

ANEJO Nº6: ESTUDIO GEOTÉCNICO



PROYECTO DE INFRAESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO Y RED DE RIEGO DE LOS REGADÍOS TRADICIONALES DE MONTAÑA DE LA COMUNIDAD DE REGANTES DE TORNAVACAS (CÁCERES)



JUNTA DE EXTREMADURA



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural



Financiado por la Unión Europea
NextGenerationEU



Índice

1. Objeto del estudio.....	3
Anexo 01: Estudio geotécnico para la construcción de balsa de almacenamiento de agua	5
Anexo 02: Estudio geotécnico para la construcción de depósitos de almacenamiento de agua.	6
DEPÓSITO 1.....	7
DEPÓSITO 2.....	8
DEPÓSITO 3.....	9

1. Objeto del estudio

El objeto del presente anejo es el estudio geológico – geotécnico para la ejecución de las obras del “Proyecto de infraestructuras de almacenamiento y red de riego de los regadíos tradicionales de montaña de la comunidad de regantes de Tornavacas (Cáceres)”.

En este documento se incluyen los principales condicionantes impuestos por el terreno de cara al diseño y posterior ejecución de las obras.

Se presentan dos Anexos que se corresponden con dos estudios geotécnicos realizados a tal efecto.

Los trabajos realizados en cada uno se corresponden con los siguientes:

ANEXO 1: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA BALSA

Caracterización desde el punto de vista geológico y geotécnico de los materiales presentes en la zona de ubicación de la futura balsa de riego “Llanás” en el T.M. de Tornavacas (Cáceres).

Estos consisten básicamente en:

- Caracterización geomecánica del subsuelo.
- Tipo de cimentación. Cotas de apoyo, cargas admisibles y asientos tolerables
- Estabilidad de excavaciones y rellenos.
- Aptitud de los materiales para su utilización en rellenos.

ANEXO 2: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CIMENTACIÓN DE LOS DEPÓSITOS

Caracterización del terreno para la cimentación de tres depósitos de almacenamiento de agua.

Tiene como objetivos fundamentales:

- Proporcionar un conocimiento de las características geotécnicas del subsuelo de acuerdo con la construcción prevista.
- Conocer y evaluar las posibles problemáticas geotécnicas de la zona, que puedan incidir sobre la futura construcción.
- Definir y analizar el tipo de cimentación más recomendable para el tipo de instalación prevista de acuerdo a los condicionantes geotécnicos.
- Recoger comentarios y recomendaciones necesarias para poder realizar la instalación sin problemas de origen geotécnico.

Se incluyen a continuación dichos estudios geotécnicos.

Anexo 01: Estudio geotécnico para la construcción de balsa de almacenamiento de agua

GEMA Proyectos

GEOTECNIA y MEDIO AMBIENTE

ESTUDIO GEOTÉCNICO

Denominación Informe/Proyecto: **BALSA DE RIEGO "LLANÁS" EN EL T.M. DE TORNAVACAS.**

Peticionario: **TRAGSATEC S.A.**

Ref. Presupuesto	Ref. Informe	Fecha
22099 RP	23043 RI	ENERO de 2023

Según Código Técnico de la Edificación. Documento Básico SE – C Cimientos



INDICE

Pagina.

1. INTRODUCCIÓN Y ALCANCE DEL ESTUDIO	3
2. INVESTIGACIÓN REALIZADA	4
2.1. Bibliografía.....	4
2.2. Ensayos de campo	4
2.2.1. Ensayos de Penetración dinámica.....	4
2.2.2. Calicatas	5
2.2.3. Sísmica de Refracción	5
2.3. Ensayos de laboratorio	6
2.4. Trabajos de gabinete	6
3. MARCO GEOLÓGICO y GEOTÉCNICO.....	7
3.1. Estratigrafía y Tectónica	7
3.2. Hidrogeología	8
3.3. Geotecnia	10
4. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS.....	11
4.1. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS	11
4.1.1. TIERRA VEGETAL	11
4.1.2. NIVEL I: JABRE (Monzogranito meteorizado)	11
4.1.3. NIVEL II: ROCA GRANÍTICA (Moderadamente meteorizada).	13
4.2. NIVEL FREÁTICO	15
4.3. CONDICIONANTES GEOTÉCNICOS.....	15
4.4. ESTUDIO DE LAS CIMENTACIONES	16
5. AGRESIVIDAD. TIPO DE AMBIENTE	17
6. GRADO DE SISMICIDAD DE LA ZONA	18
7. UTILIZACIÓN DE MATERIALES. CLASIFICACIÓN PG-3.....	19
8. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD.....	20
8.1. DESCRIPCIÓN DE LA BALSA Y PARAMETROS DE CÁLCULO.....	20
8.2. HIPÓTESIS Y PROCESO DE CÁLCULO.....	21
8.3. RESULTADOS	23
9. CONCLUSIONES.....	24

ANEJOS

- 1. *Plano de situación*
- 2. *Planta con investigación realizada*
- 3. *Mapa geológico*
- 4. *Cortes de calicatas*
- 5. *Diagramas de penetración*
- 6. *Sísmica de refracción*
- 7. *Ensayos de laboratorio*
- 8. *Cálculo de tensión admisible y asientos estimados*
- 9. *Cálculo de estabilidad de taludes*

1. INTRODUCCIÓN Y ALCANCE DEL ESTUDIO

El presente estudio se presenta a petición de TRAGSATEC, S.A y se realiza con el objetivo de caracterizar desde el punto de vista geológico y geotécnico los materiales presentes en la zona de ubicación de la futura balsa de riego "Llanás" en el T.M. de Tornavacas (Cáceres). La obra consiste en la construcción de una balsa de tierras, destinada a la acumulación de agua para futuros riegos de la zona. Las características geológicas y geotécnicas del terreno deben determinarse con precisión suficiente, para el correcto diseño de la balsa proyectada. Específicamente se trata de determinar:

- Caracterización geomecánica del subsuelo.
- Tipo de cimentación. Cotas de apoyo, cargas admisibles y asientos tolerables
- Estabilidad de excavaciones y rellenos.
- Aptitud de los materiales para su utilización en rellenos.

La tipología de balsa a construir es de materiales sueltos, impermeabilizada con geomembrana PEAD de 2 mm. La planta del vaso será de forma ovalada irregular adaptada al terreno. La altura máxima del vaso será de 6,7 m. La balsa tendrá una altura de 13,287 m y los taludes, interiores y exteriores del dique tendrán una inclinación 2H / 1V. Los taludes en desmorte están proyectados con un talud 1H / 1V. El volumen a nivel máximo normal será de 65.326 m³.

La zona de estudio se sitúa en el Polígono 1. Parcela 9 del Término Municipal de Tornavacas (Cáceres). En el **anexo 1** (Plano de situación) de este informe, se refleja la situación de la zona de construcción de la balsa.

Foto 1. Área de ubicación de la balsa.



2. INVESTIGACIÓN REALIZADA

Para alcanzar los objetivos propuestos, se ha seguido la siguiente metodología de trabajo:

2.1. Bibliografía

Se ha recopilado información de los siguientes documentos y bibliografía existente:

- Mapa Geológico de España a escala 1/50.000, publicado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). La zona de proyecto se encuentra en la hoja nº 576, correspondiente a Cabezuela del Valle. Además, se utilizan las memorias que el IGME publica explicando la información de cada hoja.
- Mapa Geotécnico General a escala 1/200.000, publicado por el IGME, en su hoja nº 11: Ávila, y su memoria explicativa correspondiente.
- Mapa Hidrogeológico General a escala 1/200.000, publicado por el IGME, en su hoja nº 11: Ávila, y su memoria explicativa correspondiente.
- Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas del Ministerio de medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2010).

2.2. Ensayos de campo

2.2.1. Ensayos de Penetración dinámica.

Se han realizado 4 ensayo de penetración dinámica superpesada DPSH según Norma UNE - EN ISO 22476-2. La profundidad alcanzada y las coordenadas de situación, se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 1: Ensayo de penetración DPSH

DPSH	PROFUNDIDAD ALCANZADA (metros)	COORDENADAS U.T.M	FECHA REALIZACIÓN
P-01	0,80	X: 270.454 Y: 4.460.281	17/05/2022
P-02	0,60	X: 270.378 Y: 4.460.321	10/01/2023
P-03	1,20	X: 270.389 Y: 4.460.216	10/01/2023
P-04	1,00	X: 270.511 Y: 4.460.257	10/01/2023

La situación de los puntos de reconocimiento aparece marcada en el **Anejo 2** (Planta con investigación realizada). Los resultados de estos trabajos, expresados en forma de diagramas, partes, etc., se recogen en el **Anejo 5** (Diagramas de penetración).

2.2.2. Calicatas

Con fecha 21/05/2022 se ha realizado una calicata con máquina excavadora para la observación directa del terreno y toma de una muestra representativa para su posterior ensayo en el laboratorio. La profundidad alcanzada y las coordenadas de situación, se muestra en la tabla 2

Tabla 2: Calicatas

DPSH	PROFUNDIDAD ALCANZADA (metros)	COORDENADAS U.T.M	FECHA REALIZACIÓN
C-01	1,20	X: 270.509 Y: 4.460.219	21/05/2022
C-02	1,40	X: 270.409 Y: 4.460.203	13/01/2023
C-03	0,90	X: 270.345 Y: 4.460.247	13/01/2023
C-04	1,30	X: 270.513 Y: 4.460.284	13/01/2023
C-05	1,30	X: 270.417 Y: 4.460.327	13/01/2023
C-06	1,20	X: 270.441 Y: 4.460.208	13/01/2023

La situación de los puntos de reconocimiento aparece marcada en el **Anejo 2** (Planta con investigación realizada). Los resultados de estos trabajos, expresados en forma de diagramas, partes, etc., se recogen en el **Anejo 4** (Cortes de calicatas).

2.2.3. Sísmica de Refracción

En fecha 23 de enero de 2023 se ha realizado una campaña de prospección geofísica, mediante tomografía sísmica de refracción, para la caracterización geológica del subsuelo y la determinación del grado de ripabilidad de la roca, en el emplazamiento de la futura balsa. El trabajo ha consistido en la realización de dos perfiles de prospección geofísica mediante sísmica de refracción.

En total se han realizado tres perfiles sísmicos de refracción. En la tabla 3 se muestran las coordenadas de inicio y final de cada uno de los perfiles, su longitud y la fecha de realización.

Tabla 3: Perfiles sísmicos

PERFIL	LONGITUD (metros)	COORDENADAS U.T.M INICIO/ FINAL	FECHA REALIZACIÓN
PS-1	180	INICIO: X: 270.339 Y: 4.460.245 FINAL: X: 270.517 Y: 4.460.301	23/01/2023
PS-2	120	INICIO: X: 270.412 Y: 4.460.341 FINAL: X: 270.440 Y: 4.460.223	23/01/2023

La situación de los perfiles aparece marcada en el **Anejo 2** (Planta con investigación realizada).

La explicación de la metodología empleada, así como los resultados de estos trabajos, expresados en forma de perfiles sísmicos, se recogen en el **Anejo 6** (Sísmica de refracción.).

2.3. Ensayos de laboratorio

En tres de las calicatas se ha tomado una muestra alterada (MA) representativa, para ensayar en el laboratorio. En la tabla 3, se puede consultar la calicata, denominación, el tipo de muestra y profundidad a la que se ha obtenido.

Tabla 3: Muestras de suelo obtenidas.

CALICATA	MUESTRA (DENOMINACIÓN)	PROFUNDIDAD (metros)
C-01	C-1 MA-1	0,60 - 1,20
C-02	C-2 MA-1	1,00 - 1,20
C-05	C-5 MA-1	0,90 – 1,10

Con la muestra obtenida en la calicata se han realizado los oportunos ensayos de identificación y caracterización de los materiales. Los ensayos han sido los siguientes:

Tabla 4: Ensayos de laboratorio realizados.

PROPIEDAD	DENOMINACIÓN ENSAYO	NORMA	MUESTRAS ENSAYADAS
Identificación	Granulometría por tamizado	UNE-EN ISO 17892-4:2019	2
	Límite líquido	UNE-EN ISO 17892-12:2019	2
	Límite plástico	UNE-EN ISO 17892-12:2019	2
Contenido químico	Contenido cualitativo de sulfatos	UNE 103202:2019	1
	Contenido en Sales Solubles	UNE 103205:2019	2
	Contenido en Materia Orgánica	UNE 103204:2019	2
Hinchamiento	Hinchamiento libre en edómetro	UNE 103601:1996	1
Agresividad	Baumann-Gully	UNE-EN 16502: 2015	1
Compactación y resistencia	Proctor modificado	UNE 103501 : 1994	2

Los resultados de todos los ensayos de laboratorio, se recogen en el **Anejo 6** (Partes de ensayos).

2.4. Trabajos de gabinete

Finalmente se ha recopilado e interpretado toda la información obtenida, tanto de campo cómo de laboratorio, y se ha elaborado el presente informe.

3. MARCO GEOLÓGICO y GEOTÉCNICO

3.1. Estratigrafía y Tectónica

El área estudiada se encuadra en la hoja 576 (Cabezuela del Valle) del mapa geológico nacional editado por el MAGNA a escala 1:50.000. La situación puede verse en el **Anejo 3** (Mapa geológico). Se trata de una zona de extraordinaria belleza paisajística ubicada en el sector central de la Sierra de Gredos.

La red hidrográfica pertenece casi totalmente a la Cuenca del Tajo. Los pronunciados desniveles dan lugar a bellas y excavadas gargantas (Garganta de Los Infiernos etc.) en las rocas graníticas que descienden desde las cumbres hasta el Jerte.

La Hoja de Cabezuela del Valle está atravesada de SO a NE, por la cabecera del río Jerte, entre Navaconcejo y el Puerto de Tornavacas y su prolongación hacia el Norte en la depresión del Aravalle, entre este último y el núcleo de Canaleja. Incluye la casi totalidad de la denominada sierra del Barco y gran parte de la sierra de Béjar. Se incluye dentro de las provincias de Cáceres, Ávila y Salamanca, destacando por su importancia las localidades de Jerte, Cabezuela del Valle y Tornavacas.

En cuanto a geomorfología, el Sistema Central, donde se enmarca la Hoja, presenta una morfoestructura general constituida por horst y grabens, típicos de una cadena montañosa originada por reactivación tectónica reciente a partir de antiguas fracturas. El trazado de la red hidrográfica, las alineaciones morfológicas relevantes, y la configuración general del relieve, son rasgos adaptados a las directrices estructurales antiguas. También, son de destacar, los berrocales en relación a los granitos de dos micas. Estos, por erosión diferencial, dan tors, debido a la presencia de diaclasas horizontales y verticales

Las fracturas de dirección NE-SO y NO-SE son las que delimitan los grandes bloques, tanto por su extensión, como por su influencia en el relieve.

Desde el punto de vista geológico se encuadra en el Sistema Central (Sector Occidental de la Sierra de Gredos) dentro de la Zona Centro Ibérica del Macizo Ibérico (Julivert et al., 1974).

En el área donde se ubicará la futura balsa de riego, afloran Monzogranitos de edad hercínico. Esta variedad granítica es la más ampliamente representada también en toda la Hoja 576.

De visu, estos monzogranitos responden a una roca porfídica con megacristales de feldespato potásico de tamaño centimétrico, en torno a 4-6 cm. La distribución de los mismos es variable, existiendo afloramientos donde el volumen de estos megacristales puede llegar hasta el 40%, mientras que en otros puntos representan el 10-15% de la roca. La matriz es de grano medio a grueso (3-6 mm) y coloración grisácea en corte fresco, destacando los granos de cuarzo, por lo general, en agregados subredondeados de 5-7 mm, así como las biotitas milimétricas en placas aisladas o formando agregados.

La fábrica mesoscópica de estas rocas es anisótropa y con frecuencia se caracteriza por la orientación de los megacristales, así como por los constituyentes cuarzo-feldespáticos y la biotita de la matriz.

Con cierta frecuencia, presentan enclaves microgranudos centimétricos y metasedimentarios de tamaños métricos a hectométricos e incluso kilométricos.

La composición mineralógica es la siguiente: cuarzo, plagioclasa, feldespatos potásico y biotita, como minerales principales; moscovita, cordierita, sillimanita, apatito, circón y opacos; y, esfena, rutilo sagénítico, clorita, sericita, epidota, óxidos ferruginosos, etc., como productos secundarios o de alteración.

El cuarzo constituye el 20-30% del volumen de estos granitos, y se presenta en cristales de tamaño variable (submilimétrico a milimétrico) de tendencia predominantemente xenomorfa, bien como cristales aislados de carácter intersticial o formando agregados policristalinos subredondeados de tamaño milimétrico

3.2. Hidrogeología

Se ha consultado, a nivel regional, la información elaborada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), en especial la Hoja 44 del mapa hidrogeológico de España (1:200.000). Aquí se refleja que los granitos, predominantes en toda el área de ubicación de la balsa, son de naturaleza impermeable y las posibilidades de encontrar acuíferos importantes son muy bajas. En cualquier caso y debido a la porosidad secundaria de la roca (debida a la fracturación), se puede almacenar agua superficial en épocas de lluvia.

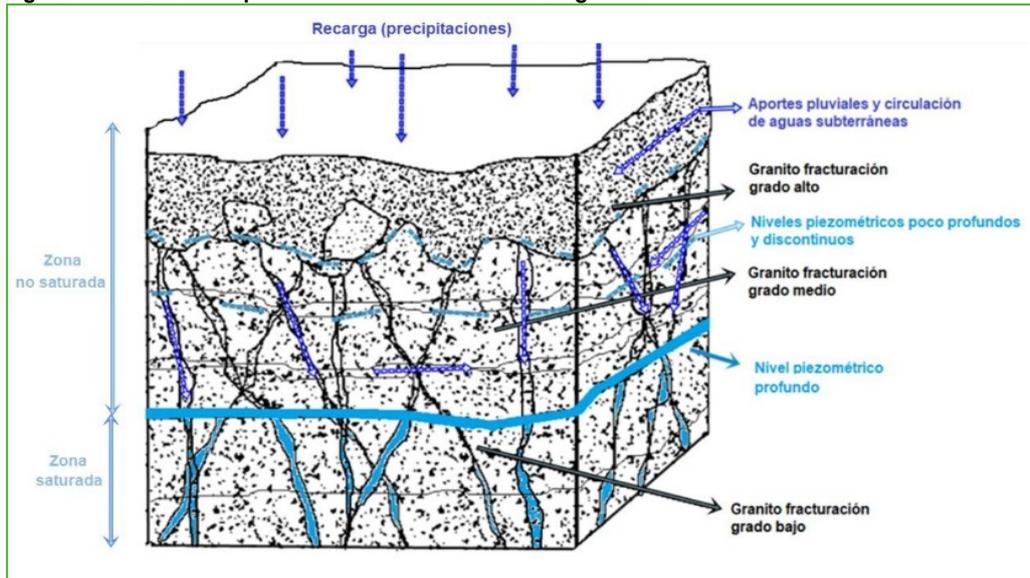
El análisis hidrogeológico de la zona donde se asentará la balsa "Llanás" se ha realizado en base al estudio de los datos bibliográficos existentes sobre las propiedades hidrogeológicas de las litologías predominantes. El grupo litológico que parece en la zona de estudio son los GRANITOS, concretamente monzogranitos.

Las rocas graníticas se caracterizan desde el punto de vista hidrogeológico como rocas "duras", es decir muy compactas, de muy baja permeabilidad primaria, siendo de interés hidrogeológico aquellas que presentan una permeabilidad secundaria desarrollada a través de zonas con mayor fracturación y meteorización.

Este tipo de materiales suelen desarrollar "acuíferos de tipo fisural", en los que las áreas con mayor fracturación constituyen las vías preferentes de circulación de agua, en las que se alcanzan los valores más elevados de conductividad hidráulica a través del macizo. Los patrones fisurales característicos de los macizos graníticos (como litología fundamental y determinante del área de estudio), se definen principalmente por sistemas de fracturas subverticales y subhorizontales. La recarga (infiltración de las precipitaciones) de aguas se produce principalmente a través los sistemas subverticales (zona no saturada), los cuales conectan las zonas más someras del macizo con los niveles más profundos, hasta alcanzar la zona saturada (nivel piezométrico profundo).

Asimismo, los sistemas subverticales podrían a su vez estar interconectados entre sí a través de los sistemas subhorizontales, los cuales además pueden favorecer la infiltración de otros posibles aportes laterales procedentes de masas de aguas subterráneas adyacentes. Acuíferos locales pueden aparecer en materiales graníticos con bandas o sectores de fracturación acusada, que serían permeables por fisuración. El modelo conceptual de un acuífero de tipo fisural en granito se muestra en la Figura 1.

Figura 1: Modelo conceptual de un acuífero fisurado en granito



El flujo subterráneo ocurre principalmente por la interconexión de fisuras en bandas de fractura importantes, como es la Falla de Plasencia, y otras del mismo sistema (NE-SO) presentes a lo largo y ancho de toda la Hoja geológica 576 de Cabezuela del Valle. Este flujo parece implicar un aporte subterráneo de la cuenca del Duero a la del Tajo, que, aunque no demasiado importante, sí puede ser la causa de la peculiar frondosidad de los valles del Jerte, Ambroz, Jaranda, etc. Otros sistemas de fracturación con incidencia en la fisuración, aunque de menor importancia, son de direcciones N 130° E a E-O y aproximadamente N-S.

En relación con todos estos sistemas se encuentran múltiples manantiales que por lo general tienen caudales reducidos. A escala local, en los ensayos realizados en la zona de ubicación de la balsa, no se ha detectado el nivel freático.

La situación del nivel piezométrico profundo puede ser muy variable en este tipo de sistemas, ya que depende de muchos parámetros, como el rumbo y buzamiento de las discontinuidades, la apertura de las discontinuidades, la longitud de traza de las discontinuidades, el número de fracturas por unidad de longitud, la tipología del relleno de las discontinuidades (de existir), etc... Para complementar la ausencia de valores hidráulicos de la conductividad se proponen los siguientes datos bibliográficos que podrían ser utilizados de cara a futuros estudios. (Tabla 5).

Tabla 5: Valores hidráulicos representativos en granito

Propiedades del macizo	Conductividad hidráulica (m/s) Min / Max	Referencia
Granito sano	$4,25 \times 10^{-13} / 2,36 \times 10^{-12}$	California Dept. of Water Resources, 1968
Granito fracturado	$3 \times 10^{-4} / 9 \times 10^{-4}$	Dieulin, A., 1981. Lixiviation in situ d'un gisement d'uranium en milieu granitique.
Granito meteorizado	$3,3 \times 10^{-6} / 5,2 \times 10^{-5}$	Daly, C., 1982. Evaluation of procedures for determining selected aquifer parameters.

