular fino (de NSPT=10)</u>

Aparece bajo la UG-0 y está formado por arenas limosas, limos arenosos con gravillas y limos con arcillas. Se extiende hasta profundidades de 1,0 a 2,1 m (media 1,4 m). Su espesor varía entre mínimos de 0,6-0,7 m y máximos de 1,7 m (media de 1,0 m). Corresponde con la unidad cartográfica 21 señalada anteriormente.

En la balsa existente este nivel ha sido eliminado.

- <u>UG II: Sustrato terciario. (IIA alterado; IIB sano)</u>

Está constituido por argilitas que se alternan con estratos de areniscas que se disponen en estratos subhorizontales. Corresponde con el sustrato Terciario rocoso de la zona, y concretamente se incluiría dentro de la unidad cartográfica 16, señalada en el capítulo 3 (Formación Sariñena).

Aparece a una profundidad de 1,0 a 1,5 m y solo en la MBI-C2, profundiza hasta 2,1 m. En el fondo de la balsa existente aparece a 0,4 m por debajo del relleno de arcillas con cañas. Se reconoce un espesor de alteración (UG-IIA) de 0,2-0,3 m a 0,7-1,0 m, con un valor medio de 0,6 m.

La composición de esta unidad de alteración depende de la naturaleza del sustrato infrayacente. En este sentido está formado desde arcillas (alteración de argilitas) a arenas (alteración de areniscas), siendo más frecuentes los términos de arenas.

En ninguna de las prospecciones realizadas se ha detectado nivel de agua hasta la profundidad alcanzada.

6.2.3. Estabilidad de taludes en excavación

No existen desmontes por encima del camino de coronación. El desmonte interior bajo camino de coronación se proyecta con un talud 2,5H/1V. La situación más desfavorable la centraríamos en el entorno de la calicata MBI-C2.

Concretamente el modelo analizado, tras la eliminación de 0,35 m de tierra de labor, consta de:

. Un dique sobre desmonte de 2,9 m de altura. Dada la heterogeneidad de los materiales que lo compondrán se ha considerado las condiciones geotécnicamente más desfavorables de las señaladas en el apartado 6.2.5. El material que lo compondría sería desde un suelo areno-arcilloso a una grava con abundante matriz de arenas-arcillas.

- Densidad aparente: 2,27 g/cm^3.
- Ángulo de rozamiento interno: 31º
- Cohesión: 10 KPa.

. Por debajo del dique, un espesor de la UG-IB (de NSPT=10) de 1,7 m, bajo la misma la UG-II con una parte superior alterada (IIA) de composición arenosa con un espesor de 1,0 m y por debajo el sustrato sano.

. Sin nivel de agua.

Se realiza el análisis con el programa SLIDE v6.0, cuya salida gráfica se incluye en el anejo VII.

Mediante la aplicación del programa indicado se obtiene un factor de seguridad de 2,75 lo que garantiza la estabilidad del talud de excavación.

6.2.4. Excavabilidad

En la excavación de la balsa se verán afectados todos los niveles geotécnicos identificados.

La UG 0 es excavable con medios convencionales y también lo es la UG-IB y la parte alterada del sustrato terciario (IIA). La UG-IIB se cataloga como ripable aunque no es descartable que de aparecer bancos potentes de areniscas sea necesario el apoyo del martillo picador.

6.2.5..- Aprovechamiento de materiales

Como se ha indicado en el apartado anterior de las excavaciones se obtendrán materiales de todas las unidades reconocidas en la balsa.

Respecto a su reutilización en obra señalar:

- La tierra de labor (UG-0) deberá retirarse y acopiarse para usos posteriores de revegetación de taludes o nivelaciones agrícolas.

- UG-IB. Según lo indicado en el apartado correspondiente del punto 5.3.4. se catalogaría como un suelo tolerable y aplicable en los diques sin especiales limitaciones.

- UG-IIA (Parte alterada del sustrato Terciario). Según lo indicado en el apartado correspondiente del punto 5.5.4. se catalogarían (por granulometría y plasticidad) tanto los de naturaleza arcillosa como arenosa, como suelos tolerables (PG-3) con un variable contenido en cantos (fragmentos de argilitas y areniscas menos alterados) a priori de reducido tamaño. En el caso del sustrato alterado dominantemente arcilloso, por el hinchamiento libre obtenido, a priori entendemos algo elevado respecto a lo esperable según su plasticidad, se catalogarían como suelos marginales. En este sentido podrían aplicarse en diques.

- UG-IIB (Sustrato Terciario sano). Según lo indicado en el apartado correspondiente del punto 5.5.4., la excavación de esta unidad generaría un material tipo todo-uno a pedraplén, dependiendo de la relación porcentual de argilitas y de areniscas. Para el dique se debe descartar el aprovechamiento de granulometrías de pedraplén ya que supondría espesores de tongada excesivos, difíciles de compactar adecuadamente.

  En este sentido, es crucial que el sistema de excavación garantice la máxima fragmentación de los términos rocosos, en especial de las areniscas y limolitas cementadas, de forma que pueda obtenerse una granulometría tipo todo-uno (PG-3). El todo-uno obtenido de la excavación por efecto de la compactación, puede modificar su granulometría dependiendo de su composición, ya que los términos de argilitas y areniscas-limolitas trabados pero no cementados son disgregables y fragmentables con facilidad por los medios de compactación, mientras que las areniscas-limolitas cementadas serían algo fragmentables pero escasamente disgregables. Por dicho motivo el todo-uno de una composición más argilitica podría pasar a un suelo arcilloso con cantos donde la fracción fina sería muy abundante y plástica. El todo-uno con una composición dominante de areniscas-limolitas cementadas generaría un material asimilable a una grava gruesa con una variable fracción fina de composición básicamente arenosa y a priori poco plástica o sin plasticidad, podría variar entre una GC-GM a GW-GP.

  De garantizarse estas granulometrías los materiales según este parámetro serían aprovechables en diques.

Para la puesta en obra de cada uno de estos materiales, según los apartados 5.3.4.y 5.5.4., se han establecido los siguientes valores para una compactación al 98% del PM:

UG-IB.-
- Densidad máxima seca: 2,08 t/m^3
- Humedad óptima: 9,24 %

UG-IIA arcilloso.-
- Densidad máxima seca: 2,0 t/m^3
- Humedad óptima: 11,4 %

UG-IIA arenoso (semejante al IB).-
- Densidad máxima seca: 2,08t/m^3
- Humedad óptima: 9,24 %

UG-IIB.- No se ha realizado el ensayo proctor por lo que deberá realizarse en fase de obra con el material que finalmente se obtenga de la excavación del mismo. Orientativamente de garantizar una buena disgregación consideramos podría adoptarse una densidad aparente al 98%PM de 2,2 t/m^3.

Los criterios generales de puesta de obra de cada uno de estos materiales se han indicado en los apartados citados anteriormente (5.3.4. y 5.5.4), y a modo de resumen son los siguientes:

UG-IB.- Tongadas del orden de 30 cm y como método de compactación usar el rodillo pata de cabra y el rodillo liso.

UG-IIA (arenosos y arcilloso).- Tongadas de 30 cm y un tratamiento de desmenuzado de los mismos (extendido con tractores de cadenas, etc). Por el contenido en finos, el método más aconsejable sería el uso del rodillo pata de cabra. De predominar los términos arcillosos deberá realizarse la compactación del lado húmedo.

UG-IIB.- Tongadas de 40 cm. Dado que el espesor de tongada debe ser superior a 1,5 veces el tamaño máximo del material, para construir el dique con tongadas de espesor uniforme de no más de 40 cm, el tamaño máximo del todo-uno se deberá limitar a 250 mm.

En la compactación del material, se puede optar por emplear en las primeras pasadas un rodillo pata de cabra vibrante, para fragmentar los bloques de arenisca, limolita y argilita, y posteriormente utilizar rodillo vibratorio. De predominar los términos argiliticos deberá compactarse del lado húmedo.

Finalmente, en lo referente al comportamiento de estos materiales compactados, según se ha indicado en los apartados referidos anteriormente, los parámetros de corte asignados son los siguientes:

UG-IB
- Ángulo de rozamiento interno: 31º.
- Cohesión: 50kPa.

UG-IIA (arcilloso)
- Ángulo de rozamiento interno: 28º.
- Cohesión: 70kPa.

UG-IIA (arenoso), semejantes a los del IB:
- Ángulo de rozamiento interno: 31º.
- Cohesión: 50kPa.

UG-IIB:
- Ángulo de rozamiento interno: 33º.
- Cohesión: 10kPa.

6.2.6. Fondo de balsa

Según el perfil de correlación elaborado e incluido en el apartado 6.2.2., el fondo de la balsa se dispondría mayoritariamente sobre la UG-IIA o II-B, y minoritariamente, en las zonas más bajas sobre la IB.

La UG-IB no plantea problemas de colapsabilidad ni de hinchamiento. Las unidades UG-IIA y II-B no plantean problemas de colapsabilidad. Los términos arcillosos y argiliticos presentan una baja expansividad que es nula en el caso de las arenas-areniscas.

A la vista de ello no será necesario tratamiento alguno de saneo, únicamente en las zonas donde el terreno corresponda con términos de arcillas y argilitas de la UG-II, consideramos necesario realizar un labrado y compactación de los mismos del lado húmedo.

6.2.7. Cimiento del dique

Según el perfil de correlación, tras la eliminación del suelo vegetal, el apoyo del terraplén de la balsa sería sobre la UG-IB que no plantea problemas de colapsabilidad ni de hinchamiento.

La capacidad soporte del perfil del terreno bajo cimiento es suficiente para las cargas que transmitiría el terraplén.

A la vista de ello no será necesario aplicar medidas específicas (saneos, etc), únicamente la compactación de la base de apoyo.

De forma local, en la zona de la balsa existente, dado que se ha eliminado la UG-IB, el dique apoyará , una vez eliminado el relleno de arcillas con cañas, sobre la UG-II alterada y que según la MBI-C6 seria de composición arcillosa. Este terreno tiene una capacidad soporte suficiente para las cargas que transmitirá el terraplén y no plantea problemas de colapsabilidad. No obstante su cierta expansividad recomienda la realización de un labrado del mismo y su compactación del lado húmedo.

La situación más desfavorable por altura de dique sería la del entorno del sondeo MBI-S2, a saber:

. Terraplén de 4,6 m de altura (tras eliminación del suelo vegetal) construido con los materiales procedentes de la excavación y con los parámetros descritos en el apartado 6.2.3.

Por debajo, aparecería la UG-IB (de NSPT=10) con un espesor de 1,1 m y tras la misma la UG-II con una parte superior alterada (IIA) de 0,3 m de composición arenosa y por debajo el sustrato sano (II-B).

. Sin nivel de agua

Se ha analizado el asiento elástico para las condiciones más desfavorables señaladas mediante el programa Settle3d v2.0, cuya salida gráfica se incluye en el anejo VII, y que refleja un asiento de 1,25 cm a priori asumible por una estructura flexible como es un terraplén de tierras.

6.2.8. Estabilidad terraplén-cimiento

En el análisis de estabilidad del terraplén-cimiento se han calculado los círculos de rotura que pasan por el cimiento y también por el terraplén (salidas gráficas del programa de cálculo SLIDE en el Anejo VII).

La sección más desfavorable por altura de terraplén es la indicada en el apartado anterior (6.2.7) del entorno del sondeo MBI-S1.

En la siguiente tabla se muestran los coeficientes de seguridad mínimos indicados en el "Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas" (CEDEX, 2010) y los obtenidos en el cálculo.

COEFICIENTES DE SEGURIDAD (F.S.)		
Terraplén-cimiento		
Situación	Mínimo requerido	FS calculado
Final construcción	1,2	2,21
Embalse lleno	1,5	2,21
Rotura de lámina	1,3	2,09
Desembalse Rápido	1,1	1,80

Los FS obtenidos cubren holgadamente los requisitos de seguridad.

Dado que la aceleración sísmica básica asignada a los términos municipales de Monzón y Binefar, en los que se enclava la zona de actuación, es inferior a 0,04g y de acuerdo al "Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas" (CEDEX, 2010), no se hace necesario el análisis de estabilidad a embalse lleno en situación de sismo.

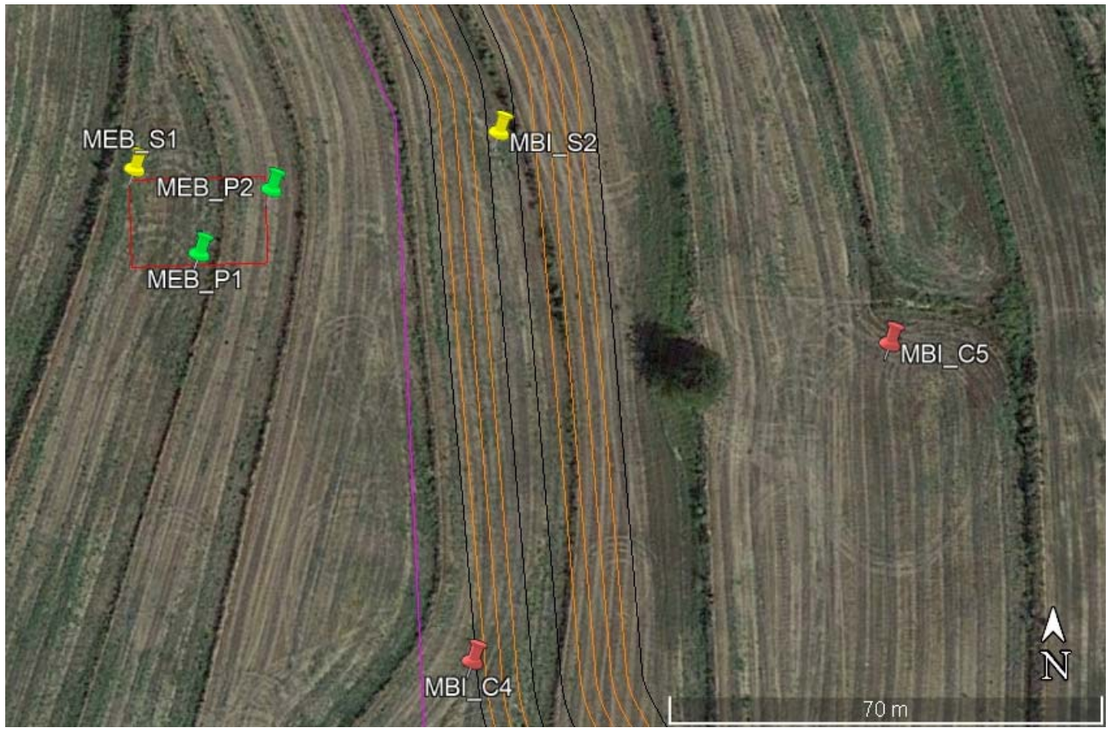
Para la altura del dique máxima (5,0 m) y un terraplén compuesto por un suelo areno-arcilloso a una grava con abundante matriz de arenas-arcillas; y según los ábacos de dimensionamiento incluidos en el citado manual para diferentes situaciones de sismos, se determina que las inclinaciones proyectadas son más tendidas que las establecidas como máximas en dichos ábacos para diferentes situaciones (de material y sismo), por lo que aunque no es necesario el análisis de estabilidad frente al sismo, de acuerdo a dichos ábacos también estaría garantizado el cumplimiento del FS frente a esta situación.

6.2.9. Agresividad a los hormigones por sulfatos

Los materiales afectados por la construcción de la balsa se catalogan como no agresivos a los hormigones.

6.3. ESTACIÓN DE BOMBEO

Los trabajos de campo específicos realizados han consistido en: 1 sondeo de 6 m (MEB-S1) y dos ensayos DPSH (MEB-P1 y 2). En la figura adjunta se recoge de forma esquemática la posición de los ensayos que también se incluyen en el plano de situación del anejo I.



La estación de bombeo está proyectada sobre un terreno agrícola con un reducido desnivel.

A fecha del presente informe no estaba definida con exactitud la cota de explanada, no obstante dado que ésta debe situarse sobre 1,5 m por debajo de la cota de solera de la balsa inferior (351), se ha considerado como cota de explanada para la balsa inferior: 349,5.

6.3.1. Modelo de terreno

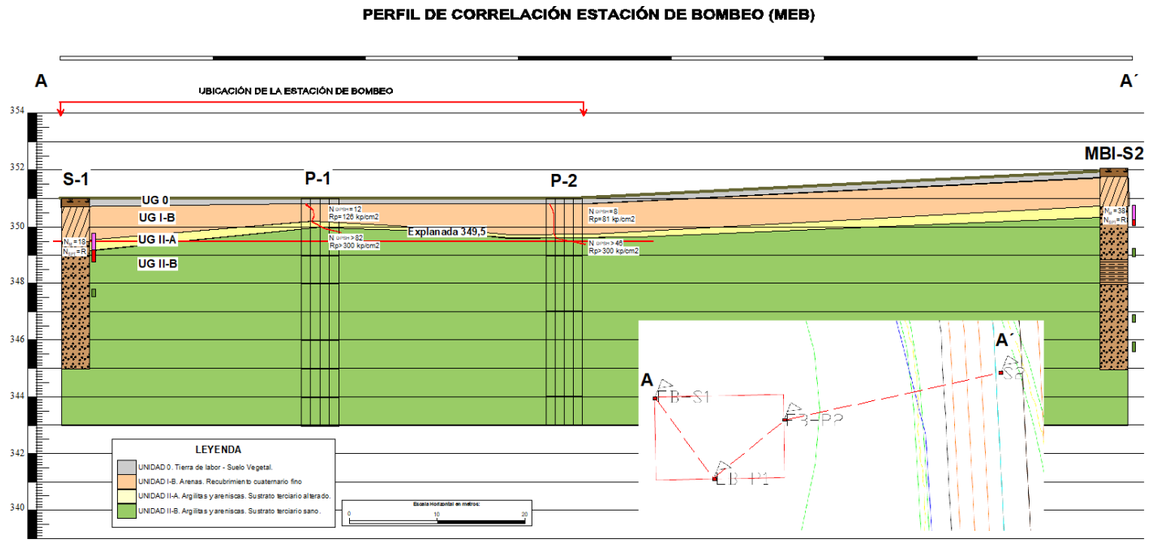
En la figura del apartado 6.2.2. se muestra el emplazamiento de la Estación de Bombeo sobre la hoja nº 326 MONZÓN del Mapa Geológico 1:50.000 del IGME.

En base a dicho mapa, la estación de bombeo estaría situada sobre la unidad cartográfica 21 que según hemos indicado en el capítulo 3 corresponde con depósitos cuaternarios coluviales formados principalmente por arenas y limos.

A partir de los ensayos de campo y de laboratorio, se han distinguido las siguientes unidades geotécnicas:

- UG 0: Tierra de labor, suelo vegetal y rellenos.
- UG IB: Recubrimiento cuaternario fino.
- UG IIA (Sustrato Terciario Alterado) y UG IIB (Sustrato Terciario Sano).

La distribución horizontal y en profundidad de estos niveles se refleja de forma esquemática y gráfica en los correspondientes perfiles de correlación del anejo VI y en la figura siguiente.



Dichos niveles se han caracterizado geotécnicamente en el capítulo 5, en el que se pueden consultar los parámetros geotécnicos asignados.

- <u>UG 0: Tierra de labor</u>

Presenta un espesor medio de 0,35 m. Carece de interés geotécnico y deberá ser retirada.

- <u>UG IB: Recubrimiento cuaternario coluvial. Suelo granular fino (de NSPT=10)</u>

Aparece bajo la UG-0 y está formado por arenas limosas, limos arenosos con gravillas y limos con arcillas. Se extiende hasta profundidades de 0,8 a 1,5 m (media 1,3 m). Su espesor varía entre mínimos de 0,6 m y máximos de 1,2 m (media de 1,0 m). Corresponde con la unidad cartográfica 21 señalada anteriormente.

- <u>UG II: Sustrato terciario. (IIA alterado; IIB sano)</u>

Está constituido por argilitas que se alternan con estratos de areniscas que se disponen en estratos subhorizontales. Corresponde con el sustrato Terciario rocoso de la zona, y concretamente se incluiría dentro de la unidad cartográfica 16, señalada en el capítulo 3 (Formación Sariñena).

Aparece a una profundidad de 0,8 a 1,5 m. Presenta una parte superior alterada (IIA) de un espesor de 0,2 a 0,5m. La composición de esta zona alterada es arenosa.

No se ha detectado nivel de agua hasta la profundidad investigada.

6.3.2. Cimentación

Según la cota de explanada considerada, la estación de bombeo desplantaría mayoritariamente sobre la UG-IIA alterada y minoritariamente sobre la UG-IB , localmente podría incluso disponerse sobre la UG-IIB.

A la vista de ello, las cimentaciones deberán apoyar y empotrarse en su totalidad sobre la UG-II (sustrato terciario) ya sea en su parte alterada o sana que según el perfil de correlación del apartado 6.3.1. aparece sobre las cotas 350 a 349,5, por lo que estas cimentaciones podrán diseñarse mediante zapatas aisladas.

A los efectos de cálculo se ha considerado la cimentación apoyada sobre la UG-IIA (sustrato terciario alterado), condición más desfavorable, que a priori y según perfil de correlación sería de naturaleza arenosa, por lo que como metodología de cálculo se aplica la basada en el SPT y recogida en el Código Técnico de la Edificación para suelos granulares. Las condiciones indicadas por el CTE para la aplicación de estas expresiones son las siguientes: el terreno sea marcadamente horizontal (pendiente inferior al 10%), la inclinación de la tensión respecto a la vertical sea inferior al 10% y se admita la producción de asientos de hasta 25 mm.

a) Para B* < 1,2 m

$$q_{adm} = 12N_{SPT}\left(1+\frac{D}{3B^*}\right)\left(\frac{S_t}{25}\right) \text{ kN/m}^2 \qquad (4.9)$$

b) Para B* ≥ 1,2 m:

$$q_d = 8\,N_{SPT}\left[1+\frac{D}{3B^*}\right]\left(\frac{S_t}{25}\right)\left(\frac{B^*+0,3}{B^*}\right)^2 \text{ kN/m}^2 \qquad (4.10)$$

siendo

S_t El asiento total admisible, en mm.

N_{SPT} el valor medio de los resultados, obtenidos en una zona de influencia de la cimentación comprendida entre un plano situado a una distancia 0,5B* por encima de su base y otro situado a una distancia mínima 2B* por debajo de la misma;

D la profundidad definida en el Anejo F

El valor de $\left[1+\frac{D}{3B^*}\right]$ a introducir en las ecuaciones será menor o igual a 1,3.

La profundidad (D) es la distancia entre la superficie del terreno y la cara baja o apoyo de la zapata. Se considera igual al empotramiento en la UG-IIA y que hemos establecido en un mínimo de 30 cm.

Los valores de la tensión admisible (hundimiento y asiento de una pulgada ya considerados) para anchos de entre 1,0 y 3,0 m se incluyen en la tabla adjunta.

	B (m)	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00
Nivel IIA arenosos (SPT 25)	Q_{adm} (kg/cm^2)	3,3	3,1	2,7	2,6	2,5

Ante la posibilidad de que la UG-IIA sea de composición arcillosa, se ha estimado también la carga admisible por hundimiento para un suelo cohesivo mediante la expresión de Terzaghi simplificada para condiciones de carga rápida (no drenadas) y con el factor de carga Nc propuesto por Skempton (1951):

$(q_{ult}) = cN_c^*$ donde:

c=cohesión sin drenaje que se ha estimado en 1,2 Kg/cm^2.
N_c^*=coeficiente adimensional de Skempton, que toma un valor mínimo de 5,14 para zapatas continuas y de 6,2 para zapatas aisladas.

Según dicha expresión y considerando como cohesión la indicada anteriormente, se estima una carga admisible por hundimiento (aplicando un factor de seguridad de 3) de 2,5 Kg/cm^2.

Adicionalmente el método de Steinbrenner de cálculo de asientos en terrenos multicapa se determina que para dichas tensiones y anchos máximos de zapata de 3,0 m, los asientos elásticos son inferiores a 2,5 cm.

A la vista de todo lo indicado, las cimentaciones (zapatas aisladas) apoyadas y empotradas al menos 0,3 m en la UG-IIA, puede dimensionarse con tensiones de trabajo de 2,5kg/cm^{2}para anchos de hasta 3 metros.

6.3.3. Excavaciones-estabilidad

Respecto a la excavación de las cimentaciones, afectara a las unidades IB, IIA y minoritariamente a la IIB. Al tratarse de una excavación temporal, sin presencia de agua, se podrán adoptar taludes 1H:5V. Podrán ejecutarse con excavadora potente.

6.3.4.Soleras

Según el modelo de terreno y de acuerdo a lo ya señalado en el apartado 6.3.2., la solera se dispondrá sobre la UG-IIA alterada y minoritariamente sobre la UG-IB , localmente podría incluso disponerse sobre la UG-IIB.

Ninguna de ellas plantea problemas de colapsabilidad y el riesgo de expansividad de los términos arcillosos de la UGIIA o argiliticos de la UGIIB, es bajo. Por lo que consideramos no es necesario adoptar medidas especiales, únicamente de tipo preventivo que eviten modificaciones o alteraciones de humedad en el terreno.

6.3.5.Impermeabilidad de soleras

De acuerdo con el Documento Básico HS1 del Código Técnico de la Edificación, el grado de impermeabilidad mínimo exigido a las soleras/losas que están en contacto con el terreno se obtiene, en función de la presencia de agua y del coeficiente de permeabilidad del terreno, en la siguiente tabla.

GRADO DE IMPERMEABILIDAD SOLERAS / LOSAS		
Presencia de agua	**Coeficiente de permeabilidad del terreno**	
	K>10^{-5} cm/s	**K<10^{-5} cm/s**
Alta	**5**	**4**
Media	**4**	**3**
Baja	**2**	**1**

La presencia de agua se considera:

- BAJA cuando la cara inferior de la losa-solera en contacto con el terreno o de la cimentación del muro se encuentran por encima del nivel freático
- MEDIA cuando la cara inferior de la losa en contacto con el terreno o de la cimentación del muro se encuentran a la misma profundidad que el nivel freático o a menos de 2 metros por debajo
- ALTA cuando la cara inferior de la losa en contacto con el terreno o de la cimentación del muro se encuentran a 2 o más metros por debajo del nivel freático.

En este caso, la presencia de agua es "baja".

La solera podrá estar en contacto con cualquiera de las tres unidades citadas en apartados anteriores (IB, IIA y IIB) aunque lo previsible es que descanse mayoritariamente sobre la UG-IIA de naturaleza arenosa. Se considera el valor más desfavorable de permeabilidad, concretamente el asignado a la UG-IB y a la UG-IIA(arenosa) que es de 10^{-2} a 10^{-3} cm/s.

Según estos datos, para la solera será exigible un grado de impermeabilidad 2.

6.3.6. Agresividad del terreno por sulfatos.

Los materiales afectados por la construcción de la estación de bombeo, UG IB y UG-II, según lo indicado en el capítulo 5, se catalogan como no agresivos a los hormigones (según Código Estructural).

6.3.7.- Sismicidad.

Según lo señalado en el apartado 3.5, la vigente Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02 asigna al término municipal de Monzón, una aceleración sísmica básica a_b inferior a 0,04·g (siendo g la aceleración de la gravedad).

Según el artículo 1.2.2 de la NCSE-02, la edificación proyectada se clasificaría como construcción "*de importancia normal: aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos*"; a *"importancia moderada; aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar victimas, interrumpir un servicio primario o producir daños significativos a terceros".*

En el artículo 1.2.3 de la NCSE-02 se indica que no es obligatoria su aplicación "*en las construcciones de importancia moderada ni en las de importancia normal cuando la aceleración sísmica básica a_b sea inferior a 0,04 g.*

Por lo tanto, en este caso **no es obligatoria la aplicación de la Norma Sismorresistente**.

En la *"Actualización de Mapas de Peligrosidad Sísmica de España 2012"* (IGN) la aceleración sísmica (PGA) asignada al término municipal de Monzón para un periodo de retorno de 475 años es de 0,04·g.

Con el tipo de terreno existente, una aceleración de referencia a_r=0,04·g supondría una aceleración de cálculo del orden de a_c=0,05·g. por lo que de acuerdo al artículo 1.2.3. se mantendría la no obligatoriedad de aplicación de la norma sismoresistente de garantizarse un buen arriostramiento de los pórticos en todas direcciones.

6.3.8.- Exposición al Radón procedente del terreno.

El RD 732/2019 introduce en el documento básico DB-HS Salubridad del CTE (Código Técnico de Edificación) una nueva exigencia básica: la sección HS6 "Protección frente a la exposición al radón".

Dicha sección es de aplicación en los edificios de nueva construcción situados en los municipios que se incluyen en su Apéndice B. Las medidas de protección que se deberán implementar varían en función de la zona de riesgo asignada, Zona I o Zona II.

La estación de bombeo se emplaza dentro del término municipal de Monzón, municipio incluido en la zona I, por lo que se deberán aplicar las medidas de protección frente al Radón indicadas para esa zona.

6.4. PARQUE FOTOVOLTAICO (PFV)

6.4.1. -Aspectos previos

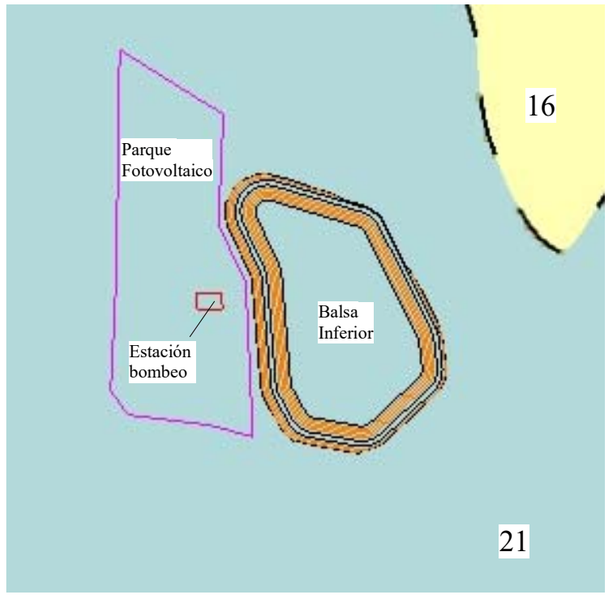
Para esta unidad de obra no se han realizado reconocimientos geotécnicos del terreno, aprovechando los ensayos realizados para la estación de bombeo, que se sitúa dentro del parque fotovoltaico.

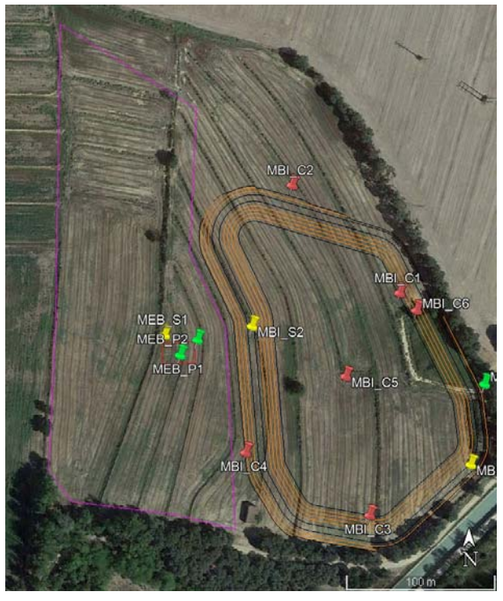
Las consideraciones que se realizan más adelante deben tomarse como orientativas y están basadas en: el reconocimiento superficial del terreno y en la caracterización de materiales similares a los observados, en base a los resultados de los ensayos DPSH y del sondeo realizados para la estación de bombeo.

6.4.2. -Modelo de terreno geológico-geotécnico

Para determinar el modelo de terreno esperable en la zona de afección del PFV, se ha considerado la cartografía geológica de la hoja nº 326 MONZÓN del Mapa Geológico 1:50.000 del IGME, junto con el reconocimiento geológico superficial de la zona llevada a cabo y como ya hemos dicho anteriormente los resultados de los ensayos realizados en la estación de bombeo.

En la figura adjunta se recoge la ubicación del PFV (área recuadrada por línea morada) respecto a la cartografía geológica consultada asi como la posición de los ensayos de la estación de bombeo dentro del PFV.





Según dicha cartografía la PFV se dispondría en el mismo contexto geológico que la EB, es decir, sobre la unidad cartográfica 21 que según hemos indicado en el capítulo 3 corresponde con depósitos cuaternarios coluviales formados principalmente por arenas y limos.

Como ya hemos indicado, el modelo de terreno esperable, por asociación a la estación de bombeo, es el descrito para esta unidad de obra en el capítulo 6.3., y que resumimos a continuación:

- UG 0: Tierra de labor

Espesor medio esperable de 0,35 m.

- UG IB: Recubrimiento cuaternario coluvial. Suelo granular fino (de NSPT=10)

Aparecería bajo la anterior y estaría formado por arenas limosas, limos arenosos con gravillas y limos con arcillas. Los espesores esperables serían de 0,6 a 1,2 m (media de 1,0 m) en el lateral oeste, no descartándose que hacia el oeste y en zonas topográficamente más bajas el espesor sea algo superior.

- UG II: Sustrato terciario. (IIA alterado; IIB sano)

Estaría formado por argilitas que se alternan con estratos de areniscas que se disponen en estratos subhorizontales. Correspondería con el sustrato Terciario rocoso de la zona, y concretamente se incluiría dentro de la unidad cartográfica 16, señalada en el capítulo 3 (Formación Sariñena).

Aparecería debajo del anterior a profundidades del orden de 0,8 a 1,5 m, pudiendo profundizarse en la parte oeste topográficamente más baja.

Es esperable una zona alterada (IIA) de espesor reducido (igual o inferior a 0, 5 m) y composición arenosa.

En base a lo observado en los ensayos de campo realizados para la estación de bombeo, y hasta las profundidades de investigación alcanzadas en ellos, no se espera la presencia de agua.

6.4.3. -Consideraciones geotécnicas generales y orientativas.

Para estas consideraciones se parte de que la implantación de la PFV, no va a suponer movimientos de tierra y nivelaciones de entidad que modifiquen de forma sustancial la topografía actual.

La cimentación de los **módulos de paneles,** sobre la base de una necesidad de empotramiento mínimo de 2 m, con carácter general se requerirá la preperforación ya que el terreno no hincable correspondiente a la UG-II aparece sobre 1 a 1,5 m de profundidad.

A partir de los valores de SPT y cohesión se puede hacer una estimación de la adherencia límite por fuste de los perfiles metálicos, considerándolos como un pilote prefabricado hincado.

A los efectos se ha considerado lo siguiente:

. Para la UG-IB y UG-IIA (arenosa) La resistencia por fuste, para un pilote hincado de hormigón, en terreno granular, se podrá considerar igual a:

$$\tau f\ (kPa) = 2{,}5 x N_{60}$$

. Para la UG-IIA (arcillosa) y para el sustrato terciario sano (UG-IIB) se ha considerado un comportamiento cohesivo. En el caso de la UG-IIB se utiliza el valor de cohesión asignado al macizo rocoso. Para un pilote hincado de hormigón, en terreno cohesivo, se podrá considerar igual a:

$$\tau f = (100 x Cu)/(100+Cu)\ (kPa)$$

Siendo Cu la resistencia al corte sin drenaje.

Para el caso de pilotes metálicos la resistencia por fuste se reducirá al 80% del valor correspondiente a los pilotes de hormigón.

Si además el pilote está sometido a tracción se puede considerar que la resistencia al arrancamiento es igual al 70% de la resistencia por fuste a compresión. Además, en pilotes metálicos sometidos a tracción se debe prestar un especial cuidado a los problemas de posible corrosión.

De esta manera y a efectos de dimensionado puede considerarse los valores resumidos en la tabla adjunta.

Unidad	Adherencia límite en compresión (kPa)	Adherencia límite en tracción (kPa)
IB	20	14
IIA (arenoso)	50	35
IIA (arcilloso)	43	30
IIB	59	41

En el caso de la IIA, ante la imposibilidad de determinar que tipo de terreno sería el de alteración, deberá aplicarse los valores menores de los obtenidos y reflejados en la tabla, es decir, los de la IIA(arcillosa).

En una primera aproximación, a los efectos de dimensionado de la longitud de los perfiles, puede considerarse el modelo de terreno descrito en el apartado 6.4.2., y que una vez eliminado el suelo vegetal, constaría de : 1m de UG-IB seguido de 0,5 m de UG-IIA y finalmente el sustrato sano (UG-IIB).

En fases iníciales de la obra será necesario realizar primeramente una campaña de ensayos DPSH y posteriormente para el tipo de perfiles que finalmente se adopten, ensayos de arrancamiento de perfiles (pull-out) y de carga lateral que permitan validar o corregir las hipótesis de partida.

La ubicación estos puntos de prueba será preferiblemente en puntos coincidentes con los ensayos DPSH que se realicen, para contrastar adecuadamente la información.

6.4.4. -Agresividad a los hormigones y corrosividad

Según los resultados obtenidos en la estación de bombeo y en la balsa inferior, las unidades IB y II se catalogan como no agresivas a los hormigones por sulfatos.

Dada la composición de ambas unidades y los contenidos en sulfatos obtenidos, es esperable que estos terrenos no sean agresivos respecto a la corrosividad de los perfiles y elementos metálicos que estén en contacto con el terreno.

No obstante, estos parámetros deberán de ser controlados y confirmados en fase de obra.

6.5. RED DE TUBERÍAS

La red de tuberías de este proyecto tiene una longitud total del orden de 26,2 km, contempla diámetros variables (110 a 1000 mm) y diferentes tipos de (PEAD, PRFV y ACH).

Existe una tubería general de impulsión o llenado que parte de la balsa inferior y se dirige a la balsa superior. El resto de la red de tuberías es de gravedad. Para las mismas la profundidad de las zanjas estará condicionada por la topografía y por la necesidad de que en todas ellas el recubrimiento mínimo será de 1 m sobre la generatriz superior. Según nos indicó la ingeniería redactora del proyecto las alturas de las zanjas serán previsiblemente inferiores a 3 metros, salvo en cruces u otras actuaciones singulares.

El relleno proyectado para las zanjas varía según diámetro y tipo de tubería, pero en general consta de abajo a arriba de los siguientes tres tipos de materiales:

- Cama de tubería, para la que se utilizará grava 6/20 mm.

- Relleno de gravilla 6/20 mm alrededor de la tubería hasta su eje (arriñonado) caso de la tubería de ACH DN1000 y de las tuberías de PEAD de diámetro nominal igual o superior a 355 mm. En todas las tuberías de PRFV este relleno se dispondrá hasta 10 cm por encima de la generatriz del tubo.

- Relleno seleccionado y compactado al 95%PN, que procederá de los materiales de la propia excavación que no sean el suelo vegetal y cuya única limitación es el tamaño máximo, que no debe exceder de 25 mm. En las tuberías de PEAD con DN inferior a 315 mm se dispondrán rodeando la tubería hasta 20 cm por encima del tubo. Para las de ACH DN1000 y las de PEAD de DN igual o superior a 315 mm se dispondrá desde el eje de la tubería hasta 20 cm por encima de la generatriz de la misma.

- Relleno ordinario, de tapado de zanja, no compactado, que procederá de los materiales de la propia excavación que no sean el suelo vegetal y cuya única limitación será también el tamaño máximo (ausencia de bolos y bloques).

En ninguno de los dos tipos de relleno (seleccionado y ordinario) existe una limitación por composición química o por expansividad, colapsabilidad o dispersabilidad.

Para el reconocimiento de la red de tuberías se han realizado 12 calicatas (MRR-C1 a MRR-C12) cuyos registros se adjuntan en el Anejo III. También al efecto de este análisis se han considerado los reconocimientos realizados en los cruces de infraestructuras (Cruce 1, 2 y 3) en los que se realizaron sondeos y ensayos de penetración dinámica tipo DPSH. Adicionalmente se ha hecho uso de la cartografía geológica a escala 1:50000 de la Hoja Nº 326 MONZÓN del Mapa Geológico de España editado por el IGME.

6.5.1. Marco geológico

En la figura siguiente se muestra el emplazamiento de la red de tuberías sobre la hoja nº 326 MONZÓN del Mapa Geológico 1:50.000 del IGME.

UC-21.- Cuaternario coluvio-aluvial. Arenas y limos.
UC-18.- Cuaternario aluvial-Terraza. Gravas.
UC-16.- Sustrato Terciario.Fm Sariñena. Argilitas y Areniscas.

En base a dicho mapa, las tuberías se dispondrían principalmente sobre la UC-21, correspondiente al recubrimiento cuaternario coluvio-aluvial de limos y arenas. En menor medida sobre la UC-16 (con escaso recubrimiento) que corresponde con el sustrato terciario de la zona formado por Argilitas y Areniscas.

Finalmente en su parte sur se dispondrían sobre la UC-18, que corresponde con un nivel de recubrimiento de terraza alta formado principalmente por gravas y cuya parte superior aparece variablemente cementada-encostrada.

6.5.2. Modelo Geológico-Geotécnico. Zonificación

Los diferentes perfiles de terreno que aparecen a lo largo de la red de tuberías son variaciones laterales y en profundidad de un perfil tipo constituido de arriba abajo por:

- UG 0. Suelo Vegetal - Tierra de labor. También se incluyen rellenos de tierra de nivelación reconocidos en algunas de las calicatas. Este nivel se ha reconocido en todas las calicatas realizadas alcanzando mayores espesores para los rellenos de tierras reconocidos en las calicatas MRR-C1, MRR-C6 y MRR-C10 (en torno a los 2 m).

- UG I-B. Recubrimiento cuaternario de suelos de grano fino. Se ha reconocido en todas las calicatas abiertas a excepción de la MRR-C3 donde no aparece esta unidad geotécnica. Queda integrada por arcillas limosas - limos arcillosos, arenas limosas y limos areno arcillosos.

- UG II. Sustrato terciario. Esta unidad se ha reconocido en las calicatas MRR-C2, MRR-C3, MRR-C4, MRR-C6, MRR-C8, MRR-C9 y MRR-C12. Queda integrada por argilitas y limolitas con intercalaciones de niveles de arenisca, así como niveles de arenisca más potentes. Existe una parte superior alterada (UG II-A) con espesores de 0,1 a 1,3 metros.

Como se expondrá a continuación, se ha detectado agua en varias de las zanjas abiertas, hecho que determina la estabilidad de los materiales afectados quedando reflejado en la zonificación realizada.

Los espesores y profundidades de estas unidades, así como la presencia del nivel de agua, se resumen en la tabla incluida en el apartado 4.1.2.

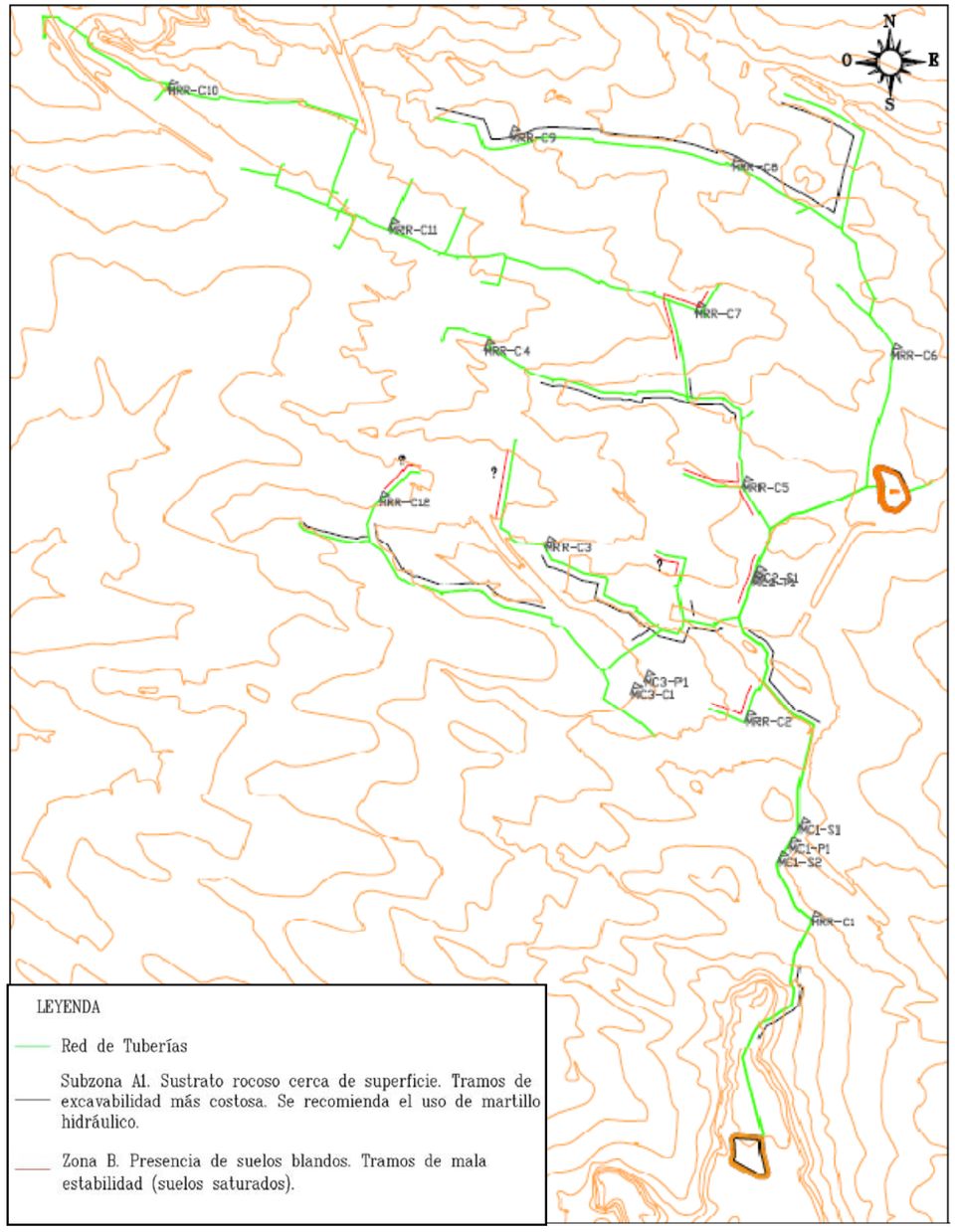
Teniendo presente la representatividad de los ensayos realizados sobre la longitud de tuberías proyectada, se ha realizado una zonificación-tramificación centrada específicamente en la presencia de suelos blandos asociados a la presencia de agua (UG-IB), y a la aparición próxima a superficie del sustrato rocoso (UG-IIA y UG-IIB). Concretamente se han determinado dos tipos de zonas:

- Zona A. Se trata de la zona por la que discurren más kilómetros de tubería y abarca un gran ámbito de actuación del proyecto, según refleja la figura adjunta. La casuística esperable sería la de un terreno de buena estabilidad, sin nivel de agua y excavable con medios convencionales pero potentes hasta la profundidad de referencia considerada (2,5-3,0 metros). Considerando estadísticamente los resultados de las calicatas realizadas y las longitudes de tuberías del plano de zonificación, esta zona representaría del orden del 85% del total.

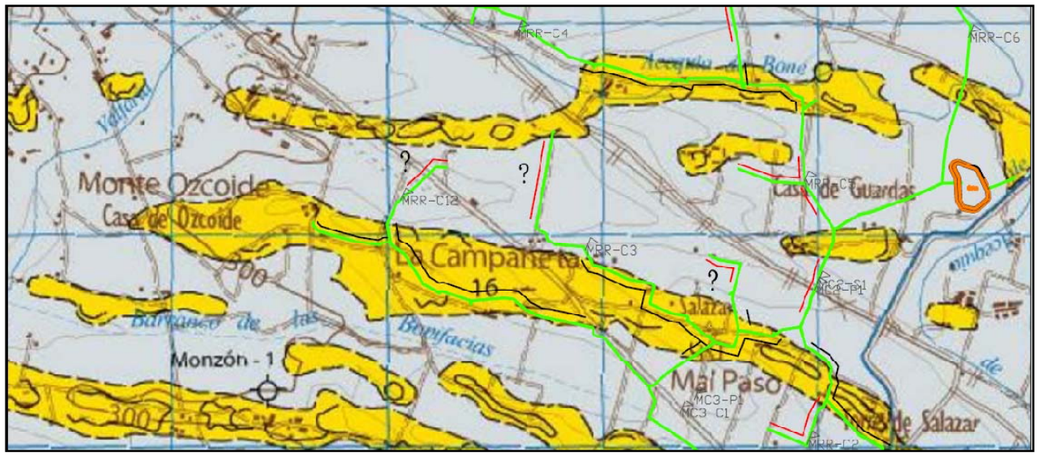
Dentro de la misma, se detalla una Subzona A1 en la que el sustrato rocoso terciario puede aparecer muy cerca de la superficie viéndose reducida la excavabilidad general del terreno. En esta subzona además de medios de excavación potentes deberá preverse la necesidad del uso del martillo picador de aparecer estratos de areniscas-limolitas de espesor decimétrico. Esta subzona, según tratamiento estadístico de las calicatas realizadas y las longitudes del plano de zonificación, representaría del orden de un 25 a 30% del total.