3.3. Geotecnia

El área de estudio está constituida por Monzogranitos, recubiertos, a veces por un pequeño nivel de tierra vegetal y por su perfil de alteración (Jabre), lo cual da lugar a la diferenciación de dos niveles geotécnicos con características diferentes:

- **Monzogranito de grado de meteorización 4 (muy meteorizado) y grado de resistencia 1 (Roca muy blanda).** Ver tabla 6 y 7 de resistencia y meteorización de la roca. Perfil de alteración asimilable a unas gravas con bastante arena que puede ofrecer una capacidad portante baja. El tamaño grava se corresponde con los fragmentos de granito mas sanos y menos alterados, que están envueltos en una matriz arenosa de color marrón y tonos amarillentos.
- **Monzogranito de grado de meteorización 3 (moderadamente meteorizada) y grado de resistencia 3 - 4 (Roca moderadamente dura a dura).** Ver tabla 6 y 7 de resistencia y meteorización de la roca. Ofrece una alta capacidad portante. Se trata de la roca granítica más sana, monzogranito de color gris al corte fresco, que se rompe con un golpe firme de martillo. En esta roca es donde se produce el rechazo en los ensayos DPSH realizado. La excavación de las calicatas se hace muy complicada o prácticamente imposible.

Tabla 6: Tabla de resistencia de la roca (ISRM 1981).

Clase	Descripción	Identificación del campo	Valor aproximado de la resistencia a compresión simple	
			Mpa	Ka/cm ²
R ₁	Roca muy blanda	Deleznable bajo golpes del martillo de geólogo, puede rayarse con una navaja. Se talla fácilmente con una navaja	1.0-5.0	10-50
R ₂	Roca blanda	Puede rayarse con dificultad con la navaja, se pueden hacer marcas poco profundas golpeando fuertemente con la punta del martillo	5.0-25	50-250
R ₃	Roca moderadamente dura	No se puede rayar con una navaja la muestra en mano, se puede romper con un golpe firme del martillo de geólogo, al impacto la punta del martillo indenta hasta 5 mm.	25-50	250-500
R ₄	Roca dura	Se necesita más de un golpe con el martillo de geólogo para romper la muestra, especímenes sostenidos en la mano se rompe con un simple golpe de martillo	50-100	500-1000
R ₅	Roca muy dura	Se necesita muchos golpes con el martillo de geólogo para romper la muestra.	100-250	1000-2500
R ₆	Roca extremadamente dura	El martillo produce solamente descarrillado de la muestra, sonido metálico de golpe. Solo saltan esquirlas de roca.	> 250	> 2500

Tabla 7: Tabla de meteorización de la roca (ISRM 1981).

Índice	Termino	Descripción
M ₁	Fresca (sana)	No se observan signos de meteorización en la matriz rocosa, tal vez ligera decoloración sobre las superficies de las discontinuidades principales.
M ₂	Ligeramente Meteorizada	Se observan cambios en el color original de la roca matriz. Es conveniente indicar el grado de cambio. Todo el material rocoso puede estar decolorado por meteorización y puede ser algo más débil externamente que en su condición fresca. Si se observa que el cambio de color se restringe a uno o algunos minerales se debe mencionar
M ₃	Moderadamente Meteorizada	Menos de la mitad del material rocoso esta descompuesto y/o desintegrado en suelo. Roca fresca decolorada esta presente aun, formando un esqueleto discontinuo o como núcleos de roca.
M ₄	Altamente Meteorizada	Más de la mitad de la roca esta descompuesto y/o desintegrado a suelo. La roca se ha alterado al estado de un suelo, manteniéndose la fábrica original formando un esqueleto discontinuo o como núcleos de roca. La roca es friable, pero los granos minerales no están descompuestos.
M ₅	Completamente Meteorizada o descompuesta	La roca se ha alterado al estado de un suelo, alguno o todos los minerales están descompuestos. La estructura original del macizo es aun en gran parte reconocible.
M ₆	Suelo residual	Todo el macizo rocoso se ha transformado en un suelo. Se ha destruido la estructura del macizo y la fábrica del material

4. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

4.1. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

A través de los trabajos de reconocimiento y los ensayos de laboratorio se han podido diferenciar y caracterizar los diferentes niveles que a continuación se detallan, comenzando por los que se encuentran en superficie y continuando hacia zonas más profundas. Se incluye una descripción de los mismos, junto con su acotación y principales parámetros geotécnicos.

4.1.1. TIERRA VEGETAL

- **Descripción**

Arenas limosas de color marrón, con materia orgánica y raíces.

- **Acotación**

El espesor reconocido en está entre 0,20 m y 0,60 m.

Tabla 8: Espesor del nivel de Tierra vegetal.

Ensayo de Reconocimiento	Profundidad techo (m)	Profundidad base (m)	Potencia (m)
C-1	0,00	0,60	0,60
C-2	0,00	0,30	0,30
C-3	0,00	0,50	0,50
C-4	0,00	0,50	0,50
C-5	0,00	0,40	0,40
C-6	0,00	0,20	0,20
P-1	0,00	0,40	0,40
P-2	0,00	0,20	0,20
P-3	0,00	0,40	0,40
P-4	0,00	0,60	0,60

4.1.2. NIVEL I: JABRE (Monzogranito meteorizado)

- **Descripción**

Perfil de alteración de la roca granítica (Monzogranito) infrayacente. Presenta un grado de alteración de completo a muy alterado (Grado V-IV) que da como resultado unas **Gravas arenosas con algo de limo**. Son de color marrón claro. La muestra C-1 M-1, clasifica, según Casagrande, como GM y presenta un pase por el tamiz 0,08 mm de 12,0 % y contenido en arenas del 48 %. La muestra C-5 M-1 clasifica como GW-GM, con un 7,1 % de finos y 30,9 % de arenas. Em ambos casos, aparecen fragmentos superiores a 50 mm de diámetro. Los elementos finos no presentan plasticidad.

Según los ensayos realizados, se ha observado un espesor variable entre 0,40 m y 1,10 m.

- **Acotación:**

Según los ensayos realizados, se ha observado un espesor variable entre 0,40 m y 1,10 m.

Tabla 9: Espesor de nivel I.

Ensayo de Reconocimiento	Profundidad techo (m)	Profundidad base (m)	Potencia (m)
C-1	0,60	1,20	0,60
C-2	0,30	1,40	1,10
C-3	0,50	0,90	0,40
C-4	0,50	1,30	0,80
C-5	0,40	1,30	0,90
C-6	0,20	1,20	1,00
P-1	0,40	0,80	0,40
P-2	0,20	0,60	0,40
P-3	0,40	1,20	0,80
P-4	0,60	1,00	0,40
PS-1	0,00*	1,00 – 1,50	1,00 – 1,50
PS-2	0,00*	1,50	1,50

*El espesor de tierra vegetal no se diferencia en estos perfiles.

- **Caracterización geotécnica**

A efectos de cálculo se considera este nivel como suelo granular, con una compacidad de media a muy densa (ver tabla 10) según se deduce del golpeo de los ensayos de penetración realizados. En cuanto a la capacidad portante, se puede considerar media en todo su espesor.

Según el ensayo de hinchamiento libre, realizado sobre la muestra remoldeada de C-5 M-1, este nivel no presenta expansividad. No se ha detectado la presencia de sulfatos.

Presenta una buena excavabilidad (Ripado fácil) en todo su espesor, con valores de velocidad de propagación de onda sísmica <1.300 m/s, según los perfiles sísmicos realizados. En el perfil sísmico PS-1 este nivel, aparece de forma localizada con un espesor entre 1,00 m y 1,50 m y en el perfil PS-2, se observa prácticamente a lo largo de toda la línea con un espesor medio de 1,50 m.

En la tabla 11, se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio.

Tabla 10: Compacidad y consistencia en suelos granulares y cohesivos (Terzaghi & Peck).

Suelos GRANULARES		Suelos COHESIVOS	
Nº. Golpes/20 cm	COMPACIDAD	Nº. Golpes/20 cm	CONSISTENCIA
0 – 4	Muy floja	0 – 3	Muy blanda
4 – 10	Floja	4 – 7	Blanda
11 – 30	Media	8 – 13	Media
31 – 50	Densa	14 – 27	Firme
>50	Muy Densa	>28	Muy firme - Dura

Tabla 11: Parámetros geotécnicos de la muestra obtenida del nivel I.

Parámetros/Muestras	C-1 M-1	C-2 M-1	C-5 M-1
Límite Líquido	N.P		N.P
Índice de Plasticidad	N.P.		N.P.
% pasa tamiz 20 mm	64		49
% pasa tamiz 2 mm	32		29
% pasa tamiz 0,40 mm	15		21
% pasa tamiz 0,080 mm	12,0		7,1
Clasificación (USCS)	GM		GW-GM
Hinchamiento Libre (%)			0
Proctor modificado DENSIDAD máxima(gr/cm ³) / HUMEDAD óptima (%)	2,00 / 9,80		2,00 / 10,2
Contenido en Sulfatos	No contiene		
Contenido en sales solubles (%)		0,02	0,05
Contenido en materia orgánica (%)		0,12	0,12
Baumann-Gully(ml/kg)	5		
Clasificación PG-3	SELECCIONADO		SELECCIONADO

De forma conservadora, se pueden considerar los parámetros resistentes para este nivel de suelo clasificado como GM, siendo la cohesión efectiva $c' = 20$ KPa y ángulo de rozamiento efectivo $\phi' = 35^\circ$

4.1.3. NIVEL II: ROCA GRANÍTICA (Moderadamente meteorizada).

- Descripción:**

Monzogranito moderadamente meteorizado (Grado III). El tamaño de grano es medio-groeso con megacristales de feldespato y dos micas (Biotita y moscovita). La tonalidad es grisácea en el corte fresco. A efectos de cálculo este nivel se considera como **roca dura** con un valor aproximado de resistencia a la compresión simple entre 50 y 100 MPa (Ver tabla 6 y 7 de clasificación de rocas según meteorización y resistencia).

La roca rompe con varios golpes moderados de martillo y cuando se alcanza el techo de este nivel se produce el rechazo en los ensayos de penetración realizado. La excavabilidad es nula con máquinas excavadoras convencionales, siendo necesario el empleo de ripper o métodos de voladura.

- **Acotación**

Se ha reconocido una vez superado el nivel I, correspondiente al perfil de alteración (Jabre), y según los ensayos realizados, puede aparecer a una profundidad variable entre 0,60 m. (en el ensayo DPSH P-2) y -1,40 m. (en la calicata C-2). De forma puntual, se ha observado este nivel aflorando en superficie, o directamente bajo un pequeño desarrollo de tierra vegetal.

Tabla 12: Espesor reconocido de Nivel II

Ensayo	Profundidad techo (m)	Profundidad base (m)	Potencia (m)
C-1	1,20	--	--
C-2	1,40	--	--
C-3	0,90	--	--
C-4	1,30	--	--
C-5	1,30	--	--
C-6	1,20	--	--
P-1	0,80	--	--
P-2	0,60	--	--
P-3	1,20	--	--
P-4	1,00	--	--

- **Caracterización geotécnica**

Nivel de **roca** que ofrece una **capacidad portante alta** desde su comienzo. La profundidad de aparición está entre 0,60 y 1,40 m. La resistencia a compresión simple estimada para una roca dura oscila entre 50 Mpa y 100 Mpa.

Se pueden considerar, para este tipo de roca granítica, los parámetros resistentes conservadores de cohesión efectiva $c' > 100$ Kpa y ángulo de rozamiento efectivo $\phi' > 45^\circ$ (Ingeniería Geológica: Luis I Gonzalez de Vallejo. 2002)

Según el perfil de sísmica de refracción PS-1, se observa el nivel de roca no ripable ($V_p > 1900$ m/s) aflorando prácticamente a lo largo de todo el perfil. En el perfil PS-2, en función de su grado de alteración y fracturación, la roca presenta, de forma general, un primer tramo, por debajo del nivel I de Jabre, con un espesor de 1,00 m, donde el ripado se considera de fácil a normal, con velocidad de propagación de ondas sísmicas, comprendida entre 1.300 m/s y 1.900 m/s. Una vez superado este primer tramo la roca se considera no ripable ($V_p > 1900$ m/s).

En la tabla 13, se puede consultar para cada uno de los perfiles realizados, la cota a la que aparece la roca no ripable. ($V_p > 1.900$ m/s).

Tabla 13: Cota de roca no ripable

Perfil	Cota (msnm)
PS-1	1.110 a 1.116
PS-2	1.108 a 1.125

4.2. NIVEL FREÁTICO

No se ha detectado el nivel freático en ninguno de los ensayos realizados.

Tabla 14: Acotación del Nivel Freático

Reconocimiento	Profundidad (m)	Reconocimiento	Profundidad (m)
C-1	No detectado	C-3	No detectado
C-2	No detectado	C-4	No detectado
C-5	No detectado	C-6	No detectado

4.3. CONDICIONANTES GEOTÉCNICOS

- En superficie encontramos una capa de tierra vegetal con un espesor entre **0,20 m y 0,60 m**.
- Por debajo, aparece un **suelo granular** formado por unas **gravas arenosas (Jabre) (Nivel I)** producto de la alteración de la roca Monzogranito infrayacente. Se ha observado un espesor variable de 0,40 m a 1,10 m. **Este nivel es excavable** con valores de velocidad de propagación de onda sísmica <1.300 m/s. Ofrece una **capacidad portante media** en todo su espesor, con golpes en los ensayos de penetración (N_{20}) superiores a 15 golpes, que aumentan rápidamente con la profundidad.
- Una vez superado este nivel de alteración, aparece la **Roca granítica moderadamente meteorizada (Nivel II)**. La cota de aparición varía entre -0,60 m. y -1,40 m. A efectos de cálculo se considera como una **roca dura** con un valor aproximado de resistencia a la compresión simple entre 50 y 100 MPa. **Esta roca puede ofrecer una alta capacidad portante desde su inicio.**
- **Las excavaciones previstas se podrán realizar con máquina excavadoras convencionales para el nivel de Terra vegetal y Jabre (Nivel I). Una vez se alcance el nivel de Roca Granítica (Nivel II) será necesario el empleo de rippers, en un primer tramo de aproximadamente 1 m de espesor (V_p 1.300 m/s - 1.900 m/s). En algunos puntos, la roca no ripable, se encuentra inmediatamente por debajo del nivel I de Jabre, por lo que, una vez superado este nivel, el terreno no es ripable (V_p >1900 m/s).**
- **Los taludes en roca previstos 1H / 1V son estables.**
- **El nivel freático no ha sido detectado en ninguno de los ensayos realizados.**
- El terreno **no presenta expansividad**, según el ensayo de hinchamiento libre, realizado sobre la muestra remoldeada de C-5 M-1.
- **No se han detectado sulfatos** en el ensayo realizado sobre la muestra C-1 M-1.

4.4. ESTUDIO DE LAS CIMENTACIONES

Atendiendo a las recomendaciones del Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas publicado por el Ministerio de medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2010) la cimentación del dique de cierre no debe hacerse sobre suelos que tengan un valor inferior a 10 en el golpeo de los ensayos de penetración dinámica.

Como se ha indicado anteriormente, en el terreno pueden aparecer dos niveles geotécnicos, el nivel de Jabre (Nivel I) y el nivel de Roca granítica (Nivel II). A tenor de los ensayos de penetración DPSH realizados, el nivel de jabre presenta golpes superiores a 10 en todo su espesor, una vez eliminada la tierra vegetal. Por tanto, una vez eliminado el espesor de tierra vegetal, se puede realizar el apoyo directamente, bien sea en jabre o en roca, ya que ambos niveles pueden ofrecer capacidad portante suficiente.

- **Para el nivel de jabre (Nivel I) la capacidad de carga a partir de -0,80 m de profundidad para cimentaciones extensas es de 2,70 Kg/cm², produciéndose unos asentamientos estimados de 0,0118 m.**
- **En el caso de la Roca (Nivel II) puede presentar una capacidad de carga desde su inicio de 5,00 Kg/cm². En este caso los asentamientos producidos serán despreciables.**

En el **Anejo 8** se pueden consultar los cálculos realizados.

5. AGRESIVIDAD. TIPO DE AMBIENTE

El Código Estructural (CE) aprobado en el Real Decreto 470/2021, define en su Artículo 27 las clases de exposición relativas al hormigón estructural, en función de lo recogido en la tabla 27.1.a. "Clases de exposición relativas al hormigón estructural".

Para la definición del tipo de ambiente a que está expuesta la cimentación, se han realizado los ensayos que a continuación se detallan, con expresión de procedencia de muestras y resultados:

Tabla 14: Contenido en sulfatos de las muestras ensayadas.

LOCALIZACIÓN MUESTRA	Contenido en Sulfatos (mg/Kg)	Baumann-Gully (ml/Kg)
C-1 M-1 (0,60 – 1,20 m.)	No contiene	5

Con estos valores se definen la clase general de exposición y el tipo de ambiente:

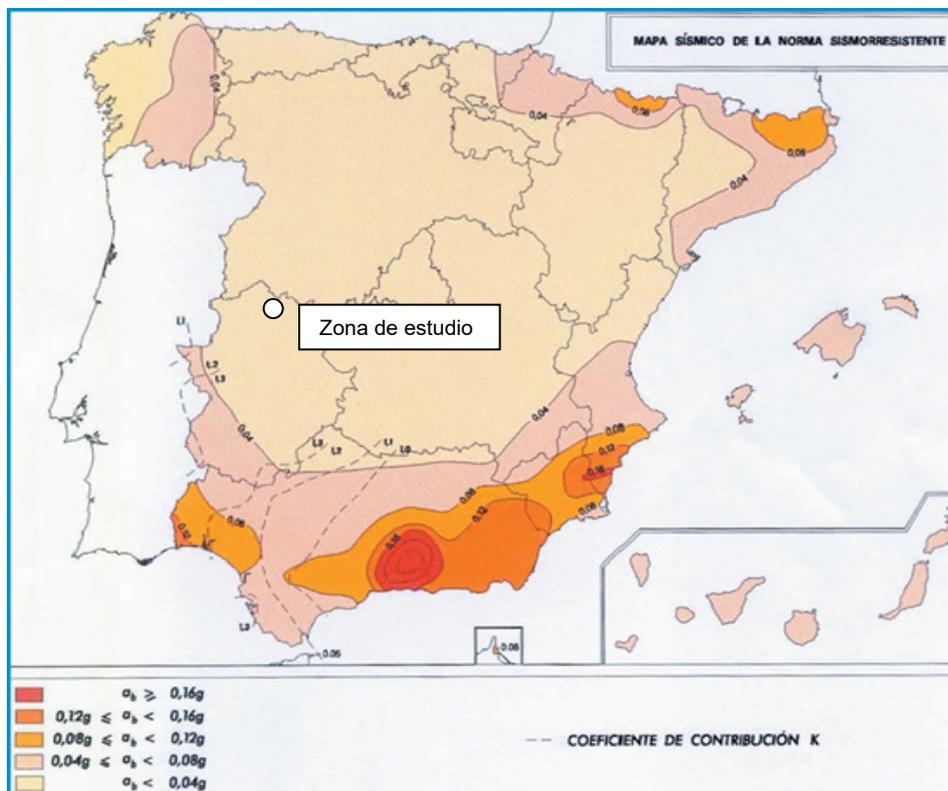
Tabla 15: Clases generales de exposición del hormigón y tipo de ambiente según el Código Estructural.

Designación	Descripción del entorno	Subclase
XC2	Corrosión inducida por carbonatación	Húmedo, raramente seco
Tipo de cemento para los hormigones de cimentación:	ORDINARIO	
	Según el artículo 43.3.4.1. del Código Estructural: "En el caso de elementos estructurales expuestos a ambientes con presencia de iones sulfato cuyos contenidos sean igual o mayor que 600 mg/l en el caso de aguas, o igual o mayor que 3.000 mg/kg , en el caso de suelos, el cemento deberá poseer la característica adicional de resistencia a los sulfatos, según la vigente instrucción para la recepción de cementos".	

6. GRADO DE SISMICIDAD DE LA ZONA

El análisis de las acciones sísmicas a tener en cuenta dentro del área de estudio se llevará a cabo de acuerdo con las consideraciones indicadas en la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, de aplicación para todo el territorio nacional. Estas normas definen una zonificación del territorio nacional (Figura 2) según el grado de peligrosidad sísmica, expresado en relación al valor de la gravedad, g , la aceleración sísmica básica, a_b , (valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno) y el coeficiente de contribución K , que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

Figura 2: Mapa de peligrosidad sísmica



Según este mapa, la zona de estudio se encuentra en el sector de Peligrosidad Sísmica Baja: Se trata de la zona de la Península Ibérica con un valor de la aceleración **básica menor de 0,04 veces el valor de la gravedad, ($a_b < 0,04g$)**. Esto se puede correlacionar con una intensidad de sismo inferior a grado VI, según la Escala Macrosísmica Internacional (MSK). Geográficamente concuerda con la zona Centro y Norte, Extremadura, Aragón y Cataluña excepto Pirineos y Cordillera Litoral.

7. UTILIZACIÓN DE MATERIALES. CLASIFICACIÓN PG-3.

Empleando la clasificación del PG-3 (Art. 330.3.3), se clasifican los materiales de acuerdo a los resultados de los ensayos de laboratorio realizados sobre la muestra obtenida en la calicata Jabre (Nivel I).

Se tiene previsto realizar un movimiento de tierras 162.673 m³ en desmonte y 16.103 m³ de terraplén.

Para la puesta en obra de los materiales excavados en el dique de cierre, se han ensayado las muestras de Jabre obtenidas en la calicata C-1 (entre 0,60 m. y 1,20 m. de profundidad) y en la calicata C-5 (entre 0,90 y 1,10 m.). Los resultados de los ensayos, se recogen en el anejo 7 de este informe.

Tabla 16: Clasificación según PG-3

Ensayo	Tipo de suelo	Clasificación PG-3	Utilización
C-1	GM	SELECCIONADO	CIMIENTO, NUCLEO Y CORONACIÓN
C-5	GW-GM	SELECCIONADO	CIMIENTO, NUCLEO Y CORONACIÓN

Ambas muestras ensayadas se corresponden suelos clasificado como **SELECCIONADO** con un pase por tamiz 0,40 mm de 15% en C-1 M-1 y un 21% en C-5 M-1.

Presentan un coeficiente de uniformidad (D60 / D10) de 189 y 221, muy superior al mínimo de 2 indicado en el Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas del Ministerio de medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2010).

La capa de tierra vegetal, de espesor entre 0,20 y 0,60 m. no se debe utilizar en ningún tipo de relleno y siempre debe ser eliminada y llevada a vertedero.

Una vez superado el nivel de jabre, que se extiende hasta una profundidad comprendida entre -0,40 y -1,10 m., aparece la roca granítica moderadamente meteorizada. Como se ha indicado anteriormente, esta roca no es excavable con maquinaria convencional. Para conseguir una granulometría adecuada para su utilización como rellenos, se debe tratar previamente mediante machaqueo.

8. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD.

8.1. DESCRIPCION DE LA BALSA Y PARAMETROS DE CÁLCULO

La tipología de balsa a construir es de materiales sueltos, impermeabilizada con geomenbrana PEAD de 2 mm. La planta del vaso será de forma ovalada irregular adaptada al terreno. La altura máxima del vaso será de 6,7 m. La balsa tendrá una altura de 13,287 m y los taludes, interiores y exteriores del dique, así como el exterior de desmonte, tendrán una inclinación 2H / 1V. El volumen a nivel máximo normal será de 65.326 m³. La anchura en coronación de la balsa está prevista que sea de unos 4 m.

El terreno natural está constituido por un suelo granular formado por unas gravas arenosas (Jabre) (Nivel I) producto de la alteración de la roca infrayacente. Se ha observado un espesor variable de 0,40 m a 1,10 m. Este Nivel I ofrece una capacidad portante media en prácticamente todo su espesor, con golpes en el ensayo de penetración (N₂₀) superiores a 15 en toda su profundidad.

Una vez superado este nivel de alteración, aparece la Roca granítica moderadamente meteorizada (Nivel II). La cota de aparición varía en función del espesor del perfil de alteración. En los ensayos realizados se ha detectado a profundidades variables entre -0,60 y - 1,40 m. Se trata de una roca dura con un valor aproximado de resistencia a la compresión simple entre 50 y 100 MPa. Esta roca puede ofrecer una alta capacidad portante desde su inicio.

El diseño previo de la balsa contempla taludes de excavación del terreno natural (Nivel I de Jabre y nivel II de Roca granítica). Los taludes previstos de pendiente 1H / 1V, se consideran estables, de forma conservadora, siguiendo los criterios de Jimenez Salas en su libro Geotecnia y Cimientos vol. II (1971), que considera un ángulo crítico de entre 42° y 46, 5° para taludes graníticos de gran altura.

Los terraplenes de los diques perimetrales se construirán con material procedente de las propias excavaciones (clasificados de forma general como GW - GM). En general estos diques estarán formados por unas gravas arenosas, correspondientes al jabre compactado.

En la tabla siguiente (tabla 17), se presentan los parámetros resistentes de cohesión y ángulo de rozamiento efectivos, característicos de cada nivel geotécnico diferenciado (Niveles I y II del terreno natural), y del material granular que será utilizado para la construcción del dique (procedente del nivel I o de machaqueo de la roca) y clasificado como GW-GM. Estos valores son conservadores.

Tabla 17: Características resistentes de los materiales

Material	c` (Kpa)	$\phi`$ (°)	Peso específico (KN/m ³)
Dique	20	35	20
Nivel I (Jabre)	10	35	20
Nivel II (Granito)	100	45	20
Lámina impermeable	0	10	10

Las

características constructivas de los taludes del dique se pueden consultar en la tabla 18.

Tabla 18: Características de los taludes

Situación del talud.	Tipo de talud	Altura talud (m)	Clasificación USCS
Interior dique	2H / 1V	6,7	GM
Exterior dique	2H / 1V	13,3	GM

8.2. HIPÓTESIS Y PROCESO DE CÁLCULO

Para los cálculos de estabilidad se ha escogido la sección más desfavorable del dique (la de mayor altura y mayor inclinación del terreno natural). La situación en planta del perfil, se puede ver en la Figura 1 del Anejo 9 del presente informe. Los cálculos se han realizado teniendo en cuenta los 4 supuestos recogidos en el Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas del Ministerio de medio Ambiente y medio Rural y Marino (2010):

- 1- Final de construcción con la balsa vacía.
- 2- Balsa llena con elemento de impermeabilización externo.
- 3- Rotura del elemento de impermeabilización externo (línea piezométrica en el cuerpo del dique).
- 4- Desembalse rápido después de la rotura del elemento de impermeabilización externo.

Todos los taludes exteriores en relleno se han diseñado con la misma inclinación, 2(H):1(V). Los taludes interiores se han diseñado también con pendiente 2(H):1(V) y está previsto que se construyan con el mismo material. **Además, como hipótesis conservadora, se ha supuesto que la lámina de agua estará 1 m por debajo de la coronación del dique (Resguardo).**

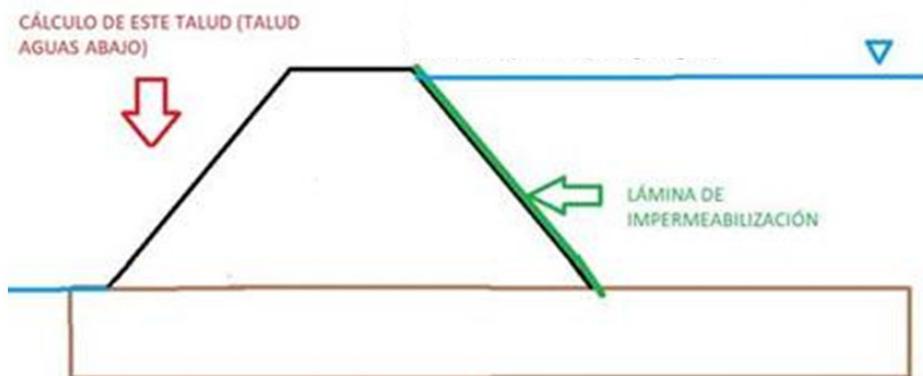
El terreno sobre el que se apoyará el dique estará constituido por un granito meteorizado que produce unas gravas arenosas. **De manera conservadora, el espesor de granito meteorizado tomado para la realización de los cálculos, ha sido el máximo reconocido, que se corresponde con 2,00 m.**

Los cálculos se han realizado teniendo en cuenta los 4 supuestos recogidos en el Manual para el Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas del Ministerio de medio Ambiente y medio Rural y Marino (2010):

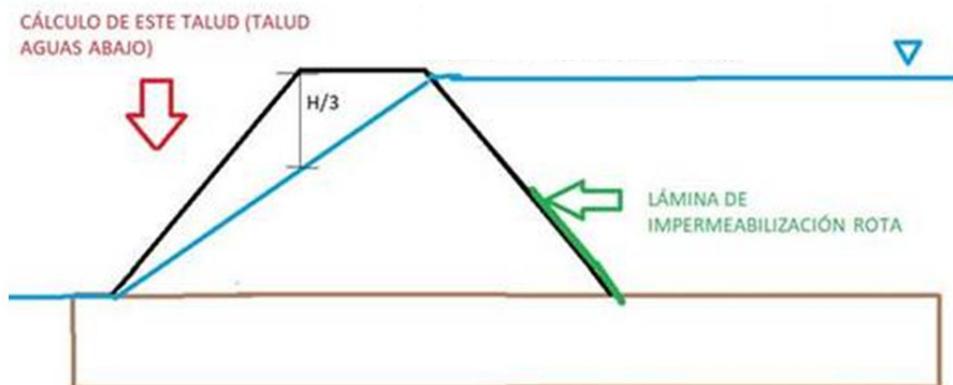
1- Final de construcción con la balsa vacía. El FoS a cumplir tiene que ser > 1,3



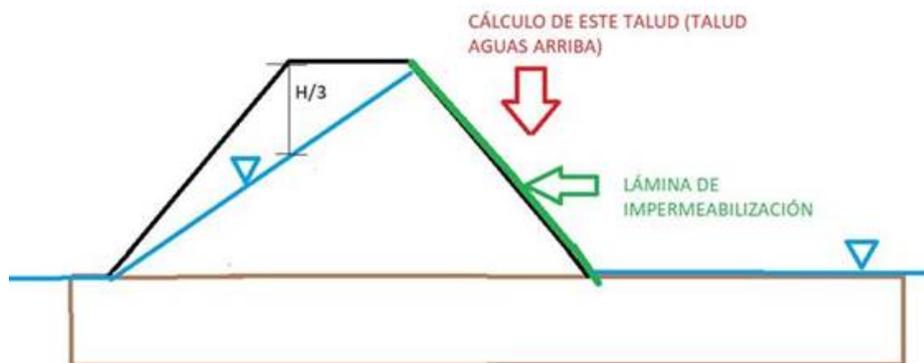
2- Balsa llena con elemento de impermeabilización externo. El FoS a cumplir tiene que ser > 1,5



3- Rotura del elemento de impermeabilización externo (línea piezométrica en el cuerpo del dique). El FoS a cumplir tiene que ser > 1,3



4- Desembalse rápido después de la rotura del elemento de impermeabilización externo. El FoS a cumplir tiene que ser $> 1,1$



Con estas hipótesis, se ha utilizado el programa SLIDE2. El método de cálculo utilizado ha sido el de Bishop Simplificado, analizando numerosas superficies de rotura potenciales, tanto circulares como compuestas por tramos rectos. **Al tratarse de la zona de la Península Ibérica con un valor de la aceleración básica menor de 0,04 veces el valor de la gravedad, ($ab < 0,04g$), no se han realizado cálculos pseudoestáticos.**

8.3. RESULTADOS

Los Perfiles de cálculo de estabilidad, las hipótesis consideradas, y los resultados relevantes se presentan en las Figuras 2 a 5 del Anejo 9.

Tras examinar las numerosas superficies potenciales de rotura, se ha comprobado que las de menor factor de seguridad se producen a través del cuerpo del dique, y en las cercanías del talud interior. Tan solo para la hipótesis de Rotura del elemento de impermeabilización externo, la rotura se produce afectando al terreno natural a través del nivel de jabre. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos en los cálculos de estabilidad junto con los valores exigidos.

Tabla 19: Factores de seguridad

Material	F.S. mínimo requerido	F.S. de Proyecto
Final de construcción con balsa vacía	1,3	4,45
Balsa llena con elemento de impermeabilización externo	1,5	1,53
Rotura del elemento de impermeabilización externo	1,3	1,79
Desembalse rápido	1,1	3,31

El factor de seguridad mínimo es de 1,53, obtenido para la hipótesis de balsa llena con elemento de impermeabilización externo, con nivel piezométrico superficial. En cualquier caso, los factores de seguridad calculados muestran cierto margen de seguridad, aun adoptando hipótesis bastante conservadoras.

9. CONCLUSIONES

De acuerdo con todos los datos obtenidos y calculados, se exponen las siguientes recomendaciones:

- **Cargas admisibles y asientos estimados:** La capacidad de carga del terreno para cimentaciones extensas puede ser del orden:
 - **Nivel de Jabre:** 2,70 kg/cm² y asientos de 0,0118 m.
 - **Nivel de Roca:** 5,00 kg/cm² asientos depreciables.
- **Cota de apoyo:** La cimentación de los diques y de otros elementos estructurales se realizará a -0,80 m en el caso del Nivel I (Jabre) o a cota de aparición del Nivel II (Roca).
- **Excavabilidad:** Las excavaciones previstas se podrán realizar con máquina excavadoras convencionales para los niveles de Tierra vegetal y Jabre (Nivel I). La tierra vegetal presenta un espesor entre 0,20 y 0,60 m. El nivel de Jabre, presenta una potencia máxima observada de 1,40 m. Por debajo del nivel de Jabre, aparece el Nivel II de roca granítica. **Según el estudio sísmico realizado, en algunos puntos, existe un tramo de 1 m de espesor, donde será necesario el empleo de rippers. En otros puntos, una vez eliminado el nivel I de Jabre, la roca granítica (nivel II) no es ripable.**
- **Nivel freático:** Durante la ejecución de las calicatas, no se cortado el nivel freático.
- **Agresividad:** Según los ensayos realizados el terreno no presenta agresividad.
- **Sismicidad:** la zona de estudio se encuentra en el sector de Peligrosidad Sísmica Baja. Se trata de la zona de la Península Ibérica con un valor de la aceleración **básica menor de 0,04 veces el valor de la gravedad, (ab < 0,04g).**
- **Utilización de materiales:** El nivel de Jabre (Nivel I), que se extiende hasta los 0,60 m. – 1,40 m. de profundidad, se clasifica como SELECCIONADO, siendo apto para su uso como cimiento, núcleo y coronación del dique. El nivel de roca (Nivel II) se debe tratar mediante machaqueo para la obtención de la granulometría adecuada.
- **Estabilidad de Taludes:** En cuanto al dique, se considera que la tipología prevista 2H / 1V cumple con los criterios de estabilidad adecuados. Se pueden considerar, de forma conservadora, los siguientes parámetros resistentes efectivos de cohesión y ángulo de rozamiento:
 - **Nivel de Jabre:** $c' = 10 \text{ KPa}$ y $\phi' = 35^\circ$.
 - **Nivel de Roca:** $c' = >100 \text{ KPa}$ y $\phi' >45^\circ$.
 - **Material granular para la construcción del dique (GW – GM):** $c' = 20 \text{ KPa}$ y $\phi' = 35^\circ$.

En cuanto a los taludes en roca previstos de pendiente 1H / 1V, se consideran estables, de forma conservadora, siguiendo los criterios de Jimenez Salas en su libro Geotecnia y Cimientos vol. II (1971), que considera un ángulo crítico de entre 42° y 46, 5° para taludes graníticos de gran altura.

Todas las consideraciones recogidas en este informe han sido obtenidas a partir de ensayos puntuales, cuyos resultados se han extrapolado al resto del área de ubicación de la balsa en las actuales condiciones del terreno. No obstante, no se descarta la posibilidad que aparezcan zonas con diferentes características a las indicadas, bien debidas a la heterogeneidad del terreno, a la existencia de fallos localizados por debajo de la cota de rechazo de los penetrómetros, o a alteraciones posteriores por rellenos o excavaciones efectuadas antes de los trabajos propios de la obra. Así mismo se comprobará durante la ejecución de las excavaciones para la cimentación, que el terreno afectado corresponde al definido en este estudio.

EL PRESENTE INFORME CONSTA DE 25 PAGINAS NUMERADAS, MAS LOS ANEJOS CORRESPONDIENTES Y LA PORTADA

Badajoz, fecha de firma electrónica

Fdo.: Gonzalo Manso Vera
(GEOLOGO col. 6227)

Fdo.: Raúl Martínez Fernández
(GEOLOGO col. 5042)

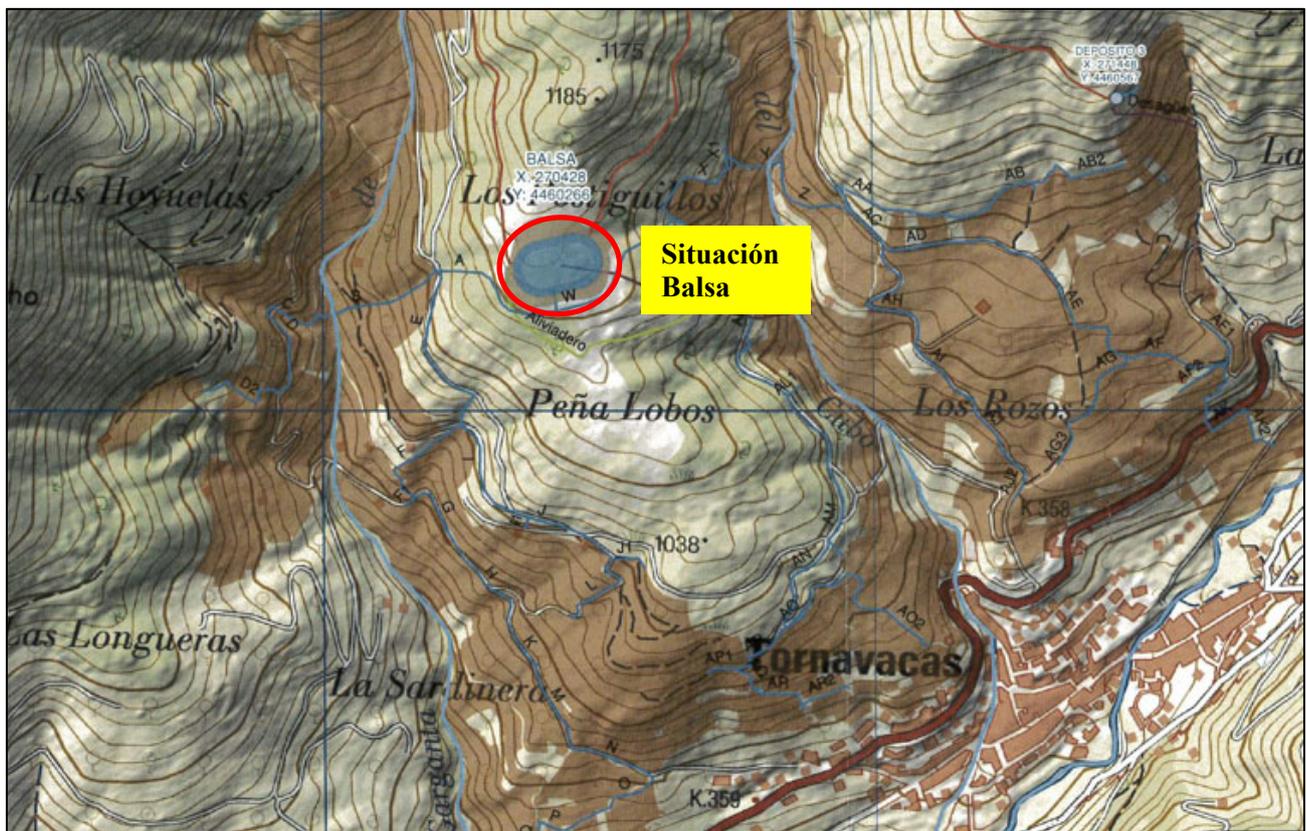
ANEJOS

1. Plano de Situación

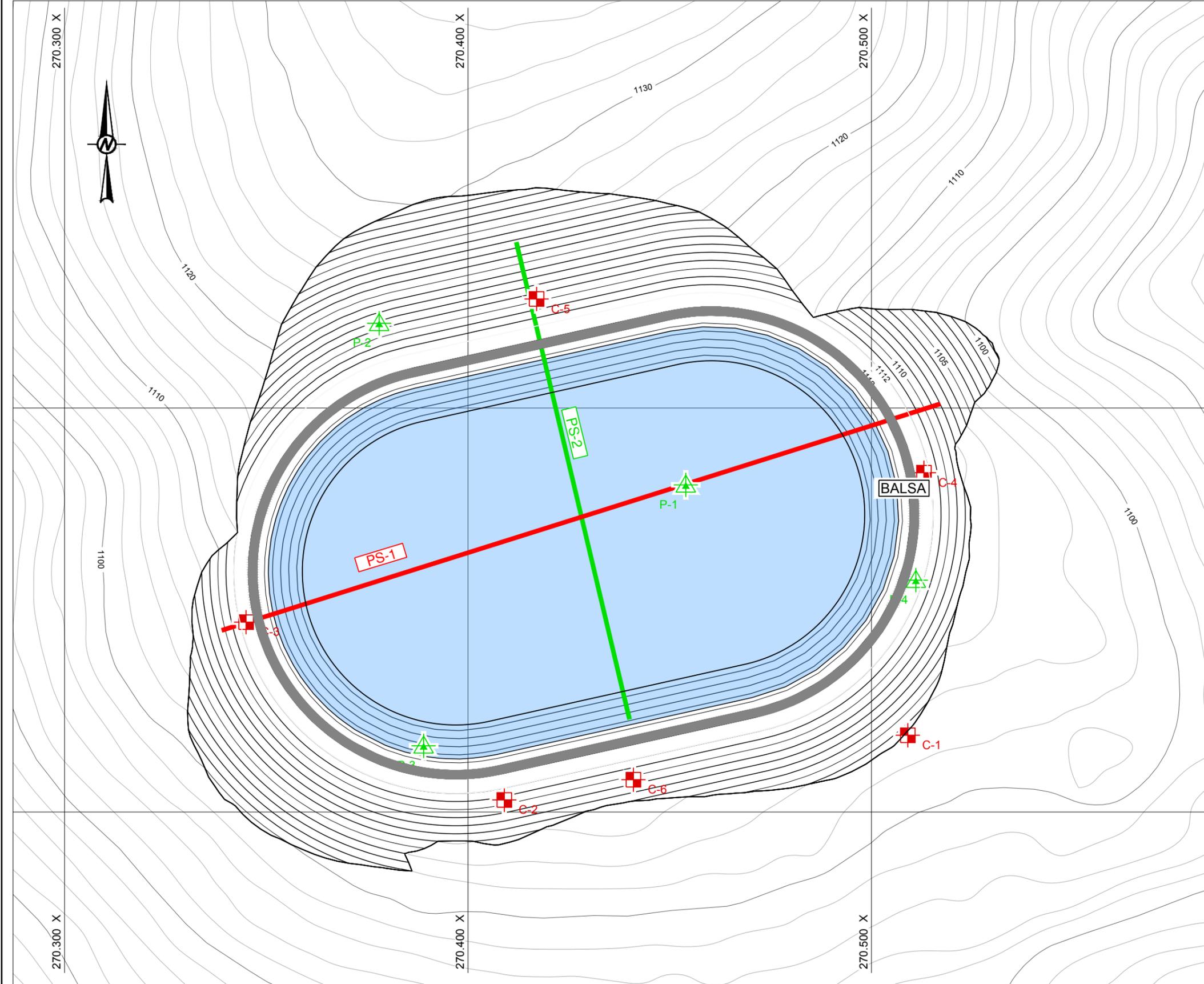
OBRA: BALSA DE RIEGO "LLANÁS" EN EL T.M. DE TORNAVACAS.

PETICIONARIO: TRAGSATEC S.A.

SITUACIÓN DE LA BALSA



2. Planta con Investigación Realizada



LEYENDA

-  C-1 Calicata
-  P-2 Penetrómetro
-  Perfil sísmico

REFERENCIAS

- Coordenadas proyeccion UTM, sistema de referencia ETRS89 Huso 29.
- Base topográfica facilitada por el cliente en noviembre 2022.