- Zona B asociada a suelos blandos de mala estabilidad. La casuística esperable sería la presencia de una UG-IB de consistencia blanda debido a la presencia de agua saturando parte de esta unidad. La profundidad del nivel de agua podría situarse entre 1,2 y 3,3 m. En esta zona serían habituales suelos finos (arenas, arcillas y limos) de espesores significativos, mínimos de 2,5 a 3,0 metros. El sustrato rocoso terciario (UG-IIA) aparecería a profundidades iguales o superiores a los 3 metros. Analizando estadísticamente los resultados de las calicatas y las longitudes de tuberías del plano de zonificación, esta zona supondría del orden de un 15% del total.

La extensión de ambas zonas se refleja de forma aproximada, con la certidumbre asociable al número de calicatas realizadas, en la figura siguiente que también se incluye en el anejo VIII. Como se puede observar, en la zonificación se han incluido los datos obtenidos de los Cruces de Infraestructuras (MC1, MC2 y MC3).



En la figura anteriormente expuesta, los suelos blandos que delimitan la Zona B se asocian topográficamente a zonas de vaguadas que actúan como vías de drenaje. Atendiendo a estas características se ha supuesto la presencia de suelos finos saturados en agua a lo largo del eje principal de la vaguada que se expone a continuación. De esta manera y como se puede ver en la figura siguiente, los tramos de tubería marcados en rojo con un interrogante podrían verse también afectados por problemas de estabilidad



6.5.3.Excavabilidad y estabilidad de las zanjas

Basándonos en la tramificación realizada en el apartado anterior se han analizado estos dos aspectos para cada una de las zonas. De forma general se han considerado profundidades de zanja de 2,5-3,0 metros.

ZONA A

Las excavaciones podrán realizarse en su totalidad con medios convencionales pero potentes.

Hasta la profundidad considerada se verán afectados suelos finos (UG-IB) y parte del sustrato rocoso en mayor o menor medida alterado (UG-II). En la mayor parte de los casos las excavaciones podrán realizarse en condiciones secas al no haberse reconocido rezumes de agua, por lo que la estabilidad de las mismas no se verá comprometida. Dado el carácter temporal de las excavaciones, podrán establecerse taludes de inclinación subverticales 1H:4V (70º) hasta llegar a la profundidad deseada. Para la parte superior que afecte al suelo vegetal-tierra de labor (UG-0), de no ser retirado de la excavación, deberán tenderse hasta inclinaciones de 1H:1V (45º).

Durante la apertura de la zanja se recomienda por seguridad acumular los materiales extraídos a una distancia de al menos 1 metro del talud de excavación.

Subzona A1

Atendiendo a criterios topográficos y geológicos, como se ha expuesto anteriormente, se ha definido esta subzona para delimitar aquellos tramos de la red de tuberías donde la excavabilidad será más costosa.

En este caso, las excavaciones podrán realizarse con medios convencionales pero potentes debiendo preverse el uso del martillo picador en caso de aparecer cercanas a la superficie intercalaciones de espesor significativo de areniscas, limolitas o argilitas dentro de la UG-II.

En cuanto a la estabilidad de las zanjas abiertas en la Subzona A1, a tenor de lo observado durante los ensayos de campo y dada la ausencia de agua en las mismas, se considera una buena estabilidad de los excavaciones, pudiendo establecer para taludes temporales inclinaciones subverticales 1H:4V (70º). Para la parte superior del suelo vegetal-tierra de labor (UG-0), de no ser retirado de la excavación, se considera aplicar una inclinación 1H:1V.

Durante la apertura de la zanja se recomienda por seguridad acumular los materiales extraídos a 1 metro del talud de excavación.

ZONA B

Atendiendo a criterios geológicos y topográficos, como se ha expuesto en el apartado anterior, se ha definido esta zona para delimitar aquellos tramos de la red de tuberías que atravesarán suelos blandos saturados en agua, es decir, tramos que presentarán una mala estabilidad.

La excavación de las zanjas en esta zona podrá realizarse con medios convencionales.

La apertura de zanjas en estos tramos afectará mayoritariamente a suelos de consistencia blanda de la UG-IB. En aquellas zanjas con profundidades superiores a 1,2 a 2 metros, será previsible cortar un nivel de agua subsuperficial que satura parte de la UG-IB y por debajo del mismo los suelos aparecen muy blandos y saturados.

Las excavaciones en esta zona podrán plantearse mediante métodos convencionales, aplicando taludes muy tendidos (2,5H:1V a 3H:1V), en especial si las zanjas alcanzan profundidades superiores a 1,5 m.

Alternativamente las excavaciones podrían realizarse al amparo del sostenimiento de los taludes bien mediante entibaciones cuajadas y/o por tablestacados hincados, debidamente apuntalados.

En cualquiera de las dos opciones deberán preverse medidas de achique que permitan rebajar el nivel de agua para trabajar en condiciones secas. Dada la permeabilidad del terreno podrán aplicarse bombeos convencionales en su fondo.

En el fondo de la zanja, en caso de confirmarse la presencia de suelos blandos-muy blandos, para mejorar la capacidad de soporte del terreno y garantizar un mejor apoyo de la tubería, deberá realizarse una estabilización del mismo. A tales efectos, puede contemplarse la disposición únicamente de una capa de bolos que en parte se claven en los suelos blandos o complementarla con la colocación de un geotextil en la base de la capa de bolos. El espesor de la capa de bolos debería ser del orden de 0,5 m.

Dado que la presencia de agua en el terreno puede estar directamente relacionada o al menos influenciada por el riego, consideramos que serían las épocas de no riego las más adecuadas para la realización de las zanjas en la Zona B.

Durante la apertura de la zanja se recomienda por seguridad acumular los materiales extraídos a una distancia de al menos 1 m del talud de excavación.

6.5.4. Aprovechamiento de los materiales excavados para relleno de zanjas

Aunque no se aplica a los rellenos de zanjas, en el capítulo 5 se ha realizado la catalogación de los materiales de la UG-I B, UG-II A y UG-II B según criterio PG-3, que de forma resumida en la siguiente:

. Los suelos finos de la UG-I B de acuerdo a las especificaciones en cuanto a granulometría y límites, así como por el contenido en sales solubles, se catalogan como suelos Tolerables.

. La excavación de la UG-II A (sustrato rocoso alterado), tanto de naturaleza arcillosa como arenosa, generaría un suelo que desde el punto de vista de granulometría y plasticidad se calificaría como Tolerable con un contenido variable en cantos de pequeño tamaño (fragmentos de argilitas y areniscas menos alterados). En el caso de que sea predominantemente arcilloso, dado al hinchamiento libre obtenido en laboratorio, se catalogarían como suelos Marginales.

. La excavación de la UG-II B (sustrato rocoso sano) generaría un material tipo todo-uno a pedraplén dependiendo de la relación porcentual de argilitas y de areniscas.

Los materiales a utilizar para el relleno de las zanjas y las exigencias a los mismos se han indicado al inicio del presente capítulo.

A este respecto, todos los materiales obtenidos de las excavaciones de la red de tuberías (unidades IA, IB, IC y II) podrán ser utilizados como rellenos ordinarios, si bien se deberán eliminar los tamaños más gruesos que puedan proceder de la UG-II A y UG-II B (cantos y bloques de arenisca o limolita) asi como los fragmentos de costras de la IA o si aparecen bolos en el caso de la UG-IC.

Como relleno seleccionado podrán utilizarse todos los materiales procedentes de la UG-I B. En cuanto a aquellos procedentes de la UG-IA, UG-IC, UG-IIA y UG-IIB, podrán ser utilizados como relleno seleccionado una vez llevado a cabo la eliminación de los tamaños mayores de 25 mm.

Para la cama de tubería y rellenos de arriñonado de tuberías formados por gravas 6/20mm podrán utilizarse los materiales procedentes de la UG-IC (Unidad de Obra: Balsa Superior de Monzón). El escaso ámbito de aparición de estos materiales y la necesidad de un cribado previo supondrá la obtención de un reducido volumen de este tipo de material, insuficiente para las necesidades de obra, por lo que será necesaria la aportación externa del mismo.

La UG-0 con la composición de un suelo vegetal-tierra de labor será retirada y acopiada junto a las zanjas, ya que tras el tapado final de las mismas con suelos tolerables se aplicará para la restitución superficial del suelo.

En el caso de los rellenos de tierras realizados para la nivelación de las parcelas que también se incluyen en la UG-0, por su composición similar a la IB tendrán semejante aplicación, es decir, se podrán usar en rellenos ordinarios y seleccionados.

Los rellenos incontrolados detectados en el cruce 1 no serán afectados por zanjas por lo que no se analiza su aprovechamiento. No obstante si durante la realización de las zanjas de tuberías se detectarán rellenos incontrolados con restos antrópicos, consideramos que a priori debería descartarse su uso en los rellenos.

Este aprovechamiento general considerado se debe matizar en relación a la zonificación realizada en el apartado 6.5.1.

En la Zona A, según los aprovechamientos y limitaciones indicados, las necesidades de materiales para los rellenos de zanjas ordinarios y seleccionados quedarían cubiertas con los productos de excavación.

Por otra parte, en la Subzona A1 es posible que para cubrir las necesidades de relleno seleccionado, se requiera un cierto aporte externo en aquellos tramos donde las zanjas corten un espesor significativo de la UG-II A y UG-II B, debido a la merma de volumen reutilizable por exceso de fragmentos rocosos de tamaño grueso (superior a 25 mm) de areniscas, limolitas y argilitas.

En la Zona B, la presencia de suelos blandos y saturados pertenecientes a la UG-I B condiciona claramente su colocación en las zanjas. En este sentido su uso como rellenos ordinarios y en especial como rellenos seleccionados que deben ser compactados, pasa previamente por el aireado y secado de los mismos.

6.5.5. Agresividad a los hormigones por sulfatos

Los materiales afectados por la red de tuberías serían todos los descritos y caracterizados en el capítulo 5. Según lo indicado en dicho capítulo, todos ellos se catalogan como no agresivos a los hormigones (según Código estructural). En el caso de los rellenos de nivelación de la UG-0, por su composición similar a la IB, podría considerarse también como no agresivos.

En este sentido para las obras de hormigón, puede considerarse al terreno en su conjunto como no agresivo por sulfatos.

En el caso de cortarse rellenos incontrolados con restos antrópicos y caso de que en dichos puntos se dispongan obras de hormigón, se deberá realizar ensayos específicos para determinar la agresividad de los mismos.

Por último en el caso de elementos de hormigón enterrados que se dispongan sobre terrenos saturados en agua y con nivel freático, deberá considerarse un ambiente de agresividad débil, XA1 según código estructural.

6.5.6. Expansividad

Según lo señalado en el capítulo 5 solo los suelos arcillosos y las argilitas de la unidad IIA y IIB, respectivamente, presentan un cierto riesgo de Expansividad (bajo). El resto de materiales presentan un nulo riesgo de expansividad.

A la vista de ello, para las zanjas donde sus fondos alcancen estos términos arcillosos-argiliticos de la unidad II, deberán contemplarse tiempos de exposición al aire reducidos o bien dejar un margen de 0,3 m de suelos sin excavar antes de la colocación de la tubería para de esta forma garantizar que los tiempos de exposición sean mínimos, ya que la excavación de este margen de seguridad debería realizarse cuando se vaya a colocar la gravilla de apoyo de la tubería, la tubería y el relleno seleccionado de la misma. Además deberán adoptarse medidas adecuadas que garanticen la adecuada estanqueidad de las tuberías y sus conexiones.

Para las arquetas que se dispongan sobre las arcillas-argilitas de la UG-II consideramos que además de garantizar una adecuada estanquidad de las conexiones y tiempos de exposición reducidos, sería aconsejable un labrado del fondo y su compactación del lado húmedo asi como un espesor mayor para la gravilla de apoyo de la arqueta.

6.5.7. Colapsabilidad

En el capítulo 5 se señala los suelos de la UG-IB tienen un riesgo de colapsabilidad variable, en general nulo a muy bajo, localmente en el caso del cruce 1, bajo a medio. El resto de materiales presentan un nulo riesgo de colapso.

A la vista de ello, para las zanjas y arquetas cuyos fondos alcancen los suelos de la UG-IB, consideramos que deberían adoptarse medidas que garanticen una adecuada estanqueidad de las conexiones.

6.6. CRUCES DE INFRAESTRUCTURAS

La red de tuberías proyectada cruce en varios puntos algunas de las infraestructuras existentes y que se han señalado en la figura del capítulo 1.

Concretamente los cruces y la denominación aplicada a los mismos son los siguientes:

. Cruce 1.- Bajo la acequia principal de Valcarca, la carretera N-240 y la autovía A-22.

. Cruce 2.- Bajo la FFCC Tardienta-Lérida.

. Cruce 3.- Bajo la carretera N240 y autovía A-22.

. Cruce 4.- Bajo la autovía A-22.

. Cruce 5.- Bajo la carretera N-240.

. Cruce 6.- Bajo la FFCC Tardienta-Lérida.

De estos no se han estudiado los cruces 4, 5 y 6, ya que se van a utilizar infraestructuras de cruce ya existentes.

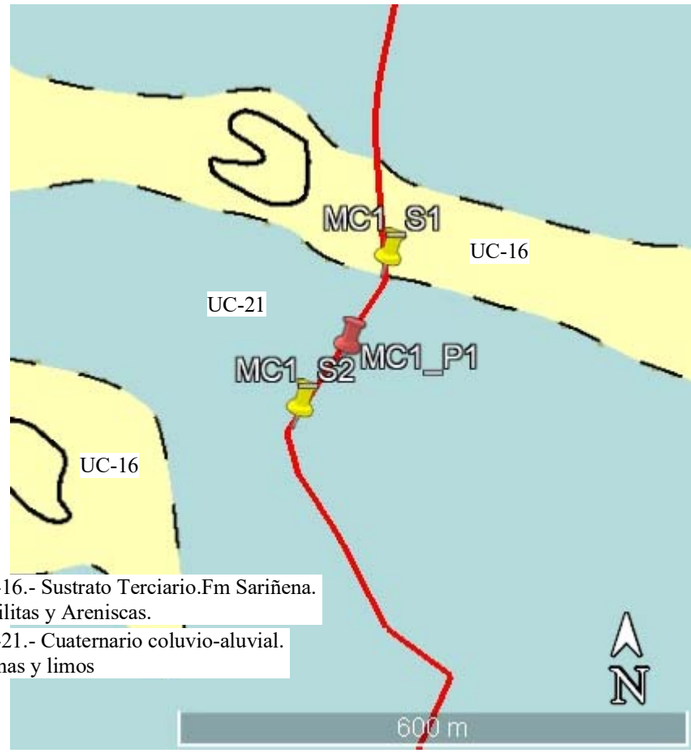
6.6.1. Cruce 1

La tubería cruza bajo la acequia principal de Valcarca, la carretera N-240 y la autovía A-22.La longitud del cruce es del orden de 200 m.

La tubería proyectada es de 1000 mm de diámetro.

Para la caracterización del terreno se han realizado dos sondeos (MC1-S1 y MC1-S2) y un ensayo DPSH (MC1-P1) cuya situación se recoge en la figura siguiente. En la misma se ha marcado la zona donde se ha reconocido la existencia en superficie de rellenos antrópicos incontrolados que se dispone entre la N-240 y la A-22.

En la figura siguiente se muestra el emplazamiento del cruce sobre la hoja nº 326 MONZÓN del Mapa Geológico 1:50.000 del IGME.



En base a dicho mapa, el cruce estaría situado sobre la UC-21, correspondiente al recubrimiento cuaternario de limos y arenas.

Modelo de terreno

A partir de los ensayos de campo y las observaciones de visu se ha elaborado el perfil de correlación adjunto que también se incluye en el anejo VI. En el mismo se han reconocido varias de las unidades geotécnicas descritas para el conjunto de la actuación.

Concretamente se han distinguido las siguientes unidades geotécnicas:

- UG 0: Tierra de labor, suelo vegetal y rellenos.

Dentro de esta unidad diferenciaríamos los siguientes tipos de rellenos:

.De tierras controlados y compactados asociadas a la construcción del terraplén de la A-22 y de la N-240.

. De gravas redondeadas detectadas en el MC1-S2.

. De tierras y otros restos antrópicos, no controlados que se han vertido en el espacio-hueco existente entre la A-22 y la N-240.

- UG IB: Recubrimiento cuaternario coluvial. Suelo granular fino (de NSPT=5)

Aparece bajo la UG-0 y está formado según sondeo S1 por limos marrones con algo de gravilla. Se detecta en el S1 y se interpreta su presencia en el P1. En el sondeo S2 no fue detectado.

Donde se ha detectado presenta un espesor de 1,7 a 2,0 m. Corresponde con la unidad cartográfica 21 señalada anteriormente.

- UG II: Sustrato terciario. (IIA alterado; IIB sano)

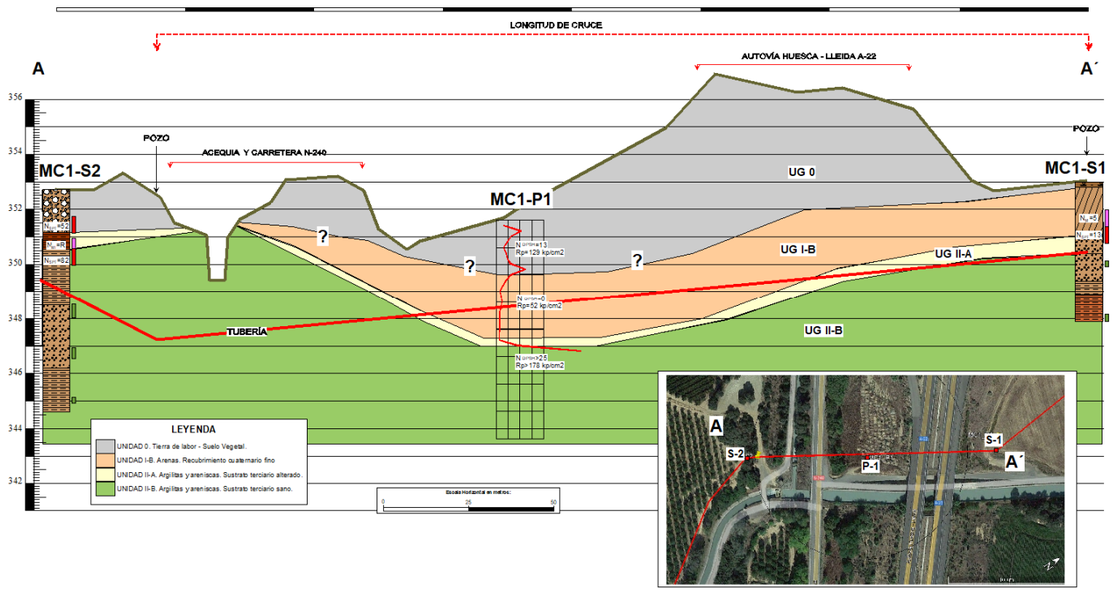
Está constituido por argilitas que se alternan con estratos de areniscas que se disponen en estratos subhorizontales. Corresponde con el sustrato Terciario rocoso de la zona, y concretamente se incluiría dentro de la unidad cartográfica 16, señalada en el capítulo 3 (Formación Sariñena).

En el S2 aparece directamente bajo la UG-0 a una profundidad de 1,55 m. En el P1 y S1 lo hace bajo la UG-IB a unas profundidades de 4,4 m a 1,9 m, respectivamente.

Presenta una parte superior alterada (IIA) de un espesor de 0,2 a 0,7m. La composición de esta zona alterada es arcillosa caso del S2 y arenosa caso del S1.

Los parámetros y características geotécnicas de estas unidades se han reflejado en el capítulo 5 del presente informe.

Se ha detectado humedades y ciertos rezumes de agua en los rellenos en el caso del S2 y en el contacto de los limos con el sustrato terciario en el caso del S1. No obstante tras realizar su achique no se observó recuperación, por lo que interpretamos que no existiría un nivel de agua como tal en el terreno pero si rezumes a priori de escasa entidad.



Consideraciones-Recomendaciones

De acuerdo al perfil de correlación realizado la tubería discurre en su extremo norte y sur por el sustrato Terciario sano y alterado (UG-II A y IIB) en su parte central lo hace por la UG-IB.

Los materiales del sustrato Terciario alterado (IIA) son arcillas muy compactas a las que se asigna una resistencia a compresión simple media de 2,5 Kg/cm2 (capítulo 5) y arenas densas a medianamente densas (NSPT=25). El sustrato sano (IIB) está formado por rocas blandas (argilitas y areniscas) y al conjunto se asigna una resistencia a compresión simple de 41 Kg/cm^2. La UG-IB son suelos finos, flojos y de consistencia blanda (NSPT=5).

La posición de los pozos de ataque y recepción no ha sido prefijada, no obstante, por profundidad y excavabilidad la más favorable para el pozo de ataque sería la del extremo norte (posición S-1).La profundidad del pozo sur (posición S2) sería del orden de 5 a 5,5 metros, afectaría a 1,55 m de rellenos de gravas (UG-0) y por debajo al sustrato Terciario (UG-II) con una parte superior alterada de 0,6 m. El pozo norte (posición S1) con una profundidad del orden de 2,5 a 3,0 m, afectaría a 1,9 m de suelos de la UG-IB (NSPT=5) y por debajo al sustrato Terciario (UG-II) con una parte superior alterada de 0,7 m.

A la profundidad de tubería y pozos no es esperable la presencia de nivel de agua, pero no es descartable la existencia de rezumes de agua.

En el caso del cruce de la tubería, dada la heterogeneidad de resistencia de los materiales, la metodología de cruce aconsejable sería la perforación con escudo abierto y rozado en el frente de avance y por delante de la tubería. También puede contemplarse una perforación dirigida. Ambas soluciones deben valorarse por empresas especializadas.

En el caso de la perforación con escudo abierto y rozado en el frente de avance, puede contemplarse también su realización en dos tramos, aprovechando el espacio existente entre la autovía A-22 y la N240.

Las excavaciones de los pozos de los extremos del cruce podrán realizarse con medios convencionales y potentes especialmente en el pozo sur, pudiendo ser necesario el uso puntual del martillo picador de alcanzarse estratos de areniscas de espesor decimétrico.

A priori serán excavaciones en seco, pero no debe descartarse la necesidad de aplicar medidas locales de achique de detectarse rezumes de agua.

Los taludes a adoptar en el caso del pozo sur (S2) serían de inclinaciones del orden de 1H:1V en la parte superior en relación con los rellenos de gravas y subverticales por debajo cuando aparece el sustrato Terciario.

Para el pozo norte (S1), en su parte superior y hasta alcanzar el sustrato Terciario (aparecería sobre 1,9 m de profundidad) deberían contemplarse taludes tendidos con inclinaciones de 1V:2,5H. Por debajo, ya dentro de la UG-II podrán contemplarse taludes subverticales.

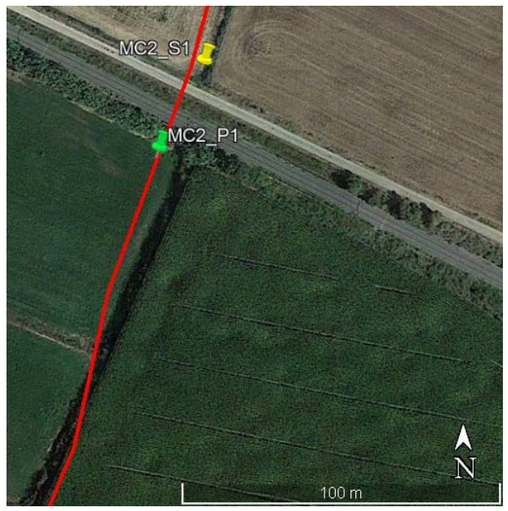
De optar por un cruce en dos partes, los pozos centrales serían del orden de 3 de profundidad, afectarían a rellenos incontrolados en un espesor del orden de 2,0 m y bajo los mismos a la UG-IB (de NSPT=5). Para los mismos deberán adoptarse taludes tendidos a priori del orden de 1V:2,5H.

Para los elementos de hormigón que estén en contacto con el terreno no será necesario el uso de cementos sulforresistentes ya que se cataloga como de nula agresividad a los hormigones. No obstante y ante la posibilidad de rezumes de agua, podrá adoptarse un ambiente de agresividad débil (XA1) para el que tampoco es necesario el uso de cementos sulforesistentes pero si dosificaciones mayores de cemento ajustadas a dicho ambiente.

6.6.1. Cruce 2

La tubería cruza bajo la línea de ferrocarril convencional Tardienta-Lérida. La longitud del cruce es del orden de 40 m y la tubería proyectada es de 1000 mm de diámetro.

Para la caracterización del terreno se ha realizado un sondeo (MC2-S1) y un ensayo DPSH (MC2-P1) cuya situación se recoge en la figura adjunta.



En la figura siguiente se muestra el emplazamiento del cruce sobre la hoja nº 326 MONZÓN del Mapa Geológico 1:50.000 del IGME.

En base a dicho mapa, el cruce estaría situado sobre la UC-21, correspondiente al recubrimiento cuaternario de limos y arenas.

<u>Modelo de terreno</u>

A partir de los ensayos de campo y las observaciones de visu se ha elaborado el perfil de correlación adjunto que también se incluye en el anejo VI. En el mismo se han reconocido varias de las unidades geotécnicas descritas para el conjunto de la actuación.

Concretamente se han distinguido las siguientes unidades geotécnicas:

- <u>UG 0: Tierra de labor, suelo vegetal y rellenos.</u>

Dentro de esta unidad se diferenciarían los suelos vegetales-tierra de labor detectados en los campos de cultivo adyacentes a la FFCC.

Los rellenos asociados a la plataforma ferroviaria que corresponderían con las capas de forma, subbalasto y balasto.

- <u>UG IB: Recubrimiento cuaternario coluvial. Suelo granular fino (de NSPT=0-2)</u>

Según sondeo está formado por arenas finas con arcillas muy húmedas y blandas. Se extienden por debajo de la UG-0 hasta una profundidad de 2,6 m en el S1 y de 3,8 en el P1.

- <u>UG II: Sustrato terciario. (IIA alterado; IIB sano)</u>

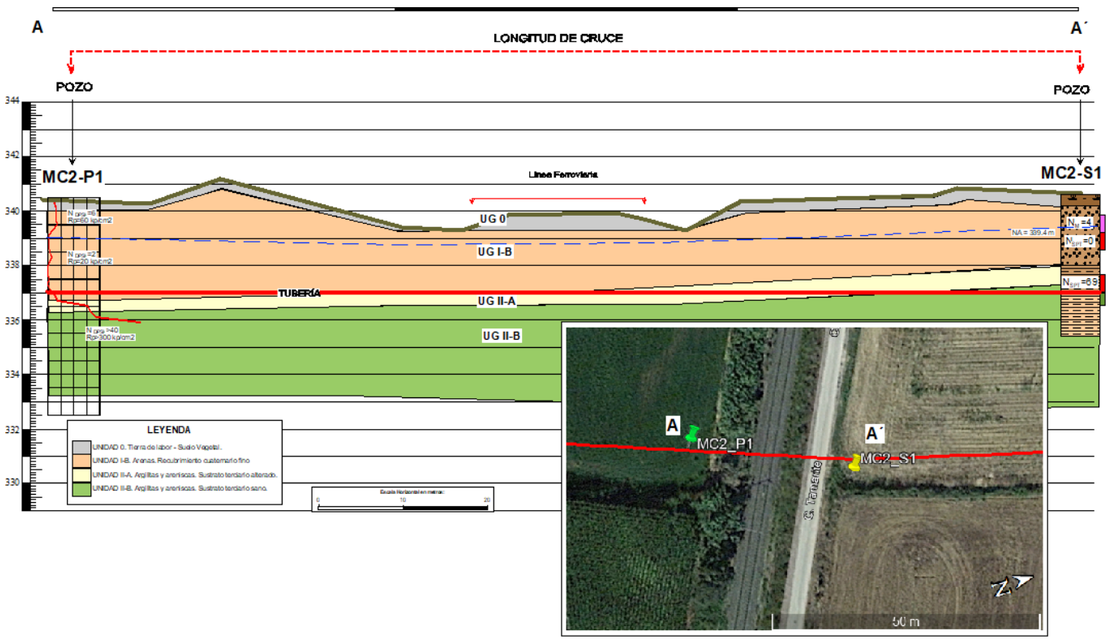
Está constituido por argilitas y corresponde con el sustrato Terciario rocoso de la zona, y concretamente se incluiría dentro de la unidad cartográfica 16, señalada en el capítulo 3 (Formación Sariñena).

Aparece en todos los casos bajo la UG-IB a una profundidad de 2,6 a 3,8 m.

Presenta una parte superior alterada (IIA) de un espesor de 0,2 a 0,85m. La composición de esta zona alterada es arcillosa según S1.

Los parámetros y características geotécnicas de estas unidades se han reflejado en el capítulo 5 del presente informe.

Se ha detectado un nivel de agua que satura los suelos finos (UG-IB). En el S1 se detecta a 1,2 m de profundidad y en el P1 a 1,4 m. Es un agua de agresividad débil (ambiente XA1 del código estructural)



Consideraciones-Recomendaciones

De acuerdo al perfil de correlación realizado la tubería (base) discurre a cota 337 afectando a la UG-IB y UGII (A y B). De forma aproximada, la base de la misma se dispone en el contacto de ambos tipos de materiales.

La UG-IB son suelos finos, muy flojos, de consistencia muy blanda (NSPT=2) y saturados. Los materiales del sustrato Terciario alterado (IIA) son arcillas muy compactas a las que se asigna una resistencia a compresión simple media de 2,5 Kg/cm^2 (capítulo 5). El sustrato sano (IIB) está formado por rocas blandas y básicamente por argilitas (según S1).

La posición de los pozos de ataque y recepción no ha sido prefijada, ambos alcanzarían profundidades del orden de 3,5 a 3,6 m. Mayoritariamente afectarían a la UG-IB hasta una profundidad del orden de 2,6 de profundidad en el pozo norte (S1) y 3,6 m en el pozo sur (posición P1). Por debajo de esas profundidades aparecería la UG-II con una parte superior alterada de 0,6 a 1,0 m. Comparando los perfiles de ambos pozos, consideramos como más favorable a los efectos, el situado al norte como pozo de ataque.

Existe un nivel de agua saturando gran parte de la UG-IB y situado sobre la cota 339,1 a 339,4, por lo que afectará a la tubería y a los pozos de ataque.

En el caso del cruce de la tubería, dada la heterogeneidad de resistencia de los materiales a atravesar y que la tubería se dispone a lo largo del contacto de dos terrenos de una gran diferencia resistente, consideramos que la metodología de cruce aconsejable sería la perforación mediante escudo abierto y rozado en el frente.

La existencia de suelos muy blandos y saturados (UG-IB) en la parte superior de la tubería debe tenerse presente a la hora de ejecución de la perforación ya que éstos pueden colapsar y desplomarse. En este sentido el avance del rozado respecto a la tubería debe ser mínimo para evitar esta problemática.

También deben contemplarse medidas de drenaje del agua que entre en el interior de la perforación-tubería de avance.

La ejecución de los pozos plantea la problemática de suelos muy blandos y un nivel de agua muy superficial.

En este sentido, su excavación deberá realizarse al amparo de un sostenimiento mediante un tablestacado debidamente apuntalado que se empotre en la UG-II complementándolo además con medidas de drenaje y achiques pertinentes para mantener el nivel de agua por debajo del fondo de excavación.

De optar como pozo de ataque el situado al norte, el fondo de excavación se dispondría sobre la UG-II (A o B) de una buena capacidad soporte, por lo que alcanzado el mismo y eliminada el agua de la excavación cuyo flujo al interior habría sido cortado por las tablestacas, podrá disponerse la plataforma de trabajo.

De optar como pozo de ataque el situado al sur el fondo de excavación se dispondría sobre la UG-IB de características muy blandas, por lo que deberá sanearse hasta alcanzar la UG-II que a priori se dispondría muy próxima al fondo (del orden de 0,4 m por debajo).

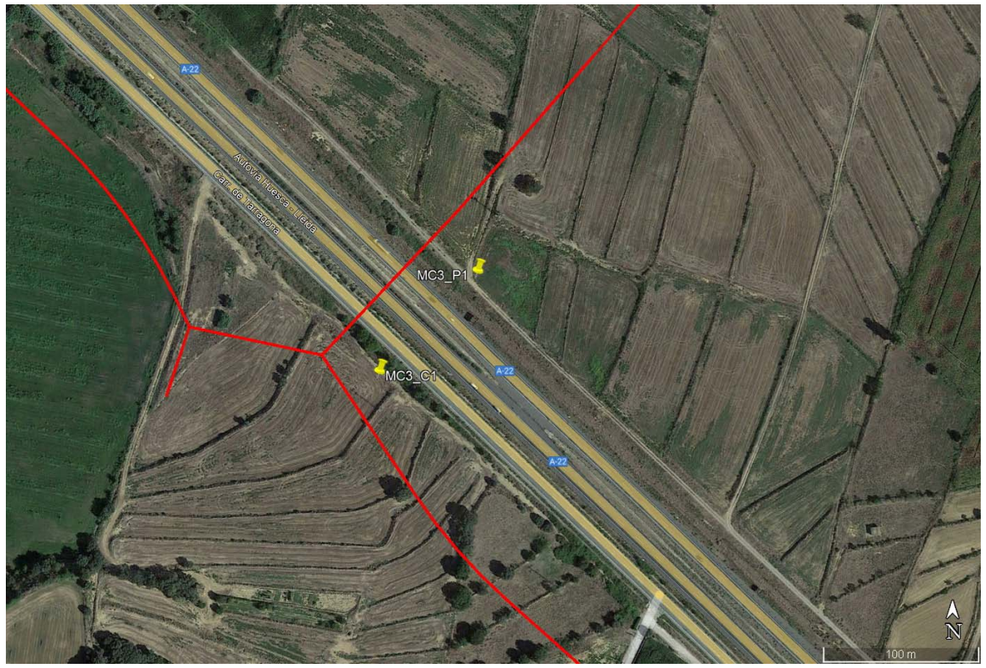
Las excavaciones tanto del pozo de ataque como del de recepción se podrán realizar con medios convencionales.

Aunque la UG-I y UG-II no son agresivas al hormigón, la presencia de un nivel de agua superficial, hace necesario considerar una agresividad débil (ambiente XA1), propia de las aguas freáticas, para las obras de hormigón en contacto con el terreno.

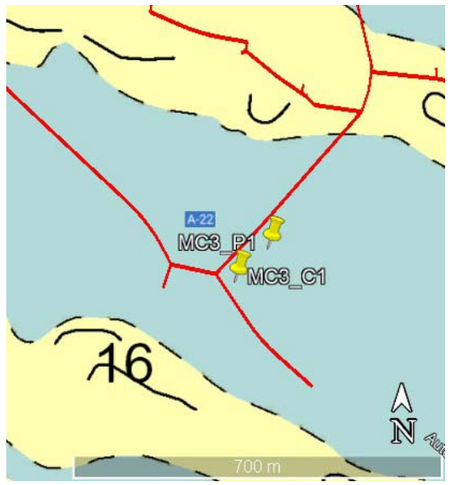
6.6.1. Cruce 3

La tubería cruza bajo la carretera N240 y autovía A-22. La longitud global del mismo sería del orden de 100 m. La tubería proyectada es de DN400 mm de PVC.

Para la caracterización del terreno se han realizado una calicata (MC3-C1) y un ensayo DPSH (MC3-P1) cuya situación se recoge en la figura siguiente.



En la figura siguiente se muestra el emplazamiento del cruce sobre la hoja nº 326 MONZÓN del Mapa Geológico 1:50.000 del IGME.



En base a dicho mapa, el cruce estaría situado sobre la UC-21, correspondiente al recubrimiento cuaternario de limos y arenas, aunque cercano como se puede observar a la UC-16 (Sustrato terciario de la Fm. Sariñena).

Modelo de terreno

A partir de los ensayos de campo y las observaciones de visu se ha elaborado el perfil de correlación adjunto que también se incluye en el anejo VI. En el mismo se han reconocido varias de las unidades geotécnicas descritas para el conjunto de la actuación.

Concretamente se han distinguido las siguientes unidades geotécnicas:

- <u>UG 0: Tierra de labor, suelo vegetal y rellenos.</u>

Dentro de esta unidad se reconocen los suelos vegetales y tierras de labor con un espesor de 0,40 metros.

- <u>UG IB: Recubrimiento cuaternario coluvial. Suelo granular fino (de NSPT=9)</u>

Aparece bajo la UG-0 y está formado, atendiendo a los materiales reconocidos en la calicata MC3-C1, por arcillas limosas que pasan en profundidad a arenas arcillosas. La presencia de esta misma unidad geotécnica (UG-IB) se interpreta en el ensayo de penetración dinámica MC3-P1 hasta una profundidad de 2,60 metros. En la calicata abierta este nivel llega al menos hasta la profundidad de prospección máxima alcanzada (3,30m).

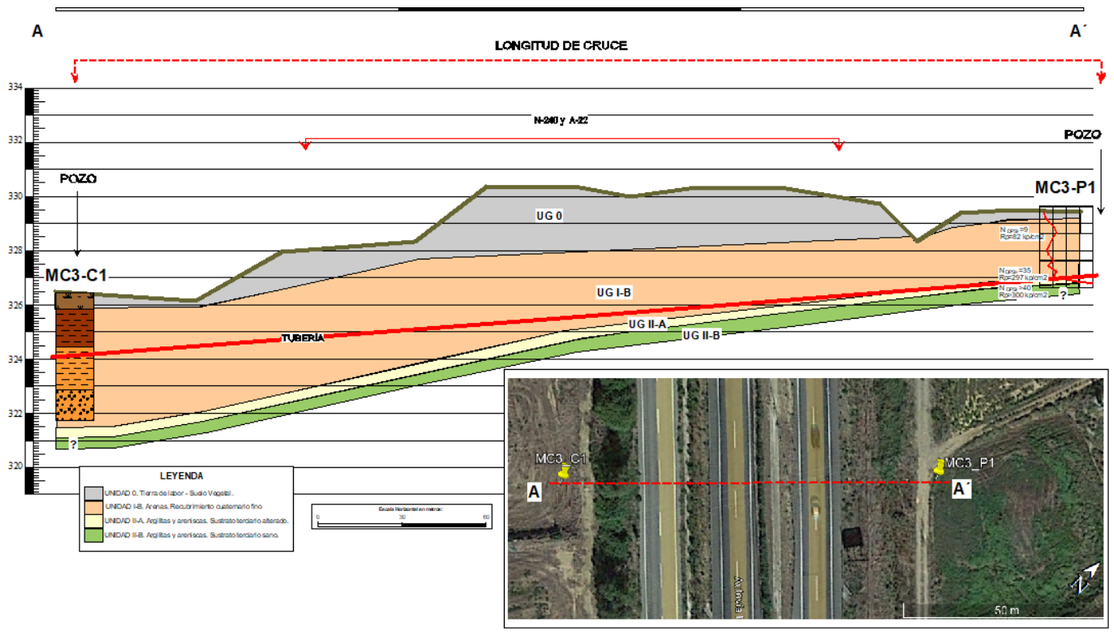
- <u>UG II: Sustrato terciario. (IIA alterado; IIB sano)</u>

Está constituido por argilitas que se alternan con estratos de areniscas que se disponen en estratos subhorizontales. Corresponde con el sustrato Terciario rocoso de la zona, y concretamente se incluiría dentro de la unidad cartográfica 16, señalada en el capítulo 3 (Formación Sariñena).

Para esta unidad de obra, el sustrato rocoso se ha reconocido únicamente en el ensayo DPSH (MC3-P1) justo por debajo de la UG-IB, a una profundidad de 2,60 m alcanzando el rechazo a 3,20 metros. Presenta una parte superior alterada (IIA) de un espesor de aproximadamente 0,40 m.

Los parámetros y características geotécnicas de estas unidades se han reflejado en el capítulo 5 del presente informe. Para el caso de la IB los parámetros a adoptar serían los asignados a la caracterizada por un NSPT medio de 10.

Si bien los materiales pertenecientes a la UG-IB aparecían algo más húmedos al profundizar, no se ha reconocido la presencia de agua, por lo que interpretamos que no existiría un nivel de agua como tal en el terreno.



Consideraciones-Recomendaciones

De acuerdo al perfil de correlación realizado la tubería discurre en su totalidad en los materiales de la UG-IB formada por suelos finos. No obstante, en el lado cercano al ensayo MC3-P1, se sitúa muy cerca de los términos alterados y sanos del sustrato Terciario (UG-II).

La UG-IB son suelos finos, flojos a medianamente consistentes (NSPT=10). Los materiales del sustrato Terciario alterado (IIA) son arcillas muy compactas a las que se asigna una resistencia a compresión simple media de 2,5 Kg/cm2 (capítulo 5) y arenas densas a medianamente densas (NSPT=25). El sustrato sano (IIB) está formado por rocas blandas (argilitas y areniscas) y al conjunto se asigna una resistencia a compresión simple de 41 Kg/cm^2.

Los pozos de ataque y recepción, alcanzarían profundidades de 2,0 a 2,4 m. Se dispondrán en su totalidad sobre los suelos de la UG-IB en el pozo sur (posición MC3-C1) y en el pozo norte y para la base del mismo se podría alcanzar la parte alterada de la UG-II incluso su parte sana caso de que este pozo profundice por debajo de los 2,6 m.

A la profundidad de tubería y pozos de ataque no es esperable la presencia de nivel de agua.

En el caso del cruce de la tubería, ante la posibilidad de que en la parte norte pueda alcanzarse los términos de la UG-II de una consistencia alta, la metodología de cruce aconsejable sería la hinca con escudo abierto y con perforación-rozado en el frente de avance y por delante de la hinca. No obstante en el tramo central y sur podría utilizarse la hinca convencional por empuje sin necesidad de equipo de rozado o de excavación especial en el frente

Las excavaciones de los pozos podrán realizarse con medios convencionales, potentes en el caso de alcanzar la UG-II y serán en seco. Considerando que todo el pozo se desarrolla sobre la UG-IB con un NSPT=10 (aplica parámetros geotécnicos del capítulo 5) y una altura del orden de 2,4 a 3,0 metros, la inclinación del talud a adoptar (aplicando los ábacos de Hoek y Bray, situación 2), para un factor de seguridad de 1,4, sería del orden de 2H:3V.

No será necesario el uso de cementos sulforesistentes en los hormigones en contacto con el terreno, ya en su conjunto y hasta las profundidades de afección de tubería y pozo, no es agresivo por sulfatos.

Zaragoza, Enero 2023

IGEOSUMA, S.L.
GEOLOGÍA-GEOTECNIA-MEDIO AMBIENTE
C.I.F. B-99320541
Gil de Jasa, 22, 3º D
50006 Zaragoza
Tel./Fax 976 21 53 01
igeosuma@movistar.es

JOSÉ MANUEL BESCÓS ROY

Licenciado en Ciencias Geológicas

Nº de Colegiado: 5895

ALFREDO ZAMORA RADA

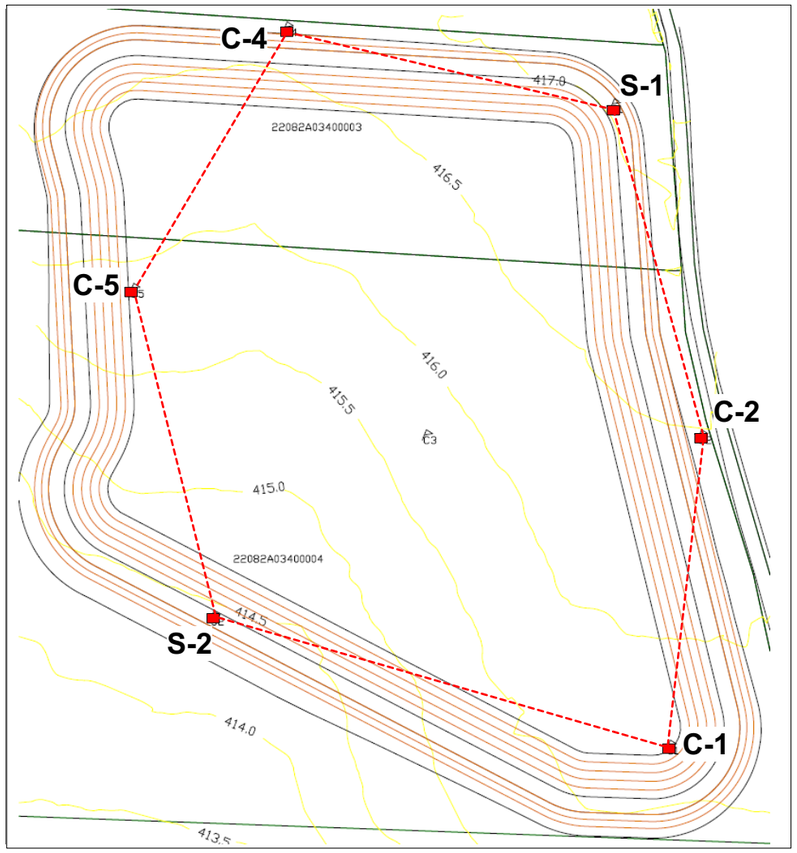
Geólogo

Nº de Colegiado: 2702

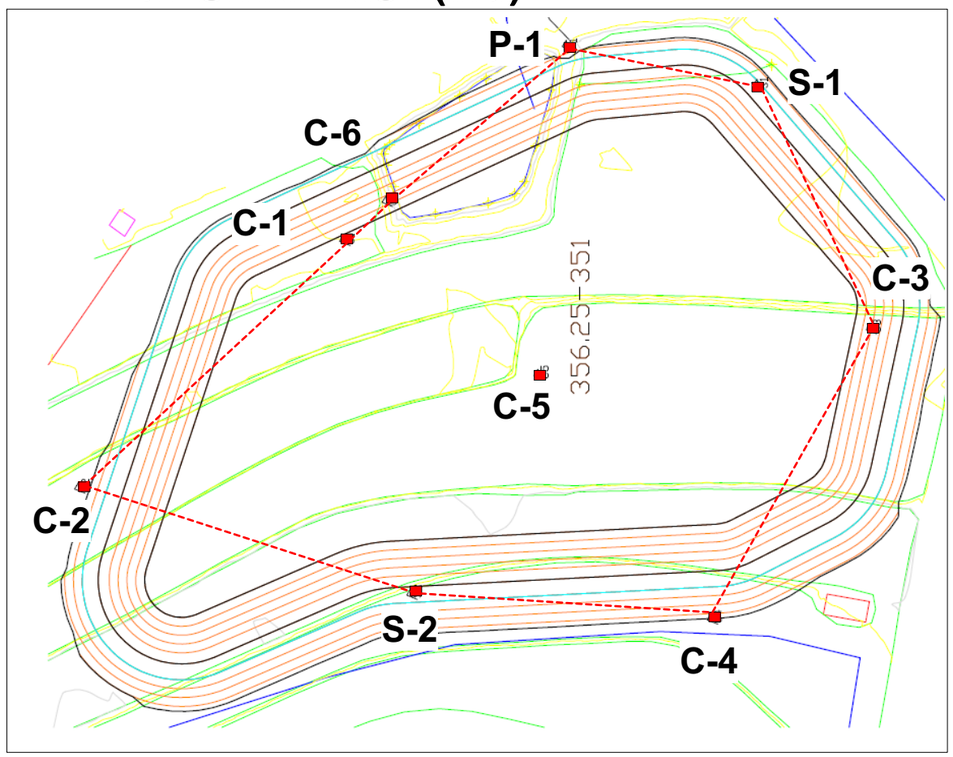
ANEJOS

I.- PLANTAS DE SITUACIÓN DE ENSAYOS DE CAMPO

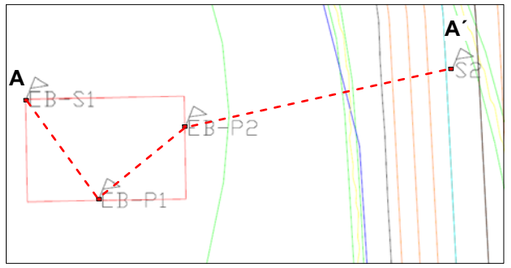
CROQUIS SITUACIÓN ENSAYOS EN BALSA SUPERIOR (MBS)



CROQUIS SITUACIÓN ENSAYOS EN BALSA INFERIOR (MBI)



CROQUIS SITUACIÓN ENSAYOS EN ESTACIÓN DE BOMBEO (EB)



INFORME: ***E.G. PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.***
REFERENCIA: *0820*
FECHA: *Noviembre 2022*

LEYENDA

Red de Tuberías

Plano Situación Ensayos Red de Tuberías y Cruces CR La Alegría

	Fecha	
Dibujado	ENE-2023	IGEOSUMA, S.L. C/ GIL DE JASA, 22, 3ºD, 50006 ZARAGOZA

ESCALA: 1/25000 Original A-4 Gráfica: 250 metros	ESTUDIO GEOTECNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA C.R. LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA	Nº Informe: 0820 N.Archivo:

II.- REGISTROS DE SONDEOS

IGEOSUMA, S.L.