PLANTA CON INVESTIGACIÓN REALIZADA

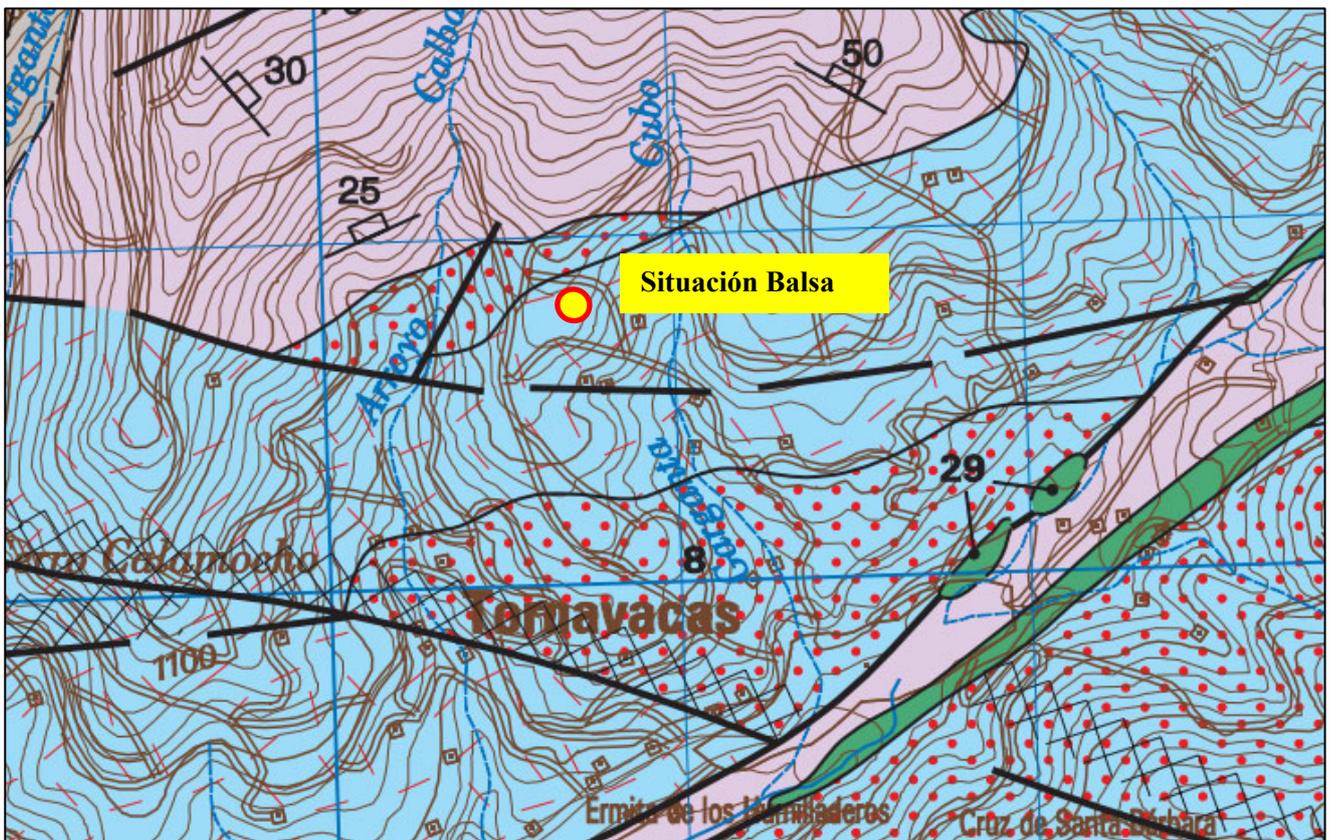
FIGURA 1

3. Mapa geológico

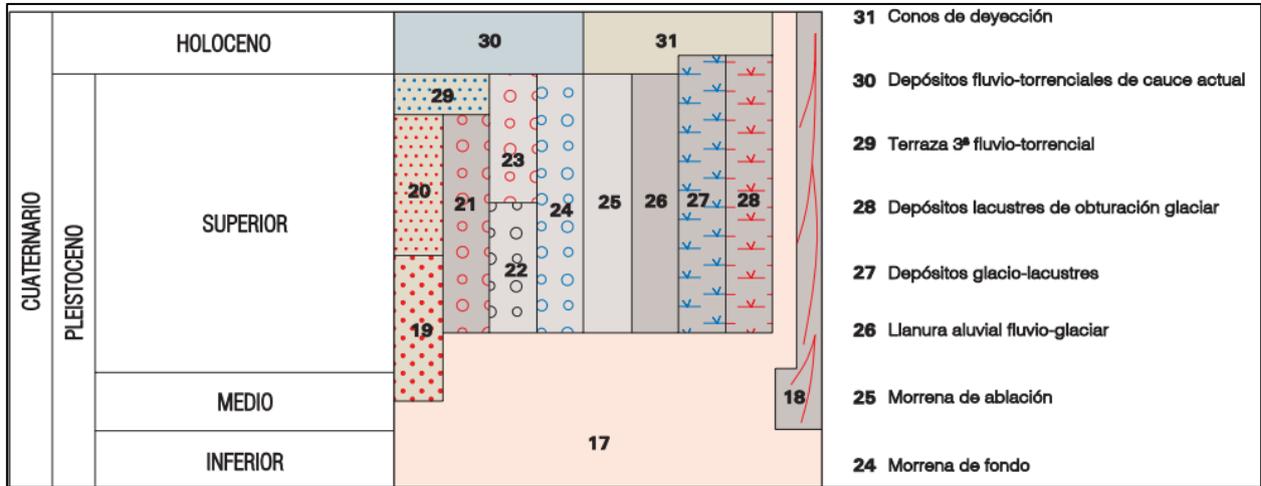
OBRA: BALSA DE RIEGO "LLANÁS" EN EL T.M. DE TORNAVACAS.

PETICIONARIO: TRAGSATEC S.A.

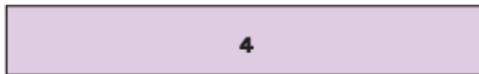
MAPA GEOLÓGICO



LEYENDA



**GRANITOS ANATÉCTICOS
AUTÓCTONOS O PARAUTÓCTONOS**



- 14 Leucogranito moscovítico de grano fino
- 13 Leucogranito mosc±biot. de grano medio-grueso
- 12 Granito biot.-mosc. de grano medio
- 11 Granito biot.-mosc. de grano grueso
- 10 Monzogranitos y/o granodioritas biotíficas porfídicas de grano medio-grueso
- 9 Monzogranito biot.± moscovita de grano medio**
- 8 Monzogranito y granod. biot. porfídicos de grano med.-grueso con ± mosc. ± cord. y ± sillim.
- 7 Monzogranito y granodiorita heterogénea biot. de grano med. con abundante cord. y ± sillim.
- 6 Leucogranito biot.-mosc. de grano medio con ± cordierita y ± sillimanita
- 5 Leucogranito de grano fino-medio mosc.± biot. con nódulos de cordierita y ± andalucita

**ROCAS FILONIANAS
POST - HERCÍNICAS**



- 4 Complejo de granitos inhomogéneos y migmatitas con restos de metasedimentos
- 3 Diabasas piroxénico-anfibólicas

4. Registro de Calicatas

CALICATA

COORDENADAS U.T.M.:

X:	270.509
Y:	4.460.219
Z:	Superficie terreno

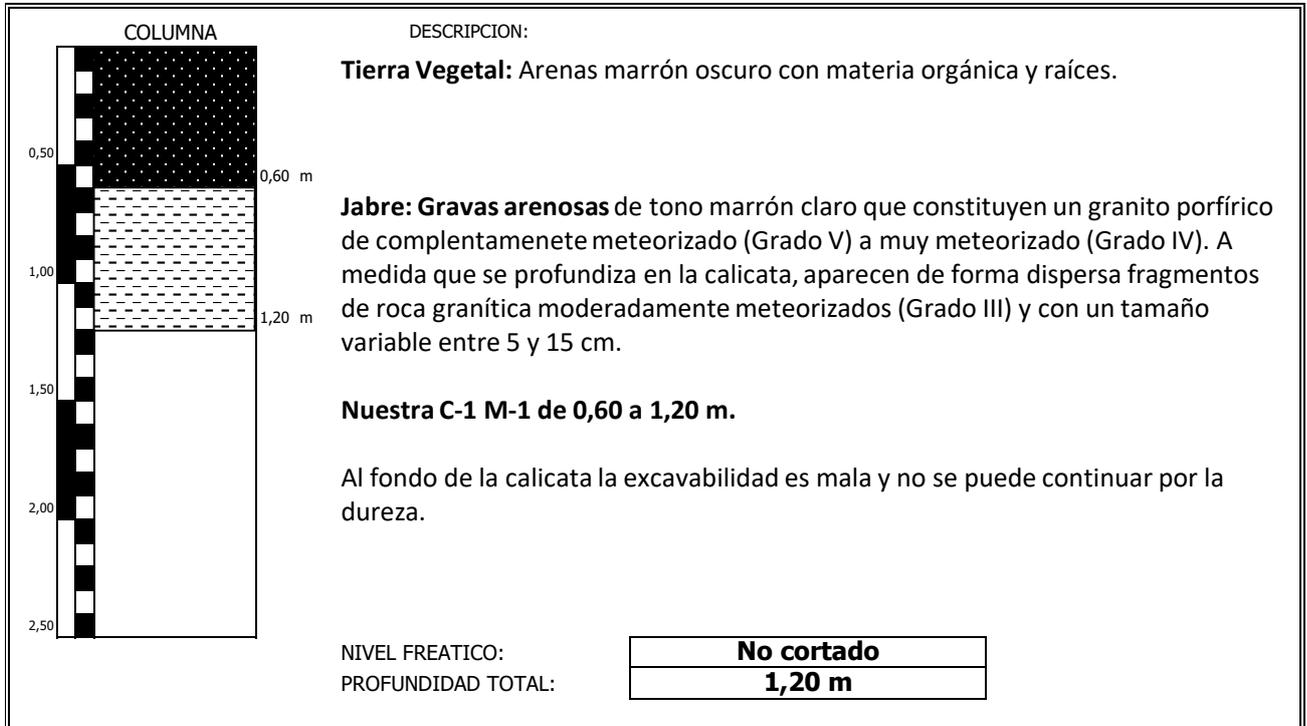
Nº REG.: 22/0204

OBRA: **BALSA DE RIEGO "LLANÁS" EN T.M. DE TORNAVACAS.**

PETICIONARIO: **TRAGSATEC S.A.**

FECHA: **21/05/2022**

CALICATA: **C-1**



FOTOGRAFÍAS



Badajoz , a fecha de firma electrónica

Fdo.: Raúl Martínez Fernández

CALICATA

COORDENADAS U.T.M.:

X:	270.409
Y:	4.460.203
Z:	Superficie terreno

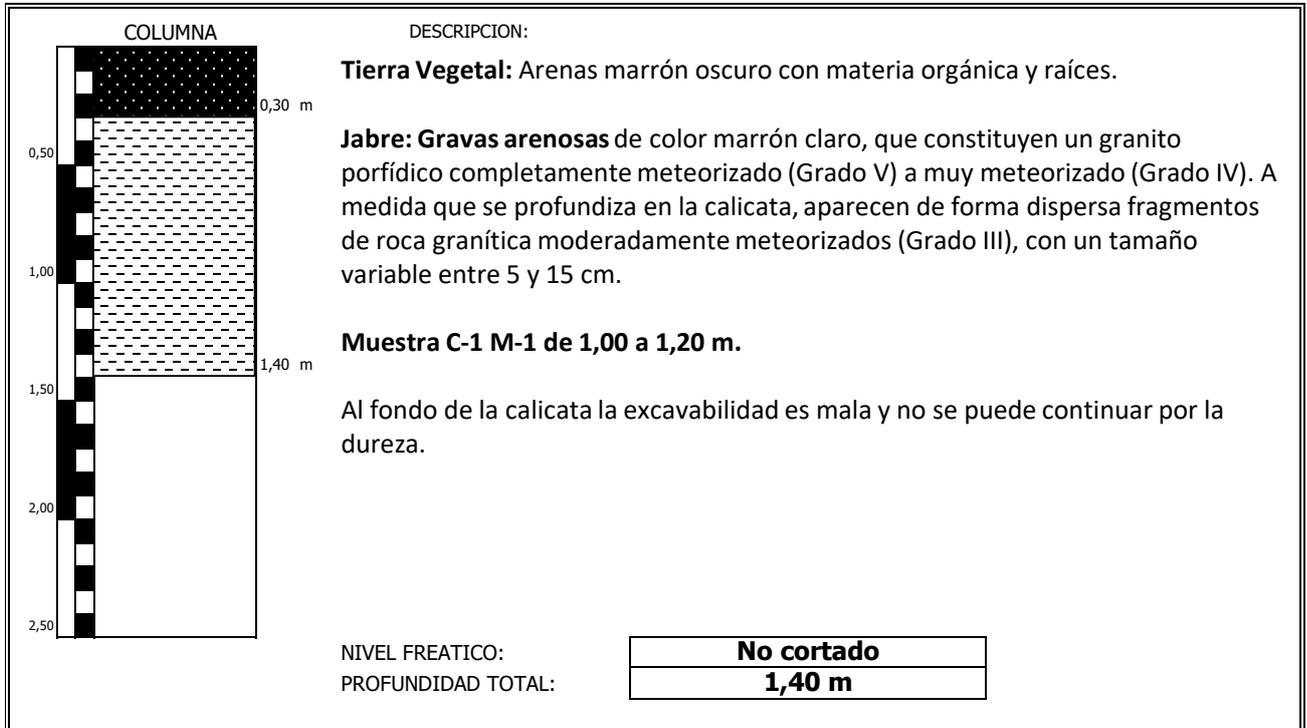
Nº REG.: 23/0015

OBRA: **BALSA DE RIEGO "LLANÁS" EN T.M. DE TORNAVACAS.**

PETICIONARIO: **TRAGSATEC S.A.**

FECHA: **13/01/2023**

CALICATA: **C-2**



FOTOGRAFIAS



Badajoz , a fecha de firma electrónica

Fdo.: Raúl Martínez Fernández

CALICATA

COORDENADAS U.T.M.:

X:	270.345
Y:	4.460.247
Z:	Superficie terreno

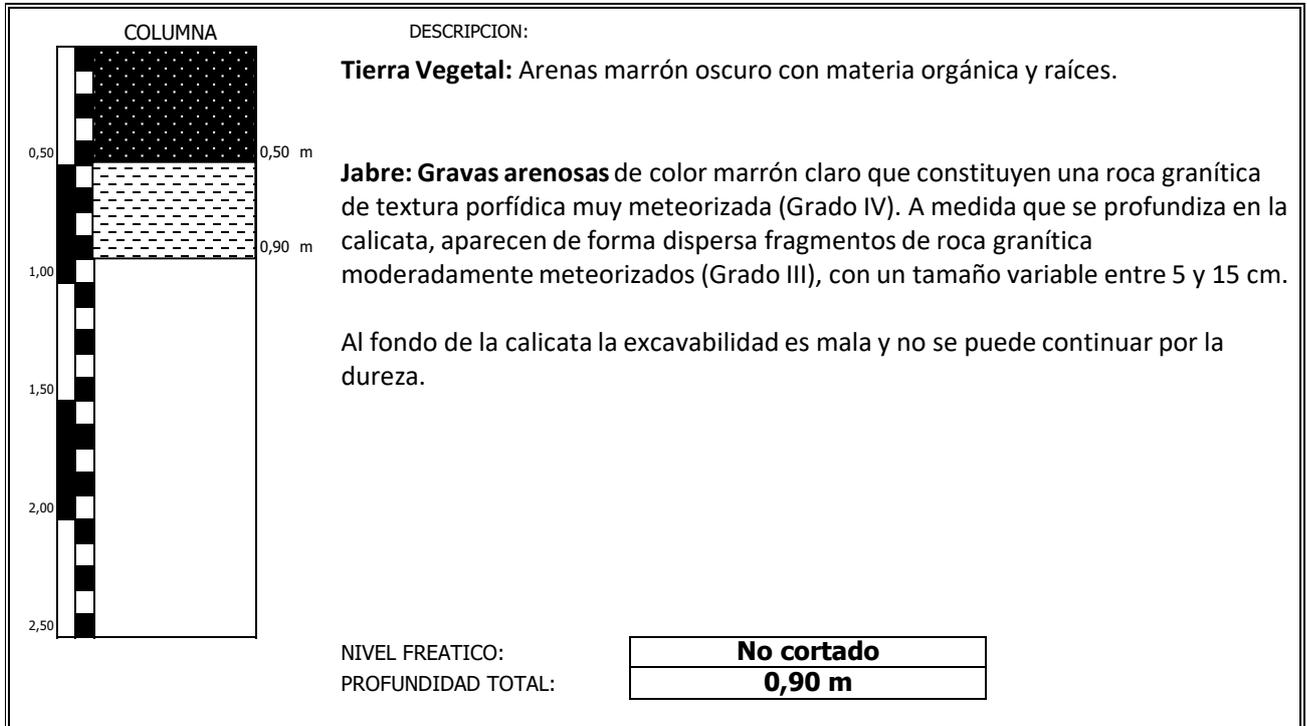
Nº REG.: 23/0016

OBRA: **BALSA DE RIEGO "LLANÁS" EN T.M. DE TORNAVACAS.**

PETICIONARIO: **TRAGSATEC S.A.**

FECHA: **13/01/2023**

CALICATA: **C-3**



FOTOGRAFIAS



Badajoz , a fecha de firma electrónica

Fdo.: Raúl Martínez Fernández

CALICATA

COORDENADAS U.T.M.:

X:	270.513
Y:	4.460.284
Z:	Superficie terreno

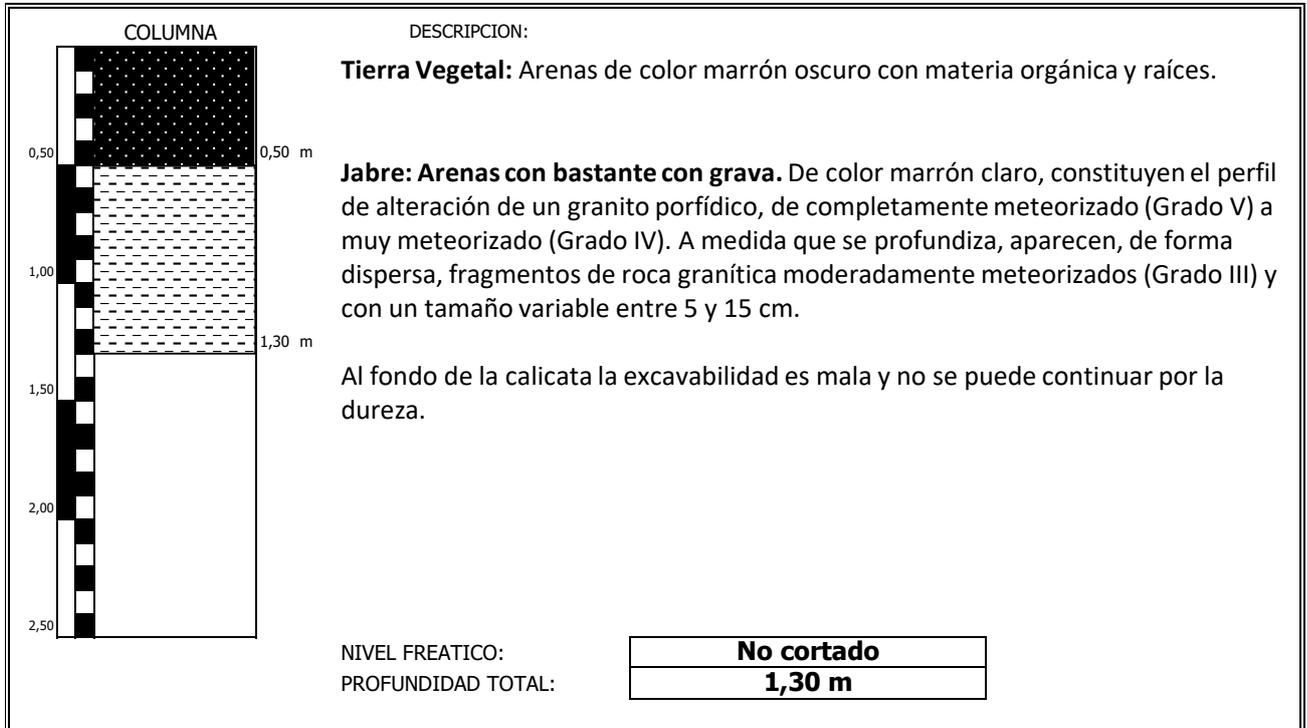
Nº REG.: 23/0017

OBRA: **BALSA DE RIEGO "LLANÁS" EN T.M. DE TORNAVACAS.**

PETICIONARIO: **TRAGSATEC S.A.**

FECHA: **13/01/2023**

CALICATA: **C-4**



FOTOGRAFIAS



Badajoz , a fecha de firma electrónica

Fdo.: Raúl Martínez Fernández

CALICATA

COORDENADAS U.T.M.:

X:	270.417
Y:	4.460.327
Z:	Superficie terreno

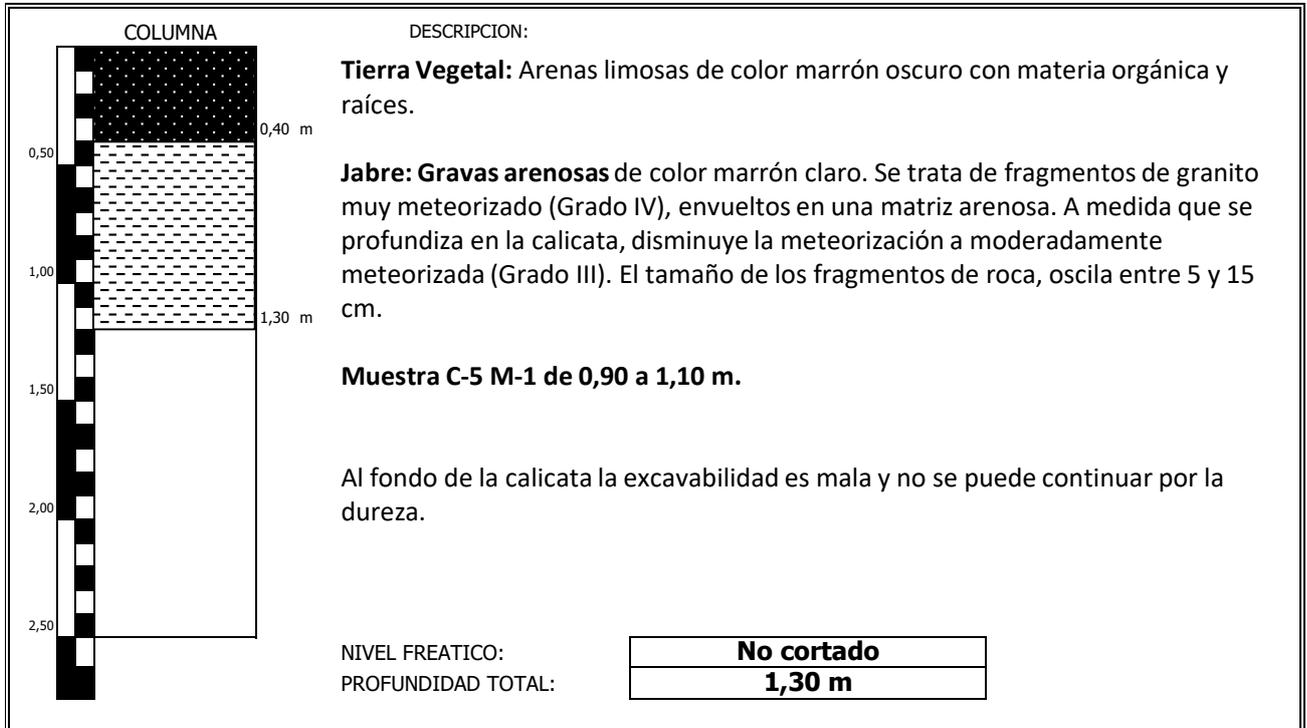
Nº REG.: 23/0018

OBRA: **BALSA DE RIEGO "LLANÁS" EN T.M. DE TORNAVACAS.**

PETICIONARIO: **TRAGSATEC S.A.**

FECHA: **13/01/2023**

CALICATA: **C-5**



FOTOGRAFIAS



Badajoz , a fecha de firma electrónica

Fdo.: Raúl Martínez Fernández

CALICATA

COORDENADAS U.T.M.:

X:	270.441
Y:	4.460.208
Z:	Superficie terreno

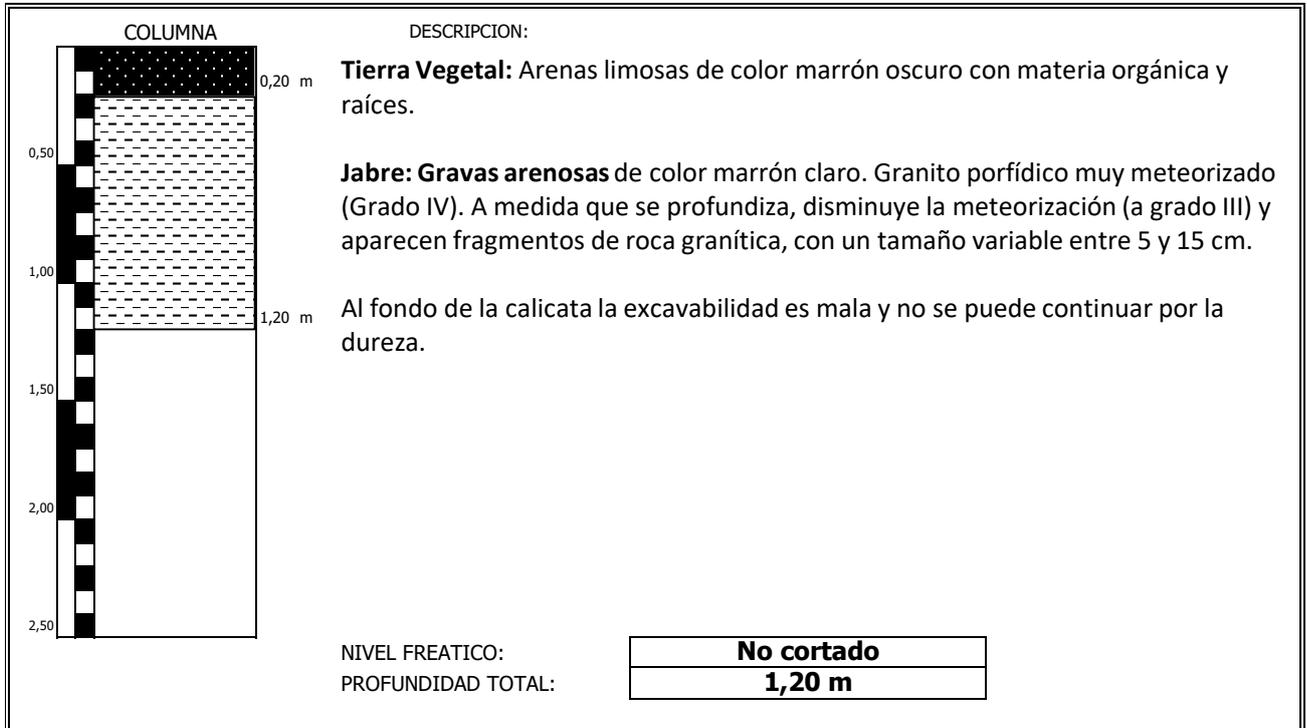
Nº REG.: 23/0019

OBRA: **BALSA DE RIEGO "LLANÁS" EN T.M. DE TORNAVACAS.**

PETICIONARIO: **TRAGSATEC S.A.**

FECHA: **13/01/2023**

CALICATA: **C-6**



FOTOGRAFIAS



Badajoz , a fecha de firma electrónica

Fdo.: Raúl Martínez Fernández

5. Ensayos de Penetración DPSH

**PRUEBA DE PENETRACION DINAMICA DPSH
EFECTUADA SEGÚN LA NORMA UNE - EN ISO 22476-2**

Nº REG.: 22/0205

OBRA: **BALSA DE RIEGO " LLANÁS" EN T.M. DE TORNAVACAS.**

PETICIONARIO: **TRAGSATEC S.A.**

TIPO DE CONO: RECUPERABLE
PERDIDO

MASA: 0,6 Kg

PUNTO: **P-1**

FECHA: 17/05/2022

VARILLAJE: DIAMETRO
LONGITUD

MASA: > 6 Kg/m

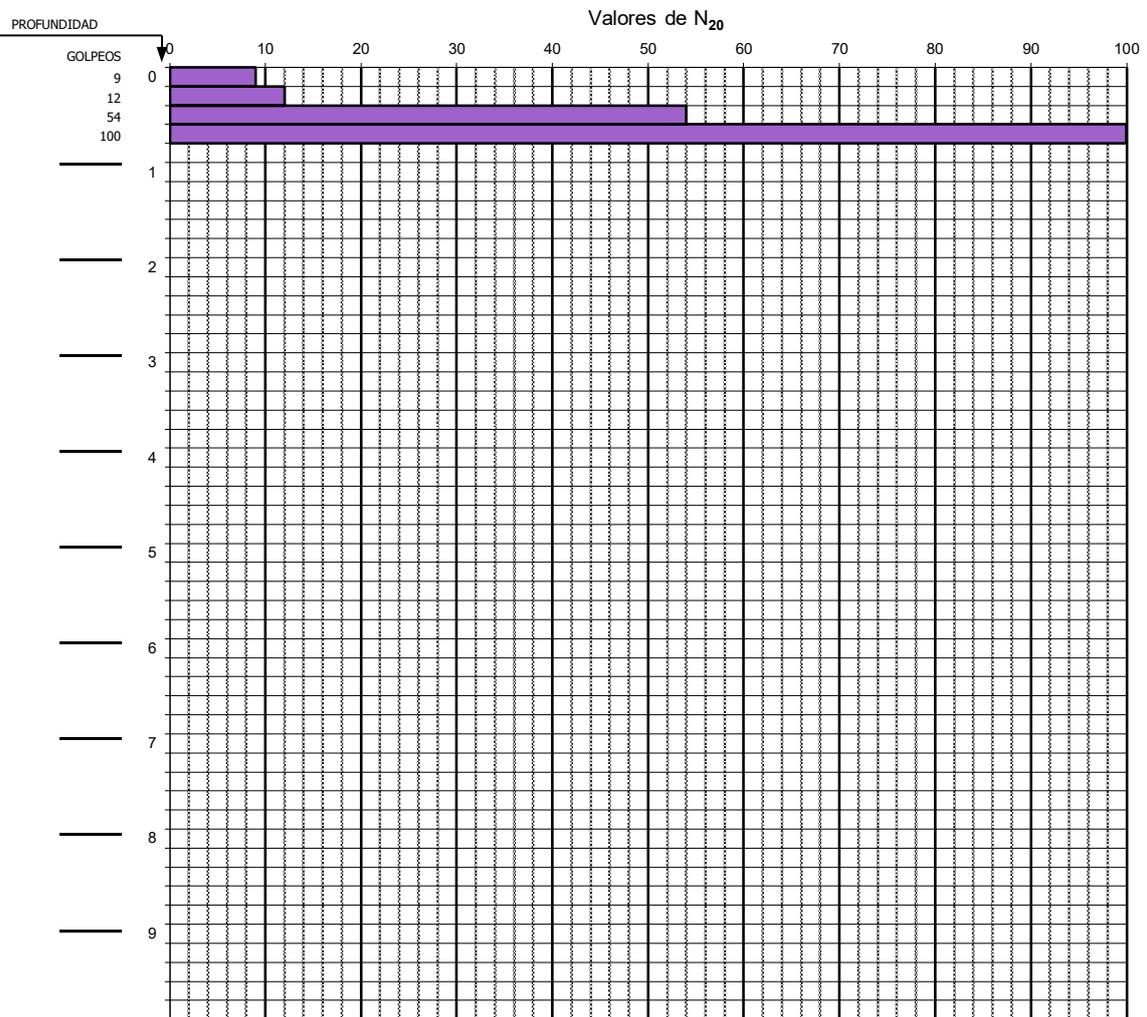
COORDENADAS U.T.M.:

X: 270.454

Y: 4.460.281

MASA DISPOSITIVO GOLPEO: Kg

Z: Superficie terreno



OBSERVACIONES: _____

Badajoz, 24 de Mayo de 2022



Fdo.: Gonzalo Manso Vera

**PRUEBA DE PENETRACION DINAMICA DPSH
EFECTUADA SEGÚN LA NORMA UNE - EN ISO 22476-2**

Nº REG.: 23/0023

OBRA: **BALSA DE RIEGO " LLANÁS" EN T.M. DE TORNAVACAS.**

PETICIONARIO: **TRAGSATEC S.A.**

TIPO DE CONO: RECUPERABLE
PERDIDO

MASA: 0,6 Kg

PUNTO: **P-2**

FECHA: 10/01/2023

VARILLAJE: DIAMETRO
LONGITUD

MASA: > 6 Kg/m

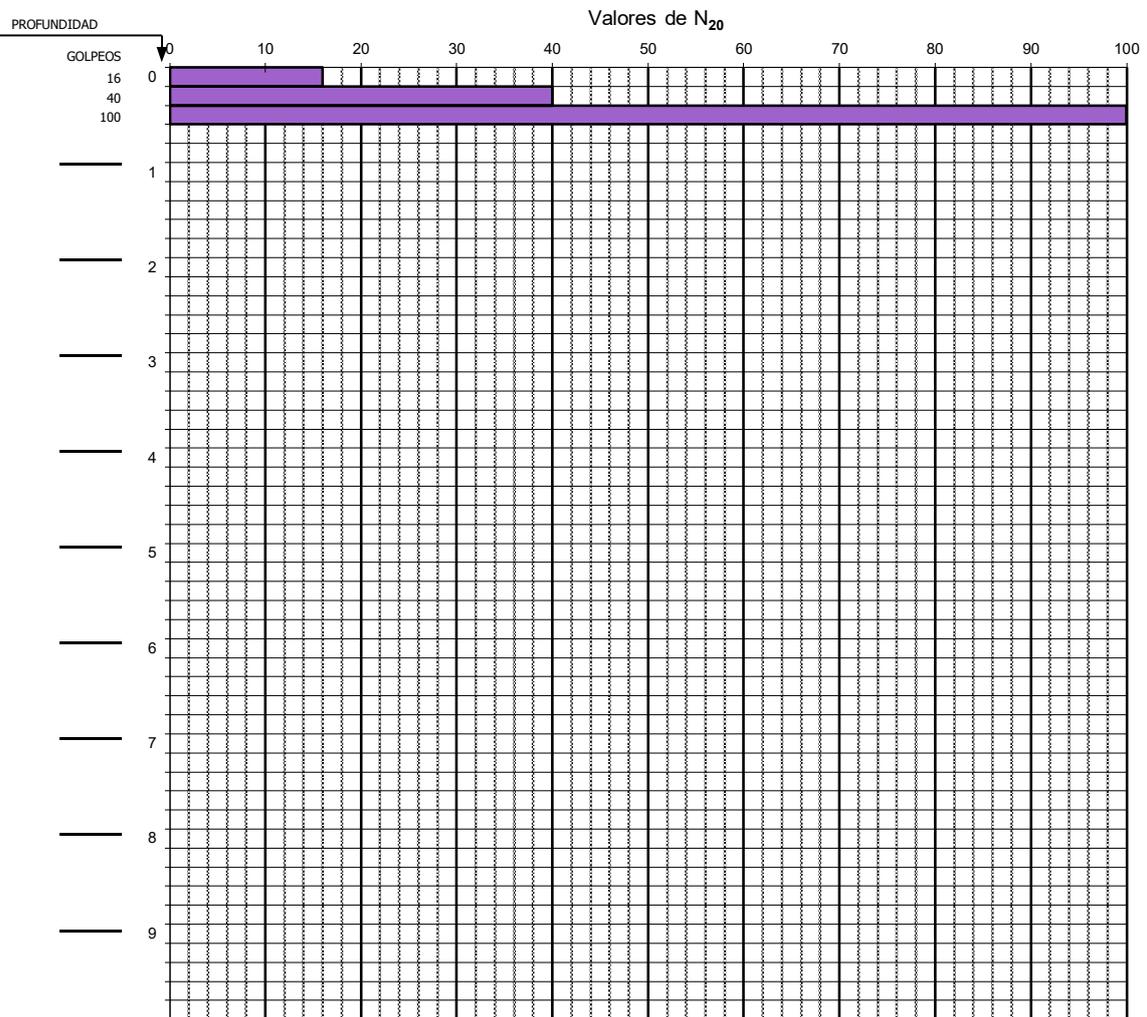
COORDENADAS U.T.M.:

X: 270.378

Y: 4.460.321

MASA DISPOSITIVO GOLPEO: Kg

Z: Superficie terreno



OBSERVACIONES: _____

Badajoz, a fecha de firma electrónica



Fdo.: Gonzalo Manso Vera

**PRUEBA DE PENETRACION DINAMICA DPSH
EFECTUADA SEGÚN LA NORMA UNE - EN ISO 22476-2**

Nº REG.: 23/0024

OBRA: **BALSA DE RIEGO " LLANÁS" EN T.M. DE TORNAVACAS.**

PETICIONARIO: **TRAGSATEC S.A.**

TIPO DE CONO: RECUPERABLE
PERDIDO

MASA: 0,6 Kg

PUNTO: **P-3**

FECHA: 10/01/2023

VARILLAJE: DIAMETRO
LONGITUD

MASA: > 6 Kg/m

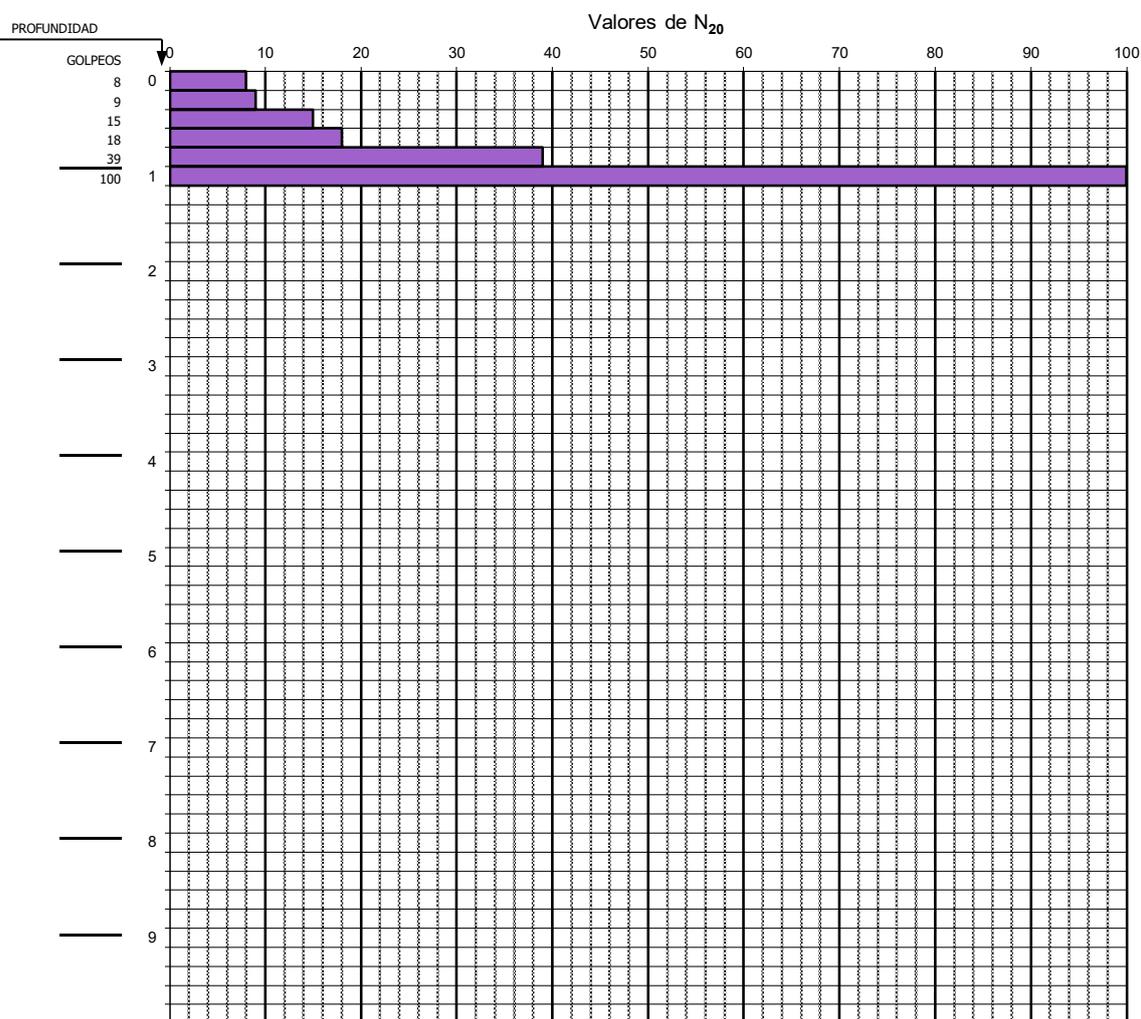
COORDENADAS U.T.M.:

X: 270.389

Y: 4.460.216

MASA DISPOSITIVO GOLPEO: Kg

Z: Superficie terreno



OBSERVACIONES:

Badajoz, a fecha de firma electrónica



Fdo.: Gonzalo Manso Vera

**PRUEBA DE PENETRACION DINAMICA DPSH
EFECTUADA SEGÚN LA NORMA UNE - EN ISO 22476-2**

Nº REG.: 23/0025

OBRA: **BALSA DE RIEGO " LLANÁS" EN T.M. DE TORNAVACAS.**

PETICIONARIO: **TRAGSATEC S.A.**

TIPO DE CONO: RECUPERABLE
PERDIDO

MASA: 0,6 Kg

PUNTO: **P-4**

FECHA: 10/01/2023

VARILLAJE: DIAMETRO
LONGITUD

MASA: > 6 Kg/m

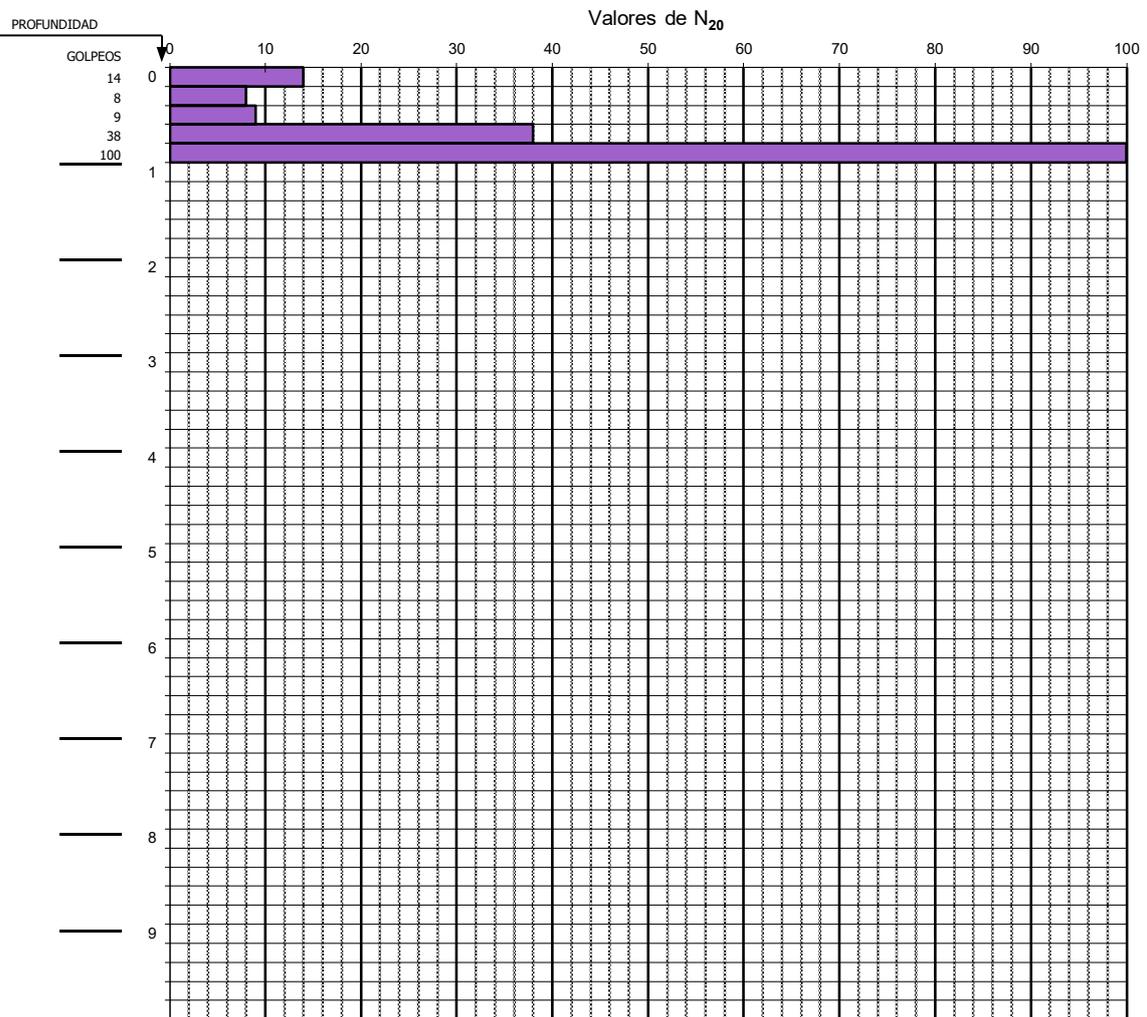
COORDENADAS U.T.M.:

X: 270.511

Y: 4.460.257

MASA DISPOSITIVO GOLPEO: Kg

Z: Superficie terreno



OBSERVACIONES: _____

Badajoz, a fecha de firma electrónica



Fdo.: Gonzalo Manso Vera

6. Sísmica de Refracción



**CAMPAÑA DE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA PARA LA
CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO EN EL FUTURO EMPLA-
ZAMIENTO DE UNA Balsa SITUADA EN LA LOCALIDAD DE
TORNAVACAS (CÁCERES)**

IN-23-001b

Febrero 2023



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	3
2. METODOLOGÍA DE TRABAJO	4
3. TRABAJO REALIZADO	6
4. RESULTADOS	7

ANEXOS

- ANEXO I: MAPAS DE SITUACIÓN DE LOS TRABAJOS
- ANEXO II: PERFIL DE SÍSMICA DE REFRACCIÓN
- ANEXO III: FOTOGRAFÍAS



1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

ANÁLISIS Y GESTIÓN DEL SUBSUELO, S.L. ha realizado, por encargo de GEMA PROYECTOS, una campaña de prospección geofísica mediante tomografía sísmica de refracción para la caracterización geológica del subsuelo en el emplazamiento de una futura balsa situada junto a la localidad de Tornavacas (Cáceres).