SONDEO :MBS-S1	EMPLAZAMIENTO: Balsa Superior. MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM 31T ETRS89
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 8 de Noviembre de 2022	X = 271940
		Y = 4637632
		Z = 417 m

Prof. (m)	Sección	Descripción del terreno	UNIDAD GEOTÉCNICA	MUESTRA	S.P.T. Prof (m)	S.P.T. N30=N15+N15	NIVEL DE AGUA	RQD
0,40		Tierra de Labor. limo arenoso marrón oscuro con cantos calizos y gravilla dispersa.	0					
1,90		Costra carbonatada (caliche) blanquecina con grava media y cantos calizos.	I-A	1,60 MI 13-17-28-33 2,20	1,00 (a) 1,60	21-32-33-21		
5,20		Grava media fina heterométrica (también algo de gruesa), con tapizados carbonatados en los cantos y encostramientos localizados en abundante matriz arenosa marrón ocre.	I-C		2,20 (a) 2,80; 4,00 (a) 4,40	12-23-22-26; 23-52-R	NO SE DETECTA	
6,10		Arena fina limosa arcillosa marrón ocre algo trabada y con pasadas más arcillosas. A base presenta algo de gravilla dispersa.	I-B	5,20 MI 21-25-37-26 5,80	5,80 (a) 6,40	10-19-32-68		
7,10		Arena media con grava fina a grava fina con arena marrón ocre y algún bolo calizo.	I-C		7,00 (a) 7,10	R		
		FIN SONDEO						

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Juan Casaos Máquina: ROLATEC RL-800
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	

IGEOSUMA, S.L.

SONDEO MBS-S1

Emplazamiento

Cajas

IGEOSUMA, S.L.

SONDEO :MBS-S2	EMPLAZAMIENTO: Balsa Superior. MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM 31T ETRS89
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 8 de Noviembre de 2022	X = 271825
		Y = 4637485
		Z = 414,4 m

Prof. (m)	Sección	Descripción del terreno	UNIDAD GEOTÉCNICA	MUESTRA	S.P.T. Prof (m)	S.P.T. N30=N15+N15	NIVEL DE AGUA	RQD
0,40		Tierra de Labor. limo arenoso marrón oscuro con cantos calizos y gravilla dispersa.	0					
1,70		Costra carbonatada blanquecina marrón clara con grava media cementada.	I-A		1,00 (a) 1,60	20-41-46-59		
3,20		Grava media gruesa heterométrica subangulosa - subredondeada con tapizados carbonatados en los cantos en abundante matriz arenosa marrón blanquecina con gravilla dispersa.	I-C		2,60 (a) 3,20	16-18-24-38	NO SE DETECTA	
5,30		Grava media - fina subredondeada a subangulosa en matriz marrón ocre con tapizados blanquecinos en los cantos.			4,00 (a) 4,50	15-35-R		
7,10		Grava neterométrica media a gruesa subangulosa - subredondeada en abundante matriz de arena fina marrón blanquecina y algún canto calizo de mayor tamaño.			5,50 (a) 5,75	42-R		
					7,00 (a) 7,10	R		
		FIN SONDEO						

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Juan Casaos
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: ROLATEC RL-800

IGEOSUMA, S.L.

SONDEO MBS-S2

Emplazamiento

Cajas

IGEOSUMA, S.L.

SONDEO: MBI-S1	EMPLAZAMIENTO: Balsa Inferior. MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM 31T ETRS89
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 10 y 11 de Noviembre de 2022	X = 272701
		Y = 4640930
		Z = 354,5 m

Prof. (m)	Sección	Descripción del terreno	UNIDAD GEOTÉCNICA	MUESTRA	S.P.T. Prof (m)	S.P.T. N30=N15+N15	NIVEL DE AGUA	RQD
0,40		Suelo Vegetal - Tierra de Labor	0					
1,00		Arena limosa - limo arenoso marrón claro.	I-B					
6,20		Argilita marrón ocre con decoloraciones pardo grisáceas que presenta interestratos milimétricos (<2 cm) más arenosos. De 2,00-3,40 m y de 5,70-6,20 m la argilita es limoarenosa. De 3,40-5,70 m puramente argilítica con tonos más rojizos en los últimos 40 cm.	II-A II-B	2,40 TP 2,60 4,60 TP 5,10	1,00 (a) 1,60	11-13-16-46	NO SE DETECTA	2,00 57% 3,40 84% 5,20
8,10		Arena fina - media marrón ocre grisácea trabada y cementada. De 7,30-7,50 m se distingue un tramo argilítico marrón ocre.		6,40 TP 6,70				87% 7,10 57% 8,10
		FIN SONDEO						

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Juan Casaos Máquina: ROLATEC RL-800
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	

IGEOSUMA, S.L.

SONDEO MBI-S1

Emplazamiento

Cajas

IGEOSUMA, S.L.

SONDEO : MBI-S2	EMPLAZAMIENTO: Balsa Inferior. MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM 31T ETRS89
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 10 y 11 de Noviembre de 2022	X = 272557
		Y = 4641028
		Z = 352 m

Prof. (m)	Sección	Descripción del terreno	UNIDAD GEOTÉCNICA	MUESTRA	S.P.T. Prof (m)	S.P.T. N30=N15+N15	NIVEL DE AGUA	RQD
0,30		Suelo Vegetal - Tierra de Labor	0					
1,40		Limo arenoso - arena limosa marrón ocre con rizocreciones blanquecinas y pasadas algo más arcillosas. A base, se reconoce cada vez más arenoso.	I-B	1,20 MI				
		Arena media marrón ocre grisácea trabada y cementada.	II-A	14-24-39-R 1,70	1,70 (a) 1,90	69-R	NO SE DETECTA	100%
3,20		Argilita marrón ocre grisácea y violácea que aparece muy húmeda.	II-B	2,70 TP 3,00				74%
4,00		Arena media gris ocre amarronada fuertemente trabada y cementada.		5,05 TP 5,30				81%
				6,00 TP 6,35				76%
7,10		FIN SONDEO						

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Juan Casaos
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: ROLATEC RL-800

IGEOSUMA, S.L.

SONDEO MBI-S2

Emplazamiento

Cajas

IGEOSUMA, S.L.

SONDEO :MEB-S1	EMPLAZAMIENTO: Estación de Bombeo. MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM 31T ETRS89
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 10 y 11 de Noviembre de 2022	X = 272498
		Y = 4641024
		Z = 351 m

Prof. (m)	Sección	Descripción del terreno	UNIDAD GEOTÉCNICA	MUESTRA	S.P.T. Prof (m)	S.P.T. N30=N15+N15	NIVEL DE AGUA	RQD
0,30		Suelo vegetal.	0					
1,50		Limo arenoso - arena limosa marrón ocre con algo de gravilla dispersa a techo.	I-B	1,20 MI 8-8-22-35 1,80				
		Arena fina - media marrón ocre y grisácea trabada y cementada. El grado de cementación varía a lo largo del nivel. De 4,10-4,30 m se distingue un tramo arcilloso. Hacia base, desde 5,40 m el grado de cementación es mucho menor, si bien presenta un notable grado de trabazón.	II-A II-B	3,20 TP 3,45	1,80 (a) 2,20	29-56-R	NO SE DETECTA	2,40 80% 4,40 98%
6,00		FIN SONDEO						6,00

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Juan Casaos
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: ROLATEC RL-800

IGEOSUMA, S.L.

SONDEO MEB-S1

Emplazamiento

Cajas

IGEOSUMA, S.L.

SONDEO :MC1-S1	EMPLAZAMIENTO: Cruce de Caminos 1. MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM 31T ETRS89
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 8 de Noviembre de 2022	X = 272133
		Y = 4639242
		Z = 352,9

Prof. (m)	Sección	Descripción del terreno	UNIDAD GEOTÉCNICA	MUESTRA	S.P.T. Prof (m)	S.P.T. N30=N15+N15	NIVEL DE AGUA	RQD
0,20		Suelo vegetal - Tierra de labor.	0					
1,90		Limo versicolor marrón ocre, grisáceo y violáceo con algo de gravilla dispersa y pasadas arcillosas marrón oscuras.	I-B	1,00 MI 3-3-2-2 1,60	1,60 (o) 2,20	1-3-10-21	NO SE DETECTA	
2,60		Arena marrón ocre con decoloraciones rojizas.	II-A					2,60
3,60		Arena fina media trabada y algo cementada marrón ocre con pasadas rojizas y grisáceas.	II-B	2,85 TP 3,05				83% 3,20
4,10		Argilitas limoarenosas marrón ocres con decoloraciones grisáceas y micas, así como pasadas más arenosas trabadas y cementadas.						55% 4,20
5,10		Argilita marrón rojiza con decoloraciones grisáceas y pasdas finas de arena cementada.		4,80 TP 5,10				100% 5,10
		FIN SONDEO						

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.

PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.

Supervisión: Juan Casaos
Máquina: ROLATEC RL-800

IGEOSUMA, S.L.

SONDEO S-1

Emplazamiento

Cajas

IGEOSUMA, S.L.

SONDEO :MC1-S2	EMPLAZAMIENTO: Cruce de Caminos 1. MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM 31T ETRS89
		X = 272024
		Y = 4639068
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 9 de Noviembre de 2022	Z = 352,7

Prof. (m)	Sección	Descripción del terreno	UNIDAD GEOTÉCNICA	MUESTRA	S.P.T. Prof (m)	S.P.T. N30=N15+N15	NIVEL DE AGUA	RQD
		Grava media - gruesa de naturaleza silícea y caliza, con escasa matriz. De 0,60-0,80 m aparece muy húmeda con algo de matriz arcillosa. De 1,45-1,55 m presenta algo de matriz limosa blanquecina.	0		1,00 (c)	33-25-27-20	NO SE DETECTA	
1,55		Argilita limoarenosa marrón rojiza alterada.	II-A	1,80 MI 33-80-R 2,15	1,50			
2,15		Argilita marrón ocre con alguna pasada más trabada.	II-B		2,15 (a) 2,75	40-35-47-66		3,50
3,60		Argilita arenosa marrón amarillenta con pasadas arenosas grisáceas.						65%
4,20		Arena de grano fino - medio marrón ocre y grisácea con decoloraciones pardas trabada y cementada. Presenta interestratos algo más arcilíticos.		4,20 TP 4,70				4,70
				5,80 TP 6,20				97% 5,80 86%
6,50		Argilitas marrón ocre grisáceas con intervalos areniscosos.		7,60 TP 7,80				6,50 99%
8,10		FIN SONDEO						8,10

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.

PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.

Supervisión: Juan Casaos

Máquina: ROLATEC RL-800

IGEOSUMA, S.L.

SONDEO S-2

Emplazamiento

Cajas

IGEOSUMA, S.L.

SONDEO :MC2-S1	EMPLAZAMIENTO: Cruce de Caminos 2. MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM 31T ETRS89
		X = 271905
		Y = 4640546
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 9 y 10 de Noviembre de 2022	Z = 340,6

Prof. (m)	Sección	Descripción del terreno	UNIDAD GEOTÉCNICA	MUESTRA	S.P.T. Prof (m)	S.P.T. N30=N15+N15	NIVEL DE AGUA	RQD
0,40		Suelo Vegetal - Tierra de Labor. Limo marrón oscuro con gravilla dispersa	0					
2,60		Arena fina media marrón oscura con algo de arcilla que aparece muy húmeda.	I-B	1,00 MI 2-2-2-2 1,60	1,60 (a) 2,20	0-0-0-0	NA 1,20 m	
3,60		Arcilla argilita limoarenosa marrón ocre con decoloraciones grisáceas que a techo aparece más húmeda, arenosa y alterada.	II-A		3,00 (a) 3,60	12-33-36-65		3,60
5,20		Argilita marrón clara ocre con pasadas grisáceas y pardo rojizas. Presenta láminas milimétricas arenosas (argilita limoarenosa).	II-B	3,75 TP 4,15				98% 5,20
		FIN SONDEO						

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.

PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.

Supervisión: Juan Casaos

Máquina: ROLATEC RL-800

IGEOSUMA, S.L.

SONDEO S-1

Emplazamiento

Cajas

III.- REGISTROS DE CALICATAS

IGEOSUMA, S.L.

CALICATA MBI-C1	EMPLAZAMIENTO: Balsa Inferior, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 8 de Noviembre de 2022	X = 272657 Y = 4641047 Z = 356 m

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,50	0,50			Suelo vegetal.		Fácil	Regular		0
1,10	0,60			Arena limosa marrón oscura rojiza con algún canto de gravilla disperso.	NO SE DETECTA	Fácil	Buena		I-B
2,10	1,00			Arena fina marrón ocre grisácea fuertemente trabada algo cementada que aparece muy húmeda y presenta abundantes áreas blanquecinas. A partir de 1,70 m de profundidad la excavabilidad empeora, ya que la arena se encuentra cada vez más trabada (arenisca) hasta llegar a ser no excavable..		Fácil- R No Exc.	Buena		II-A II-B
				FIN DE CALICATA					

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

IGEOSUMA, S.L.

CALICATA MBI-C2	EMPLAZAMIENTO: Balsa Inferior, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 8 de Noviembre de 2022	X = 272587 Y = 4641122 Z = 353,8 m

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,40	0,40			Suelo vegetal.		Fácil	Regular		0
2,10	1,70	M 1,4		Arena limosa marrón rojiza con alguna concreción blanquecina dispersa A partir de 0,80 m la arena toma una tonalidad más ocres y desde los 1,10 m la arena aparece cada vez más húmeda y se vuelve algo más arcillosa.	NO SE DETECTA	Fácil	Buena		I-B
3,10	1,00			Arena fina limosa marrón ocre con pasadas azuladas - grisáceas algo más trabadas. A medida que se profundiza, aparece menos húmeda y el sustrato cada vez más sano (arena más trabada).		Fácil Regular	Buena		II-A II-B
				FIN DE CALICATA					

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

CALICATA MBI-C3	EMPLAZAMIENTO: Balsa Inferior, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 8 de Noviembre de 2022	X = 272632 Y = 4640898 Z = 353,3 m

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,40	0,40			Suelo vegetal.		Fácil	Regular		0
1,20	0,80	M 1,0		Limo versicolor (marrón amarillento, azulado, rojizo...).	NO SE DETECTA	Fácil	Buena		I-B
2,30	1,10	M 1,3		Argilitas versicolores marrón ocres, rojizas, grisáceas y azuladas reconociéndose, de 1,55 - 1,70 m, un tramo donde las argilitas son algo más limosas. A partir de 1,60 m la excavabilidad se hace regular.		Fácil Regular	Buena		II-A II-B

FIN DE CALICATA

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

IGEOSUMA, S.L.

CALICATA MBI-C4	EMPLAZAMIENTO: Balsa Inferior, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 8 de Noviembre de 2022	X = 272550 Y = 4640943 Z = 352,1 m

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,40	0,40			Suelo vegetal.		Fácil	Regular		0
0,70	0,30			Arena limosa rojiza - marrón rojiza.		Fácil	Buena		I-B
1,50	0,80			Arena fina trabada no cementada marrón ocre con áreas blanquecinas y pasadas de grano medio. A partir de 1,50 m de profundidad aparece trabada y cementada.	NO SE DETECTA	Fácil	Buena		I-B
1,80	0,30			Arena fina trabada y cementada marrón ocre.		Fácil	Buena		II-A
1,90				Arcillas argilitas rojizas y amarillentas.		Fácil	Buena		II-A
2,00				Arena - arenisca marrón ocre grisácea fuertemente trabada y cementada con áreas blanquecinas.		No Exc.	Buena		II-B

FIN DE CALICATA

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

CALICATA MBI-C5	EMPLAZAMIENTO: Balsa Inferior, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 8 de Noviembre de 2022	X = 272619 Y = 4640992 Z = 353,3m

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,40	0,40			Suelo vegetal.		Fácil	Regular		0
1,10	0,70	M 1,2		Arena fina marrón ocre con gravilla y rizocrecioes blanquecinas por sulfatos.	NO SE DETECTA	Fácil	Buena		I-B
1,60	0,50	M 1,6		Arena fina - media fuertemente trabada marrón ocre que aparece algo húmeda.		Fácil	Buena		II-A
				Arena fina media marrón ocre fuertemente trabada y cementada.		No Exc.	Buena		II-B
				FIN DE CALICATA					

*Nos encontramos en todo el perfil con el mismo sustrato arenoso pero a medida que se profundiza aumenta el grado de trabazón y cementación.

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

IGEOSUMA, S.L.

CALICATA MBI-C6	EMPLAZAMIENTO: Balsa Inferior, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 8 de Noviembre de 2022	X = 272668 Y = 4641035 Z = 354,7 m

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,40	0,40			Fondo de la balsa de arcillas y cañas.	NO SE DETECTA	Fácil	Regular		0
1,00	0,60			Arcillas argilitas marrón ocres grisáceas alteradas y muy húmedas.		Fácil	Buena		II-A
				FIN DE CALICATA					

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

CALICATA MBS-C1	EMPLAZAMIENTO: Balsa Superior, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 8 de Noviembre de 2022	X = 271956 Y = 4637448 Z = 415,7 m

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,50	0,50			Tierra de labor. Limos con cantos y bolos calizos.		Fácil	Regular		0
1,40	0,90			Costra carbonatada con arenas cementadas y grava fina media con tapizados a partir de 1,0 m de profundidad.	NO SE DETECTA	Regular	Buena		I-A
2,20	0,80			Arena fina limosa trabada y densa no cementada marrón ocre con alguna rizocreción blanquecina. Presenta un ligero moteado negro debido a m.o. y a base se reconoce un aumento del contenido en finos arcillosos.		Fácil	Buena		I-B
3,60	1,40			Grava heterométrica de media a gruesa subredondeada - redondeada fundamentalmente silícea con tapizados carbonatados en cantos y encostramientos discontinuos y locales. Presenta una matriz arenosa fina-media marrón ocre, reconociéndose hacia base un aumento del tamañode la grava.		Fácil	Buena		I-C
				FIN DE CALICATA					

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

IGEOSUMA, S.L.

CALICATA MBS-C2	EMPLAZAMIENTO: Balsa Superior, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 8 de Noviembre de 2022	X = 271965 Y = 4637537 Z = 416,5 m

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,40	0,40			Tierra de labor. Limos con cantos, costras carbonatadas y gravas.		Fácil	Regular		0
1,80	1,40			Costra carbonatada blanquecina que hacia base, a partir de 1,10 m de prof., es limoarenosa trabada y cementada.	NO SE DETECTA	Regular	Buena		I-A
2,50	0,70	M 2,0		Arena fina media trabada no cementada marrón ocre con algo de gravilla dispersa. La arena aparece densa y con rizocreciones/áreas blanquecinas.		Fácil	Buena		I-B
3,20	0,70	M 2,7		Grava heterométrica de media a gruesa subredondeada - subangulosa con algún tapizado carbonatado en los cantos y abundante matriz de arena fina marrón ocre. Se reconocen encostramientos discontinuos y algún bolo hacia base.		Fácil	Buena		I-C
				FIN DE CALICATA					

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

CALICATA MBS-C3	EMPLAZAMIENTO: Balsa Superior, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 8 de Noviembre de 2022	X = 271886 Y = 4637537 Z = 415,7 m

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,50	0,50			Tierra de labor. Limos con cantos, costras carbonatadas y gravas.		Fácil	Regular		0
1,70	1,20	M 1,0		Costra carbonatada blanquecina que presenta alguna grava media - fina dispersa.	NO SE DETECTA	Regular	Buena		I-A
2,90	1,20			Grava media a gruesa subredondeada - redondeada con tapizados carbonatados en cantos y encostramientos discontinuos locales. La matriz de arena fina es abundante y de color blanquecina hasta 2,60 m (mayor carbonatación). Por debajo de dicha profundidad la matriz es de color marrón ocre.		Fácil - Regular	Buena		I-C
				FIN DE CALICATA					

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

IGEOSUMA, S.L.

CALICATA MBS-C4	EMPLAZAMIENTO: Balsa Superior, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 8 de Noviembre de 2022	X = 271846 Y = 4637654 Z = 416,6 m

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,60	0,60			Tierra de labor. Limos con cantos, costras carbonatadas y gravas.	NO SE DETECTA	Fácil	Regular		0
1,40	0,80			Costra carbonatada blanquecina fuertemente cementada que presenta áreas totalmente calizas y cantos medios embebidos. Podría considerarse casi un conglomerado con matriz de naturaleza calcárea.		Dificil - No Exc	Buena		I-A
				FIN DE CALICATA					

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

IGEOSUMA, S.L.

CALICATA MBS-C5	EMPLAZAMIENTO: Balsa Superior, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 8 de Noviembre de 2022	X = 271802 Y = 4637579 Z = 415,8m

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,50	0,50			Tierra de labor. Limos con cantos, costras carbonatadas y gravas.		Fácil	Regular		0
1,70	1,20			Costra carbonatada blanquecina que a techo se encuentra más cementada, reconociéndose a base algo ás arenosa.	NO SE DETECTA	Regular	Buena		I-A
3,00	1,30			Grava media a gruesa subredondeada - redondeada con tapizados carbonatados en cantos y encostramientos discontinuos locales. La matriz de arena fina es abundante y de color blanquecina hasta 2,40 m (mayor carbonatación). Por debajo de dicha profundidad la matriz es de color marrón ocre (menor carbonatación) y de grano fino - medio.		Regular	Buena		I-C
				FIN DE CALICATA					

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

IGEOSUMA, S.L.

CALICATA MC3-C1	EMPLAZAMIENTO: Cruce 3, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS
		UTM (ETRS89) 31T
		X = 271261
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 29 de Diciembre de 2022	Y = 4639940
		Z =

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,40	0,40			Suelo vegetal.		Fácil	Regular		0
1,40	1,00	M 1,00m		Arcilla limosa marrón rojiza con porosidad radicular que a base cambia a una tonalidad marrón amarillenta con áreas y rizocreciones blanquecinas.	NO SE DETECTA	Fácil	Buena		I-B
2,50	1,10	M 1,80m		Arcilla limosa marrón amarillenta que al profundizar se vuelve algo más arenosa y aparece más húmeda. A 2,70 m claramente más arenosa y presenta cantos de gravilla fina redondeada y muy escasas rizocreciones blanquecinas.		Fácil	Buena		
3,30	0,80	M 2,70m		Arena arcillosa marrón amarillenta con cantos de gravilla fina dispersa. Aparecen algo húmedas.		Fácil	Buena		
				FIN DE CALICATA					

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

CALICATA MRR-C1	EMPLAZAMIENTO: Red de Riego, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
		X = 272195
		Y = 4638758
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 29 de Diciembre de 2022	Z =

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,50	0,50			Tierra de labor.		Fácil	Regular		0
2,00	1,50			Limos arenosos marrones con algunos cantos tamaño grava fina - gravilla, porosidad radicular, raicillas y materia orgánica. Posible relleno de tierras (gravas redondeadas, cantos de roca...). Al profundizar presenta alguna rizocreción blanquecina y es cada vez más arenoso.	NO SE DETECTA	Fácil	Buena		0
3,00	1,00			Limos con arenas marrones, con concreciones blanquecinas y cantos de grava fina - gravilla redondeada dispersa. Terreno natural.		Fácil	Buena		I-B
				FIN DE CALICATA					

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

IGEOSUMA, S.L.

CALICATA MRR-C2	EMPLAZAMIENTO: Red de Riego, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
		X = 271856
		Y = 4639794
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 29 de Diciembre de 2022	Z =

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,40	0,40			Suelo vegetal.		Fácil	Regular		0
2,90	2,50	M 1,10m		Arcillas limosas marrones que aparecen bastante húmedas. Desde 1,30 m de profundidad la arcilla aparece muy saturada, llegando a 2,20 m muy blanda. A 2,40 se observa el nivel de agua (varios pequeños rezumes a fondo de cata). A base la estabilidad empeora notablemente. Las paredes se caen al profundizar.	NA 2,40m	Fácil	Buena / Regular / Mala		I-B
3,00	0,10			Arenisca marrón ocre y algo grisácea.		Regular	Buena		II-A
				FIN DE CALICATA					

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

CALICATA MRR-C3	EMPLAZAMIENTO: Red de Riego, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 29 de Diciembre de 2022	X = 270816 Y = 4640703 Z =

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,30	0,30			Tierra de labor - Suelo vegetal.		Fácil	Regular		0
0,50	0,20			Arena gruesa marrón amarillenta algo ocre.		Fácil	Buena		II-A
0,80	0,30			Areniscas de grano grueso marrón amarillentas trabadas y algo cementadas.		Fácil-Reg	Buena		II-B
2,20	1,40			Limolita marrón amarillenta fuertemente trabada no cementada con abundantes áreas blanquecinas por sales. Al profundizar pasa a limilita arenosa versicolor gris azulada algo rojiza con tonos violáceos con alguna intercalación de argilita centimétrica marrón ocre.	NO SE DETECTA	Fácil	Buena		
2,60	0,40			Argilitas versicolores fundamentalmente marrones, con tonos grises y violáceos, que aparece algo laminada.		Fácil	Buena		
				FIN DE CALICATA					

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

IGEOSUMA, S.L.

CALICATA MRR-C4	EMPLAZAMIENTO: Red de Riego, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 29 de Diciembre de 2022	X = 270495 Y = 4641720 Z =

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,40	0,40			Tierra de labor.		Fácil	Regular		0
0,70	0,30			Arena limosa marrón amarillenta con algo de arcillas que aparece húmeda.		Fácil	Buena		I-B
1,20	0,50			Argilita limolítica versicolor marrón ocre, grisácea, rojiza y violácea que aparece algo húmeda en superficies de discontinuidad y con áreas rojizas. Presenta pasadas más limolíticas trabadas y cementadas.	NO SE DETECTA	Fácil - Regular	Buena		II-A
2,30	1,10			Limolita arenosa marrón ocre amarillenta con decoloraciones grisáceas, rojizas y violáceas trabada y cementada.		Fácil - Regular	Buena		II-B
				FIN DE CALICATA					

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

CALICATA MRR-C5	EMPLAZAMIENTO: Red de Riego, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
		X = 271840
		Y = 4641015
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 29 de Diciembre de 2022	Z =

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,40	0,40			Tierra de labor.		Fácil	Regular		0
3,30	2,90			Arcilla limosa algo arenosa marrón ocre con algun canto de gravilla muy disperso. Aparece húmeda desde superficie, si bien a partir de 1,60 m notablemente más húmeda y blanda. La estabilidad empeora desde 1,50 m. Desde 1,90 m de profundidad toma una coloración marrón amarillenta y aparce totalmente saturada en agua. Se reconoce el nivel de agua a 2,10 metros. A medida que se profundiza, la estabilidad es cada vez peor.	NA 2,10m	Fácil	Buena Regular Mala		I-B
				FIN DE CALICATA					

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

IGEOSUMA, S.L.

CALICATA MRR-C6	EMPLAZAMIENTO: Red de Riego, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
		X = 272612
		Y = 4641699
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 29 de Diciembre de 2022	Z =

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,40	0,40			Tierra de labor.		Fácil	Regular		0
0,80	0,40			Limos arcillosos marrones con algunos fragmentos de areniscas. Relleno de tierras. Los limos arcillosos tienen algo de arena.		Fácil	Buena		
1,10	0,30			Limos arcillosos algo arenosos marrones. Terreno natural.	NO SE DETECTA	Fácil	Buena		I-B
2,40	1,30			Limolita marrón ocre anaranjada que se encuentra trabada y con abundantes áreas blanquecinas por sales. Se reconoce finamente laminada al profundizar y algo más arenosa desde 1,90 m.		Fácil	Buena		II-A
2,50	0,10			Arenisca marrón fuertemente trabada y cementada no excavable.		No Exc.	Buena		II-B
				FIN DE CALICATA					

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

IGEOSUMA, S.L.

CALICATA MRR-C7	EMPLAZAMIENTO: Red de Riego, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 29 de Diciembre de 2022	X = 271593
		Y = 4641917
		Z =

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,40	0,40			Suelo vegetal.		Fácil	Regular		0
3,40	3,00	M 1,50m		Arena fina limosa con arcilla marrón ocre amarillenta que al profundizar aparece más húmeda con gravilla. Desde 2,20 m de profundidad la arena aparece cada vez más húmeda y con más gravilla hasta que a 3,30 m se encuentra totalmente saturada en agua. Desde 2,50 m la estabilidad empeora hacia base.	NA 3,30m	Fácil	Buena Regular Mala		I-B
				FIN DE CALICATA					

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

IGEOSUMA, S.L.

CALICATA MRR-C8	EMPLAZAMIENTO: Red de Riego, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 29 de Diciembre de 2022	X = 271782
		Y = 4642677
		Z =

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,40	0,40			Suelo vegetal.		Fácil	Regular		0
1,10	0,70			Limos arenosos marrón ocres que a base se hacen más grisáceos. Relleno de tierras.	NO SE DETECTA	Fácil	Buena		
1,80	0,70			Limos arenosos a arena fina limosa grisácea con raicillas, cantos de grava y áreas blanquecinas. Parte resto de suelo vegetal.		Fácil	Buena		I-B
2,40	0,60			Arenas grisáceas de grano muy grueso trabadas no cementadas con algun canto de gravilla y grava fina (microconglomerado). A base este nivel se vuelve no excavable dado su grado de cementación.		Regular No Exc.	Buena		II-A II-B
				FIN DE CALICATA					

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

CALICATA MRR-C9	EMPLAZAMIENTO: Red de Riego, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 29 de Diciembre de 2022	X = 270632 Y = 4642827 Z =

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,30	0,30			Suelo vegetal.	NO SE DETECTA	Fácil	Regular		0
0,50	0,20			Limos arenosos marrón ocres con cantos.		Fácil	Buena		I-B
0,70	0,20			Argilitas marrón ocres con decoloraciones rojizas claras y grisáceas.		Fácil	Buena		II-A
0,90	0,20			Limolita arenosa - arenita marrón anaranjada algo rojiza fuertemente trabada y cementada. A base no excavable.		Regular	Buena		II-B
				FIN DE CALICATA		No Exc.			

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

IGEOSUMA, S.L.

CALICATA MRR-C10	EMPLAZAMIENTO: Red de Riego, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 29 de Diciembre de 2022	X = 268852 Y = 4643073 Z =

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,40	0,40			Suelo vegetal.	NO SE DETECTA	Fácil	Regular		0
0,80	0,40			Relleno de limos arenosos marrón ocre.		Fácil	Buena		
1,10	0,30			Arenas finas limosas marrón grisáceas con porosidad radicular, materia orgánica y rizocreciones blanquecinas.		Fácil	Buena		
2,10	1,00			Arenas finas limosas marrón ocres. Relleno de tierras.		Fácil	Buena		
2,50	0,40			Arenas finas limosas. Terreno natural.		Fácil	Buena		I-B
2,80	0,30			Arcillas limosas marrón ocres amarillentas con decoloraciones rojizas y abundantes áreas blanquecinas. Aparece muy alterada.		Fácil	Buena		
				FIN DE CALICATA					

Observaciones:
- Se ha reconocido la presencia de una tubería de hormigón sobre 2,10 m.

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

IGEOSUMA, S.L.

CALICATA MRR-C11	EMPLAZAMIENTO: Red de Riego, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 29 de Diciembre de 2022	X = 270004
		Y = 4642353
		Z =

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,40	0,40			Tierra de labor.		Fácil	Regular		0
3,10	2,70			Arena fina limosa marrón con gravilla - grava fina, porosidad radicular y algunas áreas blanquecinas. Al profundizar presenta un color marrón amarillento.	NO SE DETECTA	Fácil	Buena		I-B
				FIN DE CALICATA					

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

IGEOSUMA, S.L.

CALICATA MRR-C12	EMPLAZAMIENTO: Red de Riego, MONZÓN (HUESCA).	COORDENADAS UTM (ETRS89) 31T
	Referencia: 0820 — Fecha de realización: 29 de Diciembre de 2022	X = 269951
		Y = 4640936
		Z =

Profundidad (metros)	Espesor (m)	Muestras	Perfil litológico	DESCRIPCIÓN	Nivel Freático (metros)	Excavabilidad	Estabilidad	Ensayos de campo	NIVEL
0,40	0,40			Suelo vegetal - Tierra de labor.		Fácil	Regular		0
2,00	1,60			Arcillas limosas marrón amarillentas que aparecen húmedas.	NO SE DETECTA	Fácil	Buena		I-B
2,10	0,10			Argilitas - arcillas marrón rojizas algo arenosas que aparecen húmedas.		Fácil	Buena		II-A
2,20	0,10			Arenisca de grano medio trabada y algo cementada azul grisácea a techo (primeros centímetros) que a base pasa a marrón ocre. A base la arenisca es no excavabe.		No Exc.	Buena		II-B
				FIN DE CALICATA					

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA:

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.	Supervisión: Alfredo Zamora
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.	Máquina: JCB 4CX eco

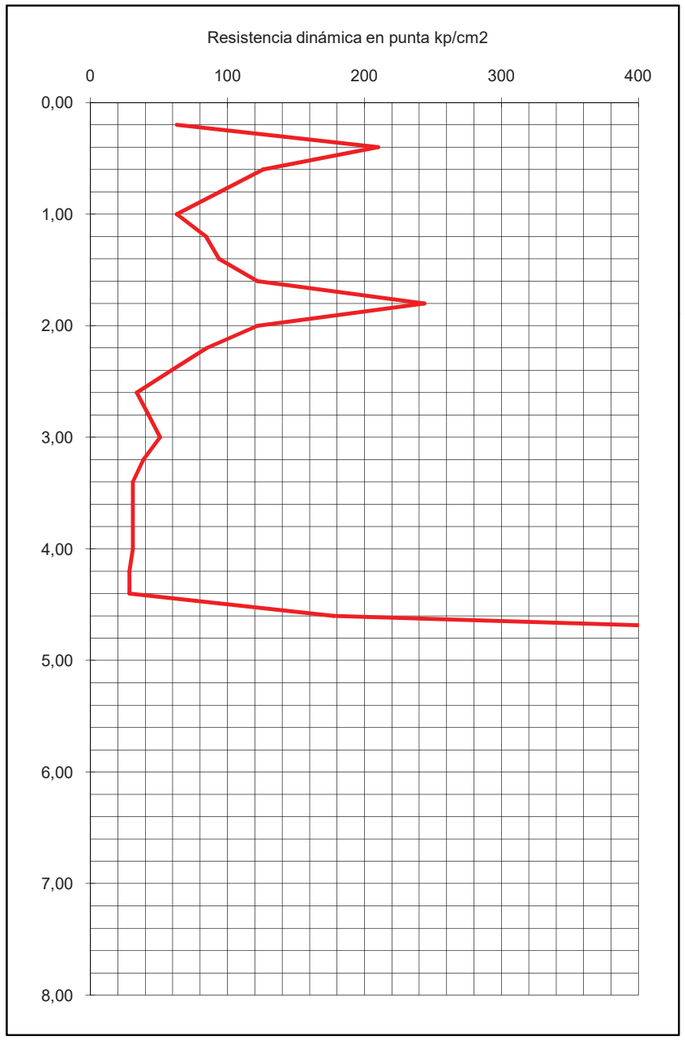
IV.- REGISTROS DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINAMICA DPSH

IGEOSUMA, S.L.

CLIENTE: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA S.L.
OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA

FECHA: 14.11.22
ENSAYO Nº: MC1-P1
COTA: 0,0 **CORDENADAS:** UTM (ETRS89) 31T 272082 4639140
EQUIPO: DPSH

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA



GOLPEO

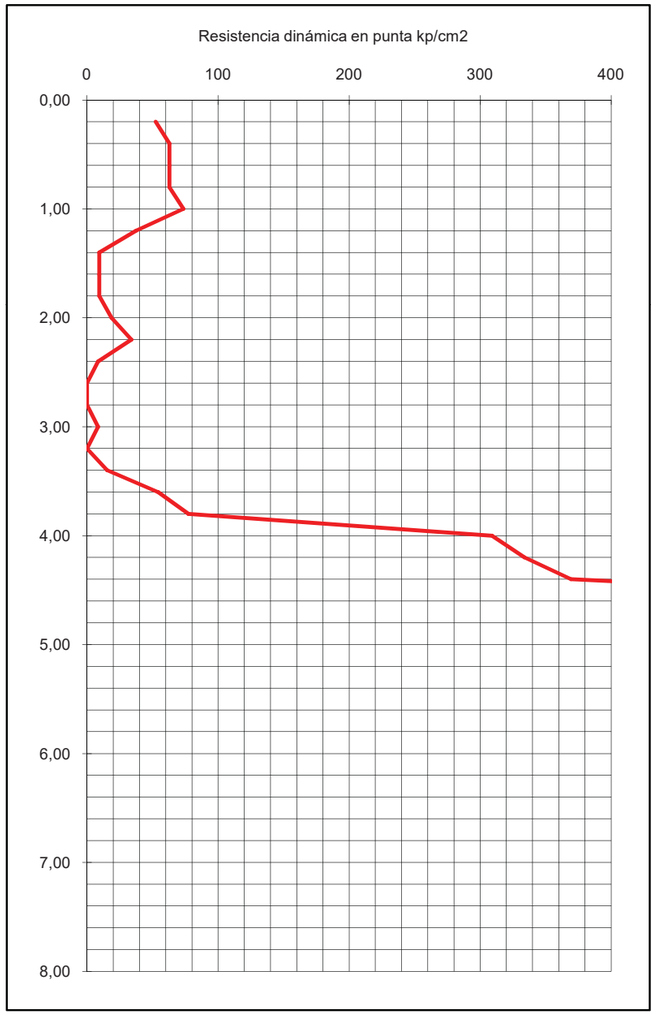
Prof (m)	N_{DPSH}	Prof (m)	N_{DPSH}
0,20	6	8,20	.....
0,40	20	8,40	.....
0,60	12	8,60	.....
0,80	9	8,80	.....
1,00	6	9,00	.....
1,20	9	9,20	.....
1,40	10	9,40	.....
1,60	13	9,60	.....
1,80	26	9,80	.....
2,00	13	10,00	.....
2,20	10	10,20	.....
2,40	7	10,40	.....
2,60	4	10,60	.....
2,80	5	10,80	.....
3,00	6	11,00	.....
3,20	5	11,20	.....
3,40	4	11,40	.....
3,60	4	11,60	.....
3,80	4	11,80	.....
4,00	4	12,00	.....
4,20	4	12,20	.....
4,40	4	12,40	.....
4,60	25	12,60	.....
4,80	100	12,80	.....
5,00	.....	13,00	.....
5,20	.....	13,20	.....
5,40	.....	13,40	.....
5,60	.....	13,60	.....
5,80	.....	13,80	.....
6,00	.....	14,00	.....
6,20	.....	14,20	.....
6,40	.....	14,40	.....
6,60	.....	14,60	.....
6,80	.....	14,80	.....
7,00	.....	15,00	.....
7,20	.....	15,20	.....
7,40	.....	15,40	.....
7,60	.....	15,60	.....
7,80	.....	15,80	.....
8,00	.....	16,00	.....

IGEOSUMA, S.L.

CLIENTE: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA S.L.
OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA

FECHA: 14.11.22
ENSAYO Nº: MC2-P1
COTA: 0,0 **CORDENADAS:** UTM (ETRS89) 31T 271890 4640519
EQUIPO: DPSH

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA



GOLPEO

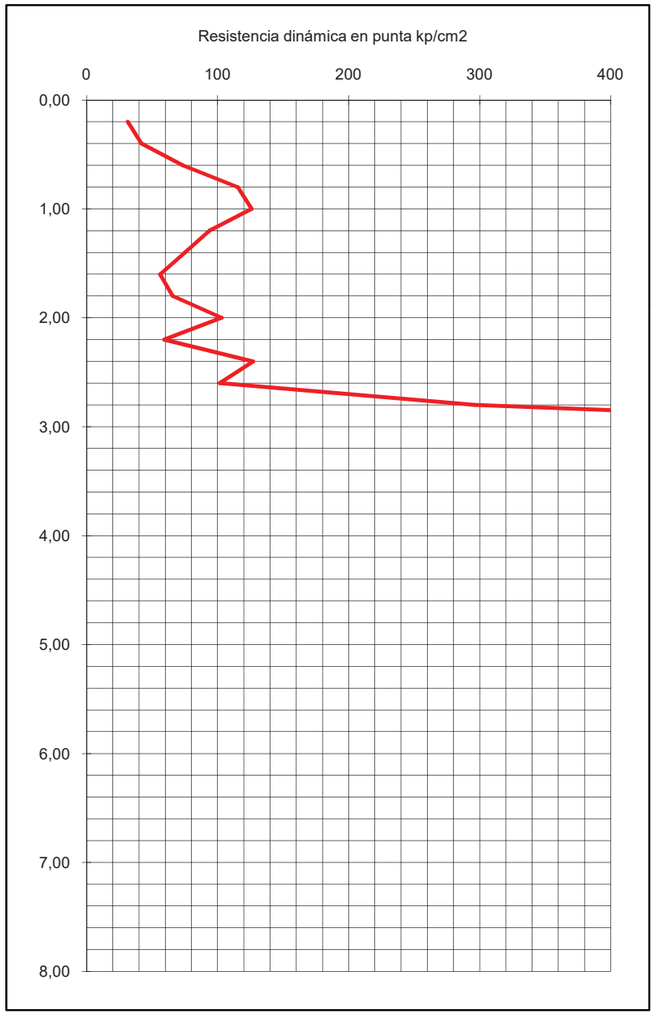
Prof (m)	N_{DPSH}	Prof (m)	N_{DPSH}
0,20	5	8,20	.....
0,40	6	8,40	.....
0,60	6	8,60	.....
0,80	6	8,80	.....
1,00	7	9,00	.....
1,20	4	9,20	.....
1,40	1	9,40	.....
1,60	1	9,60	.....
1,80	1	9,80	.....
2,00	2	10,00	.....
2,20	4	10,20	.....
2,40	1	10,40	.....
2,60	0	10,60	.....
2,80	0	10,80	.....
3,00	1	11,00	.....
3,20	0	11,20	.....
3,40	2	11,40	.....
3,60	7	11,60	.....
3,80	10	11,80	.....
4,00	40	12,00	.....
4,20	47	12,20	.....
4,40	52	12,40	.....
4,60	100	12,60	.....
4,80	.....	12,80	.....
5,00	.....	13,00	.....
5,20	.....	13,20	.....
5,40	.....	13,40	.....
5,60	.....	13,60	.....
5,80	.....	13,80	.....
6,00	.....	14,00	.....
6,20	.....	14,20	.....
6,40	.....	14,40	.....
6,60	.....	14,60	.....
6,80	.....	14,80	.....
7,00	.....	15,00	.....
7,20	.....	15,20	.....
7,40	.....	15,40	.....
7,60	.....	15,60	.....
7,80	.....	15,80	.....
8,00	.....	16,00	.....

IGEOSUMA, S.L.

CLIENTE: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA S.L.
OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA

FECHA: 9.01.23
ENSAYO Nº: MC3-P1
COTA: 0,0 **CORDENADAS:** UTM (ETRS89) 31T 271326 4640002
EQUIPO: DPSH

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA



GOLPEO

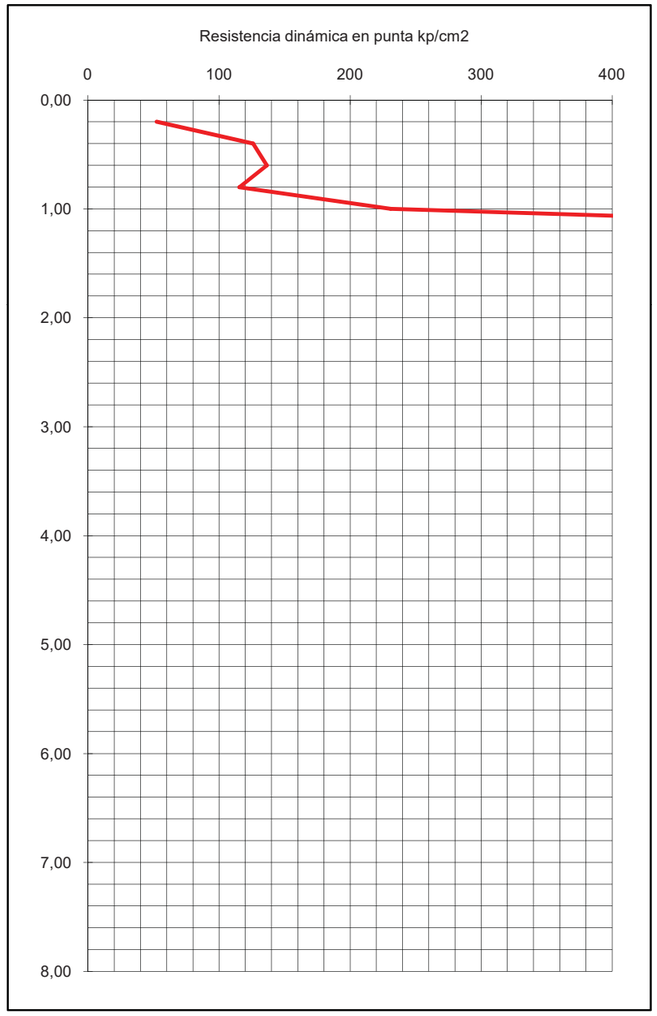
Prof (m)	N_{DPSH}	Prof (m)	N_{DPSH}
0,20	3	8,20	.....
0,40	4	8,40	.....
0,60	7	8,60	.....
0,80	11	8,80	.....
1,00	12	9,00	.....
1,20	10	9,20	.....
1,40	8	9,40	.....
1,60	6	9,60	.....
1,80	7	9,80	.....
2,00	11	10,00	.....
2,20	7	10,20	.....
2,40	15	10,40	.....
2,60	12	10,60	.....
2,80	35	10,80	.....
3,00	86	11,00	.....
3,20	100	11,20	.....
3,40	.....	11,40	.....
3,60	.....	11,60	.....
3,80	.....	11,80	.....
4,00	.....	12,00	.....
4,20	.....	12,20	.....
4,40	.....	12,40	.....
4,60	.....	12,60	.....
4,80	.....	12,80	.....
5,00	.....	13,00	.....
5,20	.....	13,20	.....
5,40	.....	13,40	.....
5,60	.....	13,60	.....
5,80	.....	13,80	.....
6,00	.....	14,00	.....
6,20	.....	14,20	.....
6,40	.....	14,40	.....
6,60	.....	14,60	.....
6,80	.....	14,80	.....
7,00	.....	15,00	.....
7,20	.....	15,20	.....
7,40	.....	15,40	.....
7,60	.....	15,60	.....
7,80	.....	15,80	.....
8,00	.....	16,00	.....

IGEOSUMA, S.L.