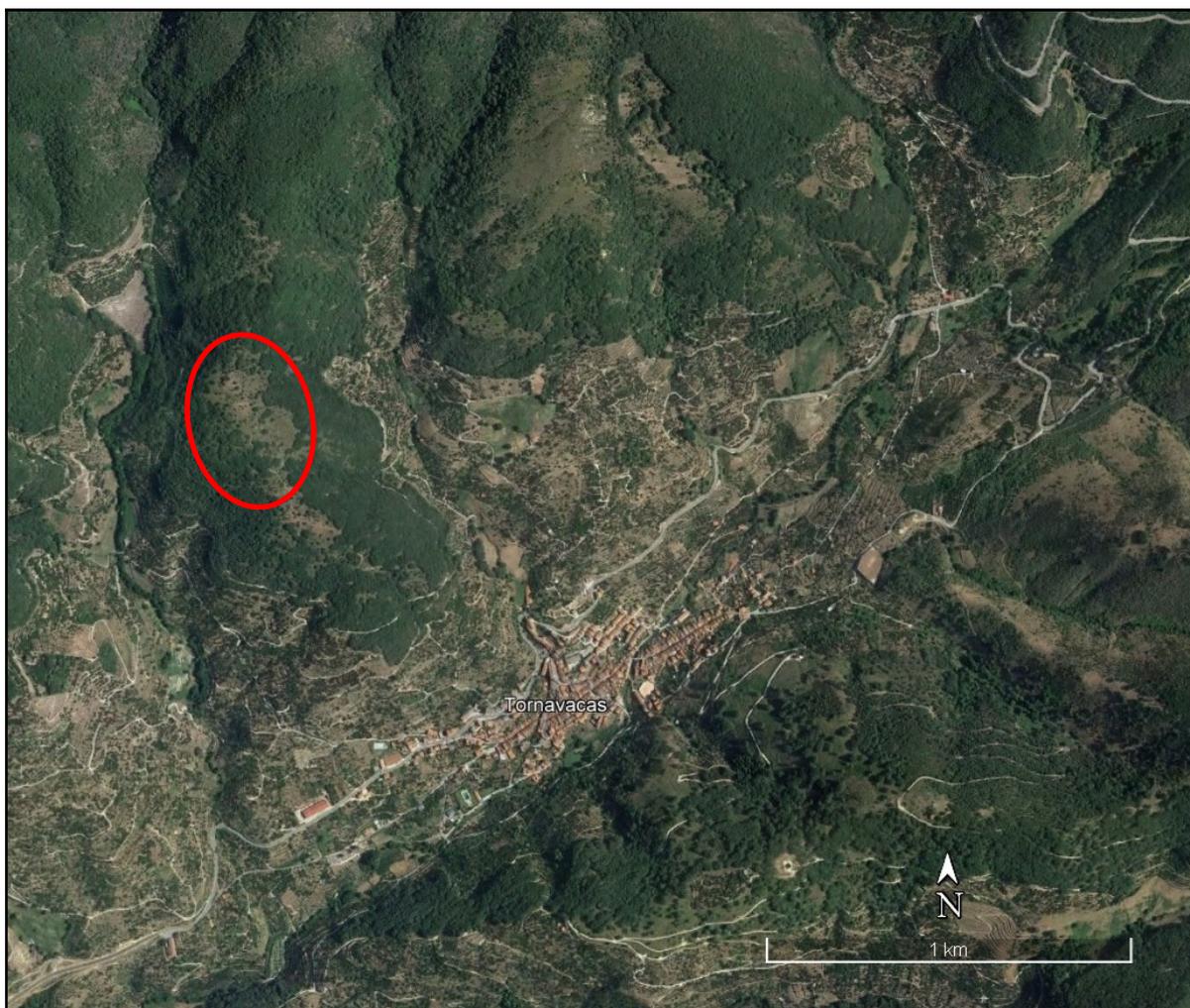


Figura 1: Foto aérea con la situación de la zona de estudio (círculo rojo) respecto a la localidad de Tornavacas(Cáceres).

Este trabajo ha consistido en la realización de dos perfiles de prospección geofísica mediante sísmica de refracción para determinar el grado de ripabilidad de roca.

La información que se presenta en este informe comprende la descripción de los trabajos realizados, la explicación de la metodología desarrollada y la valoración de los principales resultados que se han obtenido de la campaña de prospección geofísica.

2.- METODOLOGÍA

La tomografía sísmica de refracción estudia la transmisión de las ondas sísmicas en el terreno cuando se producen refracciones totales sobre superficies que delimitan medios con distintas constantes elásticas por encima y por debajo de las mismas. Este fenómeno permite el retorno a superficie de una onda cuando incide sobre los diferentes contactos del subsuelo y es precisamente en la superficie del terreno donde la detecta con los sensores dispuestos a distancias determinadas (son los denominados geófonos).

Utilizando las leyes de la óptica se puede reconstruir el camino seguido por las ondas refractadas y calcular, por tanto, la profundidad a la que se producen dichas refracciones, así como las velocidades de transmisión de las ondas sísmicas para cada nivel.

El procedimiento para realizar este tipo de prospecciones consiste en situar a distancias conocidas, y alineados con el lugar donde se genera el impulso, varios detectores de señales sísmicas (geófonos). Los tiempos de llegada a cada geófono permiten representar la curva denominada dromocrona, que es el gráfico que representa el Tiempo frente a F, la distancia.

Cada refractor está identificado por un segmento recto de la dromocrona. A partir de cada uno de ellos se calcula la velocidad de transmisión, como inversa de cada pendiente, y la profundidad a la que se sitúan los refractores, por su relación con su ordenada en el origen.

La inclinación de los refractores en el subsuelo obliga a repetir la operación de impacto con impulsos en los lados de la línea de geófonos con el fin de poder medir ese buzamiento de las capas o del plano de discontinuidad. Por ello se denominan dromocronas de ida y vuelta que, para mejorar los resultados, deberán reforzarse con algún impulso intermedio, habitualmente en el centro de la línea sísmica.

Las superficies límite citadas, desde el punto de vista geológico, son las que generalmente separan distintas unidades litológicas o, dentro de la misma unidad, tramos con diferentes grados de cementación, alteración, compactación, etc. Es evidente, por tanto, la utilidad de conocer las velocidades de transmisión de las ondas sísmicas para deducir los aspectos geológicos anteriormente citados, así como la geometría del subsuelo que se deduce de los citados métodos.

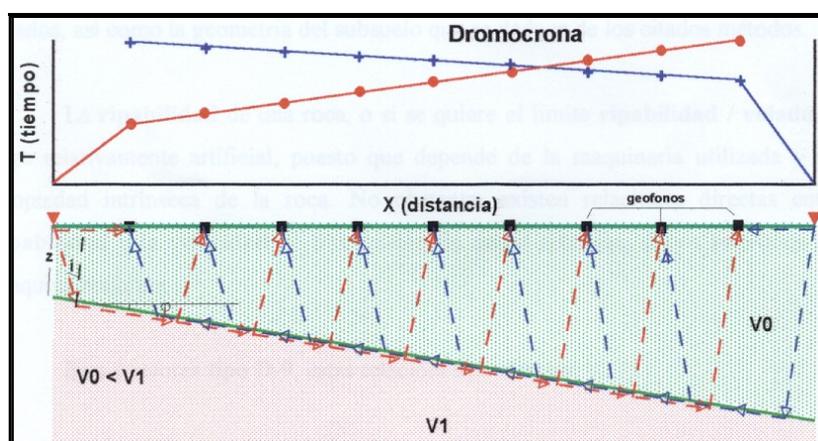


Figura 2: Perfil de sísmica de refracción.



La ripabilidad de una roca o, si se prefiere, el límite ripabilidad / voladura, es algo relativamente artificial pues depende de la maquinaria utilizada y no es una propiedad intrínseca de la roca. No obstante, existen relaciones directas entre la ripabilidad y la velocidad de transmisión de las ondas sísmicas si se refiere a una maquinaria concreta.

En general, para tractores de tipo D-9, estas relaciones pueden ser:

Velocidad (m/sg)	Ripabilidad
< 600	Materiales sueltos
600-1.300	Ripado fácil
1.300-1.700	Ripado normal
1.700-1.900	Ripado duro
> 1.900	No son ripables (voladura)

Sin embargo, estos límites pueden ser corregidos si se tienen en cuenta determinados factores geológicos, como es el caso de bancos de menos de 30 cm de espesor (para caso de rocas estratificadas) o la existencia de tres familias de diaclasas penetrativas por m³ (para rocas competentes) son factores que van a hacer ripable algo que, en principio, no lo es sólo por la velocidad de transmisión de las ondas.

El método de tomografía sísmica de refracción involucra la creación de un modelo de velocidad inicial, e interactivamente rastrea los rayos a través del modelo, comparando el tiempo de viaje calculado con el tiempo de viaje medido, modificando al modelo, y repitiendo el proceso hasta que la diferencia entre los tiempos calculados y medidos se minimiza (Mason, 1981).

El objetivo es resolver el tiempo de viaje mínimo entre la fuente y el receptor para cada par fuente-receptor. Esto se obtiene calculando un tiempo para cada patrón de rayos y para cada velocidad inversa. Dado que se desconoce la geometría del subsuelo se debe establecer un método de aproximación por mínimos cuadrados.

La inversión de tomografía se usa para conocer los contrastes de velocidad de forma más gradual que discreta (Worthington M.H., Mason I.M., Wheller P.M., 1983), o cuando se quieren conocer las variaciones de velocidad horizontales y en condiciones de topografía extrema que dificulten la interpretación. La tomografía sísmica requiere, frente a la sísmica de refracción convencional, un mayor número de tiros o adquisiciones para poder realizar la inversión con mayor resolución.

El programa de procesado es el RAYFRACT 32 (Intelligent Resources Inc, Canada). Procesado de datos de Sísmica de Refracción y obtención de perfiles Vp.



3.- TRABAJO REALIZADO

El trabajo realizado ha consistido en la ejecución de dos perfiles de tomografía sísmica de refracción, cuya posición se puede observar sobre foto aérea en la figura 3 y que tienen las siguientes características:

PERFILES PS-1

- Longitud del perfil: 180 metros
- Número de geófonos: 36
- Separación entre geófonos: 5 metros

PERFIL PS-2:

- Longitud del perfil: 120 metros
- Número de geófonos: 24
- Separación entre geófonos: 5 metros

Para la realización del trabajo se ha empleado un sismógrafo marca PASI, modelo GEA24. Además, se utilizaron los siguientes sensores y accesorios:

- Geófonos de 10 Hz
- Cables multicanal de 24 canales
- Maza de 8 kg como fuente de energía

El procesado de datos se ha realizado mediante el programa RAYFRACT 32.

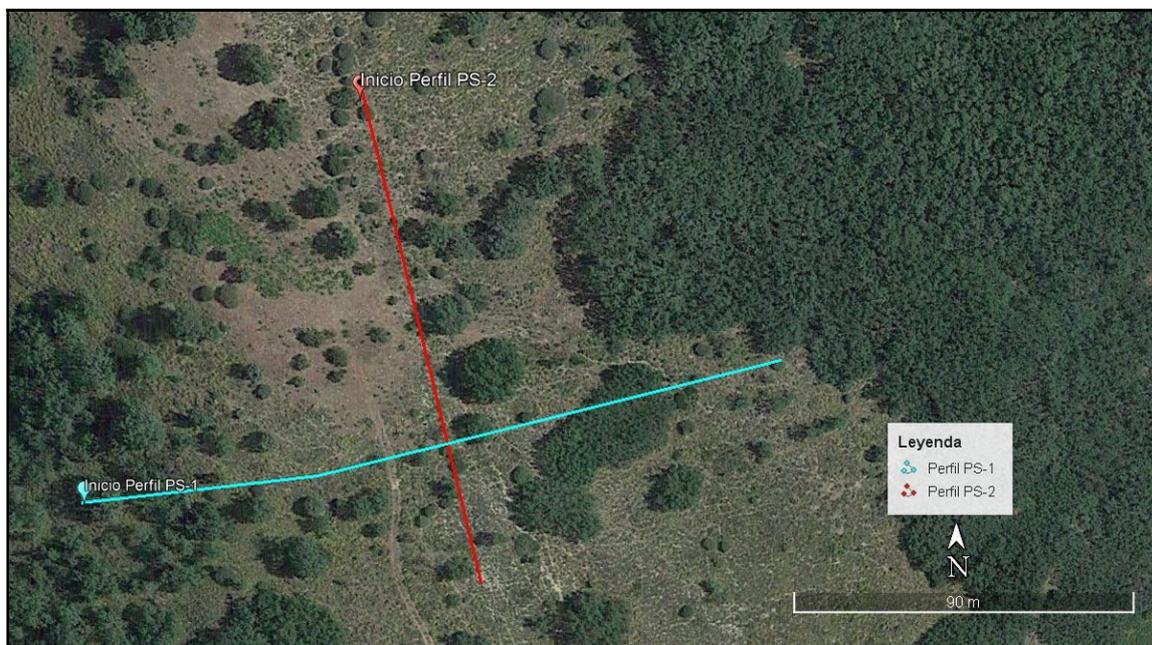


Figura 3: Foto aérea con la situación de los perfiles de tomografía sísmica de refracción realizados.

3.- RESULTADOS

Los perfiles muestran valores que van desde valores de baja velocidad de onda P ($V_p = 500$ m/s) hasta valores de muy alta velocidad ($V_p = 5.500$ m/s). Las velocidades representadas en color azul ($V_p < 1.300$ m/s) corresponderían a materiales de ripado fácil, los materiales representados en colores verdes ($V_p: 1.300-1.700$ m/s) corresponderían a materiales de ripado normal, los materiales representados en color amarillo ($V_p: 1.700-1.900$ m/s) a materiales de ripado duro, mientras que los colores rojos ($V_p > 1.900$ m/s) son atribuibles a materiales no ripables.

3.1.- Perfil PS-1

Características del emplazamiento: El inicio de este perfil se encuentra al SW (geófono 1) y el final al NE (geófono 36). Está formado por 36 geófonos separados 5 metros entre sí y una longitud final de 180 m.

Características del subsuelo: Presenta altos valores de velocidad (700-5.500 m/s) a lo largo de toda la línea, observándose el contacto correspondiente a las velocidades atribuibles materiales no ripables ($V_p > 1.900$ m/s, colores rojos) aflorando prácticamente a lo largo de todo el perfil.

Los materiales atribuibles a ripado fácil y ripado normal ($V_p < 1.700$ m/s, colores azules y amarillos) se observan tapizando el perfil de manera puntual entre los metros 60 y 100, y metros 140 y 150 del perfil con un espesor entre 1 y 1,5 metros.

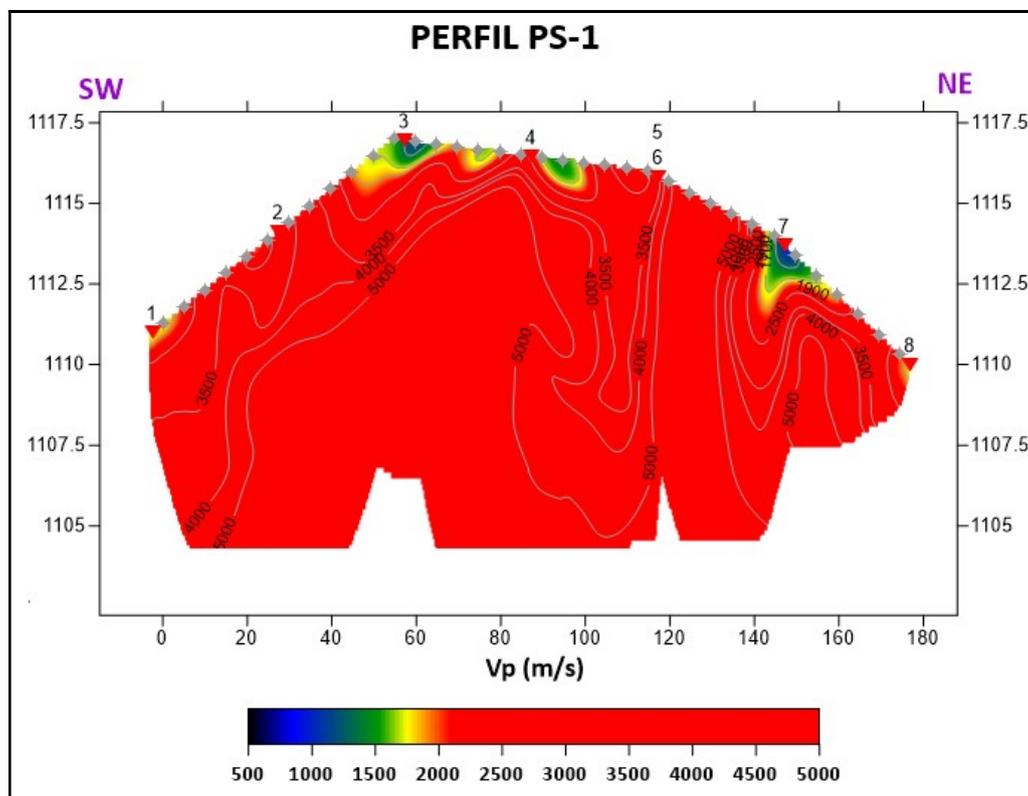


Figura 4: Perfil de sismica de refracción PS-1.



3.2.- Perfil PS-2

Características del emplazamiento: El inicio de este perfil se encuentra al NNW (geófono 1) y el final al SSE (geófono 24). Está formado por 24 geófonos separados 5 metros entre sí y una longitud final de 120 m.

Características del subsuelo: Presenta valores de velocidad muy variables (500-5.500 m/s) a lo largo de toda la línea, observándose el contacto correspondiente a las velocidades atribuibles materiales no ripables ($V_p > 1.900$ m/s, colores rojos) a una cota de 1.125 msnm, en el inicio del perfil, 1.119 msnm en el centro, y 1.108 msnm, al final del perfil sísmico.

Los materiales atribuibles a ripado fácil y ripado normal ($V_p < 1.700$ m/s, colores azules y amarillos) se observan tapizando prácticamente todo el perfil con un espesor medio de 1.5 metros a lo largo de toda la línea.

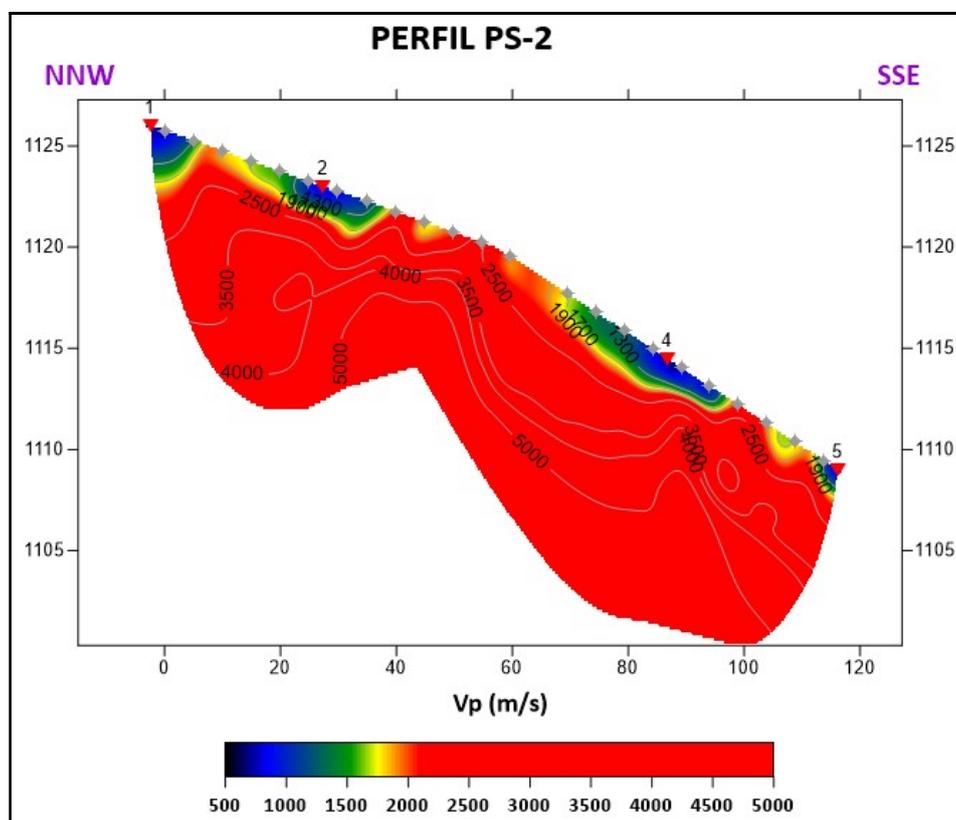


Figura 5: Perfil de sismica de refracción PS-2.

Análisis y Gestión del Subsuelo S.L.
Febrero de 2023





ANEXOS



ANEXO I

Mapa de situación

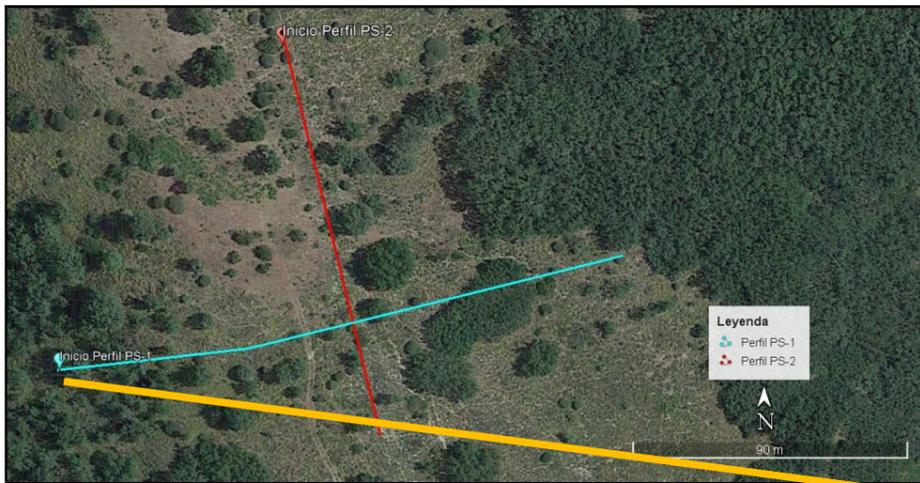




ANEXO II

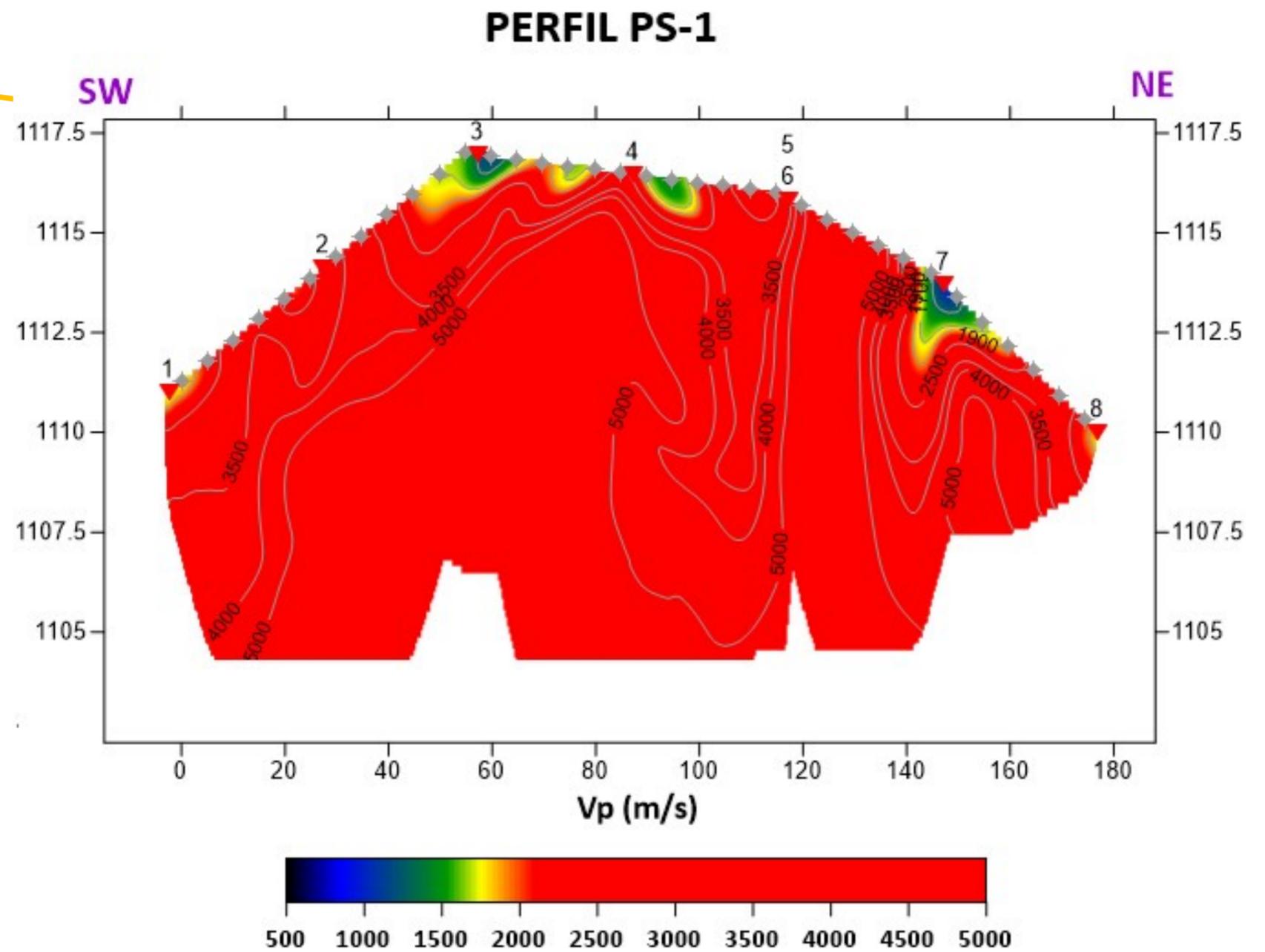
Perfiles de tomografía sísmica de refracción

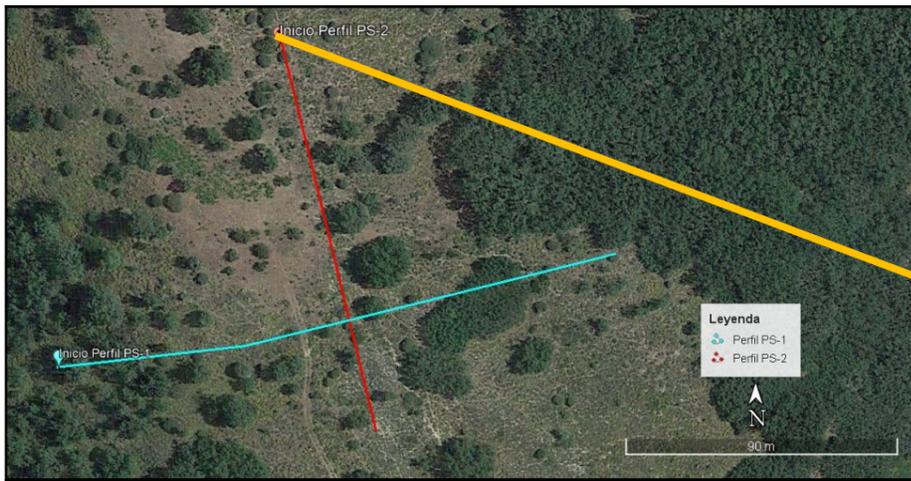




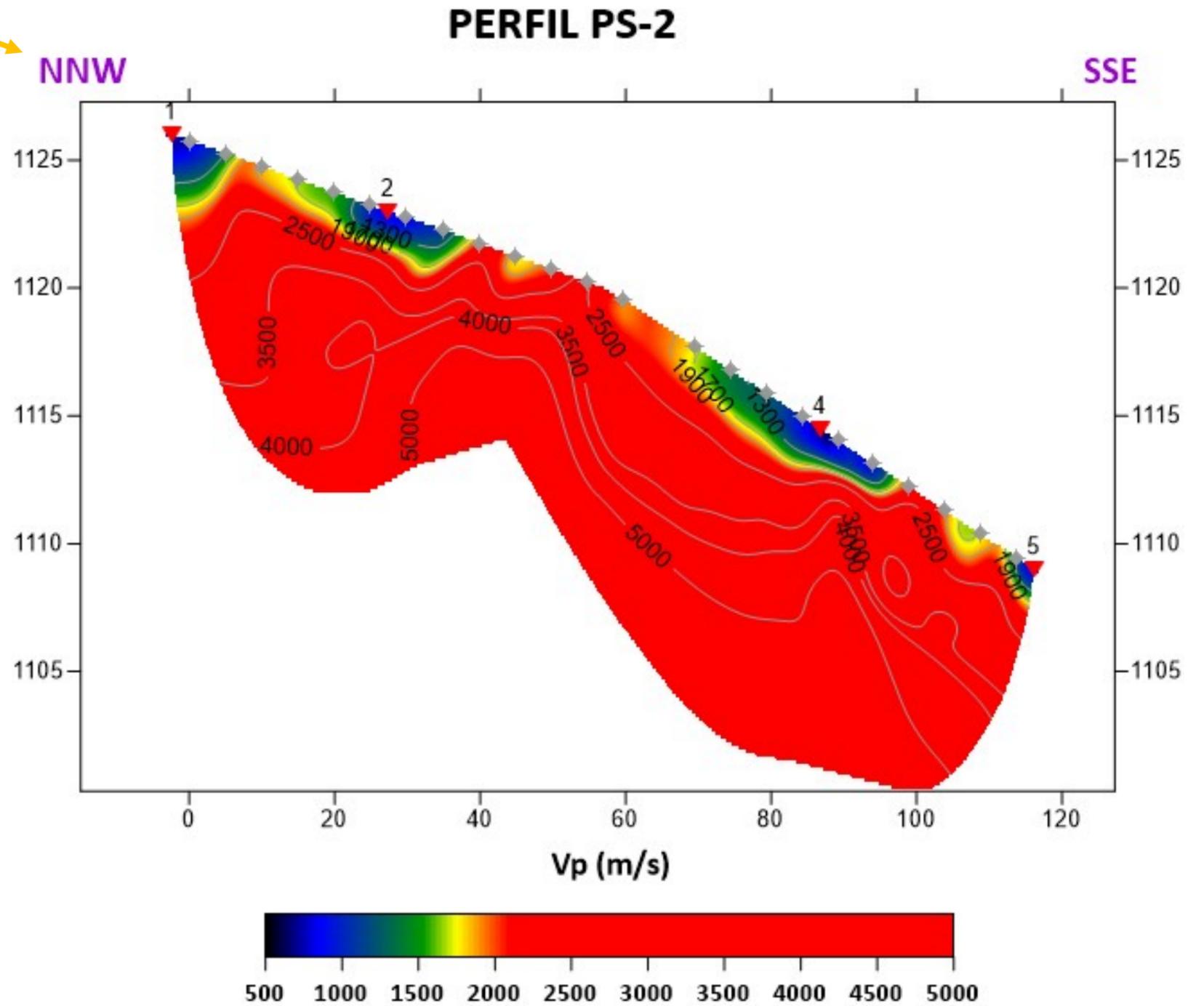
LEYENDA

- Rípado fácil
- Rípado normal
- Rípado duro
- No ripable





LEYENDA	
	Ripado fácil
	Ripado normal
	Ripado duro
	No ripable



7. Ensayos de Laboratorio

ANALISIS DE SUELOS

Nº registro: **22/0214**

OBRA: **BALSA DE RIEGO "LLANÁS" EN T.M. DE TORNAVACAS.**

PETICIONARIO: **TRAGSATEC S.A.**

SONDEO/CATA: **C-1** MUESTRA (cat): **M-1 - C**

PROFUNDIDAD: **0,60-1,20 m** FECHA TOMA: **21/05/2022**

TIPO DE SUELO: **Grava arenosa.**

Nivel/Unidad: **I**

ANALISIS GRANULOMETRICO (UNE-EN ISO 17892-4:2019)

Tam. UNE (mm)	% que pasa
100	
80	
63	100
50	83
40	73
25	68
20	64
10	58
5	48
2	32
0,40	15
0,080	12,0

$d_{10} = 0,07$
 $d_{30} = 1,80$
 $d_{60} = 13,25$

Coef. Unif.	199,36
Coef. Curvat..	3,67

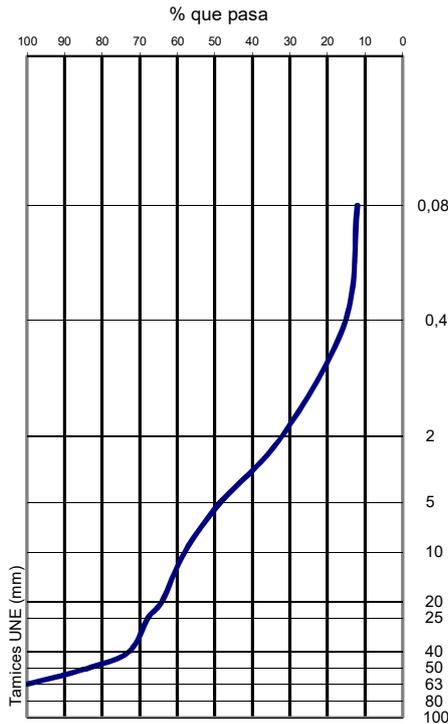
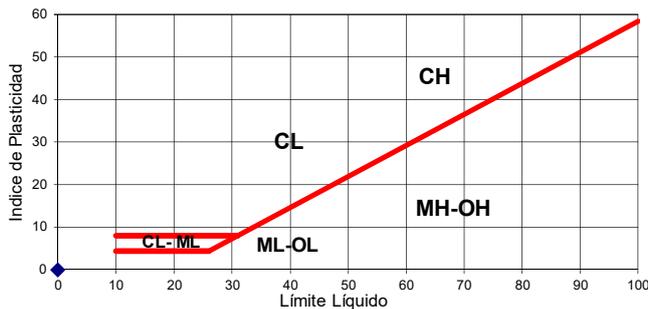


Gráfico de Plasticidad de CASAGRANDE



HUMEDAD NATURAL (UNE 103300)	DENSIDAD SECA (UNE 103301)
%	t/m ³

LIMITES ATTERBERG (UNE-EN ISO 17892-12: 2019)			
Límite Líquido	0,0	Límite Plástico	0,0
Indice de Plasticidad:		NO PLASTICO	

ANALISIS QUIMICOS (UNE 103202, NLT 114, UNE 103204, UNE 16502)			
Sulfatos	Sales S.	Yeso	Bauman-Gully
No contiene			5,00%

LAMBE, EXPANSIVIDAD y COLAPSO (UNE 103601-2:1996, NLT 254)	
C.P.V. (val.):	Colapso (%):
Hinchamiento libre	
Presión de Hinchamiento	

COMPACTACION (UNE 103500, 103501:1994)		
Proctor	NORMAL	MODIFICADO
Dens. Máxima (g/cm ³)		2
Humedad óptima		9,8%

CBR DE LABORATORIO (UNE 103502:1995)		
Energía Compactación	100%	95%
C B R		
Absorción		
Hinchamiento		

CLASIFICACION	
Casagrande	PG3
GM	SELECCIONADO

Clasificación según el DB-C
(a efectos de cálculo):

Suelo granular con más del 30% de partículas superiores a 20 mm

OBSERVACIONES:

Badajoz, a fecha de firma electrónica

ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN, ESTADO Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN: Determinar características y propiedades geométricas, físicas, químicas y mecánicas para clasificarlos y evaluar su comportamiento para su uso en obra civil.

PETICIONARIO:	TRAGSATEC S.L.	Nº PETICIÓN:	3142
DIRECCIÓN:		REF. OBRA:	EXP-1908
OBRA:	BALSA DE RIEGO EN TORNAVACAS	Nº TRABAJO:	1908/1494/34568-69
ÁREA DE ACREDITACIÓN:	VSG	REFERENCIA MUESTRA:	SU-01
TIPO DE MUESTRA Y ESTADO:	SACO CERRADO	FECHA DE ENTRADA:	27/05/2022
IDENTIFICACIÓN DEL SUELO:	SUELO	PROCEDENCIA:	C-1 M-1
CONDICIONES DE ENSAYO:	Normales; según procedimiento de ensayo		
		PROFUNDIDAD MUESTRA (m):	0,60-1,20

ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. UNE 103.101.



LÍMITES DE ATTERBERG. UNE 103.103 Y 103.104

LÍMITE LÍQUIDO:	
LÍMITE PLÁSTICO:	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	

COMPACTACIÓN PRÓCTOR. UNE 103. 500 - 501

RESULTADO PRÓCTOR:	NORMAL	<input type="checkbox"/>
	MODIFICADO	<input checked="" type="checkbox"/>
DENSIDAD OPTIMA (g/cm) =	2,00	
% HUMEDAD OPTIMA =	9,80	

ENSAYOS QUÍMICOS

MATERIA ORGÁNICA (%). UNE 103.204.	
SALES SOLUBLES (%). NLT-115.	
SULFATOS SOLUBLES (%). UNE 103.201-202	
CONTENIDO EN YESOS (%). UNE 103.206	
CARBONATOS (%) UNE 103200	
A. BAUMMAN GULLY UNE EN 16502 (ml/Kg)	5

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE C.B.R. UNE 103.502

COMPACTACIÓN PROCTOR	95%	98 %	100 %
ÍNDICE C.B.R.			
AGUA ABSORBIDA (%)			
HINCHAMIENTO (%)			

HINCHAMIENTO LIBRE. UNE 103 601

% Hinchamiento =	
------------------	--

PRESIÓN DE HINCHAMIENTO UNE 103 602

Presión de hinchamiento (kPa) =	
---------------------------------	--

ASIEN TO DE COLAPSO NLT-254

Indice de colapso =	
---------------------	--

HUMEDAD POR SECADO EN ESTUFA UNE 103.300

% Humedad =	
-------------	--

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

CLASIFICACIÓN FOM 1382/02:	
CLASIFICACIÓN CASAGRANDE:	
CLASIFICACIÓN HRB:	
CLASIFICACIÓN USCS:	

OBSERVACIONES:

Cáceres, 31 de mayo de 2022

El Técnico analista (VS):

El Director de Laboratorio:

Fdo.: M^a Del Puerto Lumeras Dominguez

Fdo.: Marcos M. González Gálvez

ANALISIS DE SUELOS

Nº REG.: 23/0028

OBRA: **BALSA DE RIEGO "LLANÁS" EN T.M. DE TORNAVACAS.**

PETICIONARIO: **TRAGSATEC S.A.**

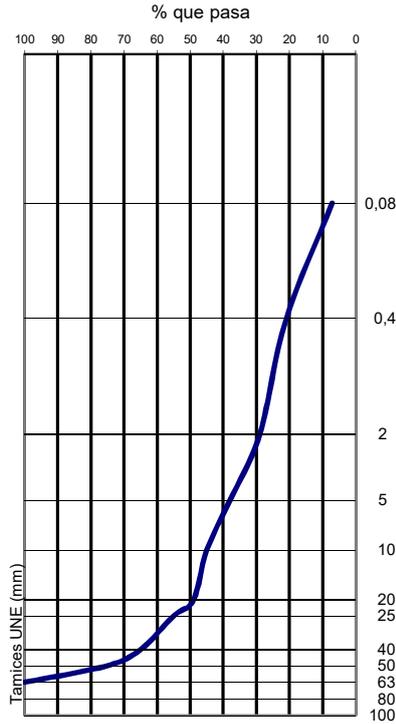
SONDEO/CATA: **C-5** MUESTRA (cat): **M-1 - C** PROFUNDIDAD: **0,90-1,10 m** FECHA TOMA: **23/01/2023**

TIPO DE SUELO: **Gravas arenosas de color marrón claro**

Nivel/Unidad: **I**

ANALISIS GRANULOMETRICO (UNE-EN ISO 17892-4:2019)

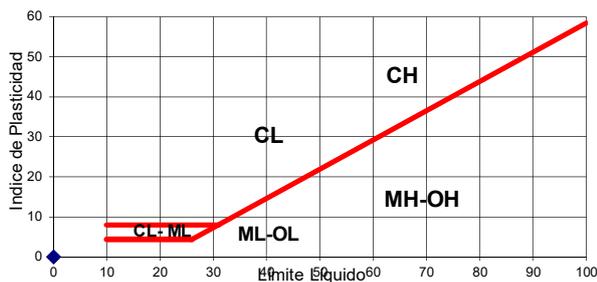
Tam. UNE (mm)	% que pasa
100	
80	
63	100
50	75
40	65
25	55
20	49
10	45
5	38
2	29
0,40	21
0,080	7,1



d₁₀ = 0,15
d₃₀ = 2,33
d₆₀ = 32,50

Coef. Unif.	221,45
Coef. Curvat..	1,14

Gráfico de Plasticidad de CASAGRANDE



HUMEDAD NATURAL (UNE 103300)	DENSIDAD SECA (UNE 103301)
%	t/m ³

LIMITES ATTERBERG (UNE-EN ISO 17892-12: 2019)			
Límite Líquido	0,0	Límite Plástico	0,0
Índice de Plasticidad:		NO PLASTICO	

ANALISIS QUIMICOS (UNE 103202, NLT 114, UNE 103204, NLT 115)			
Sulfatos	Sales S.	Yeso	Mat. Orgánica
	0,05%		0,12%

LAMBE, EXPANSIVIDAD y COLAPSO (UNE 103601-2:1996, NLT 254)	
C.P.V. (val.):	Colapso (%):
Hinchamiento libre	0,00%
Presión de Hinchamiento	

COMPACTACION (UNE 103500, 103501:1994)		
Proctor	NORMAL	MODIFICADO
Dens. Máxima (g/cm ³)		2,00
Humedad óptima		10,2%

CBR DE LABORATORIO (UNE 103502:1995)		
Energía Compactación	100%	95%
C B R		
Absorción		
Hinchamiento		

CLASIFICACION	
Casagrande	PG3
GW-GM	SELECCIONADO

Clasificación según el DB-C (a efectos de cálculo):

Suelo granular con más del 30% de partículas superiores a 20 mm

OBSERVACIONES:

Badajoz, a fecha de firma electrónica

HINCHAMIENTO LIBRE DE UN SUELO EN EDMETRO (UNE 103601)

Nº registro: 23/0029

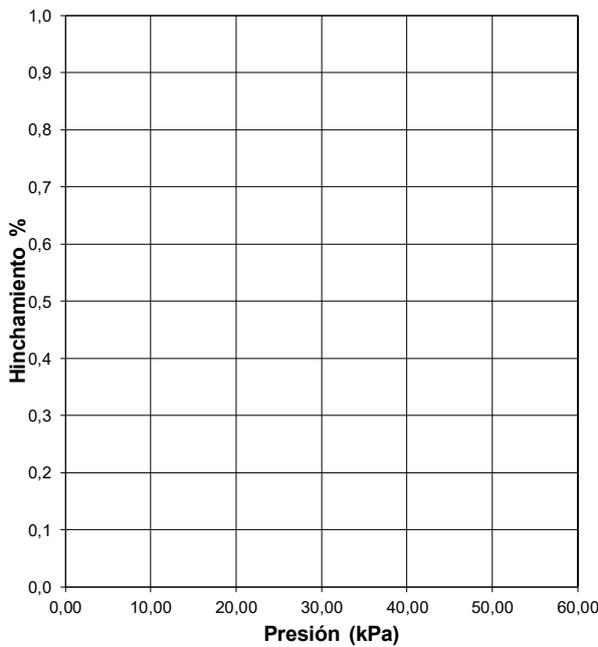
OBRA:	BALSA DE RIEGO "LLANÁS" EN T.M. DE TORNAVACAS.	TRAGSATEC S.A.
SONDEO/CATA:	C-5 MUESTRA: M-1 PROFUNDIDAD: 0,60-1,20	FECHA TOMA: 13/01/2023
TIPO DE SUELO:	Grava arenosa	FECHA ENSAYO: 14/01/2023

DATOS DE LA MUESTRA

Sección Probeta:	1963,50 mm²	Altura Inicial Probeta:	20,0 mm
Humedad Inicial:	9,30 %	Densidad Seca Inicial:	1,710 g/cm³
Humedad Final:	10,80 %		

Vol. Anillo 39,27

GRAFICO PRESION / HINCHAMIENTO (descarga)



Carga (N)	Presión (kPa)	Dh (mm)	% Hinchamiento
20,0	10,2	0,00	0,00

Presión de Hinchamiento = 0,0 %

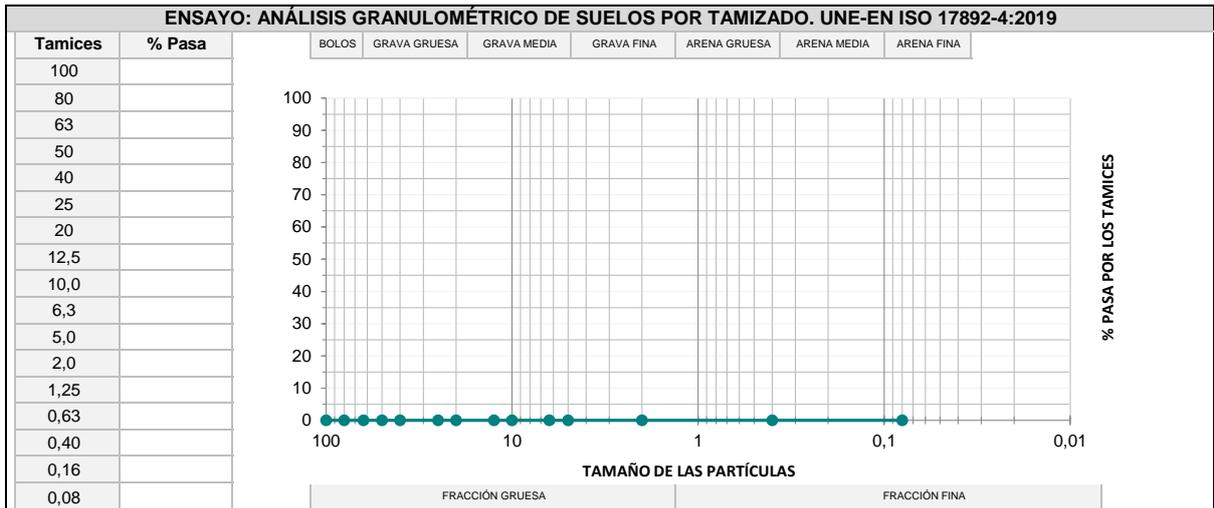
OBSERVACIONES: No hincha. Ensayo realizado sobre muestra remoldeada.