CLIENTE: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA S.L.
OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA

FECHA: 14.11.22
ENSAYO Nº: MEB-P1
COTA: 0,0 **CORDENADAS:** UTM (ETRS89) 31T 272508 4641010
EQUIPO: DPSH

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA



GOLPEO

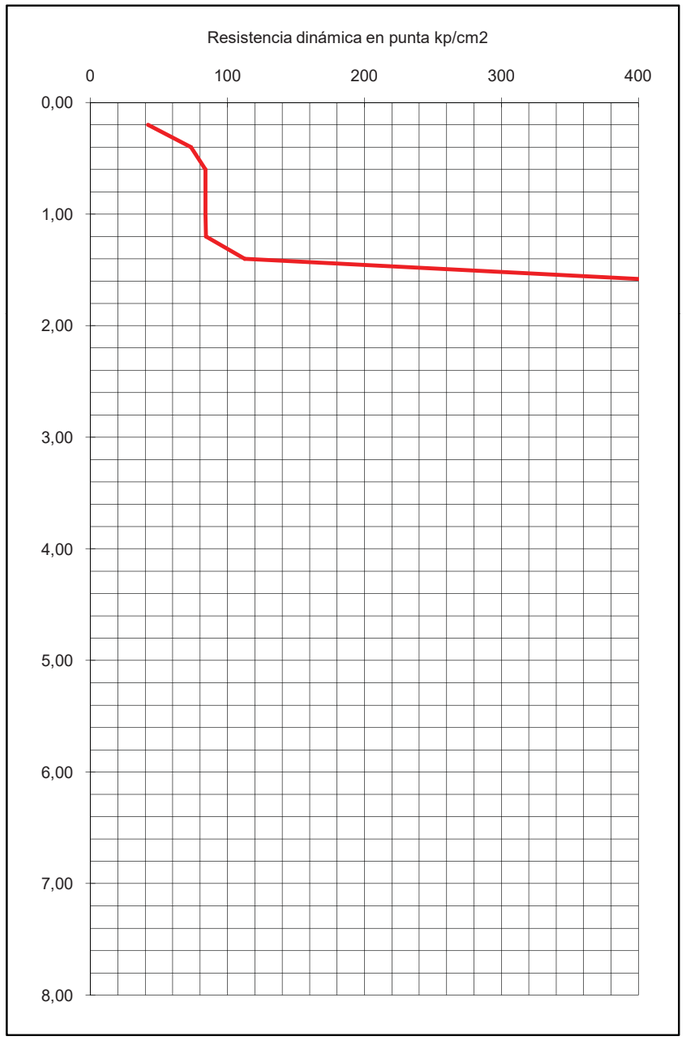
Prof (m)	N_{DPSH}	Prof (m)	N_{DPSH}
0,20	5	8,20	.....
0,40	12	8,40	.....
0,60	13	8,60	.....
0,80	11	8,80	.....
1,00	22	9,00	.....
1,20	82	9,20	.....
1,40	100	9,40	.....
1,60	.....	9,60	.....
1,80	.....	9,80	.....
2,00	.....	10,00	.....
2,20	.....	10,20	.....
2,40	.....	10,40	.....
2,60	.....	10,60	.....
2,80	.....	10,80	.....
3,00	.....	11,00	.....
3,20	.....	11,20	.....
3,40	.....	11,40	.....
3,60	.....	11,60	.....
3,80	.....	11,80	.....
4,00	.....	12,00	.....
4,20	.....	12,20	.....
4,40	.....	12,40	.....
4,60	.....	12,60	.....
4,80	.....	12,80	.....
5,00	.....	13,00	.....
5,20	.....	13,20	.....
5,40	.....	13,40	.....
5,60	.....	13,60	.....
5,80	.....	13,80	.....
6,00	.....	14,00	.....
6,20	.....	14,20	.....
6,40	.....	14,40	.....
6,60	.....	14,60	.....
6,80	.....	14,80	.....
7,00	.....	15,00	.....
7,20	.....	15,20	.....
7,40	.....	15,40	.....
7,60	.....	15,60	.....
7,80	.....	15,80	.....
8,00	.....	16,00	.....

IGEOSUMA, S.L.

CLIENTE: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA S.L.
OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA

FECHA: 14.11.22
ENSAYO Nº: MEB-P2
COTA: 0,0 **CORDENADAS:** UTM (ETRS89) 31T 272520 4641020
EQUIPO: DPSH

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA



GOLPEO

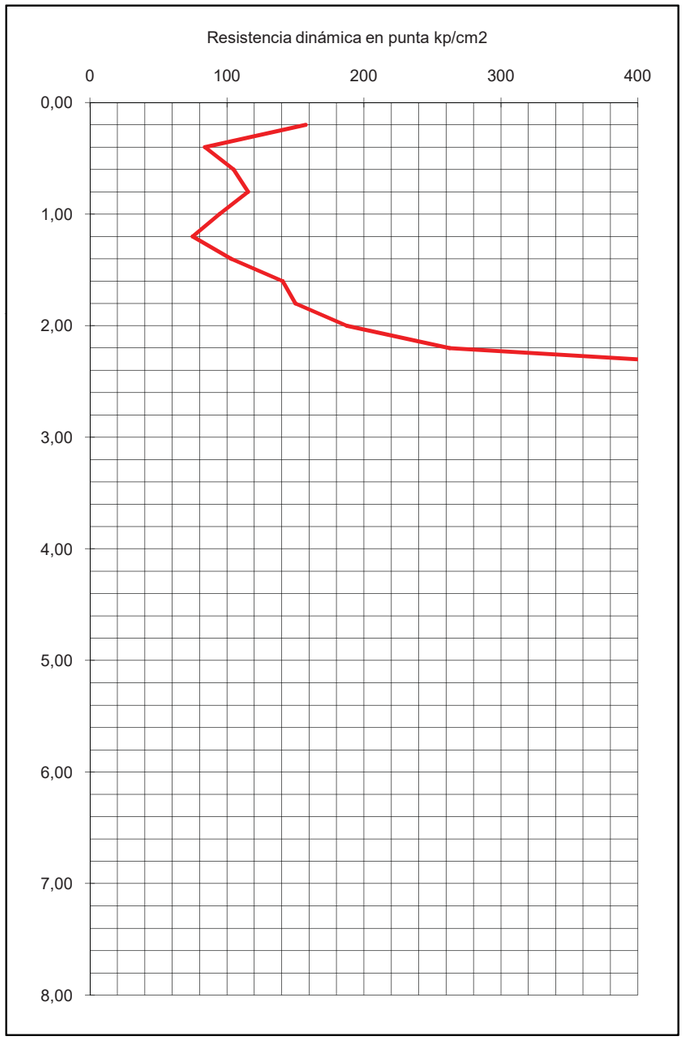
Prof (m)	N_{DPSH}	Prof (m)	N_{DPSH}
0,20	4	8,20	.....
0,40	7	8,40	.....
0,60	8	8,60	.....
0,80	8	8,80	.....
1,00	8	9,00	.....
1,20	9	9,20	.....
1,40	12	9,40	.....
1,60	46	9,60	.....
1,80	50	9,80	.....
2,00	70	10,00	.....
2,20	100	10,20	.....
2,40	.....	10,40	.....
2,60	.....	10,60	.....
2,80	.....	10,80	.....
3,00	.....	11,00	.....
3,20	.....	11,20	.....
3,40	.....	11,40	.....
3,60	.....	11,60	.....
3,80	.....	11,80	.....
4,00	.....	12,00	.....
4,20	.....	12,20	.....
4,40	.....	12,40	.....
4,60	.....	12,60	.....
4,80	.....	12,80	.....
5,00	.....	13,00	.....
5,20	.....	13,20	.....
5,40	.....	13,40	.....
5,60	.....	13,60	.....
5,80	.....	13,80	.....
6,00	.....	14,00	.....
6,20	.....	14,20	.....
6,40	.....	14,40	.....
6,60	.....	14,60	.....
6,80	.....	14,80	.....
7,00	.....	15,00	.....
7,20	.....	15,20	.....
7,40	.....	15,40	.....
7,60	.....	15,60	.....
7,80	.....	15,80	.....
8,00	.....	16,00	.....

IGEOSUMA, S.L.

CLIENTE: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA S.L.
OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA

FECHA: 11.11.22
ENSAYO Nº: MBI-P1
COTA: 355,5 **CORDENADAS:** UTM (ETRS89) 31T 272712 4640984
EQUIPO: DPSH

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA



GOLPEO

Prof (m)	N_{DPSH}	Prof (m)	N_{DPSH}
0,20	15	8,20	.....
0,40	8	8,40	.....
0,60	10	8,60	.....
0,80	11	8,80	.....
1,00	9	9,00	.....
1,20	8	9,20	.....
1,40	11	9,40	.....
1,60	15	9,60	.....
1,80	16	9,80	.....
2,00	20	10,00	.....
2,20	31	10,20	.....
2,40	63	10,40	.....
2,60	100	10,60	.....
2,80	.....	10,80	.....
3,00	.....	11,00	.....
3,20	.....	11,20	.....
3,40	.....	11,40	.....
3,60	.....	11,60	.....
3,80	.....	11,80	.....
4,00	.....	12,00	.....
4,20	.....	12,20	.....
4,40	.....	12,40	.....
4,60	.....	12,60	.....
4,80	.....	12,80	.....
5,00	.....	13,00	.....
5,20	.....	13,20	.....
5,40	.....	13,40	.....
5,60	.....	13,60	.....
5,80	.....	13,80	.....
6,00	.....	14,00	.....
6,20	.....	14,20	.....
6,40	.....	14,40	.....
6,60	.....	14,60	.....
6,80	.....	14,80	.....
7,00	.....	15,00	.....
7,20	.....	15,20	.....
7,40	.....	15,40	.....
7,60	.....	15,60	.....
7,80	.....	15,80	.....
8,00	.....	16,00	.....

ENSAYOS PENETRACIÓN DINÁMICA. DPSH

MC1-P1

MC2-P1

MEB-P2

MBI-P1

MEB-P1

MC3-P1

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.
PETICIONARIO: TÉCNICAS AGRARIAS DE HUESCA, S.L.

V.- BOLETINES DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**GRANULOMETRÍA DE SUELOS POR TAMIZADO**
Norma	**UNE 103101/95**
Acta nº **2224436**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226582		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBS - C2 (2,00 m)
TIPO DE MUESTRA	M. BLOQUE	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CÁLCULOS PREVIOS

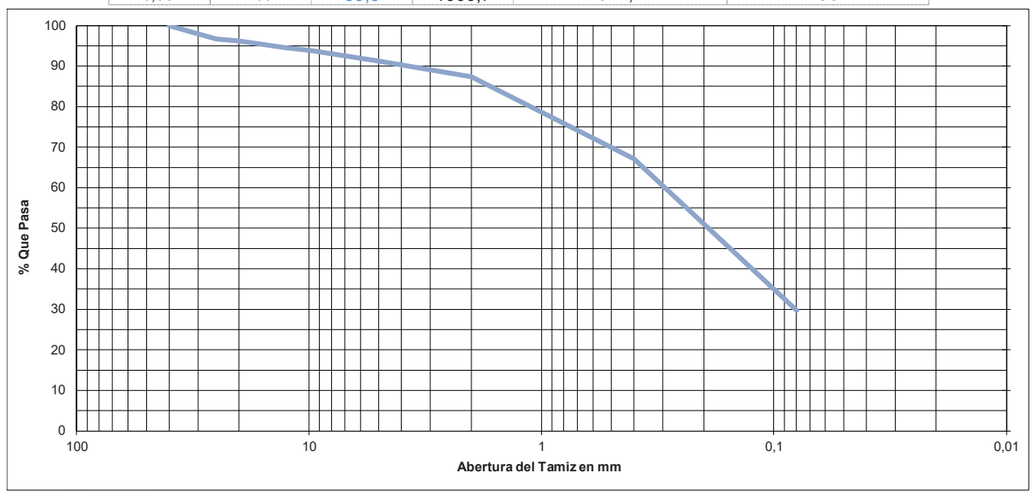
A	Muestra total seca al aire	2871,1
B	Gruesos lavados	358,3
*C = (A - B) * f*	Fracción fina seca	2483,7
D = (B + C)	Muestra total seca	2841,9
E	Fracción fina ensayada seca al aire	93,1
*F = E * f*	Fracción fina ensayada seca	92,0
C/F		27,0

HUMEDAD HIGROSCÓPICA

f=(100/(100+h))	F/correc. hum. higroscópica	1,0
*h=(a/s)*100*	Humedad higroscópica %	1,2
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	0,3
t+s+a	Tara+suelo+agua	57,8
t+s	Tara+suelo	57,4
t	Tara	30,2
s	Suelo	27,3

CÁLCULO CURVA GRANULOMÉTRICA POR TAMIZADO

Tamiz U.N.E.	*Tamiz ASTM*	Retenido entre tamices: g en parte fina ensayada	Retenido entre tamices: g en Muestra total	Pasa en muestra total: Gramos	Pasa en muestra total: %
125	*5*				
100	*4*				
80	*3*				
63	*2,5*				
50	*2*				
40	*1,5*			2841,9	100
25	*1*		93,9	2748,1	97
20	*3/4*		13,0	2735,1	96
12,5	*1/2*		50,8	2684,3	94
10	*3/8*		16,1	2668,2	94
5	*4*		77,5	2590,7	91
2	*10*		107,0	2483,7	87
0,4	*40*	21,3	575,7	1908,0	67
0,08	*200*	39,3	1060,7	847,2	30



OBSERVACIONES:

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE UN SUELO**
Norma	**UNE 103301/94**
Acta nº **2224438**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226582		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBS - C2 (2,00 m)
TIPO DE MUESTRA	M. BLOQUE	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS ENSAYO	
PESO MUESTRA HÚMEDA (g) =	161,90
PESO CON PARAFINA (g) =	170,64
PESO SUMERGIDO (g) =	73,71
HUMEDAD (%)=	6,50

RESULTADO DEL ENSAYO	
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm^3) =	**1,86**
DENSIDAD SECA (g/cm^3) =	**1,74**

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD NATURAL DE UN SUELO**
	Norma	**UNE 103300/93**
	Acta nº **2224435**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226582		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBS - C2 (2,00 m)
TIPO DE MUESTRA	M. BLOQUE	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS ENSAYO	
TARA + SUELO + AGUA (g) =	200,39
TARA + SUELO (g) =	189,95
TARA (g) =	29,44

RESULTADO DEL ENSAYO	
HUMEDAD NATURAL (%)	**6,5**

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG**
	Norma	**UNE 103103/94 UNE 103104/93**
	Acta nº **2224437**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

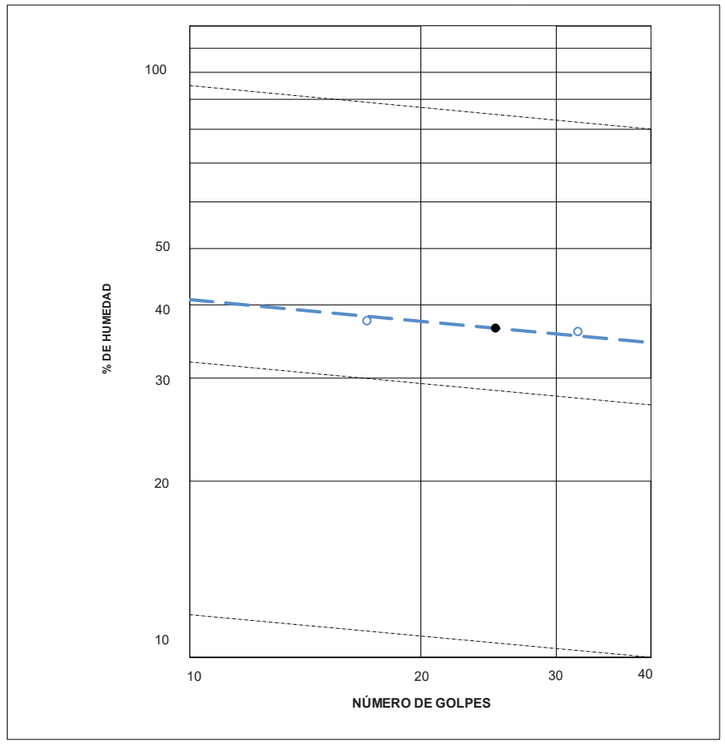
Referencia Muestra… 226582		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBS - C2 (2,00 m)
TIPO DE MUESTRA	M. BLOQUE	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CÁLCULO LÍMITE LÍQUIDO

-	Nº de golpes	17	32
-	Referencia tara	L 24	L 34
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	6,11	5,34
t+s+a	Tara + suelo + agua	52,15	56,15
t+s	Tara + suelo	46,04	50,81
t	Tara	29,80	36,02
s=(t+s)-t	Suelo	16,24	14,79
w=100*(a/s)	***% Humedad***	**37,6**	**36,1**

CÁLCULO LÍMITE PLÁSTICO

-	Referencia tara	L 6
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	4,90
t+s+a	Tara + suelo + agua	54,88
t+s	Tara + suelo	49,98
t	Tara	29,36
s=(t+s)-t	Suelo	20,62
w=100*(a/s)	***% Humedad***	**23,8**



RESULTADOS DEL ENSAYO	
LÍMITE LÍQUIDO =	**36,5**
LÍMITE PLÁSTICO =	**23,8**
ÍNDICE PLASTICIDAD =	**12,8**

INCERTIDUMBRE ENSAYO
LIMITE PLÁSTICO δ= 0,11
LIMITE LÍQUIDO δ= 0,20

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS**
Norma	**UNE 103201/96**
Acta nº **2224440**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226582		Referencia Informe…..	EXP22313
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBS - C2 (2,00 m)
TIPO DE MUESTRA	M. BLOQUE	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS ENSAYO

-	Referencia tara	VP 5
% pasa	% suelo pasa tamiz 2 UNE	87
g	Muestra ensayada (g)	9,8476
T	Tara crisol (g)	24,3209
T+R	Tara crisol + Peso residuo (g)	24,3318
Rc	Corrección de cenizas Papel filtro (g)	
Pp=(T+R)-T-Rc	Residuo calcinado en mufla (g)	0,0109
v	Volumen de solución analizada (cm^3)	250,00
V	Volumen Agua desmineralizada en frasco (cm^3)	500,00

RESULTADO ENSAYO

% SO_3=[[(Pp*0,34299)/((v/V)*g)]*100]*[% pasa/100]

SO_3 (%) = **< 0,1**

INCERTIDUMBRE ENSAYO
SO_3 (%) δ= 0,17

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**
Norma	**UNE 103401/98**
Acta nº **2224439**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra….	**226582**	Referencia Informe……	EXP22313
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBS - C2 (2,00 m)
TIPO DE MUESTRA	M. BLOQUE	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

TIPO DE ENSAYO	VELOCIDAD CORTE	DIAMETRO ANILLO (mm)	ALTURA ANILLO (mm)	AREA ANILLO (cm^2)
CONSOLIDADO Y SIN DRENAR		50	30,5	19,63

DATOS PROBETA

CARGA AXIAL PROBETA	100 kPa	200 kPa	300 kPa
Altura inicial de la probeta (en mm)	30,50	30,50	30,50
Altura final de la probeta (en mm)	30,25	29,89	29,77
Referencia de Tara nº 1	Anillo 1	Anillo 1	Anillo 1
Peso Tara 1 (en g)	64,09	64,63	59,53
Tara 1 + Peso húmedo inicial (en g)	169,51	174,28	165,07
Referencia de Tara nº 2	A	B	C
Peso Tara 2 (en g)	29,39	29,26	28,80
Tara 2 + Peso húmedo final (en g)	145,41	148,82	145,67
Tara 2 + Peso probeta seca (en g)	123,72	126,11	124,31
Peso específico partículas (en g)	2,70	2,70	2,70

RESULTADOS PROBETA

CARGA AXIAL PROBETA		100 kPa	200 kPa	300 kPa
Dens. humeda inicial (en g/cm³)	gn	1,76	1,83	1,76
Dens. humeda final (en g/cm³)	gf	1,95	2,04	2,00
Dens. seca inicial (en g/cm³)	gd	1,58	1,62	1,60
Den seca final (en g/cm³)	gdt	1,59	1,65	1,63
Humedad inicial (en %)	W0	11,76	13,22	10,50
Humedad final (en %)	Wf	22,99	23,45	22,36
Saturación inicial (en %)	S0	44,48	53,33	40,94
Saturación final (en %)	Sf	88,76	99,60	92,62
Indice de huecos inicial	e0	0,71	0,67	0,69
Indice de huecos final	ef	0,70	0,64	0,65

LECTURAS FASE CORTE

CARGA 1	100 kPa	CARGA 2	200 kPa	CARGA 3	300 kPa
Sh (mm)	F (N)	Sh (mm)	F (N)	Sh (mm)	F (N)
0,03	16,76	0,15	23,94	0,13	20,35
0,17	75,41	0,36	74,21	0,19	99,35
0,35	126,88	0,61	166,38	0,42	241,79
0,54	178,35	0,86	270,52	0,58	326,78
0,73	229,82	1,10	373,46	0,81	434,50
0,94	274,11	1,36	466,82	1,06	536,25
1,14	313,61	1,67	474,01	1,31	591,31
1,21	323,18	1,89	477,60	1,58	634,40
1,29	316,00	1,96	477,60	1,66	637,99
		2,04	469,22	1,73	634,40

LECTURAS FASE CONSOLIDACION

CARGA 1	100 kPa	CARGA 2	200 kPa	CARGA 3	300 kPa
dt (min)	dH (mm)	dt (min)	dH (mm)	dt (min)	dH (mm)
0,13	0,213	0,13	0,495	0,13	0,543
0,19	0,220	0,19	0,502	0,19	0,564
0,29	0,220	0,29	0,502	0,29	0,570
0,43	0,220	0,43	0,502	0,43	0,570
0,64	0,220	0,64	0,509	0,64	0,570
0,96	0,220	0,96	0,502	0,96	0,570
1,45	0,227	1,45	0,509	1,45	0,577
2,17	0,227	2,17	0,502	2,17	0,584
3,26	0,234	3,26	0,502	3,26	0,591
4,88	0,241	4,88	0,522	4,88	0,598
7,32	0,241	7,32	0,522	7,32	0,598
10,99	0,247	10,99	0,522	10,99	0,591
16,48	0,247	16,48	0,529	16,48	0,591
24,72	0,247	24,72	0,536	24,72	0,598
37,08	0,247	37,08	0,529	37,08	0,598
55,61	0,247	55,61	0,536	55,61	0,591
83,42	0,247	83,42	0,570	83,42	0,653
125,13	0,247	125,13	0,577	125,13	0,653
187,69	0,247	187,69	0,577	187,69	0,680
281,54	0,247	281,54	0,584	281,54	0,694
422,31	0,247	422,31	0,591	422,31	0,701
633,46	0,247	633,46	0,591	633,46	0,708
950,19	0,254	950,19	0,605	950,19	0,722
1430,00	0,254	1430,00	0,611	1430,00	0,731

RESULTADOS FASE CONSOLIDACIÓN

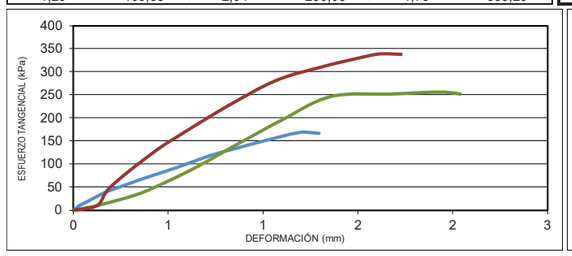
Alt. Inic. (mm)	Valor t100	Alt. Inic. (mm)	Valor t100	Alt. Inic. (mm)	Valor t100
30,50		30,50		30,50	

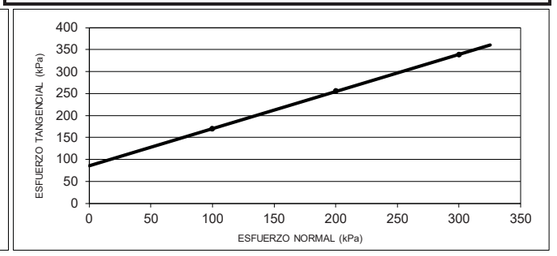
RESULTADOS FASE CORTE

Sh (mm)	τ_{max} (KPa)	Sh (mm)	τ_{max} (KPa)	Sh (mm)	τ_{max} (KPa)
1,29	169,83	2,04	256,03	1,73	339,29

RESULTADOS DEL ENSAYO

COHESIÓN en kPa	**85,59**
ANGULO ROZAMIENTO INTERNO en º	**40,27**





VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parc. del informe sin autorización expresa del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	Ensayo	GRANULOMETRÍA DE SUELOS POR TAMIZADO
	Norma	UNE 103101/95
	Acta nº 2224441	Nº Copia Copia 1. Igeosuma

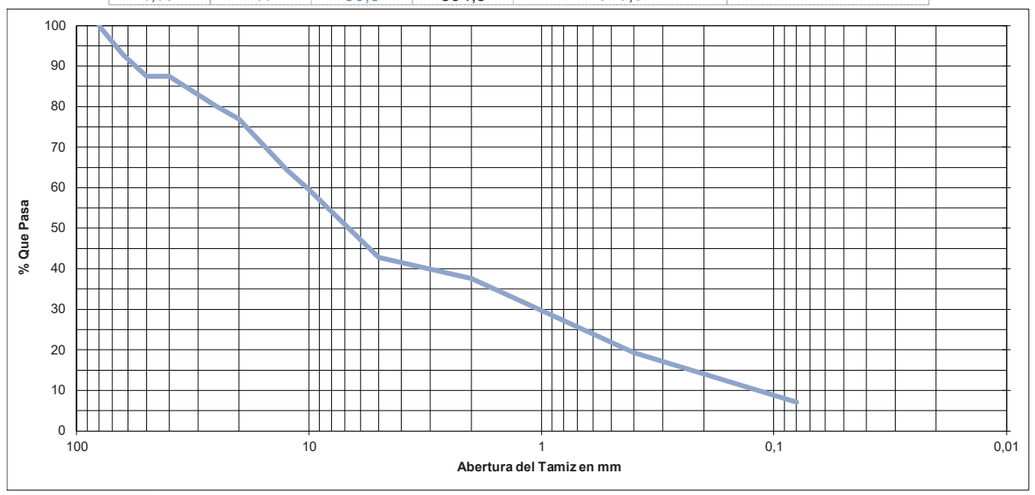
Referencia Muestra… 226583		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBS - C2 (2,70 m)
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CÁLCULOS PREVIOS		
A	Muestra total seca al aire	7366,8
B	Gruesos lavados	4594,2
C = (A - B) * f	Fracción fina seca	2765,3
D = (B + C)	Muestra total seca	7359,5
E	Fracción fina ensayada seca al aire	94,7
F = E * f	Fracción fina ensayada seca	94,4
C/F		29,3

HUMEDAD HIGROSCÓPICA		
f=(100/(100+h))	F/correc. hum. higroscópica	1,0
h=(a/s)*100	Humedad higroscópica %	0,3
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	0,1
t+s+a	Tara+suelo+agua	57,1
t+s	Tara+suelo	57,1
t	Tara	34,2
s	Suelo	22,9

CÁLCULO CURVA GRANULOMÉTRICA POR TAMIZADO

Tamiz U.N.E.	Tamiz ASTM	Retenido entre tamices: g en parte fina ensayada	Retenido entre tamices: g en Muestra total	Pasa en muestra total: Gramos	Pasa en muestra total: %
125	5				
100	4				
80	3			7359,5	100
63	2,5		531,8	6827,7	93
50	2		391,2	6436,5	87
40	1,5			6436,5	87
25	1		545,4	5891,0	80
20	3/4		226,8	5664,2	77
12,5	1/2		924,1	4740,1	64
10	3/8		357,7	4382,4	60
5	4		1230,6	3151,8	43
2	10		386,5	2765,3	38
0,4	40	46,0	1347,0	1418,3	19
0,08	200	30,5	894,5	523,8	7



OBSERVACIONES:

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

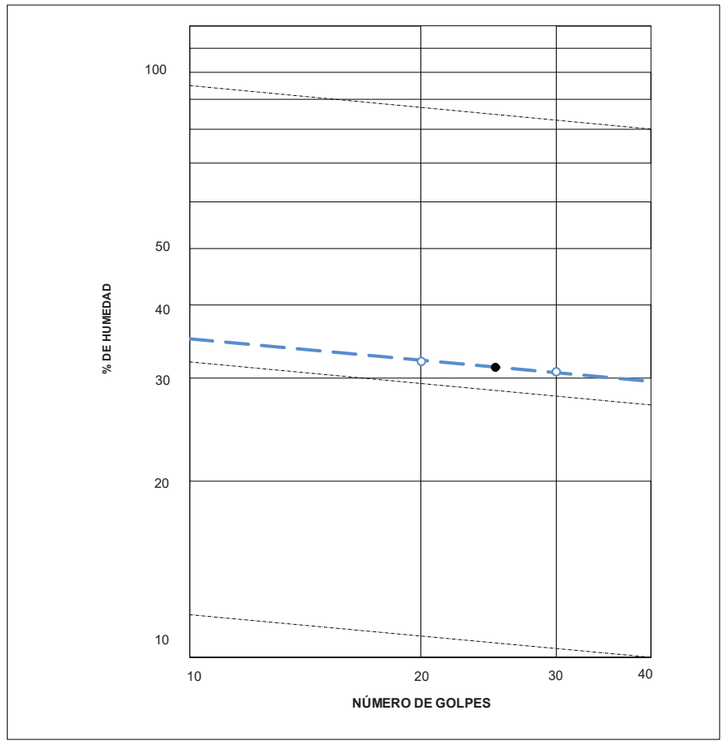
©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	Ensayo	DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG
	Norma	UNE 103103/94 UNE 103104/93
	Acta nº 2224442	Nº Copia Copia 1. Igeosuma

Referencia Muestra… 226583		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBS - C2 (2,70 m)
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CÁLCULO LÍMITE LÍQUIDO			
-	Nº de golpes	20	30
-	Referencia tara	L 16	L 12
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	5,60	5,26
t+s+a	Tara + suelo + agua	50,26	50,98
t+s	Tara + suelo	44,66	45,72
t	Tara	27,20	28,65
s=(t+s)-t	Suelo	17,46	17,07
w=100*(a/s)	**% Humedad**	**32,1**	**30,8**

CÁLCULO LÍMITE PLÁSTICO		
-	Referencia tara	L 30
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	3,78
t+s+a	Tara + suelo + agua	56,79
t+s	Tara + suelo	53,01
t	Tara	35,85
s=(t+s)-t	Suelo	17,16
w=100*(a/s)	**% Humedad**	**22,0**



RESULTADOS DEL ENSAYO	
LÍMITE LÍQUIDO =	**31,4**
LÍMITE PLÁSTICO =	**22,0**
ÍNDICE PLASTICIDAD =	**9,3**

INCERTIDUMBRE ENSAYO
LIMITE PLÁSTICO δ= 0,11
LIMITE LÍQUIDO δ= 0,20

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS	
Norma	UNE 103201/96	
Acta nº	Nº Copia	
2224443	Copia 1. Igeosuma	

Referencia Muestra… 226583	Referencia Informe….. EXP22313
PROCEDENCIA: CALICATA	REF. CLIENTE: MBS - C2 (2,70 m)
TIPO DE MUESTRA: M. ALTERADA	PETICIONARIO: IGEOSUMA
FECHA ENTRADA: 10 de noviembre 2022	DEN. OBRA: EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS ENSAYO		
-	Referencia tara	VP 31
% pasa	% suelo pasa tamiz 2 UNE	38
g	Muestra ensayada (g)	9,8149
T	Tara crisol (g)	27,1419
T+R	Tara crisol + Peso residuo (g)	27,1439
Rc	Corrección de cenizas Papel filtro (g)	
Pp=(T+R)-T-Rc	Residuo calcinado en mufla (g)	0,0020
v	Volumen de solución analizada (cm^3)	250,00
V	Volumen Agua desmineralizada en frasco (cm^3)	500,00

RESULTADO ENSAYO

$\% SO_3=[[(Pp*0,34299)/((v/V)*g)]*100]*[\% pasa/100]$

SO_3 (%) = < 0,1

INCERTIDUMBRE ENSAYO
SO_3 (%) δ= 0,17

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	GRANULOMETRÍA DE SUELOS POR TAMIZADO	
Norma	UNE 103101/95	
Acta nº	Nº Copia	
2224444	Copia 1. Igeosuma	

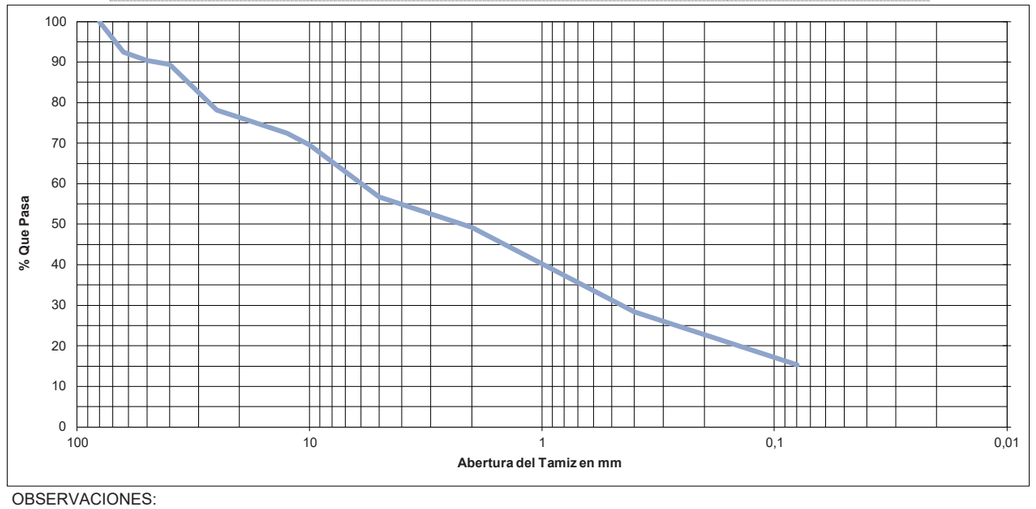
Referencia Muestra… 226584	Referencia Informe….. EXP22313
PROCEDENCIA: CALICATA	REF. CLIENTE: MBS - C3 (1,00 m)
TIPO DE MUESTRA: M. ALTERADA	PETICIONARIO: IGEOSUMA
FECHA ENTRADA: 10 de noviembre 2022	DEN. OBRA: EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CÁLCULOS PREVIOS		
A	Muestra total seca al aire	4335,6
B	Gruesos lavados	2167,1
C = (A - B) * f	Fracción fina seca	2095,6
D = (B + C)	Muestra total seca	4262,8
E	Fracción fina ensayada seca al aire	89,9
F = E * f	Fracción fina ensayada seca	86,9
C/F		24,1

HUMEDAD HIGROSCÓPICA		
f=(100/(100+h))	F/correc. hum. higroscópica	1,0
h=(a/s)*100	Humedad higroscópica %	3,5
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	0,8
t+s+a	Tara+suelo+agua	56,3
t+s	Tara+suelo	55,6
t	Tara	34,0
s	Suelo	21,6

CÁLCULO CURVA GRANULOMÉTRICA POR TAMIZADO

Tamiz U.N.E.	Tamiz ASTM	Retenido entre tamices: g en parte fina ensayada	Retenido entre tamices: g en Muestra total	Pasa en muestra total: Gramos	Pasa en muestra total: %
125	5				
100	4				
80	3			4262,8	100
63	2,5		324,2	3938,5	92
50	2		84,4	3854,1	90
40	1,5		40,8	3813,3	89
25	1		482,9	3330,4	78
20	3/4		78,0	3252,5	76
12,5	1/2		165,4	3087,0	72
10	3/8		122,2	2964,9	70
5	4		548,1	2416,7	57
2	10		321,1	2095,6	49
0,4	40	36,6	883,4	1212,2	28
0,08	200	23,1	557,9	654,3	15



OBSERVACIONES:

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG	
Norma	UNE 103103/94 UNE 103104/93	
Acta nº	2224445	Nº Copia: Copia 1. Igeosuma

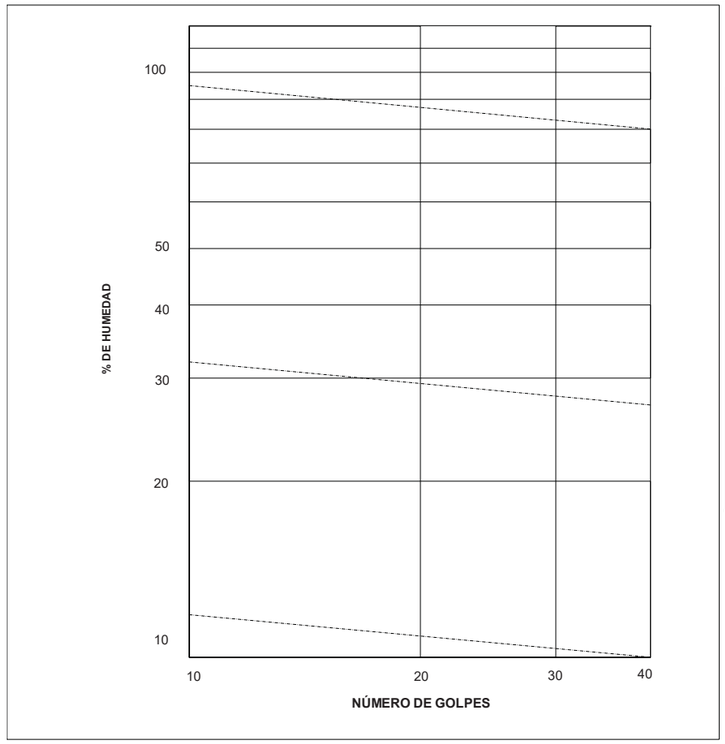
Referencia Muestra… 226584		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBS - C3 (1,00 m)
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CÁLCULO LÍMITE LÍQUIDO

-	Nº de golpes		
-	Referencia tara		
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua		
t+s+a	Tara + suelo + agua		
t+s	Tara + suelo		
t	Tara		
s=(t+s)-t	Suelo		
w=100*(a/s)	***% Humedad***		

CÁLCULO LÍMITE PLÁSTICO

-	Referencia tara	
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	
t+s+a	Tara + suelo + agua	
t+s	Tara + suelo	
t	Tara	
s=(t+s)-t	Suelo	
w=100*(a/s)	***% Humedad***	



RESULTADOS DEL ENSAYO

LÍMITE LÍQUIDO =	**N. P.***
LÍMITE PLÁSTICO =	**N. P.***
ÍNDICE PLASTICIDAD =	**N. P.***

*N.P. = NO PRESENTA LÍMITE

INCERTIDUMBRE ENSAYO
LIMITE PLÁSTICO δ= 0,11
LIMITE LÍQUIDO δ= 0,20

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO	
Norma	UNE 103501/94	
Acta nº	2224446	Nº Copia: Copia 1. Igeosuma

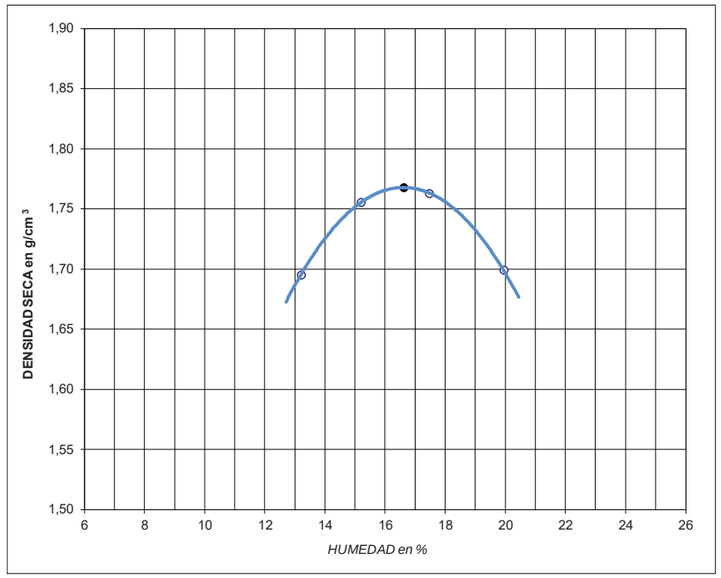
Referencia Muestra… 226584		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBS - C3 (1,00 m)
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DENSIDAD

	Punto nº	A	B	C	D	E	F
	% agua añadida	2,00	4,00	6,00	8,00		
t+s+a	Molde+suelo+agua	9880,00	10119,50	10232,00	10155,50		
t	Molde	5427,50	5427,50	5427,50	5427,50		
s+a=(t+s+a)-t	Suelo+agua	4452,50	4692,00	4804,50	4728,00		
s=[(s+a)*100]/(100+h)	Suelo	3933,12	4073,04	4090,09	3941,88		
D=s/v	***Densidad (g/cm³)***	**1,70**	**1,76**	**1,76**	**1,70**		

HUMEDAD

	Punto nº	A	B	C	D	E	F
	Referencia tara						
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	161,50	189,50	236,50	244,50		
t+s+a	Tara+suelo+agua	1925,50	1970,00	2117,50	2006,00		
t+s	Tara+suelo	1764,00	1780,50	1881,00	1761,50		
t	Tara	541,00	533,50	527,00	535,50		
s=(t+s)-t	Suelo	1223,00	1247,00	1354,00	1226,00		
h=(a*100)/s	***Humedad (%)***	**13,21**	**15,20**	**17,47**	**19,94**		



CARACTERISTICAS DEL ENSAYO

Volumen del Molde (cm³):	2320
Peso de la Maza (g):	4540
Altura de caída (cm):	45,7
Número de capas:	5
Número de golpes:	60

RESULTADOS COMPACTACION	
Dens máxima (t/m³)	***1,77***
Humedad óptima (%)	***16,62***

INCERTIDUMBRE ENSAYO
DENSIDAD MAXIMA δ= 0,01
HUMEDAD OPTIMA δ= 0,01

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo **ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

Norma **UNE 103401/98**

Acta nº	*Nº Copia*
2224447	**Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra….	**226584**	Referencia Informe……	EXP22313
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBS - C3 (1,00 m)
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

TIPO DE ENSAYO	VELOCIDAD CORTE
CONSOLIDADO Y SIN DRENAR	

DIAMETRO ANILLO (mm)	ALTURA ANILLO (mm)	AREA ANILLO (cm^2)
50	30,5	19,63

DATOS PROBETA

CARGA AXIAL PROBETA	100 kPa	200 kPa	300 kPa
Altura inicial de la probeta (en mm)	30,50	30,50	30,50
Altura final de la probeta (en mm)	30,45	30,15	29,67
Referencia de Tara nº 1	Anillo 1	Anillo 1	Anillo 1
Peso Tara 1 (en g)	60,86	64,02	61,49
Tara 1 + Peso húmedo inicial (en g)	181,66	184,63	182,25
Referencia de Tara nº 2	A	B	C
Peso Tara 2 (en g)	27,96	29,40	33,08
Tara 2 + Peso húmedo final (en g)	151,39	153,14	156,68
Tara 2 + Peso probeta seca (en g)	129,55	131,36	135,16
Peso específico partículas (en g)	2,70	2,70	2,70

RESULTADOS PROBETA

CARGA AXIAL PROBETA		100 kPa	200 kPa	300 kPa
Dens. humeda inicial (en g/cm^3)	gn	2,02	2,01	2,02
Dens. humeda final (en g/cm^3)	gf	2,06	2,09	2,12
Dens. seca inicial (en g/cm^3)	gd	1,70	1,70	1,70
Den seca final (en g/cm^3)	gdt	1,70	1,72	1,75
Humedad inicial (en %)	W0	18,91	18,29	18,30
Humedad final (en %)	Wf	21,50	21,36	21,08
Saturación inicial (en %)	S0	86,35	84,36	84,66
Saturación final (en %)	Sf	98,61	100,00	100,00
Indice de huecos inicial	e0	0,59	0,59	0,58
Indice de huecos final	ef	0,59	0,57	0,54

LECTURAS FASE CORTE

CARGA 1	100 kPa	CARGA 2	200 kPa	CARGA 3	300 kPa
Sh (mm)	F (N)	Sh (mm)	F (N)	Sh (mm)	F (N)
0,13	20,00	0,15	68,24	0,09	18,82
0,29	94,12	0,26	155,30	0,21	91,77
0,53	158,83	0,49	216,47	0,50	176,47
0,74	215,30	0,73	309,42	0,73	277,65
1,05	263,54	0,97	361,19	0,95	365,89
1,19	270,59	1,26	417,66	1,27	467,07
1,27	271,77	1,52	447,07	1,61	548,25
1,34	268,24	1,59	448,25	1,89	601,20
		1,67	447,07	2,11	616,49
		1,83	438,84	2,18	615,31
				2,26	614,14
				2,40	604,73

LECTURAS FASE CONSOLIDACION

CARGA 1	100 kPa	CARGA 2	200 kPa	CARGA 3	300 kPa
dt (min)	dH (mm)	dt (min)	dH (mm)	dt (min)	dH (mm)
0,13	0,007	0,13	0,296	0,13	0,740
0,19	0,007	0,19	0,296	0,19	0,754
0,29	0,007	0,29	0,296	0,29	0,761
0,43	0,007	0,43	0,296	0,43	0,761
0,64	0,007	0,64	0,289	0,64	0,761
0,96	0,007	0,96	0,296	0,96	0,761
1,45	0,014	1,45	0,296	1,45	0,761
2,17	0,014	2,17	0,296	2,17	0,768
3,26	0,014	3,26	0,296	3,26	0,768
4,88	0,021	4,88	0,296	4,88	0,775
7,32	0,021	7,32	0,289	7,32	0,775
10,99	0,035	10,99	0,282	10,99	0,782
16,48	0,035	16,48	0,324	16,48	0,782
24,72	0,035	24,72	0,331	24,72	0,789
37,08	0,049	37,08	0,338	37,08	0,789
55,61	0,049	55,61	0,338	55,61	0,796
83,42	0,049	83,42	0,338	83,42	0,796
125,13	0,049	125,13	0,345	125,13	0,804
187,69	0,049	187,69	0,345	187,69	0,811
281,54	0,049	281,54	0,345	281,54	0,818
422,31	0,049	422,31	0,345	422,31	0,818
633,46	0,049	633,46	0,345	633,46	0,825
950,19	0,049	950,19	0,345	950,19	0,825
1430,00	0,049	1430,00	0,345	1430,00	0,832

RESULTADOS FASE CONSOLIDACIÓN

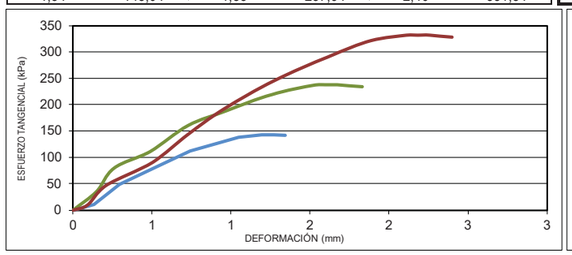
Alt. Inic. (mm)	Valor t100	Alt. Inic. (mm)	Valor t100	Alt. Inic. (mm)	Valor t100
30,50		30,50		30,50	

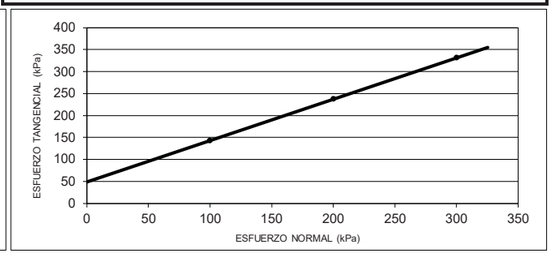
RESULTADOS FASE CORTE

Sh (mm)	τ_{max} (KPa)	Sh (mm)	τ_{max} (KPa)	Sh (mm)	τ_{max} (KPa)
1,34	143,04	1,83	237,94	2,40	331,84

RESULTADOS DEL ENSAYO

COHESIÓN en kPa	**48,81**
ANGULO ROZAMIENTO INTERNO en º	**43,35**





VºBº

OBSERVACIONES: COMPACTADO 98% DMPM

Fdo.

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parc. del informe sin autorización expresa del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo **CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS**

Norma **UNE 103201/96**

Acta nº	*Nº Copia*
2224448	**Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226584		Referencia Informe…..	EXP22313
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBS - C3 (1,00 m)
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS ENSAYO

-	Referencia tara	VP 75
% pasa	% suelo pasa tamiz 2 UNE	49
g	Muestra ensayada (g)	9,9991
T	Tara crisol (g)	25,8406
T+R	Tara crisol + Peso residuo (g)	25,8419
Rc	Corrección de cenizas Papel filtro (g)	
Pp=(T+R)-T-Rc	Residuo calcinado en mufla (g)	0,0013
v	Volumen de solución analizada (cm^3)	250,00
V	Volumen Agua desmineralizada en frasco (cm^3)	500,00

RESULTADO ENSAYO

$\% SO_3=[[(Pp*0,34299)/((v/V)*g)]*100]*[\% pasa/100]$

SO_3 (%) **=** **< 0,1**

INCERTIDUMBRE ENSAYO
SO_3 (%) δ= 0,17

VºBº

Fdo.

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	GRANULOMETRÍA DE SUELOS POR TAMIZADO	
Norma	UNE 103101/95	
Acta nº	Nº Copia	
2224449	Copia 1. Igeosuma	

Referencia Muestra… 226585		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBI - C2 (1,40 m)
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CÁLCULOS PREVIOS

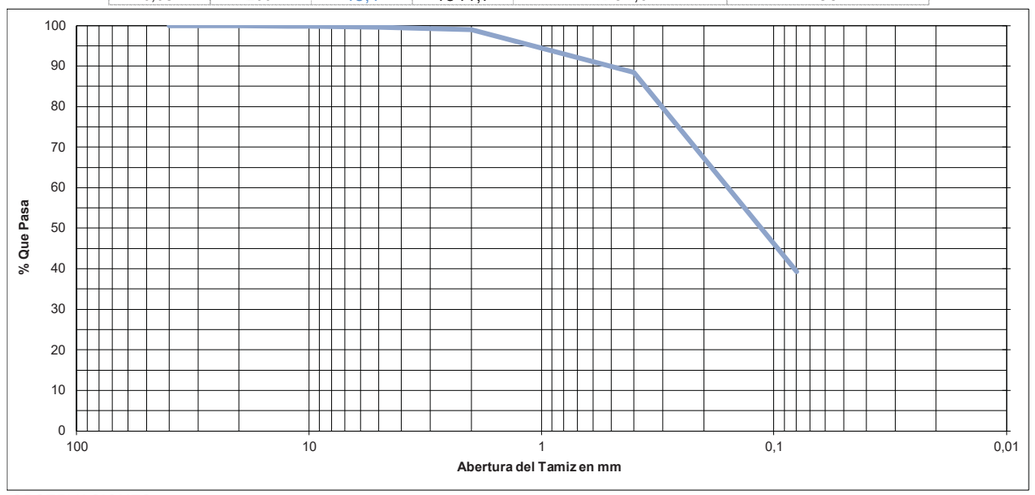
A	Muestra total seca al aire	3141,2
B	Gruesos lavados	31,1
C = (A - B) * f	Fracción fina seca	3102,9
D = (B + C)	Muestra total seca	3134,0
E	Fracción fina ensayada seca al aire	90,9
F = E * f	Fracción fina ensayada seca	90,7
C/F		34,2

HUMEDAD HIGROSCÓPICA

f=(100/(100+h))	F/correc. hum. higroscópica	1,0
h=(a/s)*100	Humedad higroscópica %	0,2
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	0,1
t+s+a	Tara+suelo+agua	54,6
t+s	Tara+suelo	54,5
t	Tara	28,7
s	Suelo	25,8

CÁLCULO CURVA GRANULOMÉTRICA POR TAMIZADO

Tamiz U.N.E.	Tamiz ASTM	Retenido entre tamices: g en parte fina ensayada	Retenido entre tamices: g en Muestra total	Pasa en muestra total: Gramos	Pasa en muestra total: %
125	5				
100	4				
80	3				
63	2,5				
50	2				
40	1,5				100
25	1				100
20	3/4			3134,0	100
12,5	1/2		4,4	3129,6	100
10	3/8		2,3	3127,3	100
5	4		6,6	3120,7	100
2	10		17,8	3102,9	99
0,4	40	9,6	329,6	2773,3	88
0,08	200	45,1	1541,7	1231,6	39



OBSERVACIONES:

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG	
Norma	UNE 103103/94 UNE 103104/93	
Acta nº	Nº Copia	
2224450	Copia 1. Igeosuma	

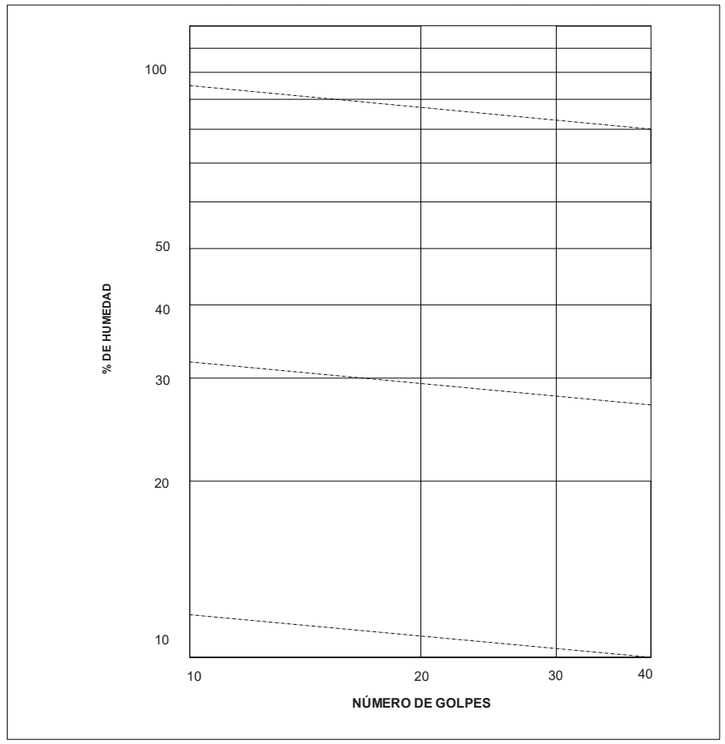
Referencia Muestra… 226585		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBI - C2 (1,40 m)
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CÁLCULO LÍMITE LÍQUIDO

-	Nº de golpes		
-	Referencia tara		
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua		
t+s+a	Tara + suelo + agua		
t+s	Tara + suelo		
t	Tara		
s=(t+s)-t	Suelo		
w=100*(a/s)	***% Humedad***		

CÁLCULO LÍMITE PLÁSTICO

-	Referencia tara	
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	
t+s+a	Tara + suelo + agua	
t+s	Tara + suelo	
t	Tara	
s=(t+s)-t	Suelo	
w=100*(a/s)	***% Humedad***	



RESULTADOS DEL ENSAYO

LÍMITE LÍQUIDO =	**N. P.***
LÍMITE PLÁSTICO =	**N. P.***
ÍNDICE PLASTICIDAD =	**N. P.***

*N.P. = NO PRESENTA LÍMITE

INCERTIDUMBRE ENSAYO
LIMITE PLÁSTICO δ= 0,11
LIMITE LÍQUIDO δ= 0,20

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**
Norma	**UNE 103501/94**
Acta nº **2224451**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226585 | Referencia Informe….. EXP22313

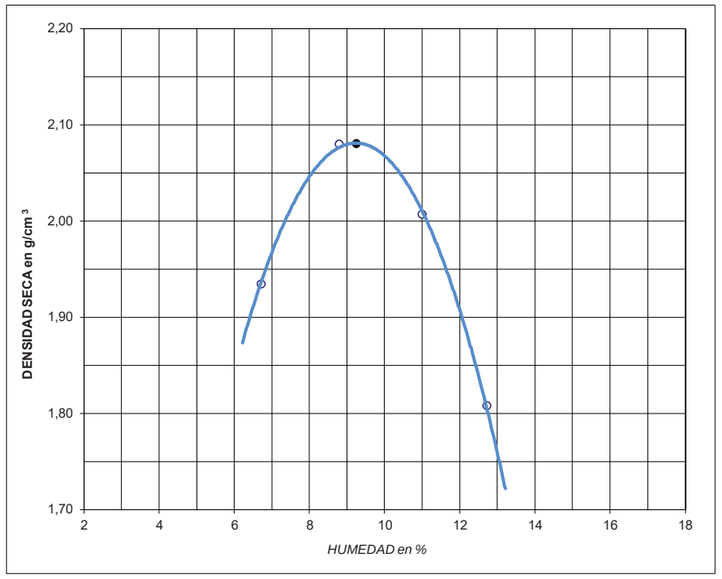
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBI - C2 (1,40 m)
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DENSIDAD

	Punto nº	A	B	C	D	E	F
	% agua añadida		2,00	4,00	6,00		
t+s+a	Molde+suelo+agua	10218,00	10677,00	10596,00	10155,50		
t	Molde	5427,50	5427,50	5427,50	5427,50		
s+a=(t+s+a)-t	Suelo+agua	4790,50	5249,50	5168,50	4728,00		
s=[(s+a)*100]/(100+h)	Suelo	4489,10	4825,46	4656,79	4194,69		
D=s/v	***Densidad (g/cm³)***	**1,93**	**2,08**	**2,01**	**1,81**		

HUMEDAD

	Punto nº	A	B	C	D	E	F
	Referencia tara						
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	85,00	118,50	134,50	156,00		
t+s+a	Tara+suelo+agua	1893,50	2013,50	1874,50	1921,00		
t+s	Tara+suelo	1808,50	1895,00	1740,00	1765,00		
t	Tara	542,50	546,50	516,00	538,00		
s=(t+s)-t	Suelo	1266,00	1348,50	1224,00	1227,00		
h=(a*100)/s	***Humedad (%)***	**6,71**	**8,79**	**10,99**	**12,71**		



CARACTERISTICAS DEL ENSAYO

Volumen del Molde (cm³):	2320
Peso de la Maza (g):	4540
Altura de caída (cm):	45,7
Número de capas:	5
Número de golpes:	60

RESULTADOS COMPACTACION	
Dens máxima (t/m³)	***2,08***
Humedad óptima (%)	***9,24***

INCERTIDUMBRE ENSAYO
DENSIDAD MAXIMA δ= 0,01
HUMEDAD OPTIMA δ= 0,01

VºBº Fdo.

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**
Norma	**UNE 103401/98**
Acta nº **2224452**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra…. **226585** | Referencia Informe…… EXP22313

PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBI - C2 (1,40 m)
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

TIPO DE ENSAYO	VELOCIDAD CORTE
CONSOLIDADO Y SIN DRENAR	

DIAMETRO ANILLO (mm)	ALTURA ANILLO (mm)	AREA ANILLO (cm²)
50	30,5	19,63

DATOS PROBETA

CARGA AXIAL PROBETA	100 kPa	200 kPa	300 kPa
Altura inicial de la probeta (en mm)	30,50	30,50	30,50
Altura final de la probeta (en mm)	30,31	30,26	29,87
Referencia de Tara nº 1	Anillo 1	Anillo 1	Anillo 1
Peso Tara 1 (en g)	57,58	64,03	63,81
Tara 1 + Peso húmedo inicial (en g)	190,34	196,62	196,85
Referencia de Tara nº 2	A	B	C
Peso Tara 2 (en g)	27,19	29,88	28,66
Tara 2 + Peso húmedo final (en g)	161,48	165,18	163,98
Tara 2 + Peso probeta seca (en g)	148,11	150,82	148,29
Peso específico partículas (en g)	2,70	2,70	2,70

RESULTADOS PROBETA

CARGA AXIAL PROBETA		100 kPa	200 kPa	300 kPa
Dens. humeda inicial (en g/cm³)	gn	2,22	2,21	2,22
Dens. humeda final (en g/cm³)	gf	2,26	2,28	2,31
Dens. seca inicial (en g/cm³)	gd	2,02	2,02	2,00
Den seca final (en g/cm³)	gdt	2,03	2,04	2,04
Humedad inicial (en %)	W0	9,79	9,63	11,21
Humedad final (en %)	Wf	11,06	11,87	13,12
Saturación inicial (en %)	S0	78,48	77,26	86,16
Saturación final (en %)	Sf	90,82	98,31	100,00
Indice de huecos inicial	e0	0,34	0,34	0,35
Indice de huecos final	ef	0,33	0,33	0,32

LECTURAS FASE CORTE

CARGA 1	100 kPa	CARGA 2	200 kPa	CARGA 3	300 kPa
Sh (mm)	F (N)	Sh (mm)	F (N)	Sh (mm)	F (N)
0,07	31,12	0,05	13,17	0,07	55,06
0,21	64,64	0,19	82,59	0,15	179,54
0,40	142,44	0,31	211,86	0,26	266,93
0,60	190,32	0,54	299,24	0,44	356,70
0,74	215,45	0,81	354,31	0,63	424,93
0,94	246,58	1,03	378,25	0,83	472,81
1,16	271,71	1,25	390,22	1,03	500,34
1,38	280,09	1,46	390,22	1,31	513,51
1,45	278,90	1,60	384,23	1,39	515,90
1,52	274,11			1,45	514,70
				1,52	513,51

LECTURAS FASE CONSOLIDACION

CARGA 1	100 kPa	CARGA 2	200 kPa	CARGA 3	300 kPa
dt (min)	dH (mm)	dt (min)	dH (mm)	dt (min)	dH (mm)
0,13	0,158	0,13	0,206	0,13	0,598
0,19	0,158	0,19	0,213	0,19	0,598
0,29	0,165	0,29	0,220	0,29	0,619
0,43	0,165	0,43	0,220	0,43	0,619
0,64	0,165	0,64	0,220	0,64	0,625
0,96	0,165	0,96	0,220	0,96	0,625
1,45	0,172	1,45	0,227	1,45	0,625
2,17	0,172	2,17	0,227	2,17	0,625
3,26	0,165	3,26	0,227	3,26	0,625
4,88	0,179	4,88	0,234	4,88	0,625
7,32	0,179	7,32	0,234	7,32	0,625
10,99	0,186	10,99	0,234	10,99	0,625
16,48	0,186	16,48	0,241	16,48	0,625
24,72	0,186	24,72	0,241	24,72	0,625
37,08	0,186	37,08	0,241	37,08	0,625
55,61	0,186	55,61	0,241	55,61	0,625
83,42	0,186	83,42	0,241	83,42	0,625
125,13	0,186	125,13	0,241	125,13	0,625
187,69	0,186	187,69	0,241	187,69	0,625
281,54	0,186	281,54	0,241	281,54	0,625
422,31	0,186	422,31	0,241	422,31	0,625
633,46	0,186	633,46	0,241	633,46	0,625
950,19	0,186	950,19	0,241	950,19	0,625
1430,00	0,186	1430,00	0,241	1430,00	0,625

RESULTADOS FASE CONSOLIDACION

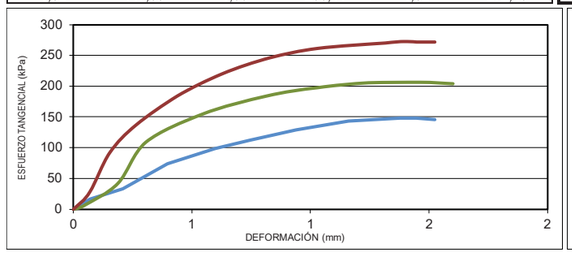
Alt. Inic. (mm)	Valor t100	Alt. Inic. (mm)	Valor t100	Alt. Inic. (mm)	Valor t100
30,50		30,50		30,50	

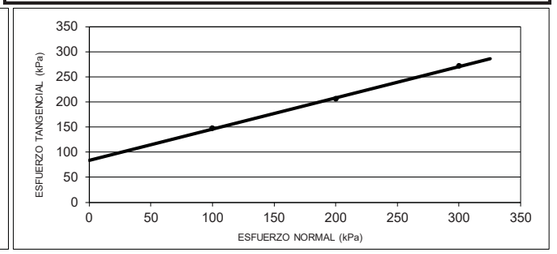
RESULTADOS FASE CORTE

Sh (mm)	τ_{max} (KPa)	Sh (mm)	τ_{max} (KPa)	Sh (mm)	τ_{max} (KPa)
1,52	147,83	1,60	206,41	1,52	272,40

RESULTADOS DEL ENSAYO

COHESIÓN en kPa	**84,32**
ANGULO ROZAMIENTO INTERNO en º	**31,92**





VºBº OBSERVACIONES: COMPACTADO 98% DMPM Fdo.

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parc. del informe sin autorización expresa del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS**
	Norma	**UNE 103205/06**
	Acta nº **2224454**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226585		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBI - C2 (1,40 m)
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS ENSAYO		
-	Referencia tara	CP 3
% pasa	% suelo pasa tamiz 2 UNE	99
g	Muestra ensayada (g)	49,5430
T	Tara crisol (g)	104,6880
T+R	Tara crisol + Peso residuo (g)	104,7230
Pp=(T+R)-T	Residuo seco en estufa (g)	0,0350
v	Volumen de solución analizada (cm^3)	100,00
V	Volumen Agua desmineralizada en frasco (cm^3)	500,00

RESULTADO ENSAYO

Sales solubles referido a la fracción ensayada (f < 2 UNE)=[[(Pp*V)/(g*v)]*100]

Sales Solubles referida fracción ensayada (f < 2 UNE) (%) **0,4**

RESULTADO ENSAYO

Sales solubles referido al total de la muestra =[[(Pp*V)/(g*v)]*100]*% pasa

Sales Solubles referida total de la muestra (%) **0,3**

INCERTIDUMBRE ENSAYO
Sales solubles (%) δ= 0,04

OBSERVACIONES: Muestra ensayada pulverizada < 0,08 UNE (Procedimiento D.G.A.).

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS**
	Norma	**UNE 103201/96**
	Acta nº **2224453**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226585		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBI - C2 (1,40 m)
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS ENSAYO		
-	Referencia tara	VP 76
% pasa	% suelo pasa tamiz 2 UNE	99
g	Muestra ensayada (g)	10,0231
T	Tara crisol (g)	26,1417
T+R	Tara crisol + Peso residuo (g)	26,1499
Rc	Corrección de cenizas Papel filtro (g)	
Pp=(T+R)-T-Rc	Residuo calcinado en mufla (g)	0,0082
v	Volumen de solución analizada (cm^3)	250,00
V	Volumen Agua desmineralizada en frasco (cm^3)	500,00

RESULTADO ENSAYO

% SO_3=[[(Pp*0,34299)/((v/V)*g)]*100]*[% pasa/100]

SO_3 (%) **=** **< 0,1**

INCERTIDUMBRE ENSAYO
SO_3 (%) δ= 0,17

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**GRANULOMETRÍA DE SUELOS POR TAMIZADO**
Norma	**UNE 103101/95**
Acta nº **2224455**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226586		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBI - C3 (1,30 m)
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CÁLCULOS PREVIOS

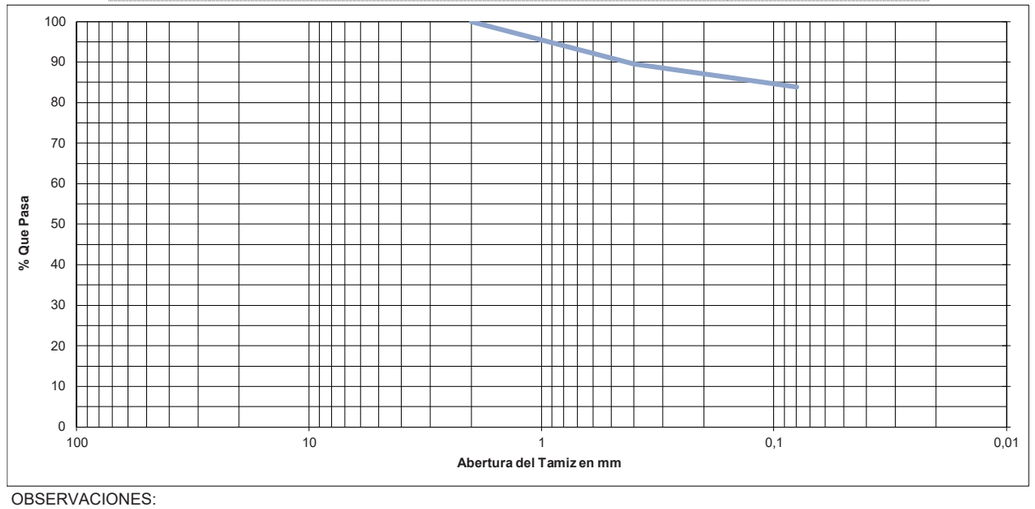
A	Muestra total seca al aire	2944,8
B	Gruesos lavados	
*C = (A - B) * f*	Fracción fina seca	2884,9
D = (B + C)	Muestra total seca	2884,9
E	Fracción fina ensayada seca al aire	95,1
*F = E * f*	Fracción fina ensayada seca	93,2
C/F		31,0

HUMEDAD HIGROSCÓPICA

f=(100/(100+h))	F/correc. hum. higroscópica	1,0
*h=(a/s)*100*	Humedad higroscópica %	2,1
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	0,4
t+s+a	Tara+suelo+agua	50,0
t+s	Tara+suelo	49,5
t	Tara	29,8
s	Suelo	19,7

CÁLCULO CURVA GRANULOMÉTRICA POR TAMIZADO

Tamiz	*Tamiz*	Retenido entre tamices		Pasa en muestra total	
U.N.E.	*ASTM*	g en parte fina ensayada	g en Muestra total	Gramos	%
125	*5*				
100	*4*				
80	*3*				
63	*2,5*				
50	*2*				
40	*1,5*				
25	*1*				
20	*3/4*				
12,5	*1/2*				
10	*3/8*				
5	*4*				
2	*10*			2884,9	100
0,4	*40*	9,8	303,5	2581,4	89
0,08	*200*	5,3	162,6	2418,8	84



OBSERVACIONES:

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**
Norma	**UNE 103501/94**
Acta nº **2224457**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

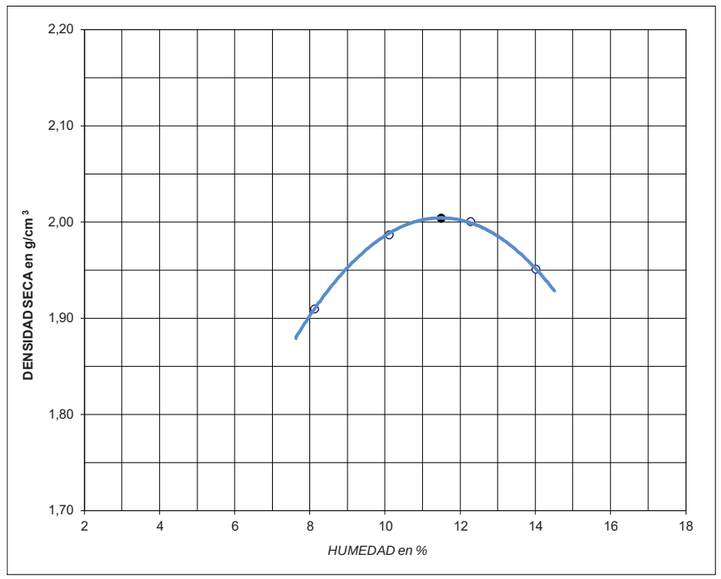
Referencia Muestra… 226586		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBI - C3 (1,30 m)
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DENSIDAD

	Punto nº	A	B	C	D	E	F
	% agua añadida		2,00	4,00	6,00		
t+s+a	Molde+suelo+agua	10218,00	10502,50	10638,50	10587,50		
t	Molde	5427,50	5427,50	5427,50	5427,50		
s+a=(t+s+a)-t	Suelo+agua	4790,50	5075,00	5211,00	5160,00		
s=[(s+a)*100]/(100+h)	Suelo	4430,80	4609,21	4641,56	4526,00		
D=s/v	***Densidad (g/cm³)***	**1,91**	**1,99**	**2,00**	**1,95**		

HUMEDAD

	Punto nº	A	B	C	D	E	F
	Referencia tara						
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	88,00	110,00	139,00	140,50		
t+s+a	Tara+suelo+agua	1711,00	1732,50	1814,50	1690,50		
t+s	Tara+suelo	1623,00	1622,50	1675,50	1550,00		
t	Tara	539,00	534,00	542,50	547,00		
s=(t+s)-t	Suelo	1084,00	1088,50	1133,00	1003,00		
h=(a*100)/s	***Humedad (%)***	**8,12**	**10,11**	**12,27**	**14,01**		



CARACTERISTICAS DEL ENSAYO

Volumen del Molde (cm³):	2320
Peso de la Maza (g):	4540
Altura de caída (cm):	45,7
Número de capas:	5
Número de golpes:	60

RESULTADOS COMPACTACION	
Dens máxima (t/m³)	***2,00***
Humedad óptima (%)	***11,49***

INCERTIDUMBRE ENSAYO
DENSIDAD MAXIMA δ= 0,01
HUMEDAD OPTIMA δ= 0,01

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	DETERMINACIÓN DEL HINCHAMIENTO LIBRE DE UN SUELO EN EDÓMETRO	
Norma	UNE 103601/96	
Acta nº	Nº Copia	
2224458	Copia 1. Igeosuma	

Referencia Muestra… 226586		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBI - C3 (1,30 m)
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA ENSAYADA:	
REMOLDEADA AL 98 % DEL	P.M.

DATOS ENSAYO	
ALTURA INICIAL (mm)	4,98
ALTURA FINAL (mm)	6,07
INCREMENTO DE ALTURA (mm)	1,09

RESULTADO DEL ENSAYO	
HINCHAMIENTO (%)	**5,5**

INCERTIDUMBRE ENSAYO
HINCHAMIENTO δ= 0,40

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

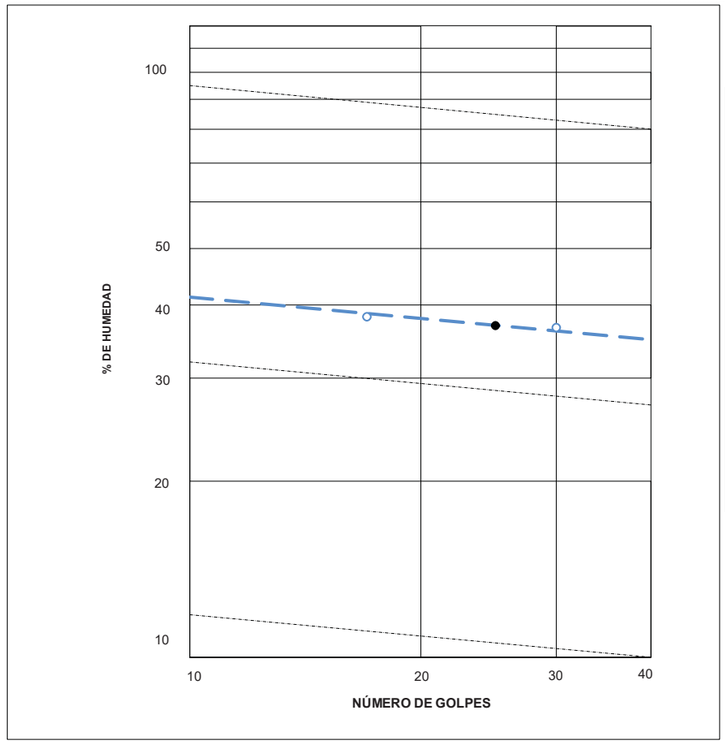
Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG	
Norma	UNE 103103/94 UNE 103104/93	
Acta nº	Nº Copia	
2224456	Copia 1. Igeosuma	

Referencia Muestra… 226586		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MBI - C3 (1,30 m)
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CÁLCULO LÍMITE LÍQUIDO			
-	Nº de golpes	17	30
-	Referencia tara	RE 16	RE 2
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	4,92	4,44
t+s+a	Tara + suelo + agua	30,54	29,17
t+s	Tara + suelo	25,62	24,73
t	Tara	12,75	12,61
s=(t+s)-t	Suelo	12,87	12,12
w=100*(a/s)	***% Humedad***	**38,2**	**36,6**

CÁLCULO LÍMITE PLÁSTICO		
-	Referencia tara	L 2
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	3,72
t+s+a	Tara + suelo + agua	37,80
t+s	Tara + suelo	34,08
t	Tara	18,32
s=(t+s)-t	Suelo	15,76
w=100*(a/s)	***% Humedad***	**23,6**



RESULTADOS DEL ENSAYO	
LÍMITE LÍQUIDO =	**37,0**
LÍMITE PLÁSTICO =	**23,6**
ÍNDICE PLASTICIDAD =	**13,4**

INCERTIDUMBRE ENSAYO
LIMITE PLÁSTICO δ= 0,11
LIMITE LÍQUIDO δ= 0,20

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS**
Norma	**UNE 103201/96**
Acta nº **2224459**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226586	
PROCEDENCIA	CALICATA
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA
FECHA ENTRADA	10 de noviembre 2022

Referencia Informe….. EXP22313	
REF. CLIENTE	MBI - C3 (1,30 m)
PETICIONARIO	IGEOSUMA
DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS ENSAYO		
-	Referencia tara	VP 77
% pasa	% suelo pasa tamiz 2 UNE	100
g	Muestra ensayada (g)	9,4940
T	Tara crisol (g)	24,3350
T+R	Tara crisol + Peso residuo (g)	24,3388
Rc	Corrección de cenizas Papel filtro (g)	
Pp=(T+R)-T-Rc	Residuo calcinado en mufla (g)	0,0038
v	Volumen de solución analizada (cm^3)	250,00
V	Volumen Agua desmineralizada en frasco (cm^3)	500,00

RESULTADO ENSAYO

% SO_3=[[(Pp*0,34299)/((v/V)*g)]*100]*[% pasa/100]

SO_3 (%) **=** **< 0,1**

INCERTIDUMBRE ENSAYO
SO_3 (%) δ= 0,17

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE UN SUELO**
Norma	**UNE 103301/94**
Acta nº **2224461**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226603	
PROCEDENCIA	SONDEO
TIPO DE MUESTRA	M. INALTERADA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022

Referencia Informe….. EXP22313	
REF. CLIENTE	MBS - S1 MI (1,60 - 2,20 m)
PETICIONARIO	IGEOSUMA
DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS ENSAYO	
PESO MUESTRA HÚMEDA (g) =	174,25
PESO CON PARAFINA (g) =	189,05
PESO SUMERGIDO (g) =	83,95
HUMEDAD (%)=	13,45

RESULTADO DEL ENSAYO	
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm^3) =	**1,97**
DENSIDAD SECA (g/cm^3) =	**1,73**

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD NATURAL DE UN SUELO**
Norma	**UNE 103300/93**
Acta nº **2224460**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra…	**226603**	Referencia Informe…..	EXP22313
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MBS - S1 MI (1,60 - 2,20 m)
TIPO DE MUESTRA	M. INALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS ENSAYO	
TARA + SUELO + AGUA (g) =	164,32
TARA + SUELO (g) =	148,30
TARA (g) =	29,17

RESULTADO DEL ENSAYO	
HUMEDAD NATURAL (%)	**13,4**

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**
Norma	**UNE 103401/98**
Acta nº **2224462**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra….	**226603**	Referencia Informe……	EXP22313
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MBS - S1 MI (1,60 - 2,20 m)
TIPO DE MUESTRA	M. INALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

TIPO DE ENSAYO	VELOCIDAD CORTE	DIAMETRO ANILLO (mm)	ALTURA ANILLO (mm)	AREA ANILLO (cm^2)
CONSOLIDADO Y SIN DRENAR		50	30,5	19,63

DATOS PROBETA

CARGA AXIAL PROBETA	100 kPa	200 kPa	300 kPa
Altura inicial de la probeta (en mm)	30,50	30,50	30,50
Altura final de la probeta (en mm)	29,58	29,03	27,28
Referencia de Tara nº 1	Anillo 1	Anillo 1	Anillo 1
Peso Tara 1 (en g)	64,07	64,02	59,52
Tara 1 + Peso húmedo inicial (en g)	174,29	166,69	157,62
Referencia de Tara nº 2	A	B	C
Peso Tara 2 (en g)	36,00	35,39	36,00
Tara 2 + Peso húmedo final (en g)	148,00	143,13	137,24
Tara 2 + Peso probeta seca (en g)	123,62	117,75	112,89
Peso específico partículas (en g)	2,70	2,70	2,70

RESULTADOS PROBETA

CARGA AXIAL PROBETA		100 kPa	200 kPa	300 kPa
Dens. humeda inicial (en g/cm^3)	gn	1,84	1,71	1,64
Dens. humeda final (en g/cm^3)	gf	1,93	1,89	1,89
Dens. seca inicial (en g/cm^3)	gd	1,46	1,38	1,28
Den seca final (en g/cm^3)	gdt	1,51	1,45	1,44
Humedad inicial (en %)	W0	25,79	24,66	27,58
Humedad final (en %)	Wf	27,82	30,82	31,67
Saturación inicial (en %)	S0	82,42	69,16	67,56
Saturación final (en %)	Sf	95,16	95,83	97,13
Indice de huecos inicial	e0	0,84	0,96	1,10
Indice de huecos final	ef	0,79	0,87	0,88

LECTURAS FASE CORTE

CARGA 1	100 kPa	CARGA 2	200 kPa	CARGA 3	300 kPa
Sh (mm)	F (N)	Sh (mm)	F (N)	Sh (mm)	F (N)
0,29	52,94	0,04	24,00	0,10	25,88
0,73	78,83	0,18	104,00	0,51	148,24
1,03	87,06	0,47	154,00	0,95	222,36
1,44	105,88	0,92	199,00	1,74	307,07
1,85	121,18	1,18	230,00	2,42	340,01
2,21	123,53	1,50	252,01	2,96	355,30
2,49	132,94	1,82	266,01	3,53	363,54
2,82	140,00	2,03	270,01	4,05	371,77
2,89	137,65	2,17	271,01	4,12	372,95
		2,24	269,01	4,19	371,77

LECTURAS FASE CONSOLIDACION

CARGA 1	100 kPa	CARGA 2	200 kPa	CARGA 3	300 kPa
dt (min)	dH (mm)	dt (min)	dH (mm)	dt (min)	dH (mm)
0,13	0,641	0,13	0,987	0,13	0,888
0,19	0,663	0,19	1,036	0,19	1,741
0,29	0,670	0,29	1,050	0,29	2,862
0,43	0,677	0,43	1,064	0,43	2,904
0,64	0,684	0,64	1,078	0,64	2,911
0,96	0,698	0,96	1,093	0,96	2,918
1,45	0,705	1,45	1,107	1,45	2,932
2,17	0,719	2,17	1,114	2,17	2,953
3,26	0,733	3,26	1,128	3,26	2,967
4,88	0,754	4,88	1,156	4,88	2,982
7,32	0,768	7,32	1,156	7,32	2,996
10,99	0,761	10,99	1,170	10,99	3,010
16,48	0,754	16,48	1,212	16,48	3,024
24,72	0,761	24,72	1,276	24,72	3,045
37,08	0,818	37,08	1,297	37,08	3,059
55,61	0,832	55,61	1,346	55,61	3,073
83,42	0,839	83,42	1,374	83,42	3,094
125,13	0,853	125,13	1,389	125,13	3,115
187,69	0,860	187,69	1,410	187,69	3,137
281,54	0,874	281,54	1,431	281,54	3,158
422,31	0,888	422,31	1,445	422,31	3,172
633,46	0,902	633,46	1,459	633,46	3,193
950,19	0,909	950,19	1,466	950,19	3,207
1430,00	0,916	1430,00	1,469	1430,00	3,221

RESULTADOS FASE CONSOLIDACIÓN

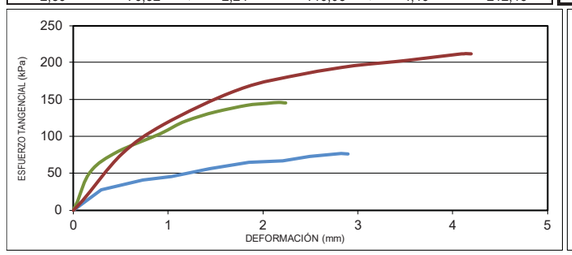
Alt. Inic. (mm)	Valor t100	Alt. Inic. (mm)	Valor t100	Alt. Inic. (mm)	Valor t100
30,50		30,50		30,50	

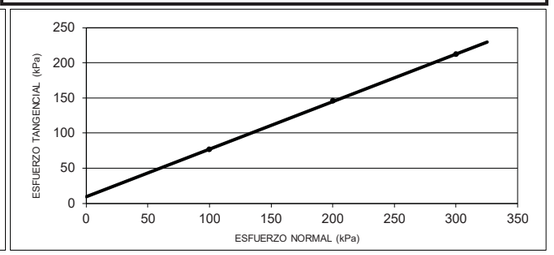
RESULTADOS FASE CORTE

Sh (mm)	τ_{max} (KPa)	Sh (mm)	τ_{max} (KPa)	Sh (mm)	τ_{max} (KPa)
2,89	76,82	2,24	146,08	4,19	212,15

RESULTADOS DEL ENSAYO

COHESIÓN en kPa	**9,69**
ANGULO ROZAMIENTO INTERNO en º	**34,08**





VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parc. del informe sin autorización expresa del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**GRANULOMETRÍA DE SUELOS POR TAMIZADO**
Norma	**UNE 103101/95**
Acta nº **2224464**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226605		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MC1 - S1 MI (1,00 - 1,60 m)
TIPO DE MUESTRA	M. INALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CÁLCULOS PREVIOS

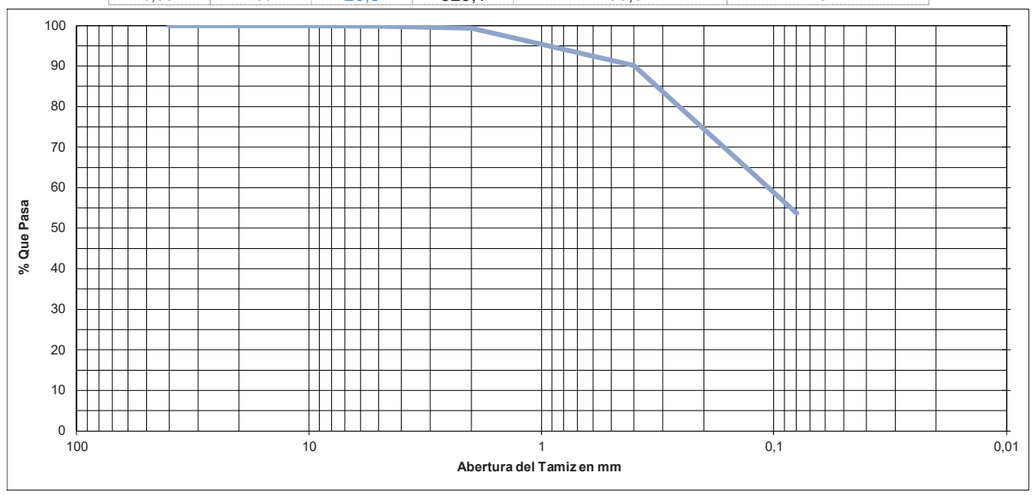
A	Muestra total seca al aire	1462,8
B	Gruesos lavados	9,6
*C = (A - B) * f*	Fracción fina seca	1446,1
D = (B + C)	Muestra total seca	1455,7
E	Fracción fina ensayada seca al aire	73,6
*F = E * f*	Fracción fina ensayada seca	73,3
C/F		19,7

HUMEDAD HIGROSCÓPICA

f=(100/(100+h))	F/correc. hum. higroscópica	1,0
*h=(a/s)*100*	Humedad higroscópica %	0,5
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	0,3
t+s+a	Tara+suelo+agua	93,6
t+s	Tara+suelo	93,3
t	Tara	34,2
s	Suelo	59,2

CÁLCULO CURVA GRANULOMÉTRICA POR TAMIZADO

Tamiz U.N.E.	*Tamiz ASTM*	Retenido entre tamices: g en parte fina ensayada	Retenido entre tamices: g en Muestra total	Pasa en muestra total: Gramos	Pasa en muestra total: %
125	*5*				
100	*4*				
80	*3*				
63	*2,5*				
50	*2*				
40	*1,5*				100
25	*1*				100
20	*3/4*				100
12,5	*1/2*				100
10	*3/8*			1455,7	100
5	*4*		3,3	1452,5	100
2	*10*		6,3	1446,1	99
0,4	*40*	6,8	134,0	1312,1	90
0,08	*200*	26,8	529,1	783,0	54



OBSERVACIONES:

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG**
Norma	**UNE 103103/94 UNE 103104/93**
Acta nº **2224465**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

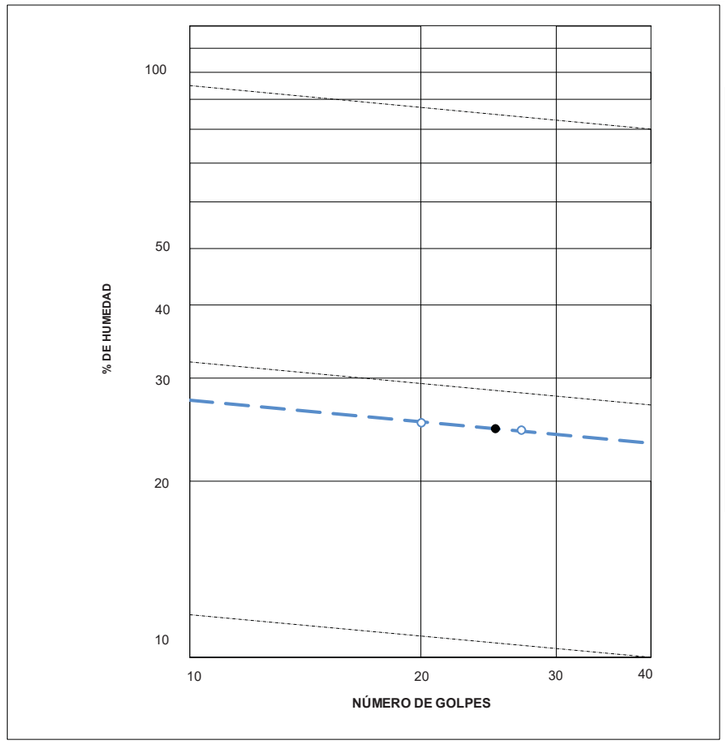
Referencia Muestra… 226605		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MC1 - S1 MI (1,00 - 1,60 m)
TIPO DE MUESTRA	M. INALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CÁLCULO LÍMITE LÍQUIDO

-	Nº de golpes	20	27
-	Referencia tara	T 27	T 16
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	4,11	4,48
t+s+a	Tara + suelo + agua	37,16	39,40
t+s	Tara + suelo	33,05	34,92
t	Tara	16,72	16,62
s=(t+s)-t	Suelo	16,33	18,30
w=100*(a/s)	***% Humedad***	**25,2**	**24,5**

CÁLCULO LÍMITE PLÁSTICO

-	Referencia tara	L 2
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	3,71
t+s+a	Tara + suelo + agua	42,75
t+s	Tara + suelo	39,04
t	Tara	18,32
s=(t+s)-t	Suelo	20,72
w=100*(a/s)	***% Humedad***	**17,9**



RESULTADOS DEL ENSAYO

LÍMITE LÍQUIDO =	**24,6**
LÍMITE PLÁSTICO =	**17,9**
ÍNDICE PLASTICIDAD =	**6,7**

INCERTIDUMBRE ENSAYO

LIMITE PLÁSTICO δ= 0,11

LIMITE LÍQUIDO δ= 0,20

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE UN SUELO**
Norma	**UNE 103301/94**
Acta nº **2224466**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226605	Referencia Informe….. EXP22313
PROCEDENCIA: SONDEO	REF. CLIENTE: MC1 - S1 MI (1,00 - 1,60 m)
TIPO DE MUESTRA: M. INALTERADA	PETICIONARIO: IGEOSUMA
FECHA ENTRADA: 17 de noviembre 2022	DEN. OBRA: EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS ENSAYO	
PESO MUESTRA HÚMEDA (g) =	198,90
PESO CON PARAFINA (g) =	209,94
PESO SUMERGIDO (g) =	80,53
HUMEDAD (%)=	16,06

RESULTADO DEL ENSAYO	
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm^3) =	**1,70**
DENSIDAD SECA (g/cm^3) =	**1,46**

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD NATURAL DE UN SUELO**
Norma	**UNE 103300/93**
Acta nº **2224463**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226605	Referencia Informe….. EXP22313
PROCEDENCIA: SONDEO	REF. CLIENTE: MC1 - S1 MI (1,00 - 1,60 m)
TIPO DE MUESTRA: M. INALTERADA	PETICIONARIO: IGEOSUMA
FECHA ENTRADA: 17 de noviembre 2022	DEN. OBRA: EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS ENSAYO	
TARA + SUELO + AGUA (g) =	182,66
TARA + SUELO (g) =	161,15
TARA (g) =	27,18

RESULTADO DEL ENSAYO	
HUMEDAD NATURAL (%)	**16,1**

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo **ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

Norma **UNE 103401/98**

Acta nº	*Nº Copia*
2224467	**Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra….	**226605**	Referencia Informe……	EXP22313
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MC1 - S1 MI (1,00 - 1,60 m)
TIPO DE MUESTRA	M. INALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

TIPO DE ENSAYO	VELOCIDAD CORTE
SIN CONSOLIDAR Y SIN DRENAR	

DIAMETRO ANILLO (mm)	ALTURA ANILLO (mm)	AREA ANILLO (cm^2)
50	30,5	19,63

DATOS PROBETA

CARGA AXIAL PROBETA	100 kPa	200 kPa	300 kPa
Altura inicial de la probeta (en mm)	30,50	30,50	30,50
Altura final de la probeta (en mm)			
Referencia de Tara nº 1	Anillo 1	Anillo 1	Anillo 1
Peso Tara 1 (en g)	60,86	64,00	61,46
Tara 1 + Peso húmedo inicial (en g)	176,09	183,67	177,71
Referencia de Tara nº 2	A	B	C
Peso Tara 2 (en g)	28,87	29,94	29,73
Tara 2 + Peso húmedo final (en g)	145,91	149,54	146,38
Tara 2 + Peso probeta seca (en g)	129,93	133,66	131,30
Peso específico partículas (en g)	2,70	2,70	2,70

RESULTADOS PROBETA

CARGA AXIAL PROBETA		100 kPa	200 kPa	300 kPa
Dens. humeda inicial (en g/cm^3)	gn	1,92	2,00	1,94
Dens. humeda final (en g/cm^3)	gf			
Dens. seca inicial (en g/cm^3)	gd	1,69	1,73	1,70
Den seca final (en g/cm^3)	gdt			
Humedad inicial (en %)	W0	14,02	15,38	14,45
Humedad final (en %)	Wf	15,81	15,31	14,85
Saturación inicial (en %)	S0	63,14	74,34	65,97
Saturación final (en %)	Sf			
Indice de huecos inicial	e0	0,60	0,56	0,59
Indice de huecos final	ef			

LECTURAS FASE CORTE

CARGA 1	100 kPa	CARGA 2	200 kPa	CARGA 3	300 kPa
Sh (mm)	F (N)	Sh (mm)	F (N)	Sh (mm)	F (N)
0,02	84,40	0,13	59,31	0,06	66,29
0,22	104,43	0,32	131,45	0,11	146,44
0,61	127,94	0,52	170,65	0,34	243,94
1,10	135,65	0,89	219,20	0,82	285,95
1,97	152,22	1,30	261,52	1,36	322,56
2,51	170,72	1,68	282,33	2,12	350,70
3,18	170,34	2,23	300,71	2,55	376,13
3,69	180,36	2,59	302,10	3,02	387,69
3,91	177,66	2,96	304,52	3,45	404,65
		3,05	304,18	3,52	405,81
				3,59	402,34

LECTURAS FASE CONSOLIDACION

CARGA 1	100 kPa	CARGA 2	200 kPa	CARGA 3	300 kPa
dt (min)	dH (mm)	dt (min)	dH (mm)	dt (min)	dH (mm)

RESULTADOS FASE CONSOLIDACIÓN

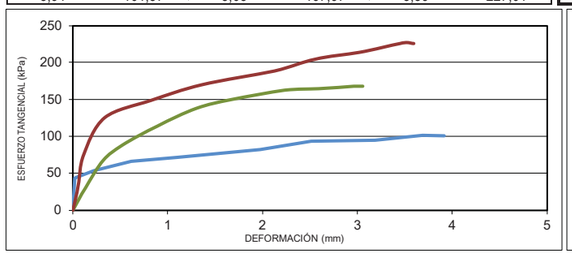
Alt. Inic. (mm)	Valor t100	Alt. Inic. (mm)	Valor t100	Alt. Inic. (mm)	Valor t100
30,50		30,50		30,50	

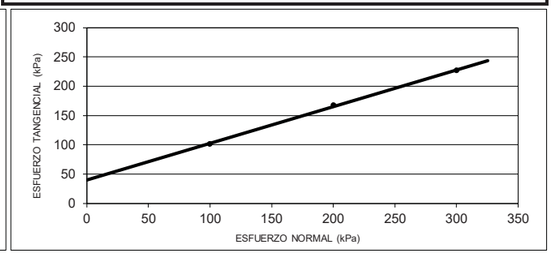
RESULTADOS FASE CORTE

Sh (mm)	τ_{max} (KPa)	Sh (mm)	τ_{max} (KPa)	Sh (mm)	τ_{max} (KPa)
3,91	101,37	3,05	167,97	3,59	227,01

RESULTADOS DEL ENSAYO

COHESIÓN en kPa	**39,81**
ANGULO ROZAMIENTO INTERNO en º	**32,14**





VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parc. del informe sin autorización expresa del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo **CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS**

Norma **UNE 103201/96**

Acta nº	*Nº Copia*
2224468	**Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226605		Referencia Informe…..	EXP22313
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MC1 - S1 MI (1,00 - 1,60 m)
TIPO DE MUESTRA	M. INALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS ENSAYO

-	Referencia tara	RE 23
% pasa	% suelo pasa tamiz 2 UNE	99
g	Muestra ensayada (g)	8,7008
T	Tara crisol (g)	27,1149
T+R	Tara crisol + Peso residuo (g)	27,1168
Rc	Corrección de cenizas Papel filtro (g)	
Pp=(T+R)-T-Rc	Residuo calcinado en mufla (g)	0,0019
v	Volumen de solución analizada (cm^3)	250,00
V	Volumen Agua desmineralizada en frasco (cm^3)	500,00

RESULTADO ENSAYO

% SO_3=[[(Pp*0,34299)/((v/V)*g)]*100]*[% pasa/100]