Badajoz, a fecha de firma electrónica.



Fdo.: Gonzalo Manso Vera

ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN, ESTADO Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS			
OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN: Determinar características y propiedades geométricas, físicas, químicas y mecánicas para clasificarlos y evaluar su comportamiento para su uso en obra civil.			
OBRA:	BALSA DE RIEGO EN TORNAVACAS		
PETICIONARIO:	TRAGSATEC	Nº PETICIÓN:	M03337
		REF. OBRA:	EXP-2134/2023
DIRECCIÓN:		Nº TRABAJO:	2134/169/40640-42
ÁREA DE ACREDITACIÓN:	VSG	REFERENCIA MUESTRA:	SU-02
TIPO DE MUESTRA Y ESTADO:	SACO CERRADO	FECHA DE ENTRADA:	16/01/2023
IDENTIFICACIÓN DEL SUELO:	Suelo	PROCEDENCIA:	C-2 (M-1)
CONDICIONES DE ENSAYO:	Normales; según procedimiento de ensayo	PROFUNDIDAD MUESTRA (m):	1,0-1,20



LÍMITES DE ATTERBERG. UNE-EN ISO 17892-12:2019/A2:2022	COMPACTACIÓN PRÓCTOR. UNE 103. 500:1994 - 501:1994	
LÍMITE LÍQUIDO:		
LÍMITE PLÁSTICO:		
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:		
ENSAYOS QUÍMICOS		
MATERIA ORGÁNICA (%). UNE 103.204.	0,12	
SALES SOLUBLES (%). UNE 103.205:2019	0,02	
SULFATOS SOLUBLES (%). UNE 103.201:2019		
CONTENIDO EN YESOS (%). UNE 103.206:2019		
CARBONATOS (%). UNE 103200:2021		
ACIDEZ BAUMMAN GULLY. UNE EN 16502:2015		
HINCHAMIENTO LIBRE. UNE 103 601:1996		
% Hinchamiento =		
PRESIÓN DE HINCHAMIENTO UNE 103 602:1996		
Presión de hinchamiento (kPa) =		
ASIENTO DE COLAPSO NLT-254		
Índice de colapso =		
HUMEDAD POR SECADO EN ESTUFA UNE-EN ISO 17892-1:2015		
% Humedad =		
DENSIDAD DE SUELO UNE 103301:1994		
gr/cm3 Densidad aparente =		
		RESULTADO PRÓCTOR: NORMAL <input type="checkbox"/> MODIFICADO <input checked="" type="checkbox"/>
		DENSIDAD OPTIMA (g/cm3) = 2,00
		% HUMEDAD OPTIMA = 10,20
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE C.B.R. UNE 103.502:1995		
COMPACTACIÓN PROCTOR	95 %	100 %
ÍNDICE C.B.R.		
AGUA ABSORBIDA (%)		
HINCHAMIENTO (%)		
CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
CLASIFICACIÓN PPTP:		
CLASIFICACIÓN CASAGRANDE:		
CLASIFICACIÓN HRB:		
CLASIFICACIÓN USCS:		
CLASIFICACIÓN FOM 1382/02:		

OBSERVACIONES:

Equipos utilizados:
EQ-13, EQ-15, EQ-16, EQ-17, EQ-23, EQ-25
EQ-26, EQ-28, EQ-32, EQ-34, EQ-35, EQ-38

Cáceres, 24 enero de 2023

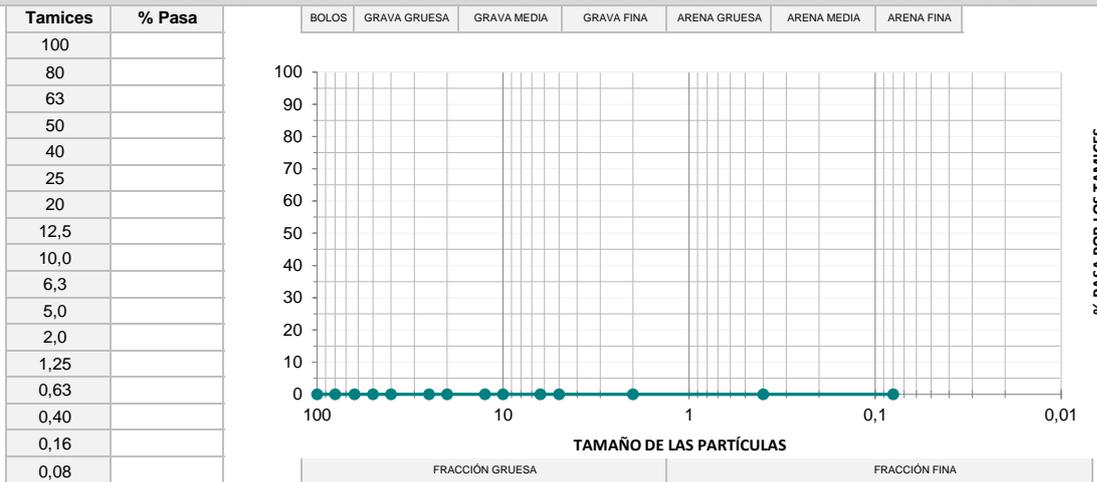
El Jefe de Laboratorio:

Fdo.: Marcos M. González Gálvez

ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN, ESTADO Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN: Determinar características y propiedades geométricas, físicas, químicas y mecánicas para clasificarlos y evaluar su comportamiento para su uso en obra civil.

OBRA:	BALSA DE RIEGO EN PIORNAL		
PETICIONARIO:	TRAGSATEC	Nº PETICIÓN:	M03338
		REF. OBRA:	EXP-2134/2023
DIRECCIÓN:		Nº TRABAJO:	2134/170/40643-45
ÁREA DE ACREDITACIÓN:	VSG	REFERENCIA MUESTRA:	SU-02
TIPO DE MUESTRA Y ESTADO:	SACO CERRADO	FECHA DE ENTRADA:	16/01/2023
IDENTIFICACIÓN DEL SUELO:	Suelo	PROCEDENCIA:	C-3 (M-1)
CONDICIONES DE ENSAYO:	Normales; según procedimiento de ensayo	PROFUNDIDAD MUESTRA (m):	1,80-200

ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. UNE-EN ISO 17892-4:2019

LÍMITES DE ATTERBERG. UNE-EN ISO 17892-12:2019/A2:2022

 LÍMITE LÍQUIDO:
 LÍMITE PLÁSTICO:
 ÍNDICE DE PLASTICIDAD:
ENSAYOS QUÍMICOS

MATERIA ORGÁNICA (%). UNE 103.204.	0,16
SALES SOLUBLES (%). UNE 103.205:2019	0,12
SULFATOS SOLUBLES (%). UNE 103.201:2019	
CONTENIDO EN YESOS (%). UNE 103.206:2019	
CARBONATOS (%). UNE 103200:2021	
ACIDEZ BAUMMAN GULLY. UNE EN 16502:2015	

HINCHAMIENTO LIBRE. UNE 103 601:1996

 % Hinchamiento =
PRESIÓN DE HINCHAMIENTO UNE 103 602:1996

 Presión de hinchamiento (kPa) =
ASIENTO DE COLAPSO NLT-254

 Índice de colapso =
HUMEDAD POR SECADO EN ESTUFA UNE-EN ISO 17892-1:2015

 % Humedad =
DENSIDAD DE SUELO UNE 103301:1994

 gr/cm3 Densidad aparente =
OBSERVACIONES:
Equipos utilizados:
 EQ-13, EQ-15, EQ-16, EQ-17, EQ-23, EQ-25
 EQ-26, EQ-28, EQ-32, EQ-34, EQ-35, EQ-38

COMPACTACIÓN PRÓCTOR. UNE 103. 500:1994 - 501:1994

 RESULTADO PRÓCTOR: NORMAL
 MODIFICADO

 DENSIDAD OPTIMA (g/cm3) = 1,59
 % HUMEDAD OPTIMA = 18,90

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE C.B.R. UNE 103.502:1995

COMPACTACIÓN PROCTOR	95 %	100 %
ÍNDICE C.B.R.		
AGUA ABSORBIDA (%)		
HINCHAMIENTO (%)		

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

CLASIFICACIÓN PPTP:	
CLASIFICACIÓN CASAGRANDE:	
CLASIFICACIÓN HRB:	
CLASIFICACIÓN USCS:	
CLASIFICACIÓN FOM 1382/02:	

Cáceres, 24 enero de 2023

El Jefe de Laboratorio:

Fdo.: Marcos M. González Gálvez

8. Cálculo de Tensión Admisible y Asientos Estimados

Cimentaciones en Roca Granítica

Cimentaciones Superficiales. Presión Vertical Admisible en Roca (q_d) Cálculo analítico simplificado

En el caso de rocas duras (Resistencia a compresión simple $q_u > 2,5$ MPa), poco diaclasadas ($RQD > 25$) y no intensamente alteradas (grado de alteración inferior a IV) podrá determinarse la presión admisible de servicio q_d según la expresión que se recoge más abajo y siempre que:

- La superficie de la roca es esencialmente horizontal y sin problemas de estabilidad lateral.
- La carga no tiene componente tangencial, o esta es inferior al 10% de la carga normal.
- En rocas sedimentarias los estratos deben ser horizontales o subhorizontales.

$$q_d = K_{sp} \cdot q_u = 0,5 \text{ MPa}$$

donde:

q_u : Resistencia a la compresión simple de la roca sana que puede determinarse mediante:

1- Ensayo UNE 22950-1: "Propiedades mecánicas de las rocas. Ensayos para la determinación de la resistencia. Parte 1: resistencia a la compresión uniaxial".

Resistencia q_u

2- Por estimación de campo: En función del comportamiento de una muestra de roca ante la aplicación de golpes de martillo de geólogo y rayado con navaja (Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas)

ENSAYO DE RESISTENCIA APROXIMADO	RANGO (MPa)	Resistencia q_u
Se raya difícilmente con la navaja	5 a 25	5,0 MPa

$$K_{sp} = \frac{3 + \frac{s}{B}}{10 \sqrt{1 + 300 \frac{a}{s}}}$$

$$K_{sp} = 0,103$$

S: Espaciamiento de las discontinuidades $s > 300$ mm

B: Anchura del cemento en m; $0,05 < s/B < 2$

a: Apertura de las discontinuidades

$a < 5$ mm en junta limpia; $a < 25$ mm junta rellena con suelo o fragmentos de roca alterada; siendo $0 < a/s < 0,02$

0,300 m

3,00 m

8,000 m

(0,008 m)

Nota.

A efectos de verificación del estado límite último de hundimiento el valor de q_d , de esta forma determinado, puede considerarse que lleva incorporado un coeficiente de seguridad y $R = 3$.

Para la comprobación de los asientos se podrá recurrir al empleo de formulaciones elásticas, introduciendo módulos de deformación representativos del macizo, que podrán ser calculados o estimados por diversos métodos. No obstante, para rocas a las que pueda aplicarse el método de cálculo de la presión vertical aquí desarrollado los asientos serán prácticamente inexistentes.

Cimentación a -0,80 m

Cimentaciones Superficiales Presión de Hundimiento en Suelos (qh) Presión Vertical Admisible (qadm) DETERMINACIÓN MEDIANTE MÉTODOS ANALÍTICOS

La presión vertical de hundimiento de una cimentación directa puede determinarse mediante métodos analíticos empleando la fórmula de *Brinch-Hansen*, que podrá expresarse en presiones totales o efectivas, brutas o netas:

$$q_h = c_K N_c d_c s_c i_c t_c + q_{0K} N_q d_q s_q i_q t_q + \frac{1}{2} B^* \gamma_K N_\gamma d_\gamma s_\gamma i_\gamma t_\gamma = 821 \text{ kN/m}^2$$

siendo:

q_h la presión vertical de hundimiento o resistencia característica del terreno R_k**c_K** el valor característico de la cohesión del terreno:

$$c_K = 10 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Límites y Granulométrico})$$

q_{0K} la presión vertical característica alrededor del cimiento al nivel de su base

El valor a considerar en el cálculo será la presión vertical total debida a la sobrecarga (de tierras u otras) o la presión efectiva al del nivel de la base de la cimentación y alrededor de ésta, según se trate de condiciones de carga sin drenaje o tensiones efectivas respectivamente.

$$q_{0K} = \gamma_{ap} D_1 + \gamma' D_2 = 0 \text{ kN/m}^2$$

 Considerar sobrecarga NO considerar sobrecarga

D es el espesor total de tierra sobre el plano de cimiento ($D = D_1 + D_2$). D₁ correspondería al espesor de la parte que queda por encima del nivel freático y D₂ a la parte que queda por debajo.

γ_{ap} representa el peso específico aparente del suelo a la humedad media del terreno en el espesor D₁ (sobre el nivel freático) y γ' el peso específico sumergido del terreno en el espesor D₂ (bajo el nivel freático).

$$\gamma_{ap} \text{ (kN/m}^3\text{)} = 17,0 \quad D_1 \text{ (m)} = 0,80 \quad \gamma' \text{ (kN/m}^3\text{)} = 7,0 \quad D_2 \text{ (m)} = 0,00$$

B* el ancho equivalente del cimiento

Se calculará a partir del ancho real (B), teniendo en cuenta la excentricidad de la resultante de las acciones respecto al centro geométrico del cimiento. e_B marca la excentricidad según la dirección del ancho del cimiento.

$$B^* = B - 2e_B = 2 - 0 = 2,00 \text{ m}$$

$$(e_B = 0,00) \quad (\text{las acciones no presentan excentricidad})$$

 γ_K el peso específico característico del terreno por debajo de la base del cimiento

El valor a introducir en la fórmula será el que represente el estado de presiones efectivas por debajo del cimiento y que será:

- El peso específico aparente γ_{ap} del suelo si el nivel freático se encuentra a mayor profundidad que el ancho equivalente B* de la cimentación
- El peso sumergido γ' si el nivel freático está situado por encima de la cimentación
- El peso específico intermedio, interpolado linealmente según la siguiente expresión si el nivel freático está comprendido entre los indicados anteriormente:

$$\gamma_K = \gamma' + z/B^*(\gamma_{ap} - \gamma');$$

... donde z es la distancia a que se encuentra el nivel freático por debajo de la cimentación

$$\gamma_K = 18,0 \text{ kN/m}^3 \quad (\gamma_{ap} \text{ -kN/m}^3 = 18,0) \\ (\text{nivel freático ausente})$$

N_c N_q N_γ los factores de capacidad de carga

Son adimensionales y dependen exclusivamente del valor característico del ángulo de rozamiento interno característico del terreno (ϕ_k). Se denominan respectivamente factor de cohesión, de sobrecarga y de peso específico.

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cotg \phi' = 38,64$$

$$N_q = \frac{1 + \operatorname{sen} \phi'}{1 - \operatorname{sen} \phi'} \cdot e^{\pi \cdot \operatorname{tg} \phi'} = 26,09$$

$$N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \cdot \operatorname{tg} \phi' = 24,44$$

$$\phi_k = 33,0^\circ \quad (\text{obtenido mediante Límites y Granulométrico})$$

 d_c d_q d_γ los factores de profundidad

Son los coeficientes correctores de influencia para considerar la resistencia al corte del terreno situado por encima y alrededor de la base del cimiento.

$$d_c = 1,00 \quad d_q = 1,00 \quad d_\gamma = 1,00$$

(no se aplican correcciones, profundidad de cimentación (D) inferior a 2,00 m)

 s_c s_q s_γ los coeficientes correctores de influencia por la forma en planta del cimiento

$$s_c = 1,02 \quad s_q = 1,10 \quad s_\gamma = 0,97$$

 i_c i_q i_γ los coeficientes correctores de influencia de la inclinación de la resultante de las acciones

Se aplicarán estos coeficientes para tener en cuenta el efecto de componentes horizontales sobre las zapatas.

$$i_c = 1,00 \quad i_q = 1,00 \quad i_\gamma = 1,00$$

$$\operatorname{tg} \delta_B = 0,00 \quad \operatorname{tg} \delta_L = 0,00 \quad (\text{acciones verticales})$$

 t_c t_q t_γ los coeficientes correctores de influencia por proximidad del cimiento a un talud.

De aplicación cuando el terreno situado junto a la cimentación no sea horizontal, sino que presente una inclinación descendente de ángulo β respecto a la horizontal, se podrán emplear los siguientes factores de corrección:

$$t_c = 1,00 \quad t_q = 1,00 \quad t_\gamma = 1,00$$

$$\beta = 0^\circ$$

Resultados

Presión de Hundimiento (q_h). Es la Resistencia Característica del terreno (R_k)

$$\begin{array}{lll} \text{Término de cohesión} & \text{Término de sobrecarga} & \text{Término de peso específico} \\ c_K N_c d_c s_c i_c t_c = 394 & q_{0K} N_q d_q s_q i_q t_q = 0 & \frac{1}{2} B \cdot \gamma_K N_\gamma d_\gamma s_\gamma i_\gamma t_\gamma = 427 \end{array}$$

$$q_h = 394 + 0 + 427 = \quad \mathbf{821 \quad kN/m^2}$$

Presión vertical admisible (q_{adm}). Valor de Cálculo de la resistencia del terreno (R_d), donde se ha tenido en cuenta la seguridad frente al hundimiento (γ_R).

$$\gamma_R = 3$$

$$q_{adm} = \frac{q_h}{\gamma_R} = \frac{821}{3} = 274 \quad \mathbf{kN/m^2}$$

Asientos cimentaciones en Jabre

CALCULO DE ASIENTOS PREVISIBLES (COMPORTAMIENTO ELÁSTICO)

APROXIMACIÓN DE STEINBRENNER. MÉTODO MULTICAPA

Datos de la cimentación

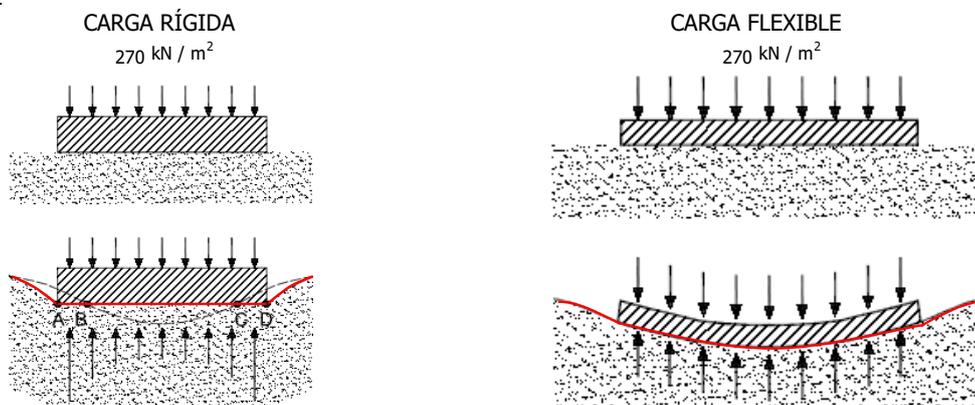
Tipo:	ZAPATAS CORRIDAS	Prof. Cimentación	0,80 m
Carga de la estructura q_b	270 kN / m ²	Densidad terreno excavado	kN / m ³
Carga neta transmitida q_{neta} (270 kN / m ²	Sobrecarga de Tierras q_0	No se considera kN / m ²
Ancho B	10,0 m	Longitud L	50,0 m
$n = L / B$	5,0		

(1) En el caso de cimentación mediante losa de hormigón la **Carga neta** que determina el asentamiento es igual a la diferencia entre el peso de la estructura y el peso del suelo que ha sido excavado o sobrecarga de tierras (Jiménez Salas 1.980)

Datos del terreno