SO_3 (%) **=** **< 0,1**

INCERTIDUMBRE ENSAYO
SO_3 (%) δ= 0,17

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

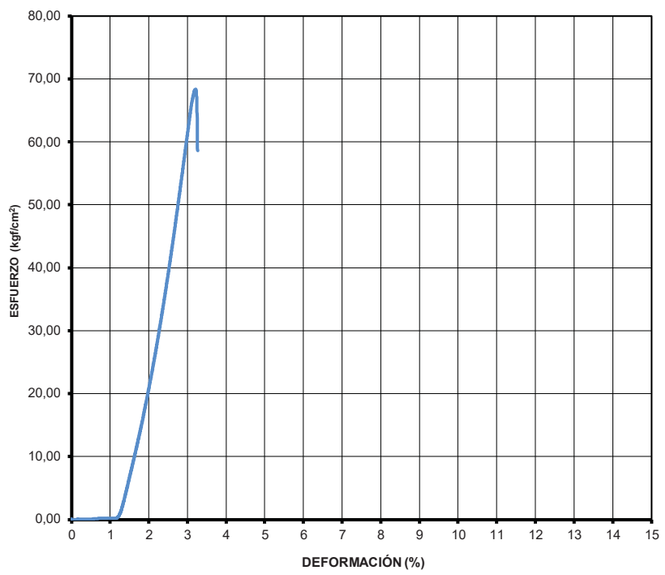
©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE EN MUESTRAS DE SUELOS**
	Norma	**UNE 103400/93**
	Acta nº **2224469**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

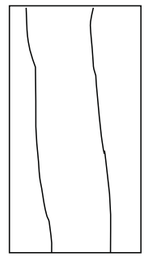
Referencia Muestra… 226606		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MC1 - S1 TP (4,80 - 5,10 m)
TIPO DE MUESTRA	T. PLASTIFICADO	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CALCULO DE LA HUMEDAD						***TIPO PROBETA***
Parcial			***Probeta***			*CILINDRICA*
	Referencia tara	L 13	P	Suelo húmedo total	1941,02	***DATOS PROBETA***
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	10,40	T + S	Tara + suelo seco parcial	2182,90	Diámetro (mm) / Altura (mm)
t+s+a	Tara+suelo+agua	231,41	T	Tara	545,41	76 / 165
t+s	Tara+suelo	221,01	S	Suelo seco parcial	1637,49	Área (cm^2) / Volumen (cm^3)
t	Tara	29,80	s1=S+s	Suelo seco total	1828,70	45,34 / 748,14
s=(t+s)-t	Suelo	191,21	a1=P-s1	Agua	112,32	Densidad (g/cm^3)
h=(a*100)/s	***Humedad***	**5,44**	h1=(a1*100)/s1	***Humedad***	**6,14**	**2,59**

GRÁFICO COMPRESIÓN UNIAXIAL



FORMA DE LA ROTURA



RESULTADOS

R (kgf/cm^2)= *68,40*

Deform. (%) = *3,20*

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE UN SUELO**
	Norma	**UNE 103301/94**
	Acta nº **2224474**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226608		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MC2 - S1 MI (1,00 - 1,60 m)
TIPO DE MUESTRA	T. PLASTIFICADO	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS ENSAYO	
PESO MUESTRA HÚMEDA (g) =	213,81
PESO CON PARAFINA (g) =	221,80
PESO SUMERGIDO (g) =	110,41
HUMEDAD (%)=	14,74

RESULTADO DEL ENSAYO	
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm^3) =	**2,09**
DENSIDAD SECA (g/cm^3) =	**1,82**

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**GRANULOMETRÍA DE SUELOS POR TAMIZADO**
Norma	**UNE 103101/95**
Acta nº **2224472**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226608		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MC2 - S1 MI (1,00 - 1,60 m)
TIPO DE MUESTRA	T. PLASTIFICADO	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CÁLCULOS PREVIOS

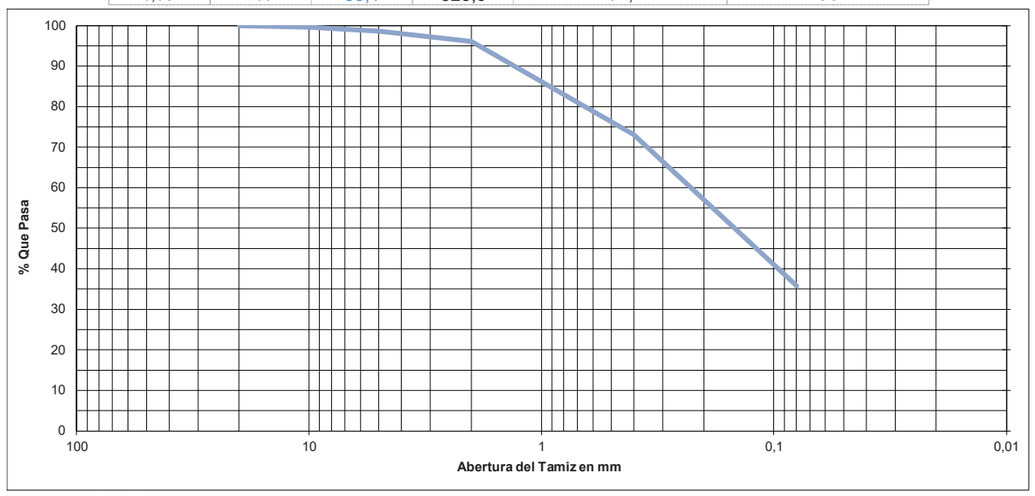
A	Muestra total seca al aire	2222,1
B	Gruesos lavados	87,4
*C = (A - B) * f*	Fracción fina seca	2126,7
D = (B + C)	Muestra total seca	2214,1
E	Fracción fina ensayada seca al aire	85,5
*F = E * f*	Fracción fina ensayada seca	85,2
C/F		25,0

HUMEDAD HIGROSCÓPICA

f=(100/(100+h))	F/correc. hum. higroscópica	1,0
*h=(a/s)*100*	Humedad higroscópica %	0,4
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	0,4
t+s+a	Tara+suelo+agua	147,2
t+s	Tara+suelo	146,8
t	Tara	30,2
s	Suelo	116,6

CÁLCULO CURVA GRANULOMÉTRICA POR TAMIZADO

Tamiz U.N.E.	*Tamiz ASTM*	Retenido entre tamices: g en parte fina ensayada	Retenido entre tamices: g en Muestra total	Pasa en muestra total: Gramos	Pasa en muestra total: %
125	*5*				
100	*4*				
80	*3*				
63	*2,5*				
50	*2*				
40	*1,5*				
25	*1*				
20	*3/4*			2214,1	100
12,5	*1/2*		5,7	2208,4	100
10	*3/8*		3,9	2204,5	100
5	*4*		20,6	2184,0	99
2	*10*		57,3	2126,7	96
0,4	*40*	20,4	509,0	1617,7	73
0,08	*200*	33,1	825,6	792,1	36



OBSERVACIONES:

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS**
Norma	**UNE 103201/96**
Acta nº **2224476**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226608		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MC2 - S1 MI (1,00 - 1,60 m)
TIPO DE MUESTRA	T. PLASTIFICADO	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS ENSAYO

-	Referencia tara	VP 75
% pasa	% suelo pasa tamiz 2 UNE	96
g	Muestra ensayada (g)	9,9318
T	Tara crisol (g)	24,8155
T+R	Tara crisol + Peso residuo (g)	24,8173
Rc	Corrección de cenizas Papel filtro (g)	
Pp=(T+R)-T-Rc	Residuo calcinado en mufla (g)	0,0018
v	Volumen de solución analizada (cm^3)	250,00
V	Volumen Agua desmineralizada en frasco (cm^3)	500,00

RESULTADO ENSAYO

% SO_3=[[(Pp*0,34299)/((v/V)*g)]*100]*[% pasa/100]

SO_3 (%) **=** **< 0,1**

INCERTIDUMBRE ENSAYO
SO_3 (%) δ= 0,17

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo **ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

Norma **UNE 103401/98**

Acta nº	*Nº Copia*
2224475	**Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra….	**226608**	Referencia Informe……	EXP22313
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MC2 - S1 MI (1,00 - 1,60 m)
TIPO DE MUESTRA	T. PLASTIFICADO	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

TIPO DE ENSAYO	VELOCIDAD CORTE
SIN CONSOLIDAR Y SIN DRENAR	

DIAMETRO ANILLO (mm)	ALTURA ANILLO (mm)	AREA ANILLO (cm^2)
50	30,5	19,63

DATOS PROBETA

CARGA AXIAL PROBETA	100 kPa	200 kPa	300 kPa
Altura inicial de la probeta (en mm)	30,50	30,50	30,50
Altura final de la probeta (en mm)			
Referencia de Tara nº 1	Anillo 1	Anillo 1	Anillo 1
Peso Tara 1 (en g)	64,09	64,66	59,55
Tara 1 + Peso húmedo inicial (en g)	183,15	189,42	180,58
Referencia de Tara nº 2	A	B	C
Peso Tara 2 (en g)	27,19	29,36	28,87
Tara 2 + Peso húmedo final (en g)	146,30	152,80	149,13
Tara 2 + Peso probeta seca (en g)	130,32	136,52	134,08
Peso específico partículas (en g)	2,70	2,70	2,70

RESULTADOS PROBETA

CARGA AXIAL PROBETA		100 kPa	200 kPa	300 kPa
Dens. humeda inicial (en g/cm^3)	gn	1,99	2,08	2,02
Dens. humeda final (en g/cm^3)	gf			
Dens. seca inicial (en g/cm^3)	gd	1,72	1,79	1,76
Den seca final (en g/cm^3)	gdt			
Humedad inicial (en %)	W0	15,45	16,42	15,04
Humedad final (en %)	Wf	15,50	15,19	14,30
Saturación inicial (en %)	S0	73,49	87,20	75,68
Saturación final (en %)	Sf			
Indice de huecos inicial	e0	0,57	0,51	0,54
Indice de huecos final	ef			

LECTURAS FASE CORTE

CARGA 1	100 kPa	CARGA 2	200 kPa	CARGA 3	300 kPa
Sh (mm)	F (N)	Sh (mm)	F (N)	Sh (mm)	F (N)
0,06	42,01	0,06	73,61	0,06	63,59
0,35	77,46	0,20	125,63	0,15	121,78
0,95	109,45	0,63	196,54	0,30	189,99
1,55	134,11	1,34	251,65	0,76	295,20
2,12	148,37	1,97	280,94	1,43	363,80
2,66	161,86	2,59	305,22	2,22	426,23
3,46	162,24	3,20	310,23	2,79	448,20
3,76	168,02	3,65	320,25	3,22	458,22
4,06	163,40	3,80	314,09	3,72	469,78
				4,10	461,30

LECTURAS FASE CONSOLIDACION

CARGA 1	100 kPa	CARGA 2	200 kPa	CARGA 3	300 kPa
dt (min)	dH (mm)	dt (min)	dH (mm)	dt (min)	dH (mm)

RESULTADOS FASE CONSOLIDACIÓN

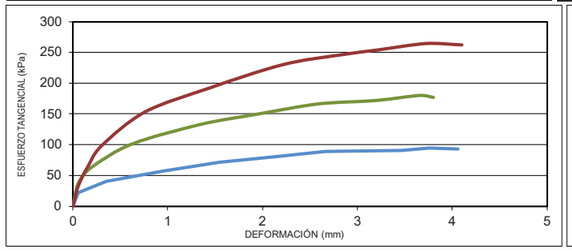
Alt. Inic. (mm)	Valor t100	Alt. Inic. (mm)	Valor t100	Alt. Inic. (mm)	Valor t100
30,50		30,50		30,50	

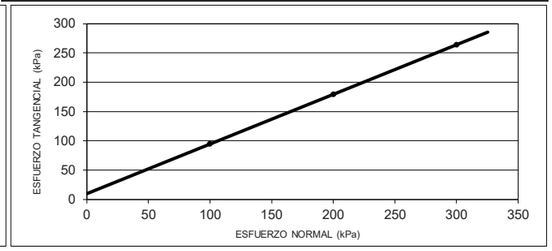
RESULTADOS FASE CORTE

Sh (mm)	τ_{max} (KPa)	Sh (mm)	τ_{max} (KPa)	Sh (mm)	τ_{max} (KPa)
4,06	94,63	3,80	179,80	4,10	264,30

RESULTADOS DEL ENSAYO

COHESIÓN en kPa	**9,90**
ANGULO ROZAMIENTO INTERNO en º	**40,31**





VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parc. del informe sin autorización expresa del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo **DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD NATURAL DE UN SUELO**

Norma **UNE 103300/93**

Acta nº	*Nº Copia*
2224471	**Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226608		Referencia Informe…..	EXP22313
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MC2 - S1 MI (1,00 - 1,60 m)
TIPO DE MUESTRA	T. PLASTIFICADO	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS ENSAYO	
TARA + SUELO + AGUA (g) =	192,91
TARA + SUELO (g) =	172,75
TARA (g) =	36,01

RESULTADO DEL ENSAYO	
HUMEDAD NATURAL (%)	**14,7**

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

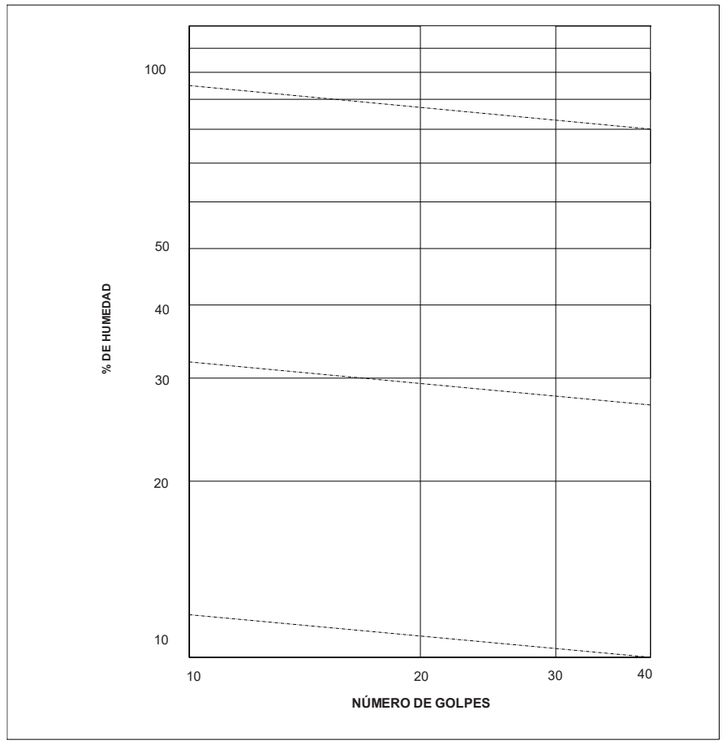
©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG**
	Norma	**UNE 103103/94 UNE 103104/93**
	Acta nº **2224473**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226608		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MC2 - S1 MI (1,00 - 1,60 m)
TIPO DE MUESTRA	T. PLASTIFICADO	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CÁLCULO LÍMITE LÍQUIDO			
-	Nº de golpes		
-	Referencia tara		
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua		
t+s+a	Tara + suelo + agua		
t+s	Tara + suelo		
t	Tara		
s=(t+s)-t	Suelo		
w=100*(a/s)	***% Humedad***		

CÁLCULO LÍMITE PLÁSTICO		
-	Referencia tara	
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	
t+s+a	Tara + suelo + agua	
t+s	Tara + suelo	
t	Tara	
s=(t+s)-t	Suelo	
w=100*(a/s)	***% Humedad***	



RESULTADOS DEL ENSAYO	
LÍMITE LÍQUIDO =	**N. P.***
LÍMITE PLÁSTICO =	**N. P.***
ÍNDICE PLASTICIDAD =	**N. P.***

*N.P. = NO PRESENTA LÍMITE

INCERTIDUMBRE ENSAYO
LIMITE PLÁSTICO δ= 0,11
LIMITE LÍQUIDO δ= 0,20

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

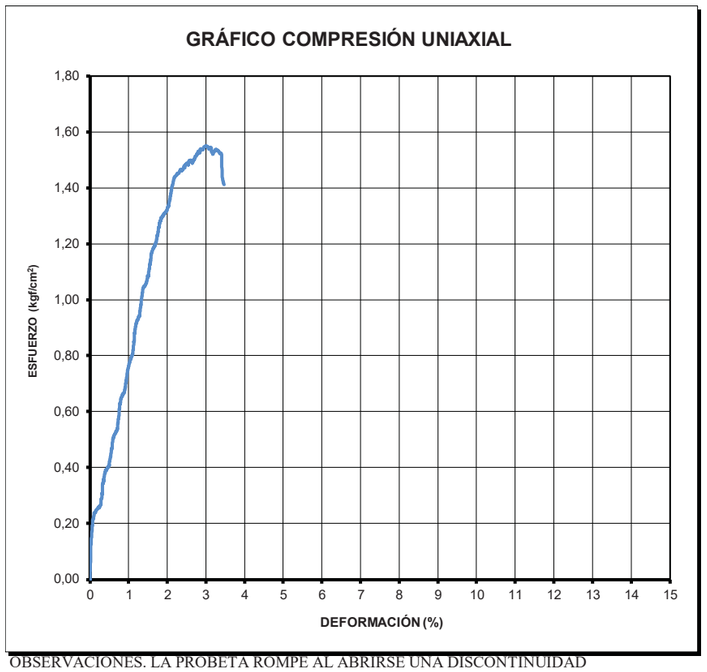
Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

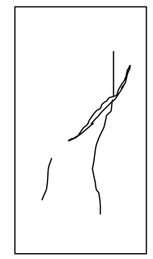
Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE EN MUESTRAS DE SUELOS**
	Norma	**UNE 103400/93**
	Acta nº **2224477**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226609		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MC2 - S1 TP (3,75 - 4,15 m)
TIPO DE MUESTRA	T. PLASTIFICADO	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CALCULO DE LA HUMEDAD						***TIPO PROBETA***	
Parcial			***Probeta***			*CILINDRICA*	
	Referencia tara	L 50	P	Suelo húmedo total	1606,34	***DATOS PROBETA***	
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	23,31	T + S	Tara + suelo seco parcial	1739,00	Diámetro (mm)	Altura (mm)
t+s+a	Tara+suelo+agua	228,93	T	Tara	519,52	73	152
t+s	Tara+suelo	205,62	S	Suelo seco parcial	1219,48	Área (cm^2)	Volumen (cm^3)
t	Tara	33,98	s1=S+s	Suelo seco total	1391,12	41,83	635,86
s=(t+s)-t	Suelo	171,64	a1=P-s1	Agua	215,22	Densidad (g/cm^3)	
h=(a*100)/s	***Humedad***	**13,58**	h1=(a1*100)/s1	***Humedad***	**15,47**	**2,53**	



FORMA DE LA ROTURA



RESULTADOS	
R (kgf/cm^2)=	***1,55***
Deform. (%) =	***2,99***

OBSERVACIONES. LA PROBETA ROMPE AL ABRIRSE UNA DISCONTINUIDAD

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

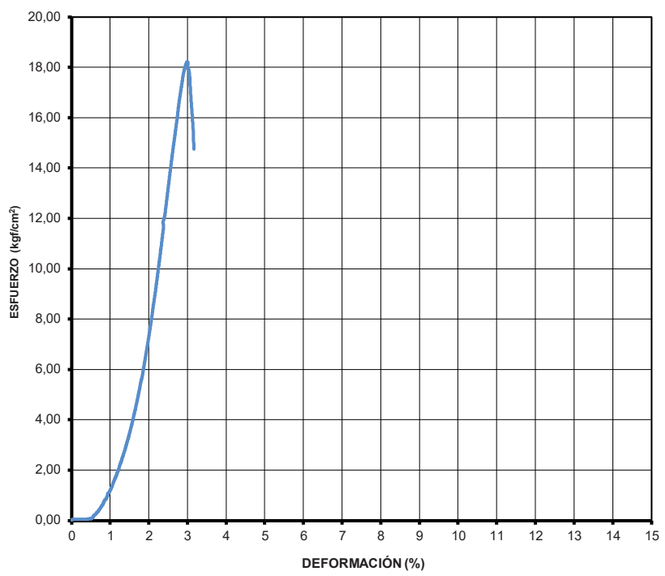
©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE EN MUESTRAS DE SUELOS**
	Norma	UNE 103400/93
	Acta nº **2224593**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

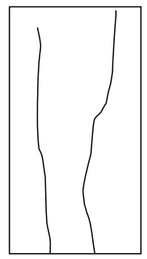
Referencia Muestra… 226611		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MB1 - S1 TP (2,40 - 2,60 m)
TIPO DE MUESTRA	T. PLASTIFICADO	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CALCULO DE LA HUMEDAD						***TIPO PROBETA***	
Parcial			***Probeta***			*CILINDRICA*	
	Referencia tara	L 21	P	Suelo húmedo total	1867,55	***DATOS PROBETA***	
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	18,25	T + S	Tara + suelo seco parcial	2047,05	Diámetro (mm)	Altura (mm)
t+s+a	Tara+suelo+agua	251,10	T	Tara	544,16	76	165
t+s	Tara+suelo	232,85	S	Suelo seco parcial	1502,89	Área (cm^2)	Volumen (cm^3)
t	Tara	28,72	s1=S+s	Suelo seco total	1707,02	45,34	748,14
s=(t+s)-t	Suelo	204,13	a1=P-s1	Agua	160,53	Densidad (g/cm^3)	
h=(a*100)/s	***Humedad***	**8,94**	h1=(a1*100)/s1	***Humedad***	**9,40**	**2,50**	

GRÁFICO COMPRESIÓN UNIAXIAL



FORMA DE LA ROTURA



RESULTADOS

R (kgf/cm^2)=	***18,24***
Deform. (%) =	***2,99***

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

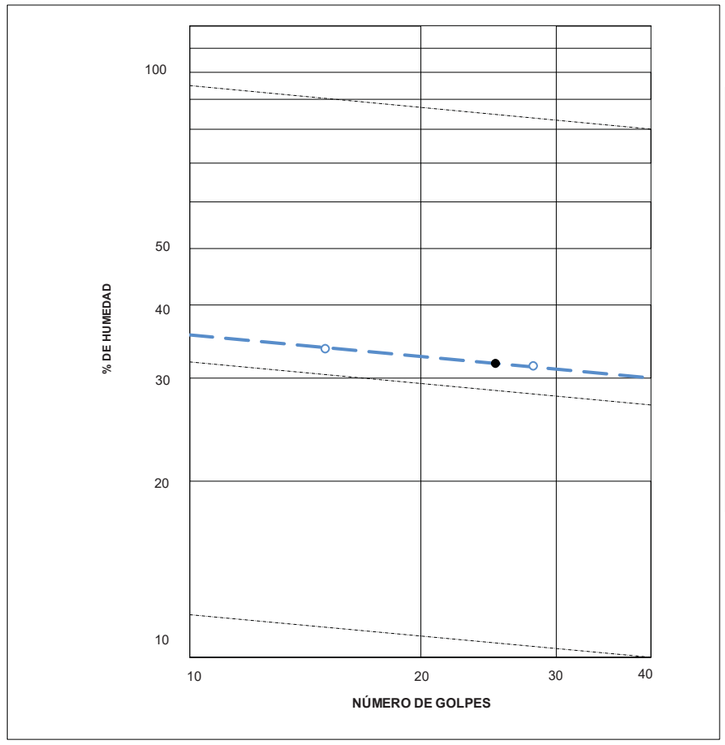
©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG**
	Norma	UNE 103103/94 UNE 103104/93
	Acta nº **2224592**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226611		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MB1 - S1 TP (2,40 - 2,60 m)
TIPO DE MUESTRA	T. PLASTIFICADO	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CÁLCULO LÍMITE LÍQUIDO			
-	Nº de golpes	15	28
-	Referencia tara	RE 16	RE 2
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	3,51	3,22
t+s+a	Tara + suelo + agua	26,70	26,05
t+s	Tara + suelo	23,19	22,83
t	Tara	12,78	12,61
s=(t+s)-t	Suelo	10,41	10,22
w=100*(a/s)	***% Humedad***	**33,7**	**31,5**

CÁLCULO LÍMITE PLÁSTICO		
-	Referencia tara	L 1
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	1,13
t+s+a	Tara + suelo + agua	24,09
t+s	Tara + suelo	22,96
t	Tara	18,28
s=(t+s)-t	Suelo	4,68
w=100*(a/s)	***% Humedad***	**24,1**



RESULTADOS DEL ENSAYO	
LÍMITE LÍQUIDO =	**31,8**
LÍMITE PLÁSTICO =	**24,1**
ÍNDICE PLASTICIDAD =	**7,7**

INCERTIDUMBRE ENSAYO
LIMITE PLÁSTICO δ= 0,11
LIMITE LÍQUIDO δ= 0,20

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

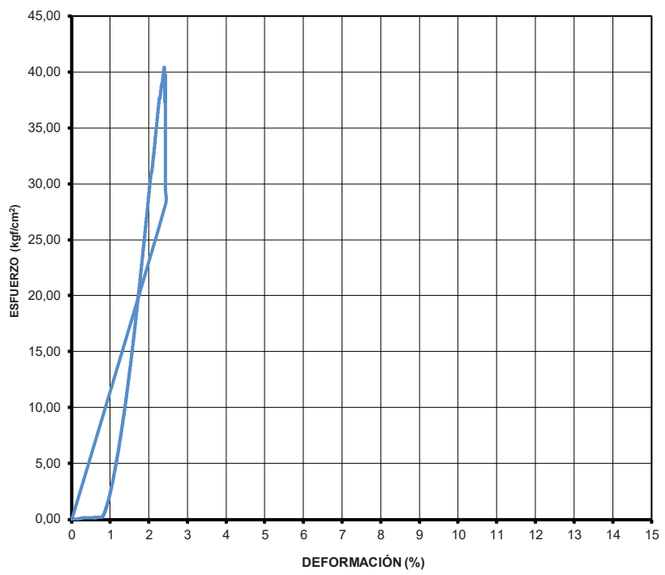
©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE EN MUESTRAS DE SUELOS**	
	Norma	**UNE 103400/93**	
	Acta nº **2224595**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**	

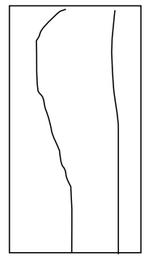
Referencia Muestra… 226612		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MB1 - S1 TP (4,60 - 5,10 m)
TIPO DE MUESTRA	T. PLASTIFICADO	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CALCULO DE LA HUMEDAD						***TIPO PROBETA***	
Parcial			***Probeta***			*CILINDRICA*	
	Referencia tara	L 43	P	Suelo húmedo total	1819,12	***DATOS PROBETA***	
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	12,69	T + S	Tara + suelo seco parcial	2063,52	Diámetro (mm)	Altura (mm)
t+s+a	Tara+suelo+agua	233,13	T	Tara	542,37	75	162
t+s	Tara+suelo	220,44	S	Suelo seco parcial	1521,15	Área (cm^2)	Volumen (cm^3)
t	Tara	34,17	s1=S+s	Suelo seco total	1707,42	44,16	715,33
s=(t+s)-t	Suelo	186,27	a1=P-s1	Agua	111,70	Densidad (g/cm^3)	
h=(a*100)/s	***Humedad***	**6,81**	h1=(a1*100)/s1	***Humedad***	**6,54**	**2,54**	

GRÁFICO COMPRESIÓN UNIAXIAL



FORMA DE LA ROTURA



RESULTADOS

R (kgf/cm^2)= *40,46*

Deform. (%) = *2,40*

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

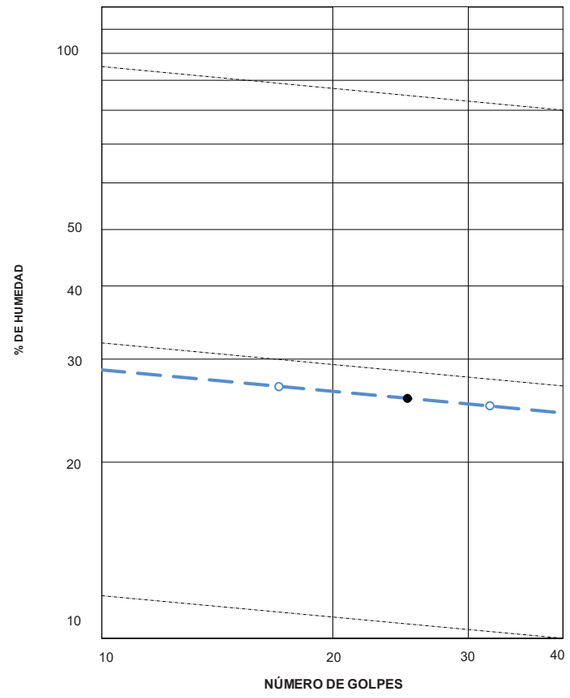
©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG**	
	Norma	**UNE 103103/94 UNE 103104/93**	
	Acta nº **2224594**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**	

Referencia Muestra… 226612		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MB1 - S1 TP (4,60 - 5,10 m)
TIPO DE MUESTRA	T. PLASTIFICADO	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CÁLCULO LÍMITE LÍQUIDO			
-	Nº de golpes	17	32
-	Referencia tara	RE 24	RE 14
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	2,65	2,70
t+s+a	Tara + suelo + agua	25,23	26,01
t+s	Tara + suelo	22,58	23,31
t	Tara	12,75	12,50
s=(t+s)-t	Suelo	9,83	10,81
w=100*(a/s)	***% Humedad***	**27,0**	**25,0**

CÁLCULO LÍMITE PLÁSTICO		
-	Referencia tara	L 4
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	0,84
t+s+a	Tara + suelo + agua	24,24
t+s	Tara + suelo	23,40
t	Tara	18,28
s=(t+s)-t	Suelo	5,12
w=100*(a/s)	***% Humedad***	**16,4**



RESULTADOS DEL ENSAYO	
LÍMITE LÍQUIDO =	**25,7**
LÍMITE PLÁSTICO =	**16,4**
ÍNDICE PLASTICIDAD =	**9,3**

INCERTIDUMBRE ENSAYO
LIMITE PLÁSTICO δ= 0,11
LIMITE LÍQUIDO δ= 0,20

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN DE HINCHAMIENTO DE UN SUELO EN EDÓMETRO**
	Norma	**UNE 103602/96**
	Acta nº **2224596**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226612		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MB1 - S1 TP (4,60 - 5,10 m)
TIPO DE MUESTRA	T. PLASTIFICADO	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA ENSAYADA:	
M. INALTERADA	
HUMEDAD DE ENSAYO (%):	7,62
DENSIDAD SECA ENSAYO (g/cm^3):	2,32

PRESIÓN DE HINCHAMIENTO (kgf/cm^2)	**0,0**

PRESIÓN DE HINCHAMIENTO (kPa)	**0,0**

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE UN SUELO**
	Norma	**UNE 103301/94**
	Acta nº **2224598**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226613		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MB1 - S2 MI (1,20 - 1,70 m)
TIPO DE MUESTRA	M. INALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS ENSAYO	
PESO MUESTRA HÚMEDA (g) =	206,93
PESO CON PARAFINA (g) =	222,85
PESO SUMERGIDO (g) =	95,15
HUMEDAD (%)=	12,75

RESULTADO DEL ENSAYO	
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm^3) =	**1,88**
DENSIDAD SECA (g/cm^3) =	**1,67**

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD NATURAL DE UN SUELO**
Norma	**UNE 103300/93**
Acta nº **2224597**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra…	**226613**	Referencia Informe…..	EXP22313
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MB1 - S2 MI (1,20 - 1,70 m)
TIPO DE MUESTRA	M. INALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS ENSAYO	
TARA + SUELO + AGUA (g) =	188,27
TARA + SUELO (g) =	170,24
TARA (g) =	28,84

RESULTADO DEL ENSAYO	
HUMEDAD NATURAL (%)	**12,8**

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**
Norma	**UNE 103401/98**
Acta nº **2224599**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra….	**226613**	Referencia Informe……	EXP22313
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MB1 - S2 MI (1,20 - 1,70 m)
TIPO DE MUESTRA	M. INALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

TIPO DE ENSAYO	VELOCIDAD CORTE	DIAMETRO ANILLO (mm)	ALTURA ANILLO (mm)	AREA ANILLO (cm^2)
CONSOLIDADO Y SIN DRENAR		50	30,5	19,63

DATOS PROBETA

CARGA AXIAL PROBETA	100 kPa	200 kPa	300 kPa
Altura inicial de la probeta (en mm)	30,50	30,50	30,50
Altura final de la probeta (en mm)			
Referencia de Tara nº 1	Anillo 1	Anillo 1	Anillo 1
Peso Tara 1 (en g)	64,03	63,79	57,56
Tara 1 + Peso húmedo inicial (en g)	171,71	166,12	161,53
Referencia de Tara nº 2	A	B	C
Peso Tara 2 (en g)	34,39	27,22	29,38
Tara 2 + Peso húmedo final (en g)	151,79	135,68	139,05
Tara 2 + Peso probeta seca (en g)	132,32	117,42	122,43
Peso específico partículas (en g)	2,70	2,70	2,70

RESULTADOS PROBETA

CARGA AXIAL PROBETA		100 kPa	200 kPa	300 kPa
Dens. humeda inicial (en g/cm^3)	gn	1,80	1,71	1,74
Dens. humeda final (en g/cm^3)	gf			
Dens. seca inicial (en g/cm^3)	gd	1,64	1,51	1,55
Den seca final (en g/cm^3)	gdt			
Humedad inicial (en %)	W0	9,96	13,45	11,74
Humedad final (en %)	Wf	19,88	20,24	17,86
Saturación inicial (en %)	S0	41,31	45,84	42,98
Saturación final (en %)	Sf			
Indice de huecos inicial	e0	0,65	0,79	0,74
Indice de huecos final	ef			

LECTURAS FASE CORTE

CARGA 1	100 kPa	CARGA 2	200 kPa	CARGA 3	300 kPa
Sh (mm)	F (N)	Sh (mm)	F (N)	Sh (mm)	F (N)
0,18	38,30	0,06	85,58	0,08	62,24
0,46	76,61	0,49	200,73	0,29	156,80
0,96	111,32	1,09	262,98	0,69	244,18
1,41	143,63	1,63	300,33	1,22	331,56
1,90	177,15	2,26	328,33	1,70	392,61
2,32	204,68	2,76	340,78	2,34	441,69
2,39	205,88	3,22	347,01	2,86	465,63
2,60	204,68	3,57	342,33	3,50	477,60
				3,99	479,99
				4,28	478,79

LECTURAS FASE CONSOLIDACION

CARGA 1	100 kPa	CARGA 2	200 kPa	CARGA 3	300 kPa
dt (min)	dH (mm)	dt (min)	dH (mm)	dt (min)	dH (mm)
0,13	0,014	0,13	0,000	0,13	0,900
0,19	0,007	0,19	0,055	0,19	1,663
0,29	0,007	0,29	0,055	0,29	1,663
0,43	0,007	0,43	0,055	0,43	1,663
0,64	0,014	0,64	0,055	0,64	1,663
0,96	0,014	0,96	0,062	0,96	1,670
1,45	0,014	1,45	0,062	1,45	1,670
2,17	0,014	2,17	0,069	2,17	1,670
3,26	0,014	3,26	0,069	3,26	1,670
4,88	0,014	4,88	0,076	4,88	1,670
7,32	0,021	7,32	0,082	7,32	1,670
10,99	0,021	10,99	0,082	10,99	1,677
16,48	0,021	16,48	0,076	16,48	1,677
24,72	0,021	24,72	0,082	24,72	1,677
37,08	0,041	37,08	0,089	37,08	1,677
55,61	0,041	55,61	0,096	55,61	1,677
83,42	0,041	83,42	0,096	83,42	1,677
125,13	0,041	125,13	0,096	125,13	1,677
187,69	0,041	187,69	0,096	187,69	1,677
281,54	0,041	281,54	0,096	281,54	1,677
422,31	0,041	422,31	0,096	422,31	1,677
633,46	0,041	633,46	0,096	633,46	1,677
950,19	0,041	950,19	0,096	950,19	1,677
1430,00	0,041	1430,00	0,096	1430,00	1,677

RESULTADOS FASE CONSOLIDACIÓN

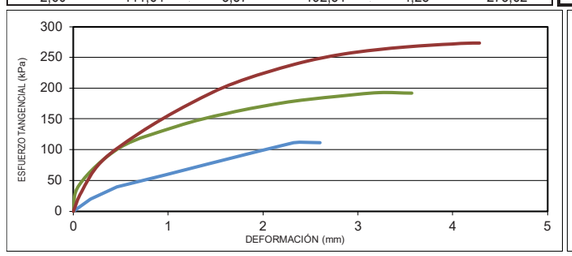
Alt. Inic. (mm)	Valor t100	Alt. Inic. (mm)	Valor t100	Alt. Inic. (mm)	Valor t100
30,50		30,50		30,50	

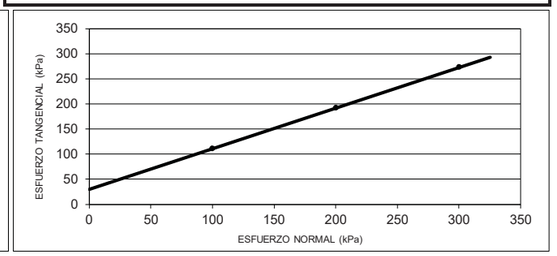
RESULTADOS FASE CORTE

Sh (mm)	τ_{max} (KPa)	Sh (mm)	τ_{max} (KPa)	Sh (mm)	τ_{max} (KPa)
2,60	111,64	3,57	192,51	4,28	273,62

RESULTADOS DEL ENSAYO

COHESIÓN en kPa	**30,60**
ANGULO ROZAMIENTO INTERNO en º	**39,00**





VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parc. del informe sin autorización expresa del Laboratorio.

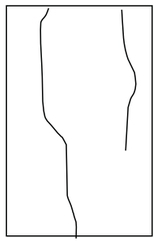
Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	PROPIEDADES MECÁNICAS ROCAS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL	
Norma	UNE 22950-1/90	
Acta nº	Nº Copia	
2224600	Copia 1. Igeosuma	

Referencia Muestra… 226614		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MB1 - S2 TP (2,70 - 3,00 m)
TIPO DE MUESTRA	T. PLASTIFICADO	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS PROBETA			
PESO (g)	1775,25	SUP. BASE (cm^2)	45,38
DIÁMETRO. (mm)	76,00	VOL. PROBETA (cm^3)	748,80
ALTURA (mm)	165,00	DENS. PROB. (g/cm^3)	2,37
Carga máxima soportada (kN)		19,54	

RESULTADO DEL ENSAYO	
Resistencia a la compresión uniaxial. σ_c. (MPa)	**4,30**

DATOS ROTURA	
LITOLOGÍA	FORMA DE LA ROTURA
ARENISCA	
ANISOTROPÍA Y ANGULO RESPECTO EJE ESFUERZO	
OTRAS	

OBSERVACIONES:

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS	
Norma	UNE 103201/96	
Acta nº	Nº Copia	
2224601	Copia 1. Igeosuma	

Referencia Muestra… 226615		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MEB - S1 MI (1,20 - 1,80 m)
TIPO DE MUESTRA	M. INALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

DATOS ENSAYO		
-	Referencia tara	VP 33
% pasa	% suelo pasa tamiz 2 UNE	100
g	Muestra ensayada (g)	10,0022
T	Tara crisol (g)	26,4187
T+R	Tara crisol + Peso residuo (g)	26,4193
Rc	Corrección de cenizas Papel filtro (g)	
Pp=(T+R)-T-Rc	Residuo calcinado en mufla (g)	0,0006
v	Volumen de solución analizada (cm^3)	250,00
V	Volumen Agua desmineralizada en frasco (cm^3)	500,00

RESULTADO ENSAYO	
% SO_3=[[(Pp*0,34299)/((v/V)*g)]*100]*[% pasa/100]	
SO_3 (%) =	**< 0,1**

INCERTIDUMBRE ENSAYO
SO_3 (%) δ= 0,17

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

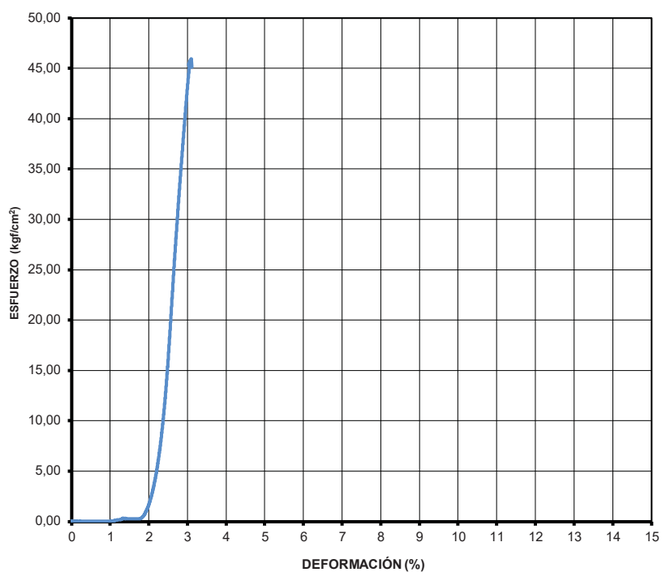
Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE EN MUESTRAS DE SUELOS**
Norma	**UNE 103400/93**
Acta nº **2224602**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

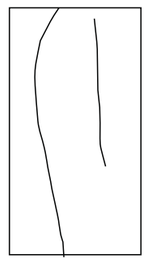
Referencia Muestra… 226616		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MEB - S1 TP (3,20 - 3,45 m)
TIPO DE MUESTRA	T. PLASTIFICADO	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

CALCULO DE LA HUMEDAD						***TIPO PROBETA***	
Parcial			***Probeta***			*CILINDRICA*	
	Referencia tara	L 14	P	Suelo húmedo total	1881,09	***DATOS PROBETA***	
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	16,64	T + S	Tara + suelo seco parcial	2069,30	Diámetro (mm)	Altura (mm)
t+s+a	Tara+suelo+agua	261,72	T	Tara	530,17	76	165
t+s	Tara+suelo	245,08	S	Suelo seco parcial	1539,13	Área (cm^2)	Volumen (cm^3)
t	Tara	28,39	s1=S+s	Suelo seco total	1755,82	45,34	748,14
s=(t+s)-t	Suelo	216,69	a1=P-s1	Agua	125,27	Densidad (g/cm^3)	
h=(a*100)/s	***Humedad***	**7,68**	h1=(a1*100)/s1	***Humedad***	**7,13**	**2,51**	

GRÁFICO COMPRESIÓN UNIAXIAL



FORMA DE LA ROTURA



RESULTADOS

R (kgf/cm^2)= *37,03*

Deform. (%) = *2,87*

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

AGRESIVIDAD DEL AGUA AL HORMIGÓN	
Norma	**ANEJO 5º EHE**
Acta nº **2224478**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 226610		Referencia Informe….. EXP22313	
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	MC2 - S1 AGUA
TIPO DE MUESTRA	M. AGUA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	17 de noviembre 2022	DEN. OBRA	EG PROYECTO MODERNIZACION REGADIO EN MONZON (HUESCA)

ANALISIS DEL AGUA

PARÁMETRO	**RESULTADO ENSAYO**
Valor de pH	
Magnesio [Mg^{2+}](mg/l)	
Amonio [NH_4^+](mg/l)	
Sulfato (SO_4^{2-}) (mg/l)	**463**
CO_2 Agresivo (mg/l)	
Residuo seco (mg/l)	

GRADO DE AGRESIVIDAD

DEBIL	**MEDIO**	**FUERTE**
6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
15 - 30	30 - 60	> 60
200 - 600	600 - 3000	> 3000
15 - 40	40 - 100	> 100
75 - 150	50 - 75	< 50

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de noviembre de 2022

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización expresa del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**GRANULOMETRÍA DE SUELOS POR TAMIZADO**
Norma	UNE 103101/95
Acta nº **2325116**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra…	**236737**
PROCEDENCIA	CALICATA
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA
FECHA ENTRADA	3 de enero de 2023

Referencia Informe……	EXP23338
REF. CLIENTE	MRR-C2 (1,10 m)
PETICIONARIO	IGEOSUMA
DEN. OBRA	EG MODERNIZACION REGADIO CR LA ALEGRIA - MONZON

CÁLCULOS PREVIOS

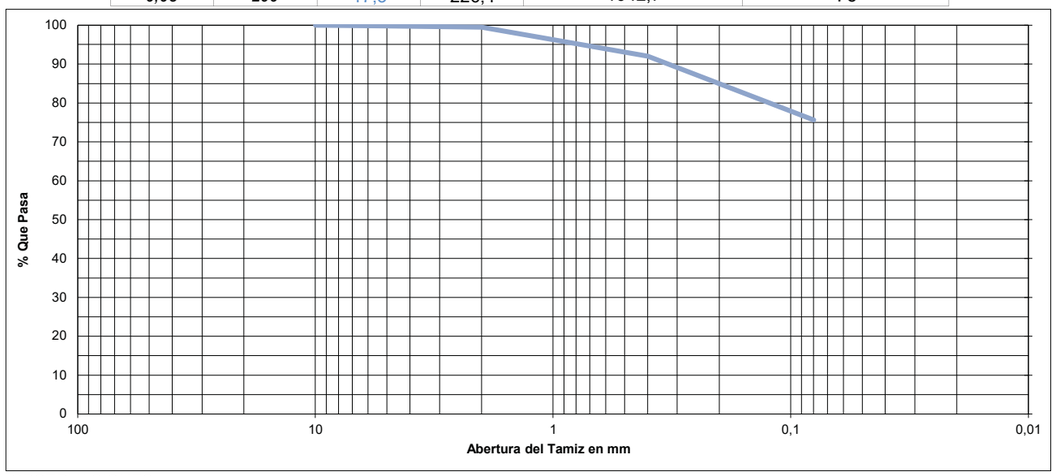
A	Muestra total seca al aire	1391,6
B	Gruesos lavados	7,4
*C = (A - B) * f*	Fracción fina seca	1371,9
D = (B + C)	Muestra total seca	1379,4
E	Fracción fina ensayada seca al aire	106,0
*F = E * f*	Fracción fina ensayada seca	105,1
C/F		13,1

HUMEDAD HIGROSCÓPICA

f=(100/(100+h))	F/correc. hum. higroscópica	1,0
*h=(a/s)*100*	Humedad higroscópica %	0,9
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	0,6
t+s+a	Tara+suelo+agua	97,7
t+s	Tara+suelo	97,1
t	Tara	29,8
s	Suelo	67,3

CÁLCULO CURVA GRANULOMÉTRICA POR TAMIZADO

Tamiz U.N.E.	*Tamiz ASTM*	Retenido entre tamices: g en parte fina ensayada	Retenido entre tamices: g en Muestra total	Pasa en muestra total: Gramos	Pasa en muestra total: %
125	*5*				
100	*4*				
80	*3*				
63	*2,5*				
50	*2*				
40	*1,5*				
25	*1*				
20	*3/4*				
12,5	*1/2*				
10	*3/8*			1379,4	100
5	*4*		2,9	1376,4	100
2	*10*		4,5	1371,9	99
0,4	*40*	7,9	102,9	1269,1	92
0,08	*200*	17,3	226,4	1042,7	76



OBSERVACIONES:

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de enero de 2023

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG**
Norma	UNE 103103/94 UNE 103104/93
Acta nº **2325117**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra…	**236737**
PROCEDENCIA	CALICATA
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA
FECHA ENTRADA	3 de enero de 2023

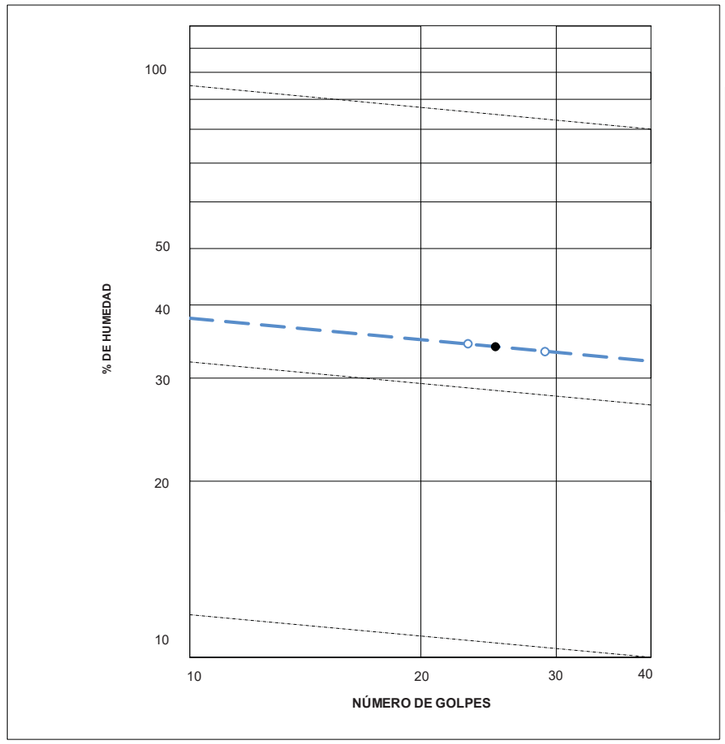
Referencia Informe……	EXP23338
REF. CLIENTE	MRR-C2 (1,10 m)
PETICIONARIO	IGEOSUMA
DEN. OBRA	EG MODERNIZACION REGADIO CR LA ALEGRIA - MONZON

CÁLCULO LÍMITE LÍQUIDO

-	Nº de golpes	23	29
-	Referencia tara	T 27	T 24
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	4,58	5,02
t+s+a	Tara + suelo + agua	34,60	36,49
t+s	Tara + suelo	30,02	31,47
t	Tara	16,70	16,42
s=(t+s)-t	Suelo	13,32	15,05
w=100*(a/s)	***% Humedad***	**34,4**	**33,4**

CÁLCULO LÍMITE PLÁSTICO

-	Referencia tara	L 2
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	3,19
t+s+a	Tara + suelo + agua	36,64
t+s	Tara + suelo	33,45
t	Tara	18,32
s=(t+s)-t	Suelo	15,13
w=100*(a/s)	***% Humedad***	**21,1**



RESULTADOS DEL ENSAYO

LÍMITE LÍQUIDO	=	**34,0**
LÍMITE PLÁSTICO	=	**21,1**
ÍNDICE PLASTICIDAD	=	**12,9**

INCERTIDUMBRE ENSAYO

LIMITE PLÁSTICO δ= 0,11

LIMITE LÍQUIDO δ= 0,20

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de enero de 2023

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE UN SUELO**
Norma	**UNE 103301/94**
Acta nº **2325121**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 236738	Referencia Informe….. EXP23338
PROCEDENCIA CALICATA	REF. CLIENTE MC3-C1 (1,80 m)
TIPO DE MUESTRA M. BLOQUE	PETICIONARIO IGEOSUMA
FECHA ENTRADA 3 de enero de 2023	DEN. OBRA EG MODERNIZACION REGADIO CR LA ALEGRIA - MONZON

DATOS ENSAYO	
PESO MUESTRA HÚMEDA (g) =	156,86
PESO CON PARAFINA (g) =	175,89
PESO SUMERGIDO (g) =	76,60
HUMEDAD (%)=	18,58

RESULTADO DEL ENSAYO	
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm^3) =	**2,01**
DENSIDAD SECA (g/cm^3) =	**1,69**

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de enero de 2023

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control©
www.terralabscontrol.es

Ensayo	**GRANULOMETRÍA DE SUELOS POR TAMIZADO**
Norma	**UNE 103101/95**
Acta nº **2325119**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra…. 236738	Referencia Informe…… EXP23338
PROCEDENCIA CALICATA	REF. CLIENTE MC3-C1 (1,80 m)
TIPO DE MUESTRA M. BLOQUE	PETICIONARIO IGEOSUMA
FECHA ENTRADA 3 de enero de 2023	DEN. OBRA EG MODERNIZACION REGADIO CR LA ALEGRIA - MONZON

CÁLCULOS PREVIOS

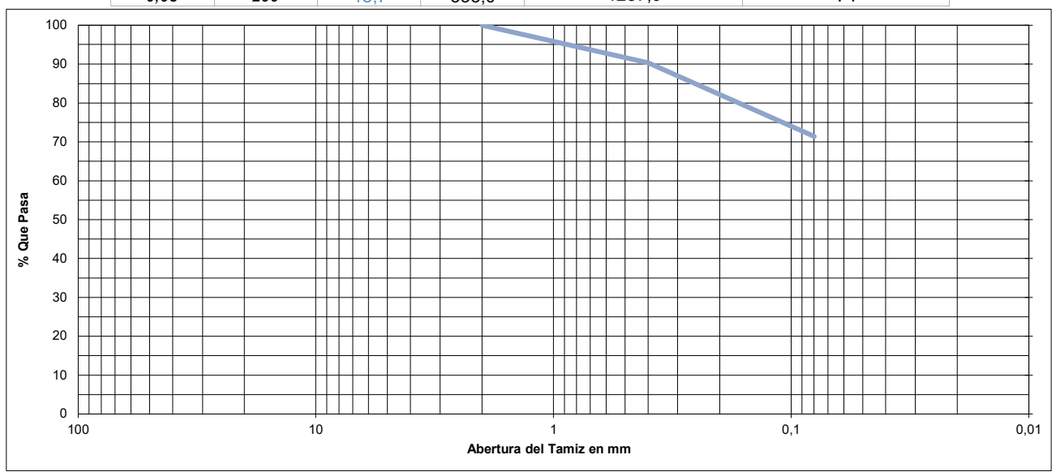
A	Muestra total seca al aire	1777,0
B	Gruesos lavados	
*C = (A - B) * f*	Fracción fina seca	1760,5
D = (B + C)	Muestra total seca	1760,5
E	Fracción fina ensayada seca al aire	99,6
*F = E * f*	Fracción fina ensayada seca	98,6
C/F		17,8

HUMEDAD HIGROSCÓPICA

f=(100/(100+h))	F/correc. hum. higroscópica	1,0
*h=(a/s)*100*	Humedad higroscópica %	0,9
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	0,7
t+s+a	Tara+suelo+agua	110,6
t+s	Tara+suelo	109,9
t	Tara	35,4
s	Suelo	74,5

CÁLCULO CURVA GRANULOMÉTRICA POR TAMIZADO

Tamiz U.N.E.	*Tamiz ASTM*	Retenido entre tamices: g en parte fina ensayada	Retenido entre tamices: g en Muestra total	Pasa en muestra total: Gramos	Pasa en muestra total: %
125	*5*				
100	*4*				
80	*3*				
63	*2,5*				
50	*2*				
40	*1,5*				
25	*1*				
20	*3/4*				
12,5	*1/2*				
10	*3/8*				
5	*4*				
2	*10*			1760,5	100
0,4	*40*	9,6	170,4	1590,0	90
0,08	*200*	18,7	333,0	1257,0	71



OBSERVACIONES:

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de enero de 2023

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD NATURAL DE UN SUELO**
	Norma	UNE 103300/93
	Acta nº **2325118**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra….236738	
PROCEDENCIA	CALICATA
TIPO DE MUESTRA	M. BLOQUE
FECHA ENTRADA	3 de enero de 2023

Referencia Informe…… EXP23338	
REF. CLIENTE	MC3-C1 (1,80 m)
PETICIONARIO	IGEOSUMA
DEN. OBRA	EG MODERNIZACION REGADIO CR LA ALEGRIA - MONZON

DATOS ENSAYO	
TARA + SUELO + AGUA (g) =	184,86
TARA + SUELO (g) =	161,46
TARA (g) =	35,52

RESULTADO DEL ENSAYO	
HUMEDAD NATURAL (%)	**18,6**

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de enero de 2023

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

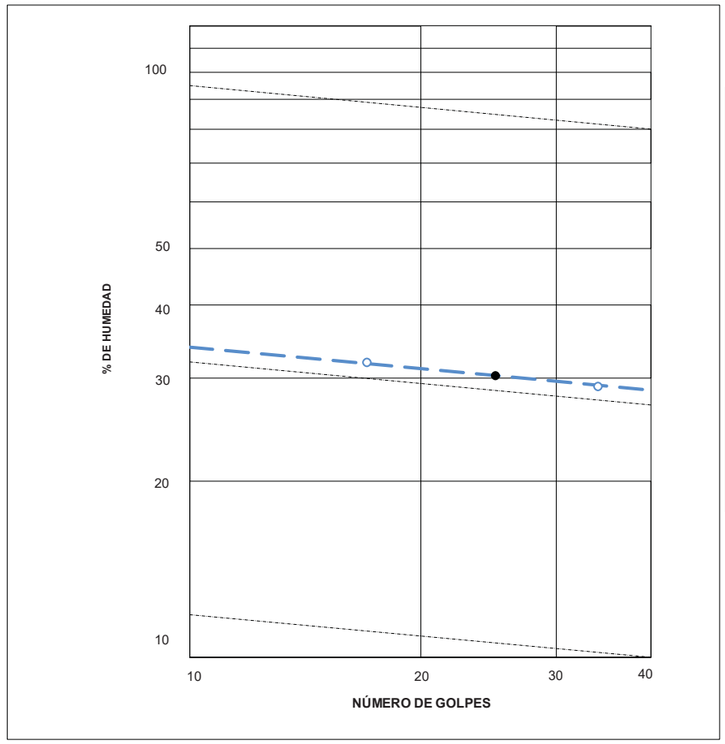
Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG**
	Norma	UNE 103103/94 UNE 103104/93
	Acta nº **2325120**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 236738	
PROCEDENCIA	CALICATA
TIPO DE MUESTRA	M. BLOQUE
FECHA ENTRADA	3 de enero de 2023

Referencia Informe….. EXP23338	
REF. CLIENTE	MC3-C1 (1,80 m)
PETICIONARIO	IGEOSUMA
DEN. OBRA	EG MODERNIZACION REGADIO CR LA ALEGRIA - MONZON

CÁLCULO LÍMITE LÍQUIDO			
-	Nº de golpes	17	34
-	Referencia tara	RE 16	RE 24
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	3,61	4,55
t+s+a	Tara + suelo + agua	27,66	32,97
t+s	Tara + suelo	24,05	28,42
t	Tara	12,76	12,76
s=(t+s)-t	Suelo	11,29	15,66
w=100*(a/s)	***% Humedad***	**32,0**	**29,1**

CÁLCULO LÍMITE PLÁSTICO		
-	Referencia tara	L 4
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	2,86
t+s+a	Tara + suelo + agua	35,93
t+s	Tara + suelo	33,07
t	Tara	18,26
s=(t+s)-t	Suelo	14,81
w=100*(a/s)	***% Humedad***	**19,3**



RESULTADOS DEL ENSAYO	
LÍMITE LÍQUIDO =	**30,3**
LÍMITE PLÁSTICO =	**19,3**
ÍNDICE PLASTICIDAD =	**11,0**

INCERTIDUMBRE ENSAYO
LIMITE PLÁSTICO δ= 0,11
LIMITE LÍQUIDO δ= 0,20

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de enero de 2023

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS**
	Norma	UNE 103201/96
	Acta nº **2325122**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra….236738		Referencia Informe…… EXP23338	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MC3-C1 (1,80 m)
TIPO DE MUESTRA	M. BLOQUE	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	3 de enero de 2023	DEN. OBRA	EG MODERNIZACION REGADIO CR LA ALEGRIA - MONZON

DATOS ENSAYO		
-	Referencia tara	VP 78
% pasa	% suelo pasa tamiz 2 UNE	100
g	Muestra ensayada (g)	9,3788
T	Tara crisol (g)	27,1148
T+R	Tara crisol + Peso residuo (g)	27,1159
Rc	Corrección de cenizas Papel filtro (g)	
Pp=(T+R)-T-Rc	Residuo calcinado en mufla (g)	0,0011
v	Volumen de solución analizada (cm^3)	250,00
V	Volumen Agua desmineralizada en frasco (cm^3)	500,00

RESULTADO ENSAYO

% SO_3=[[(Pp*0,34299)/((v/V)*g)]*100]*[% pasa/100]

SO_3 (%) **=** **< 0,1**

INCERTIDUMBRE ENSAYO
SO_3 (%) δ= 0,17

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de enero de 2023

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**GRANULOMETRÍA DE SUELOS POR TAMIZADO**
	Norma	UNE 103101/95
	Acta nº **2325123**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

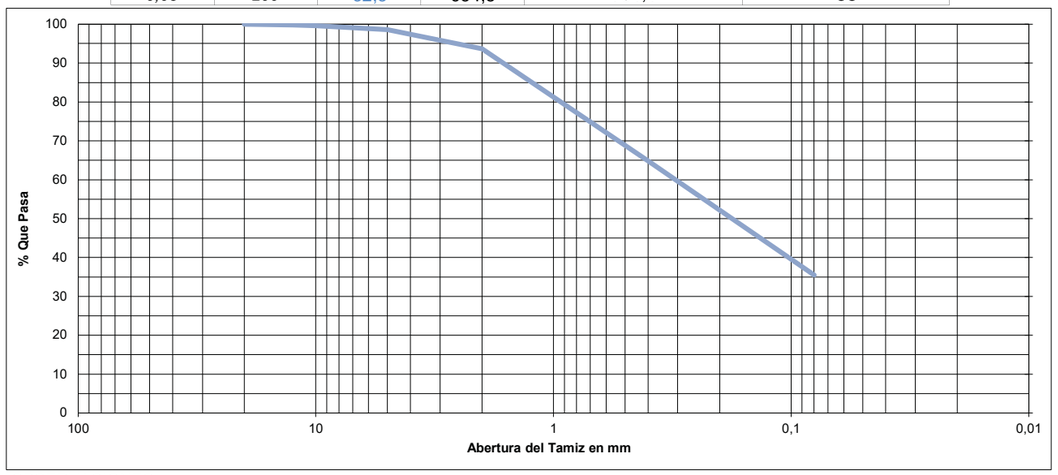
Referencia Muestra….236739		Referencia Informe…… EXP23338	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MRR-C7 (1,50 m)
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	3 de enero de 2023	DEN. OBRA	EG MODERNIZACION REGADIO CR LA ALEGRIA - MONZON

CÁLCULOS PREVIOS		
A	Muestra total seca al aire	2240,7
B	Gruesos lavados	141,5
*C = (A - B) * f*	Fracción fina seca	2089,1
D = (B + C)	Muestra total seca	2230,6
E	Fracción fina ensayada seca al aire	103,5
*F = E * f*	Fracción fina ensayada seca	103,0
C/F		20,3

HUMEDAD HIGROSCÓPICA		
f=(100/(100+h))	F/correc. hum. higroscópica	1,0
*h=(a/s)*100*	Humedad higroscópica %	0,5
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	0,2
t+s+a	Tara+suelo+agua	85,4
t+s	Tara+suelo	85,1
t	Tara	35,3
s	Suelo	49,8

CÁLCULO CURVA GRANULOMÉTRICA POR TAMIZADO

Tamiz U.N.E.	*Tamiz ASTM*	Retenido entre tamices: g en parte fina ensayada	Retenido entre tamices: g en Muestra total	Pasa en muestra total: Gramos	Pasa en muestra total: %
125	*5*				
100	*4*				
80	*3*				
63	*2,5*				
50	*2*				
40	*1,5*				
25	*1*				
20	*3/4*			2230,6	100
12,5	*1/2*		5,3	2225,3	100
10	*3/8*		3,6	2221,7	100
5	*4*		22,0	2199,7	99
2	*10*		110,6	2089,1	94
0,4	*40*	31,7	643,3	1445,9	65
0,08	*200*	32,3	654,8	791,1	35



OBSERVACIONES:

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de enero de 2023

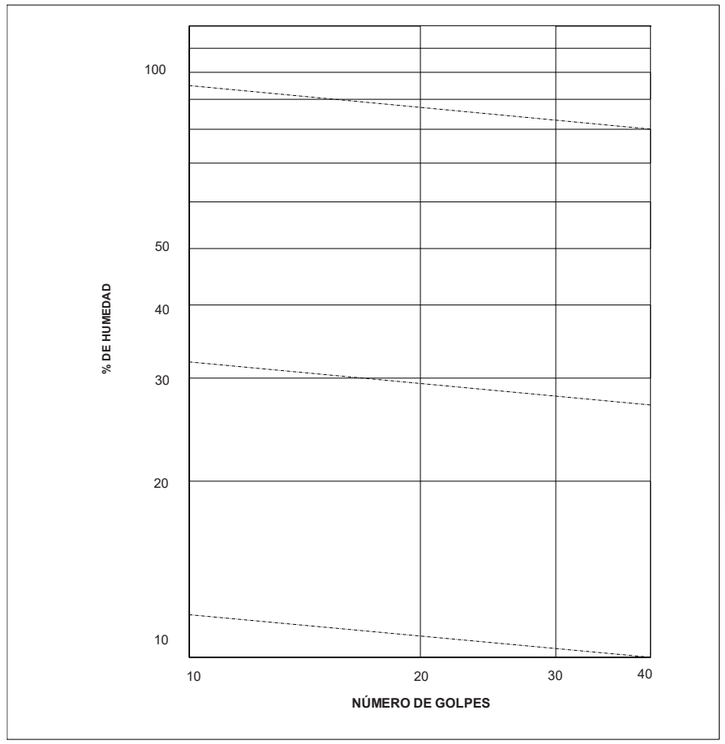
©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG**
	Norma	**UNE 103103/94 UNE 103104/93**
	Acta nº **2325124**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra… 236739		Referencia Informe….. EXP23338	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MRR-C7 (1,50 m)
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	3 de enero de 2023	DEN. OBRA	EG MODERNIZACION REGADIO CR LA ALEGRIA - MONZON

CÁLCULO LÍMITE LÍQUIDO			
-	Nº de golpes		
-	Referencia tara		
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua		
t+s+a	Tara + suelo + agua		
t+s	Tara + suelo		
t	Tara		
s=(t+s)-t	Suelo		
w=100*(a/s)	***% Humedad***		

CÁLCULO LÍMITE PLÁSTICO		
-	Referencia tara	
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	
t+s+a	Tara + suelo + agua	
t+s	Tara + suelo	
t	Tara	
s=(t+s)-t	Suelo	
w=100*(a/s)	***% Humedad***	



RESULTADOS DEL ENSAYO	
LÍMITE LÍQUIDO =	**N. P.***
LÍMITE PLÁSTICO =	**N. P.***
ÍNDICE PLASTICIDAD =	**N. P.***

*N.P. = NO PRESENTA LÍMITE

INCERTIDUMBRE ENSAYO
LIMITE PLÁSTICO δ= 0,11
LIMITE LÍQUIDO δ= 0,20

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

Caspe, a 24 de enero de 2023

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

Terra LABS Control© www.terralabscontrol.es	*Ensayo*	**CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS**
	Norma	**UNE 103201/96**
	Acta nº **2325125**	*Nº Copia* **Copia 1. Igeosuma**

Referencia Muestra…. 236739		Referencia Informe…… EXP23338	
PROCEDENCIA	CALICATA	REF. CLIENTE	MRR-C7 (1,50 m)
TIPO DE MUESTRA	M. ALTERADA	PETICIONARIO	IGEOSUMA
FECHA ENTRADA	3 de enero de 2023	DEN. OBRA	EG MODERNIZACION REGADIO CR LA ALEGRIA - MONZON

DATOS ENSAYO		
-	Referencia tara	VP 72
% pasa	% suelo pasa tamiz 2 UNE	94
g	Muestra ensayada (g)	9,6670
T	Tara crisol (g)	24,8123
T+R	Tara crisol + Peso residuo (g)	24,8148
Rc	Corrección de cenizas Papel filtro (g)	
Pp=(T+R)-T-Rc	Residuo calcinado en mufla (g)	0,0025
v	Volumen de solución analizada (cm^3)	250,00
V	Volumen Agua desmineralizada en frasco (cm^3)	500,00

RESULTADO ENSAYO
% SO_3=[[(Pp*0,34299)/((v/V)*g)]*100]*[% pasa/100]
SO_3 (%) = **< 0,1**

INCERTIDUMBRE ENSAYO
SO_3 (%) δ= 0,17

VºBº

Eduardo Baquer Barriendos
Director Técnico

Fdo.

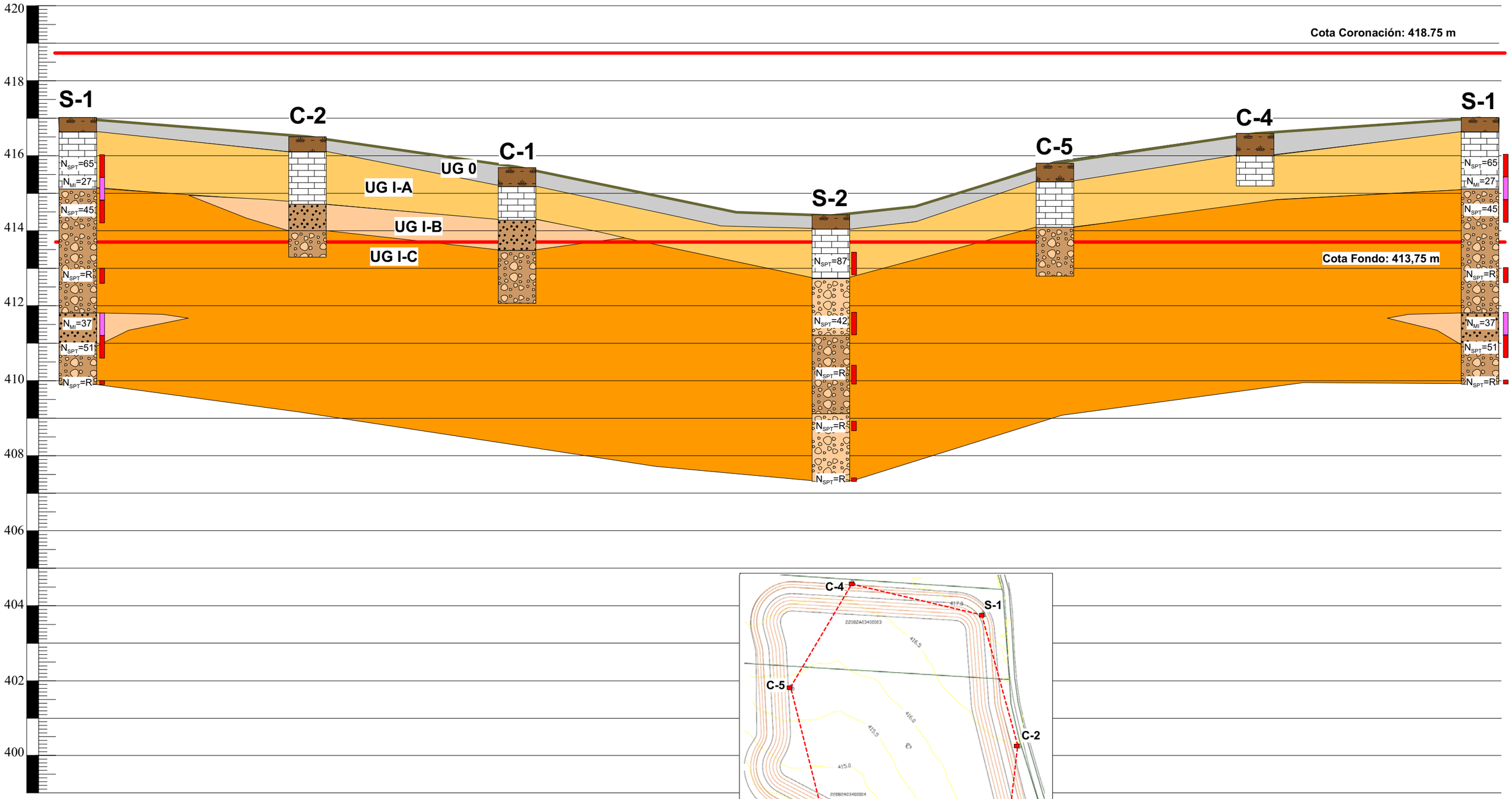
José A. Ballesteros Estela
Responsable ensayo

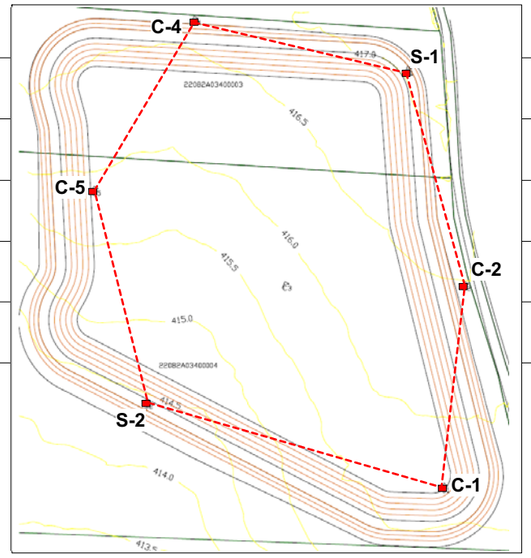
Caspe, a 24 de enero de 2023

©TerraLabsControl es marca registrada de Inversiones Payaruelos, s.l. Laboratorio incrito en el LECCE con referencia ARA-L-15
Estos resultados se refieren únicamente al material sometido a ensayo. Queda prohibida la reproducción total o parcial del informe sin autorización del Laboratorio.

ANEJO VI. PERFILES DE CORRELACIÓN DE BALSAS Y CRUCES DE INFRAESTRUCTURAS

PERFIL DE CORRELACIÓN BALSA SUPERIOR (MBS)





LEYENDA

- UNIDAD 0. Tierra de labor - Suelo Vegetal.
- UNIDAD I-A. Costra carbonatada
- UNIDAD I-B. Arenas. Recubrimiento cuaternario fino
- UNIDAD I-C. Gravas. Recubrimiento cuaternario grueso.

Escala Horizontal en metros:

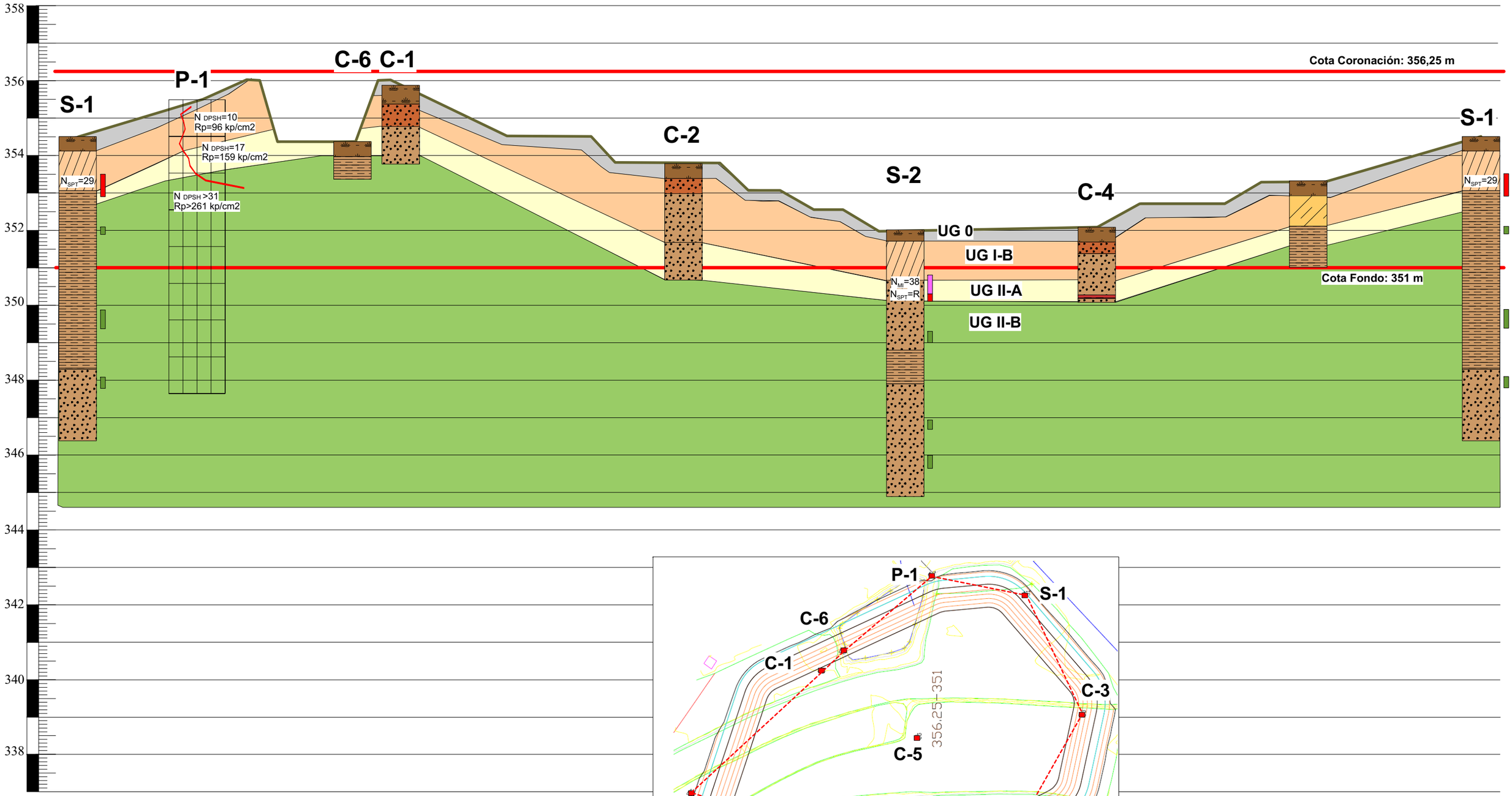
0 50 100

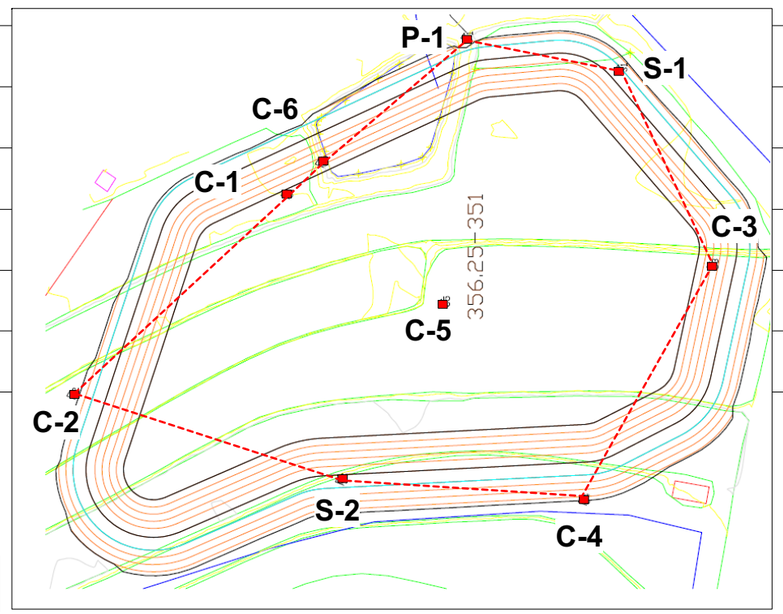
INFORME: ***E.G. PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.***

REFERENCIA: *0820*

FECHA: *Noviembre 2022*

PERFIL DE CORRELACIÓN BALSA INFERIOR (MBI)





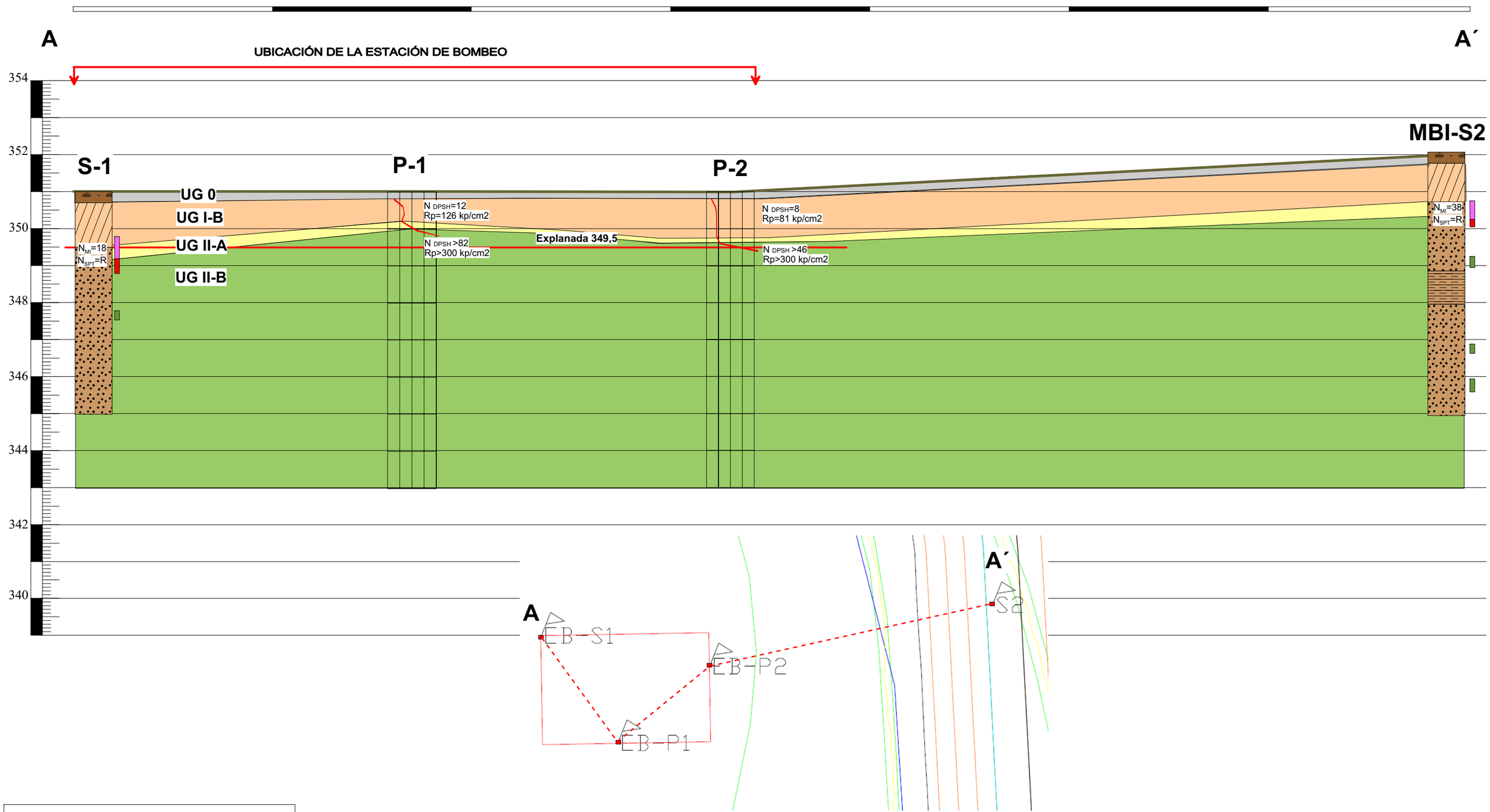
LEYENDA

- UNIDAD 0. Tierra de labor - Suelo Vegetal.
- UNIDAD I-B. Arenas. Recubrimiento cuaternario fino
- UNIDAD II-A. Argilitas y areniscas. Sustrato terciario alterado.
- UNIDAD II-B. Argilitas y areniscas. Sustrato terciario sano.

Escala Horizontal en metros:
0 50 100

INFORME: *E.G. PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.*
REFERENCIA: *0820*
FECHA: *Noviembre 2022*

PERFIL DE CORRELACIÓN ESTACIÓN DE BOMBEO (MEB)



LEYENDA

- UNIDAD 0. Tierra de labor - Suelo Vegetal.
- UNIDAD I-B. Arenas. Recubrimiento cuaternario fino
- UNIDAD II-A. Argilitas y areniscas. Sustrato terciario alterado.
- UNIDAD II-B. Argilitas y areniscas. Sustrato terciario sano.

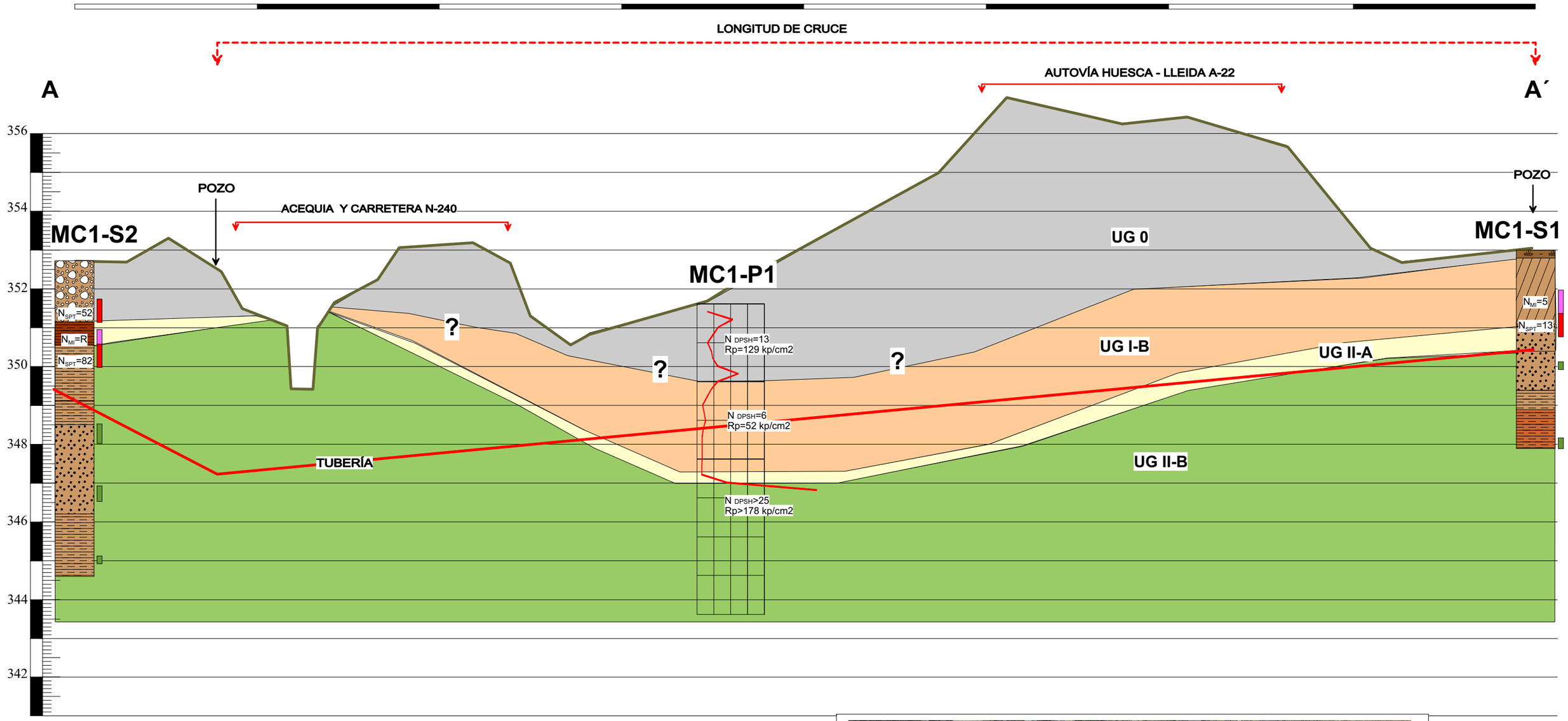
Escala Horizontal en metros:

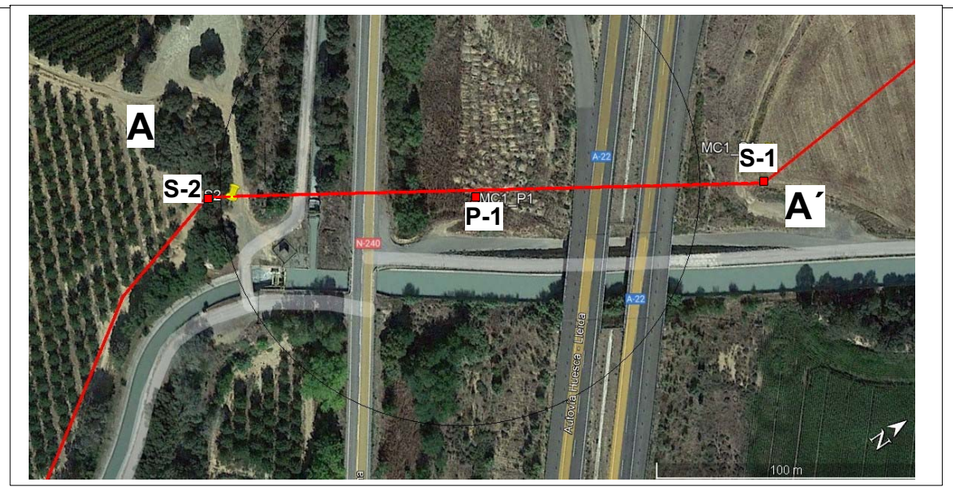
0 10 20

INFORME: *E.G. PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.*
REFERENCIA: *0820*
FECHA: *Noviembre 2022*

IGEOSUMA, S.L.

PERFIL DE CORRELACIÓN CRUCE 1





LEYENDA

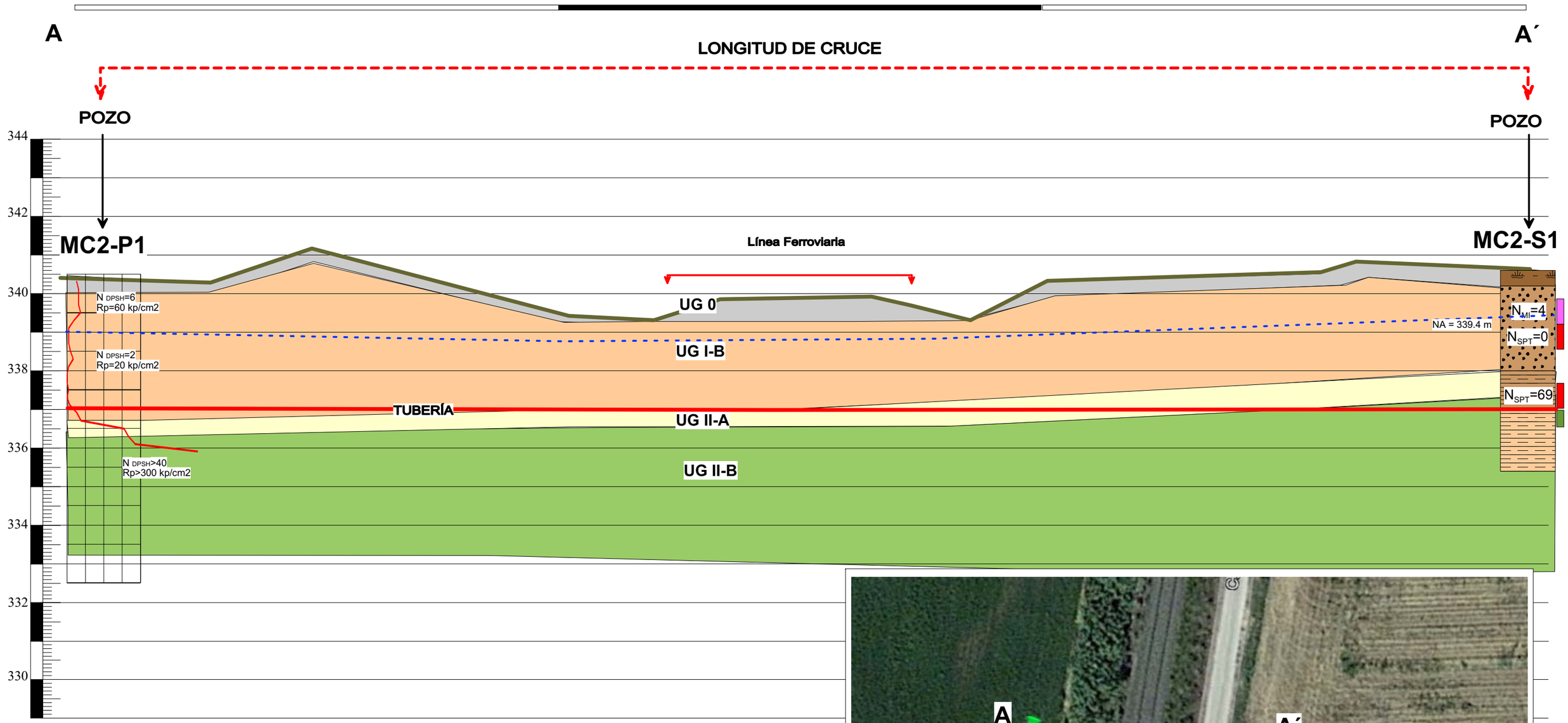
- UNIDAD 0. Tierra de labor - Suelo Vegetal.
- UNIDAD I-B. Arenas. Recubrimiento cuaternario fino
- UNIDAD II-A. Argilitas y areniscas. Sustrato terciario alterado.
- UNIDAD II-B. Argilitas y areniscas. Sustrato terciario sano.

Escala Horizontal en metros:
0 25 50

INFORME: ***E.G. PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.***
REFERENCIA: *0820*
FECHA: *Noviembre 2022*

IGEOSUMA, S.L.

PERFIL DE CORRELACIÓN CRUCE 2



LEYENDA

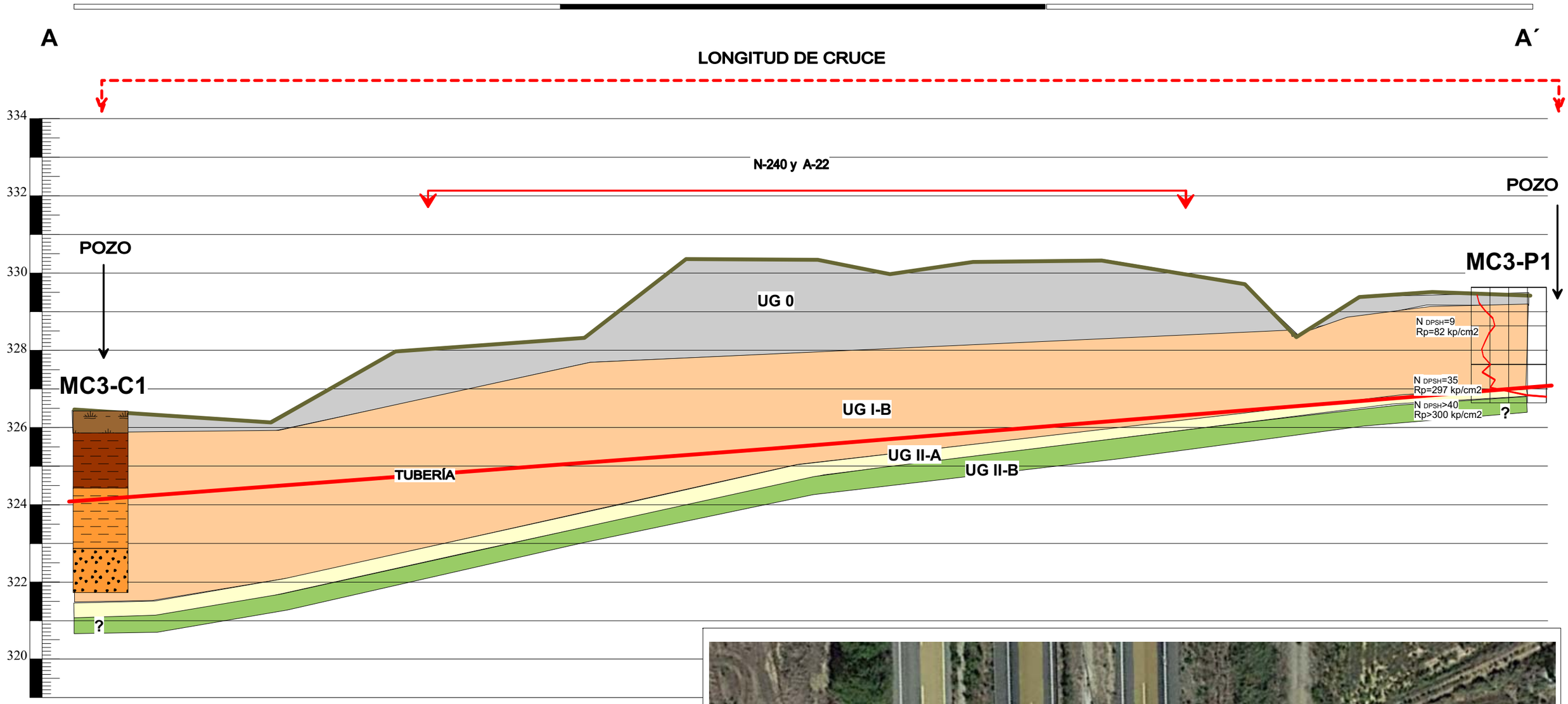
- UNIDAD 0. Tierra de labor - Suelo Vegetal.
- UNIDAD I-B. Arenas. Recubrimiento cuaternario fino
- UNIDAD II-A. Argilitas y areniscas. Sustrato terciario alterado.
- UNIDAD II-B. Argilitas y areniscas. Sustrato terciario sano.

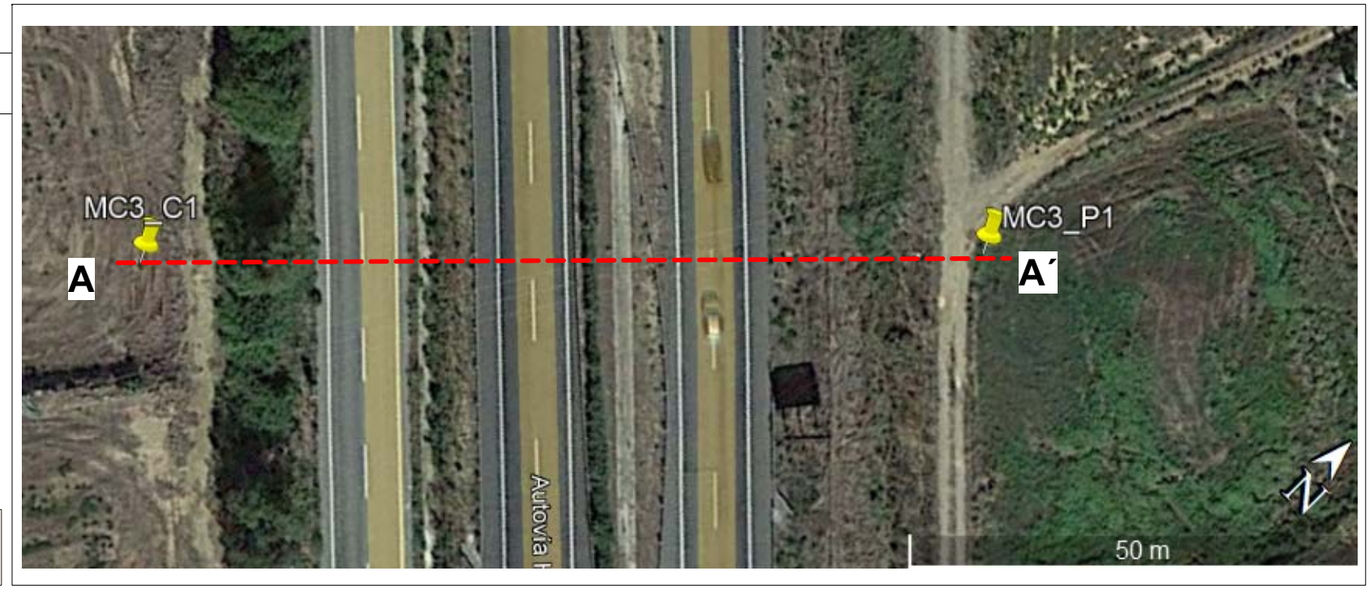
Escala Horizontal en metros:
0 10 20

INFORME: ***E.G. PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.***
REFERENCIA: *0820*
FECHA: *NOVIEMBRE 2022*

IGEOSUMA, S.L.

PERFIL DE CORRELACIÓN CRUCE 3





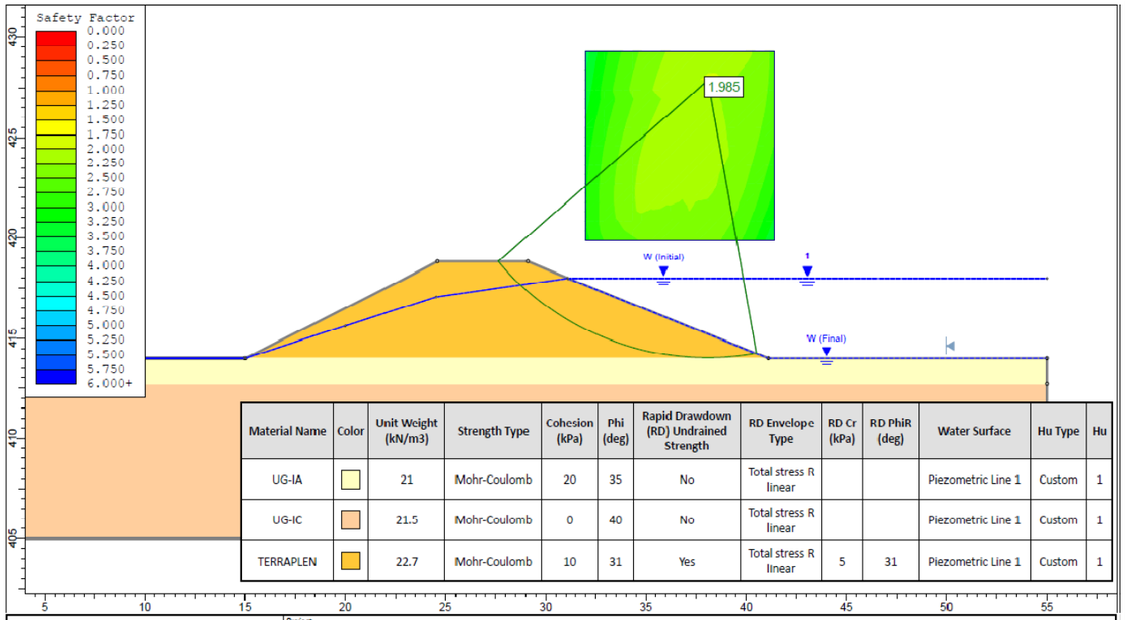
LEYENDA

- UNIDAD 0. Tierra de labor - Suelo Vegetal.
- UNIDAD I-B. Arenas. Recubrimiento cuaternario fino
- UNIDAD II-A. Argilitas y areniscas. Sustrato terciario alterado.
- UNIDAD II-B. Argilitas y areniscas. Sustrato terciario sano.

Escala Horizontal en metros:
0 30 60

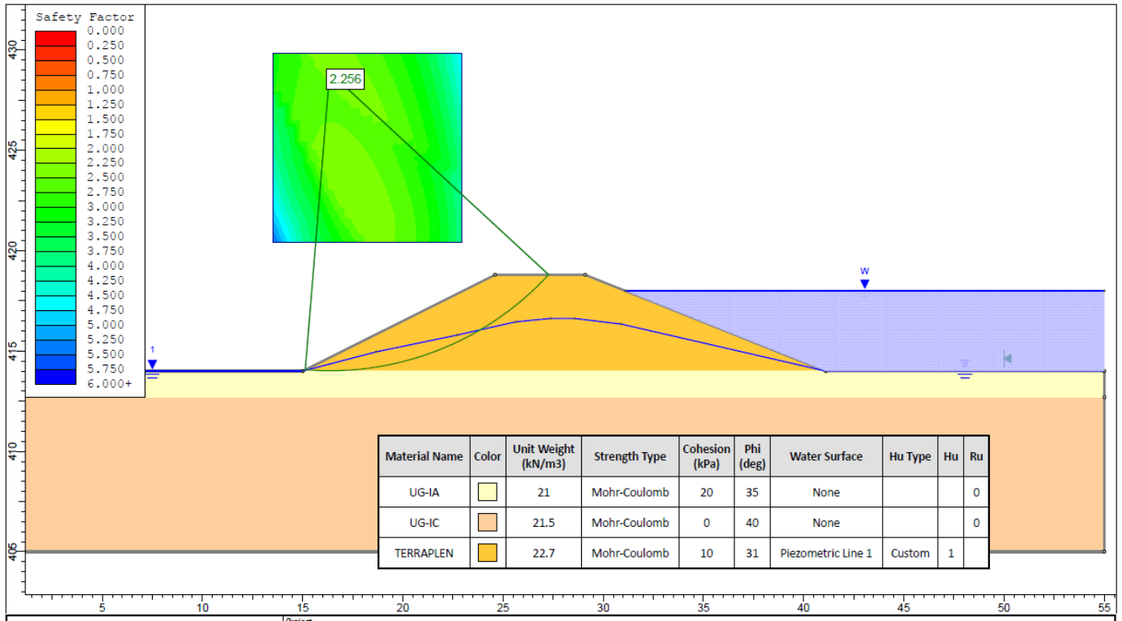
INFORME: *E.G. PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA CR LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA.*
REFERENCIA: *0820*
FECHA: *ENERO 2023*

ANEJO VII. SALIDAS GRÁFICAS ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y DE ASIENTOS



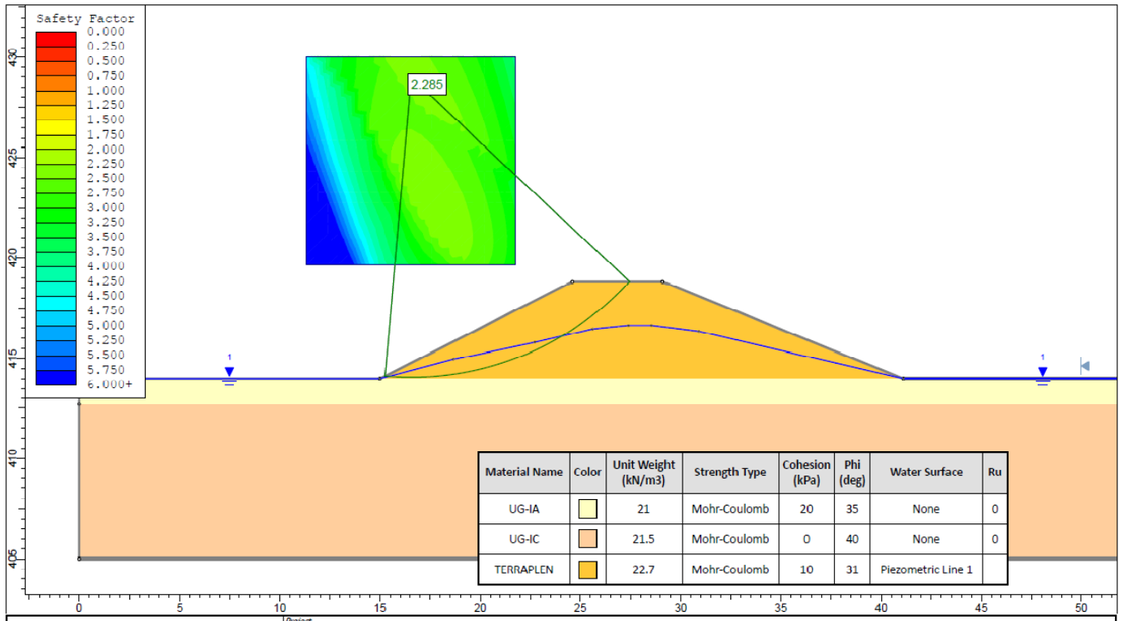
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Rapid Drawdown (RD) Undrained Strength	RD Envelope Type	RD Cr (kPa)	RD PhiR (deg)	Water Surface	Hu Type	Hu
UG-IA		21	Mohr-Coulomb	20	35	No	Total stress R linear			Piezometric Line 1	Custom	1
UG-IC		21.5	Mohr-Coulomb	0	40	No	Total stress R linear			Piezometric Line 1	Custom	1
TERRAPLEN		22.7	Mohr-Coulomb	10	31	Yes	Total stress R linear	5	31	Piezometric Line 1	Custom	1

Project	BALSA SUPERIOR CR ALEGRIA
Analysis Description	ESTABILIDAD TERRAPLEN DESEMBALSE RAPIDO
Drawn By	JMB
Scale	1:200
Company	
Date	02/12/2022, 9:58:24
File Name	BALSA SUPERIOR DESEMBALSE RAPIDO.slim



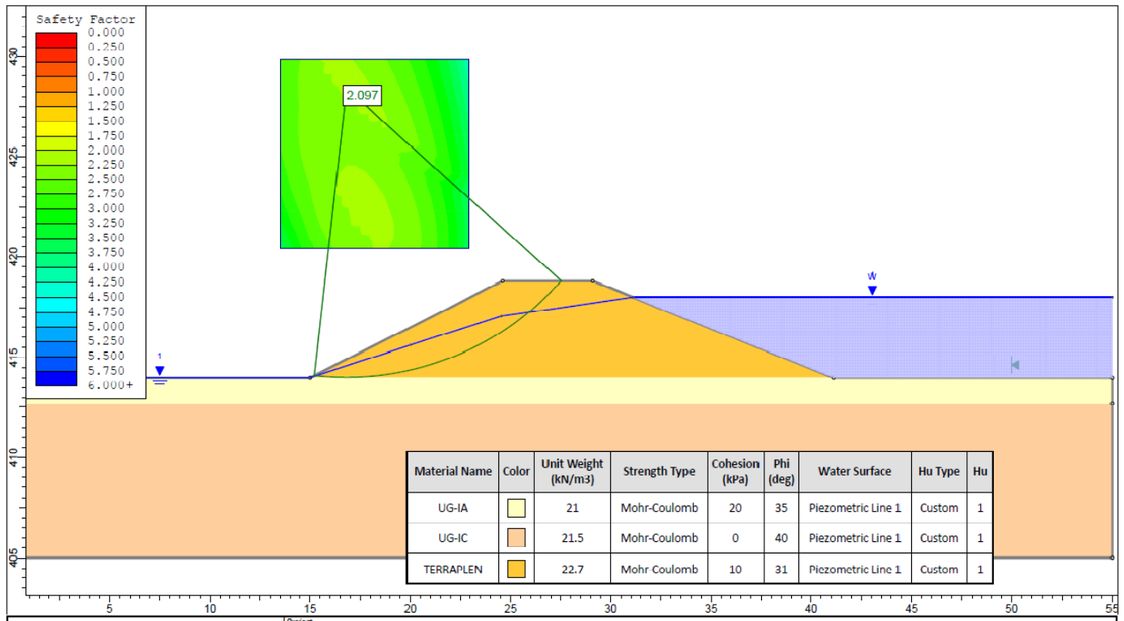
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Hu Type	Hu	Ru
UG-IA		21	Mohr-Coulomb	20	35	None			0
UG-IC		21.5	Mohr-Coulomb	0	40	None			0
TERRAPLEN		22.7	Mohr-Coulomb	10	31	Piezometric Line 1	Custom	1	

Project	BALSA SUPERIOR CR ALEGRIA
Analysis Description	ESTABILIDAD TERRAPLEN EMBALSE LLENO
Drawn By	JMB
Scale	1:200
Company	
Date	02/12/2022, 9:58:24
File Name	BALSA SUPERIOR EMBALSE LLENO.slim



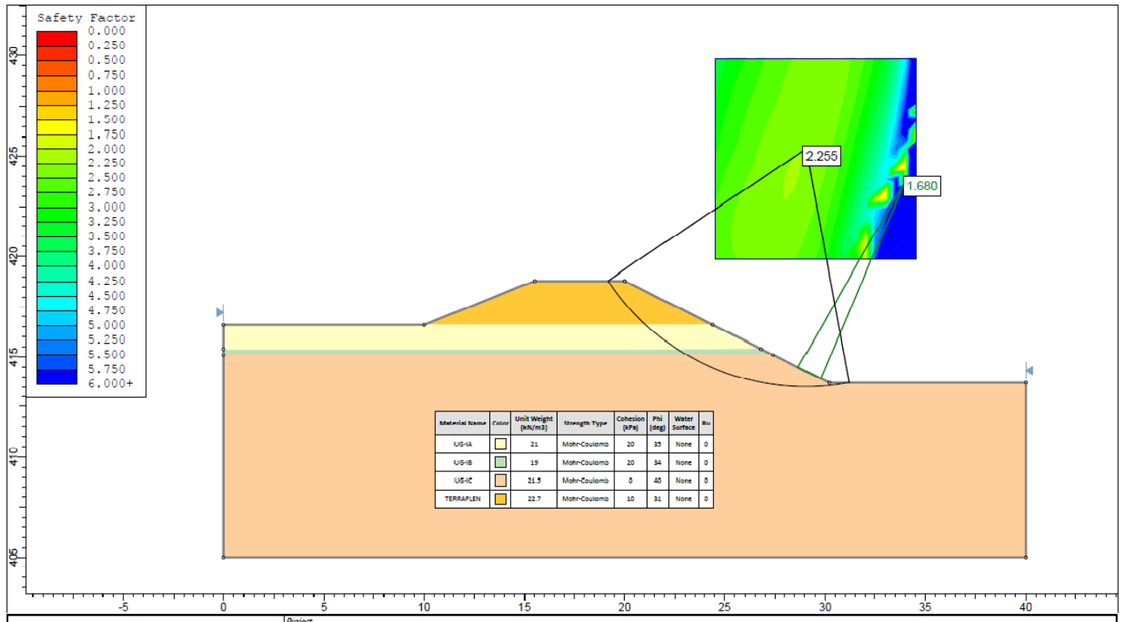
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Ru
UG-IA		21	Mohr-Coulomb	20	35	None	0
UG-IC		21.5	Mohr-Coulomb	0	40	None	0
TERRAPLEN		22.7	Mohr-Coulomb	10	31	Piezometric Line 1	

Project	BALSA SUPERIOR CR ALEGRIA
Analysis Description	ESTABILIDAD TERRAPLEN FIN CONSTRUCCION
Drawn By	JMB
Scale	1:200
Company	
Date	02/12/2022, 9:58:24
File Name	BALSA SUPERIOR FIN CONSTRUCCIYN.slim



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Hu Type	Hu
UG-IA		21	Mohr-Coulomb	20	35	Piezometric Line 1	Custom	1
UG-IC		21.5	Mohr-Coulomb	0	40	Piezometric Line 1	Custom	1
TERRAPLEN		22.7	Mohr-Coulomb	10	31	Piezometric Line 1	Custom	1

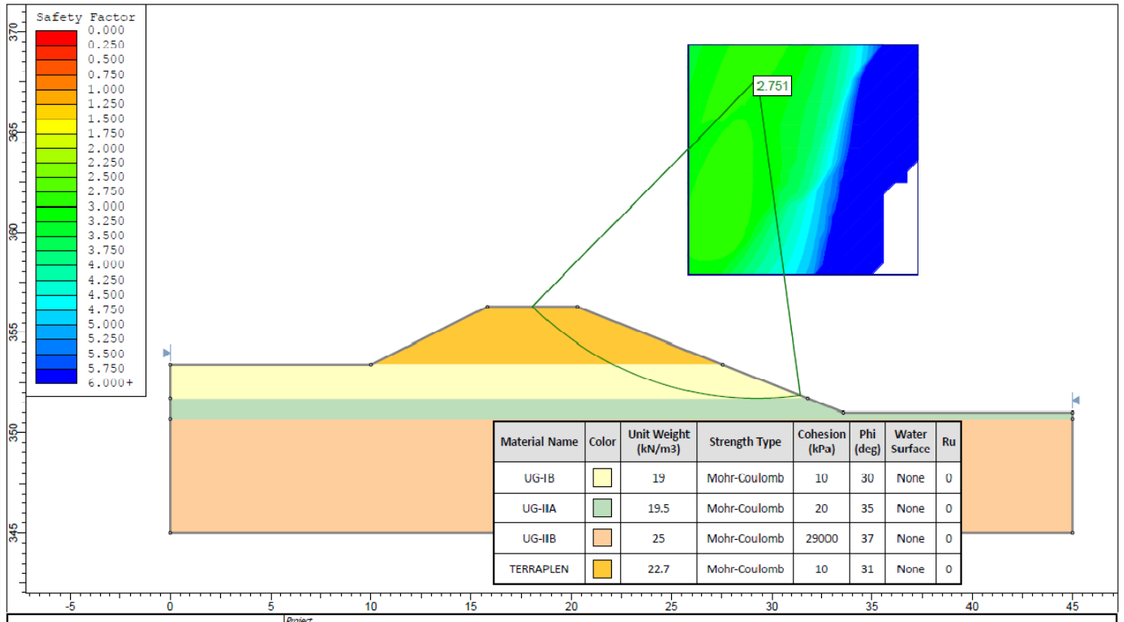
Project	BALSA SUPERIOR CR ALEGRIA
Analysis Description	ESTABILIDAD TERRAPLEN ROTURA LAMINA
Drawn By	JMB
Scale	1:200
Company	
Date	02/12/2022, 9:58:24
File Name	BALSA SUPERIOR ROTURA LAMINA.slim



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Ru
UG-IA		21	Mohr-Coulomb	20	35	None	0
UG-IB		19	Mohr-Coulomb	20	34	None	0
UG-IC		21.5	Mohr-Coulomb	0	40	None	0
TERRAPLEN		22.7	Mohr-Coulomb	10	31	None	0

SLIDEINTERPRET 6.039

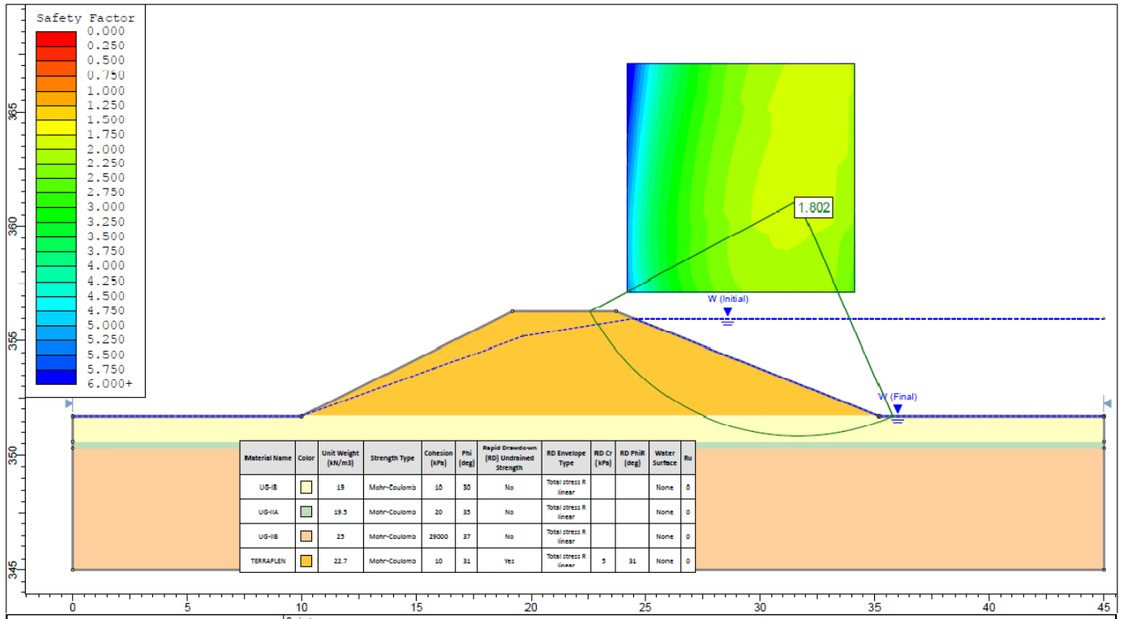
Project	BALSA SUPERIOR CR ALEGRIA
Analysis Description	ESTABILIDAD DESMONTE
Drawn By	JMB
Scale	1:200
Company	
Date	02/12/2022, 9:58:24
File Name	DESMONTE BALSA SUPERIOR.slim



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Ru
UG-IB		19	Mohr-Coulomb	10	30	None	0
UG-IIA		19.5	Mohr-Coulomb	20	35	None	0
UG-IIB		25	Mohr-Coulomb	29000	37	None	0
TERRAPLEN		22.7	Mohr-Coulomb	10	31	None	0

SLIDEINTERPRET 6.039

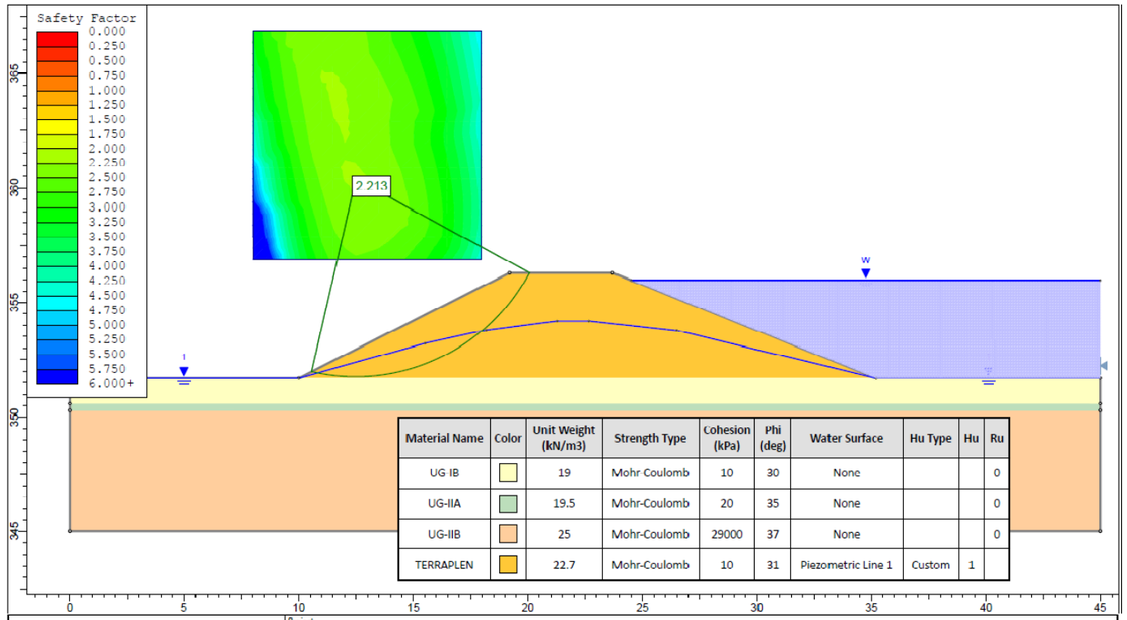
Project	BALSA INFERIOR CR ALEGRIA
Analysis Description	ESTABILIDAD DESMONTE
Drawn By	JMB
Scale	1:200
Company	
Date	02/12/2022, 9:58:24
File Name	DESMONTE BALSA INFERIOR.slim



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Rapid Drawdown (RD) Undrained Strength	RD Envelope Type	RD Cr (kPa)	RD PhiR (deg)	Water Surface	Ru
UG-IB		19	Mohr-Coulomb	10	30	No	Total stress R linear			None	0
UG-IIA		19.5	Mohr-Coulomb	20	35	No	Total stress R linear			None	0
UG-IIB		25	Mohr-Coulomb	29000	37	No	Total stress R linear			None	0
TERRAPLEN		22.7	Mohr-Coulomb	10	31	Yes	Total stress R linear	5	31	None	0

SLIDEINTERPRET 6.039

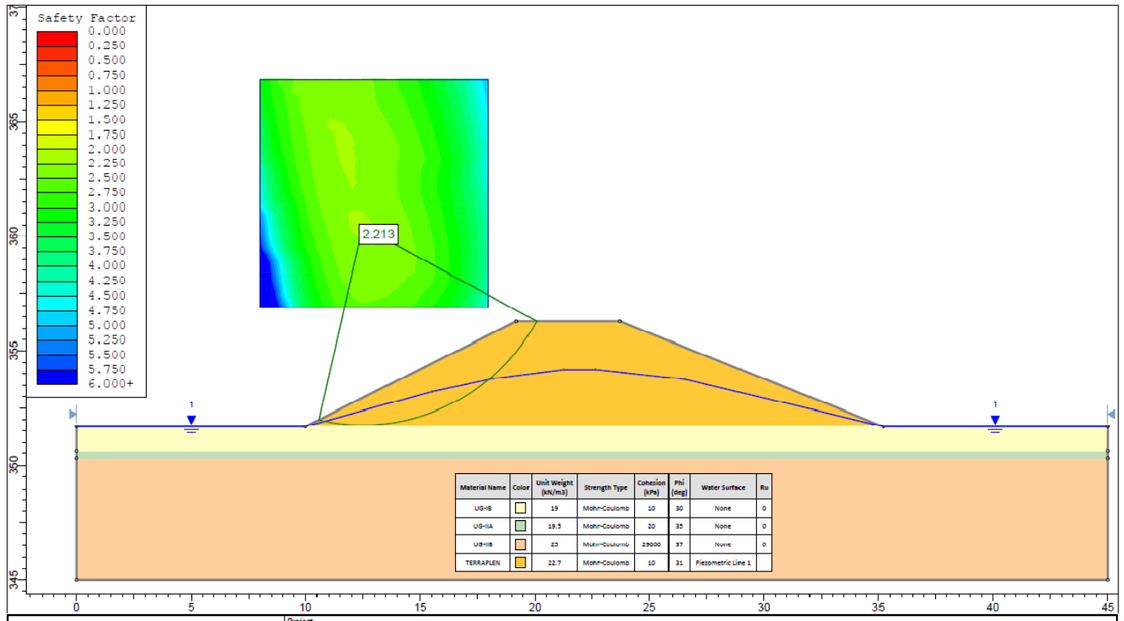
Project	BALSA INFERIOR CR ALEGRIA
Analysis Description	ESTABILIDAD TERRAPLEN DESEMBALSE RAPIDO
Drawn By	JMB
Scale	1:175
Company	
Date	02/12/2022, 9:58:24
File Name	BALSA INFERIOR DESEMBALSE RAPIDO.slim

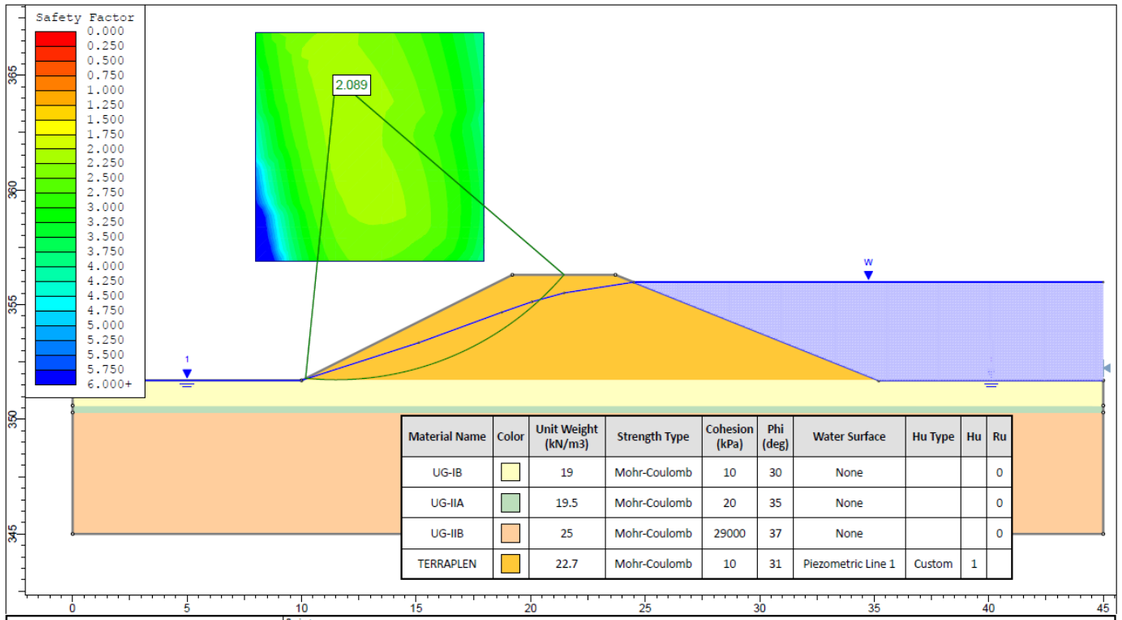


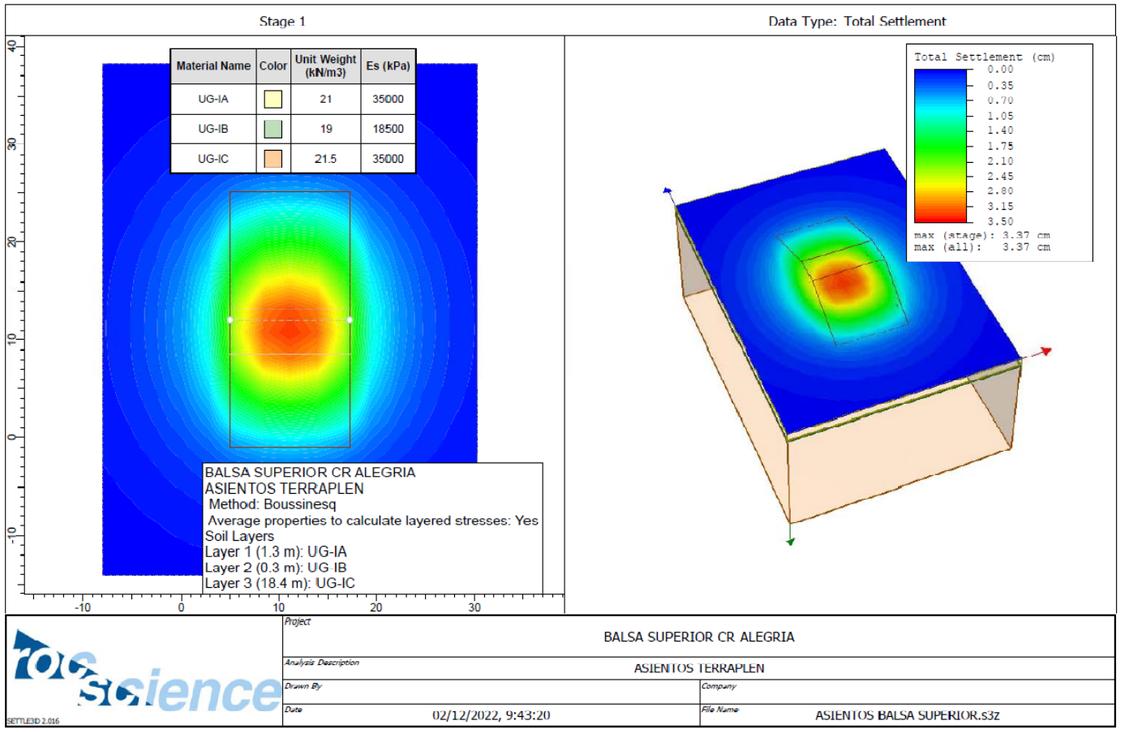
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	Water Surface	Hu Type	Hu	Ru
UG IB		19	Mohr Coulomb	10	30	None			0
UG-IIA		19.5	Mohr-Coulomb	20	35	None			0
UG-IIB		25	Mohr-Coulomb	29000	37	None			0
TERRAPLEN		22.7	Mohr-Coulomb	10	31	Piezometric Line 1	Custom	1	

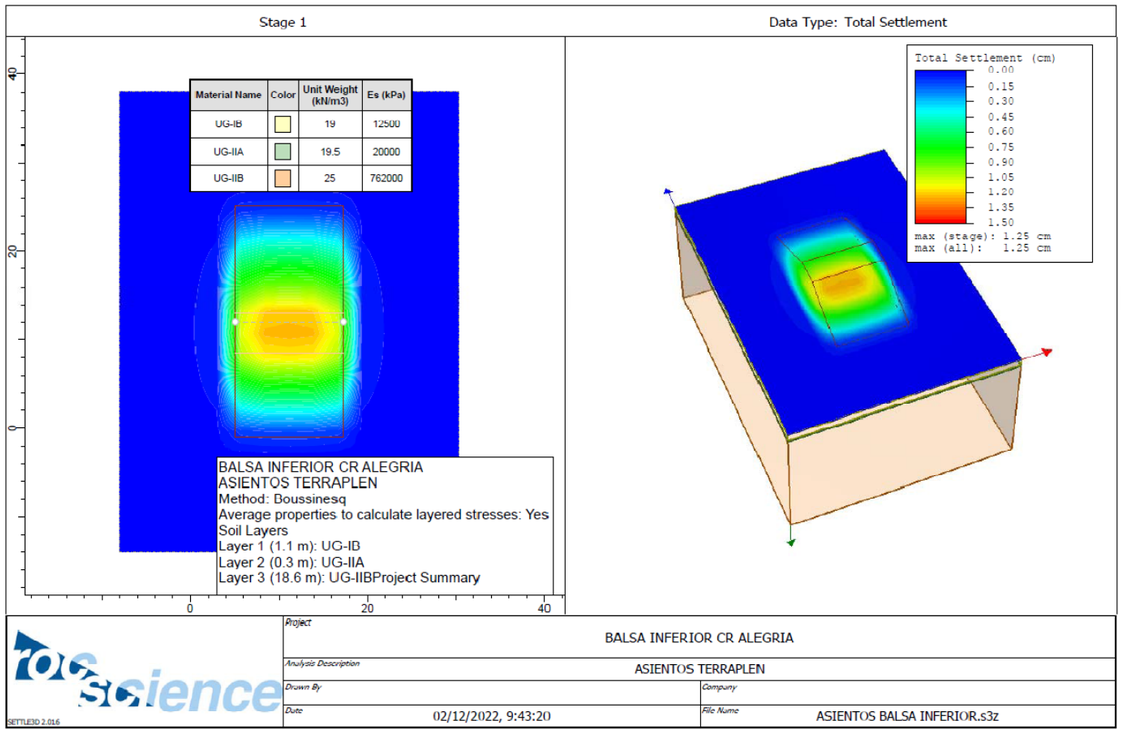
SLIDEINTERPRET 6.039

Project	BALSA INFERIOR CR ALEGRIA
Analysis Description	ESTABILIDAD TERRAPLEN EMBALSE LLENO
Drawn By	JMB
Scale	1:175
Company	
Date	02/12/2022, 9:58:24
File Name	BALSA INFERIOR EMBALSE LLENO.slim

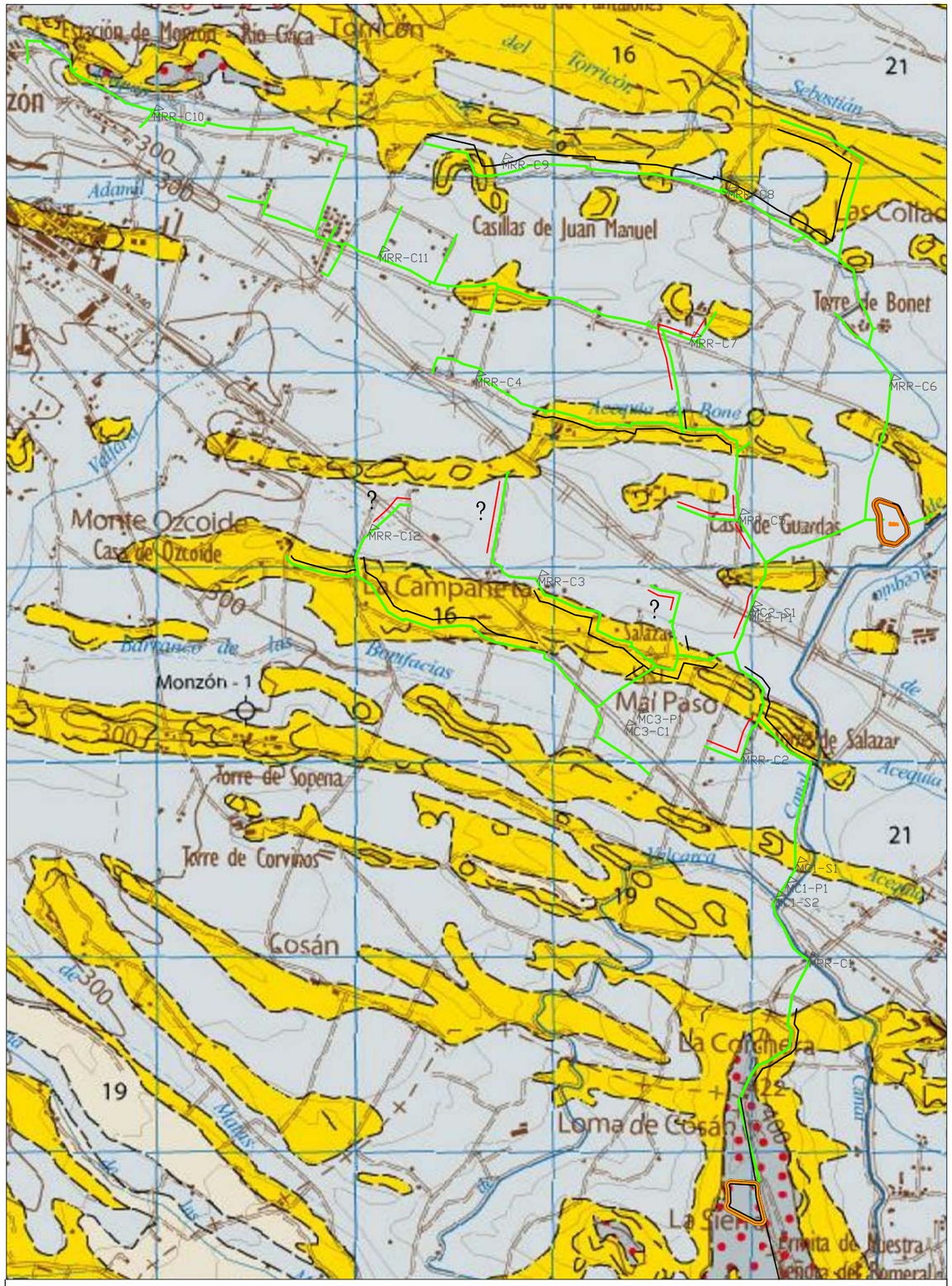

Safety Factor
0.000
0.250
0.500
0.750
1.000
1.250
1.500
1.750
2.000
2.250
2.500
2.750
3.000
3.250
3.500
3.750
4.000
4.250
4.500
4.750
5.000
5.250
5.500
5.750
6.000+
2.213
Material Name | Color | Unit Weight (kN/m3) | Strength Type | Cohesion (kPa) | Phi (deg) | Water Surface | Ru
UG-IB | 19 | Mohr-Coulomb | 10 | 30 | None | 0
UG-IIA | 19.5 | Mohr-Coulomb | 20 | 35 | None | 0
UG-IIB | 25 | Mohr-Coulomb | 29000 | 37 | None | 0
TERRAPLEN | 22.7 | Mohr-Coulomb | 10 | 31 | Piezometric Line 1
Project: BALSA INFERIOR CR ALEGRIA
Analysis Description: ESTABILIDAD TERRAPLEN FIN CONSTRUCCION
Drawn By: JMB
Scale: 1:175
Date: 02/12/2022, 9:58:24
File Name: BALSA INFERIOR FIN CONSTRUCCIYN.slim

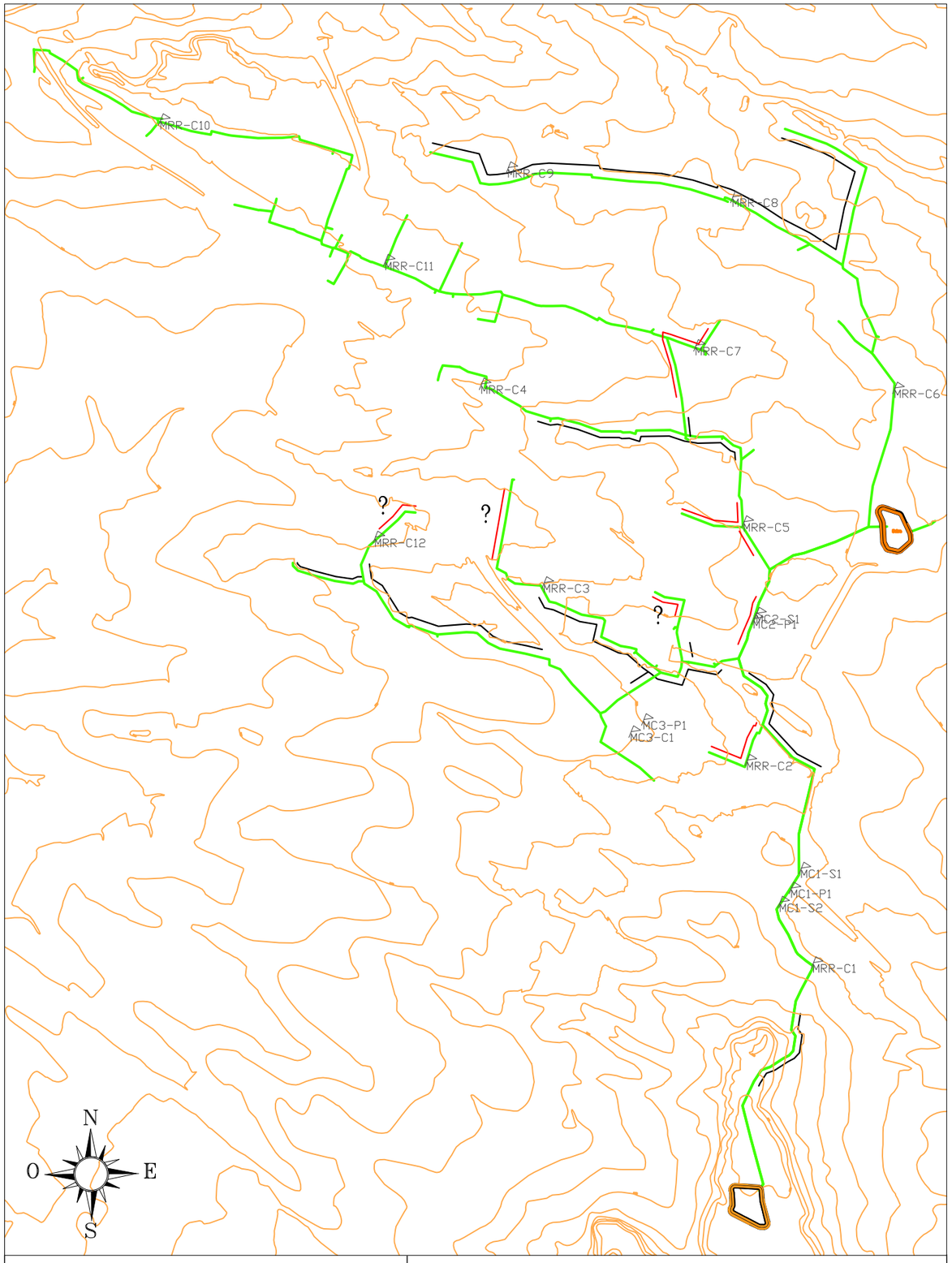

Safety Factor
0.000
0.250
0.500
0.750
1.000
1.250
1.500
1.750
2.000
2.250
2.500
2.750
3.000
3.250
3.500
3.750
4.000
4.250
4.500
4.750
5.000
5.250
5.500
5.750
6.000+
2.089
Material Name | Color | Unit Weight (kN/m3) | Strength Type | Cohesion (kPa) | Phi (deg) | Water Surface | Hu Type | Hu | Ru
UG-IB | 19 | Mohr-Coulomb | 10 | 30 | None | | | 0
UG-IIA | 19.5 | Mohr-Coulomb | 20 | 35 | None | | | 0
UG-IIB | 25 | Mohr-Coulomb | 29000 | 37 | None | | | 0
TERRAPLEN | 22.7 | Mohr-Coulomb | 10 | 31 | Piezometric Line 1 | Custom | 1
Project: BALSA INFERIOR CR ALEGRIA
Analysis Description: ESTABILIDAD TERRAPLEN ROTURA LAMINA
Drawn By: JMB
Scale: 1:175
Date: 02/12/2022, 9:58:24
File Name: BALSA INFERIOR ROTURA LAMINA.slim


Stage 1
Data Type: Total Settlement
Material Name | Color | Unit Weight (kN/m3) | Es (kPa)
UG-IA | 21 | 35000
UG-IB | 19 | 18500
UG-IC | 21.5 | 35000
Total Settlement (cm)
0.00
0.35
0.70
1.05
1.40
1.75
2.10
2.45
2.80
3.15
3.50
max (stage): 3.37 cm
max (all): 3.37 cm
BALSA SUPERIOR CR ALEGRIA
ASIENTOS TERRAPLEN
Method: Boussinesq
Average properties to calculate layered stresses: Yes
Soil Layers
Layer 1 (1.3 m): UG-IA
Layer 2 (0.3 m): UG IB
Layer 3 (18.4 m): UG-IC
Project: BALSA SUPERIOR CR ALEGRIA
Analysis Description: ASIENTOS TERRAPLEN
Date: 02/12/2022, 9:43:20
File Name: ASIENTOS BALSA SUPERIOR.s3z


Stage 1
Data Type: Total Settlement
Material Name | Color | Unit Weight (kN/m3) | Es (kPa)
UG-IB | 19 | 12500
UG-IIA | 19.5 | 20000
UG-IIB | 25 | 762000
Total Settlement (cm)
0.00
0.15
0.30
0.45
0.60
0.75
0.90
1.05
1.20
1.35
1.50
max (stage): 1.25 cm
max (all): 1.25 cm
BALSA INFERIOR CR ALEGRIA
ASIENTOS TERRAPLEN
Method: Boussinesq
Average properties to calculate layered stresses: Yes
Soil Layers
Layer 1 (1.1 m): UG-IB
Layer 2 (0.3 m): UG-IIA
Layer 3 (18.6 m): UG-IIBProject Summary
Project: BALSA INFERIOR CR ALEGRIA
Analysis Description: ASIENTOS TERRAPLEN
Date: 02/12/2022, 9:43:20
File Name: ASIENTOS BALSA INFERIOR.s3z

ANEJO VII. ZONIFICACIÓN RED DE RIEGO





LEYENDA

Sustrato Terciario

Unidad 16: Paleocanales de arenisca entre lutitas rojizas.

Cuaternario

Unidad 21: Brechas, arenas y limos formando glacis y laderas, depósitos aluviales-coluviales recientes.

LEYENDA

Red de Tuberías

Subzona A1. Sustrato rocoso cerca de superficie. Tramos de excavabilidad más costosa. Se recomienda el uso de martillo hidráulico.

Zona B. Presencia de suelos blandos. Tramos de mala estabilidad (suelos saturados).

Tramificación Red de Tuberías CR La Alegría

	Fecha	
Dibujado	ENE-2023	IGEOSUMA, S.L. C/ GIL DE JASA, 22, 3ºD, 50006 ZARAGOZA
ESCALA: 1/25000 Original A-3 Gráfica: 250 metros	ESTUDIO GEOTECNICO PARA PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE REGADÍO PARA C.R. LA ALEGRÍA EN MONZÓN, HUESCA	Nº Informe: 0820 N.Archivo: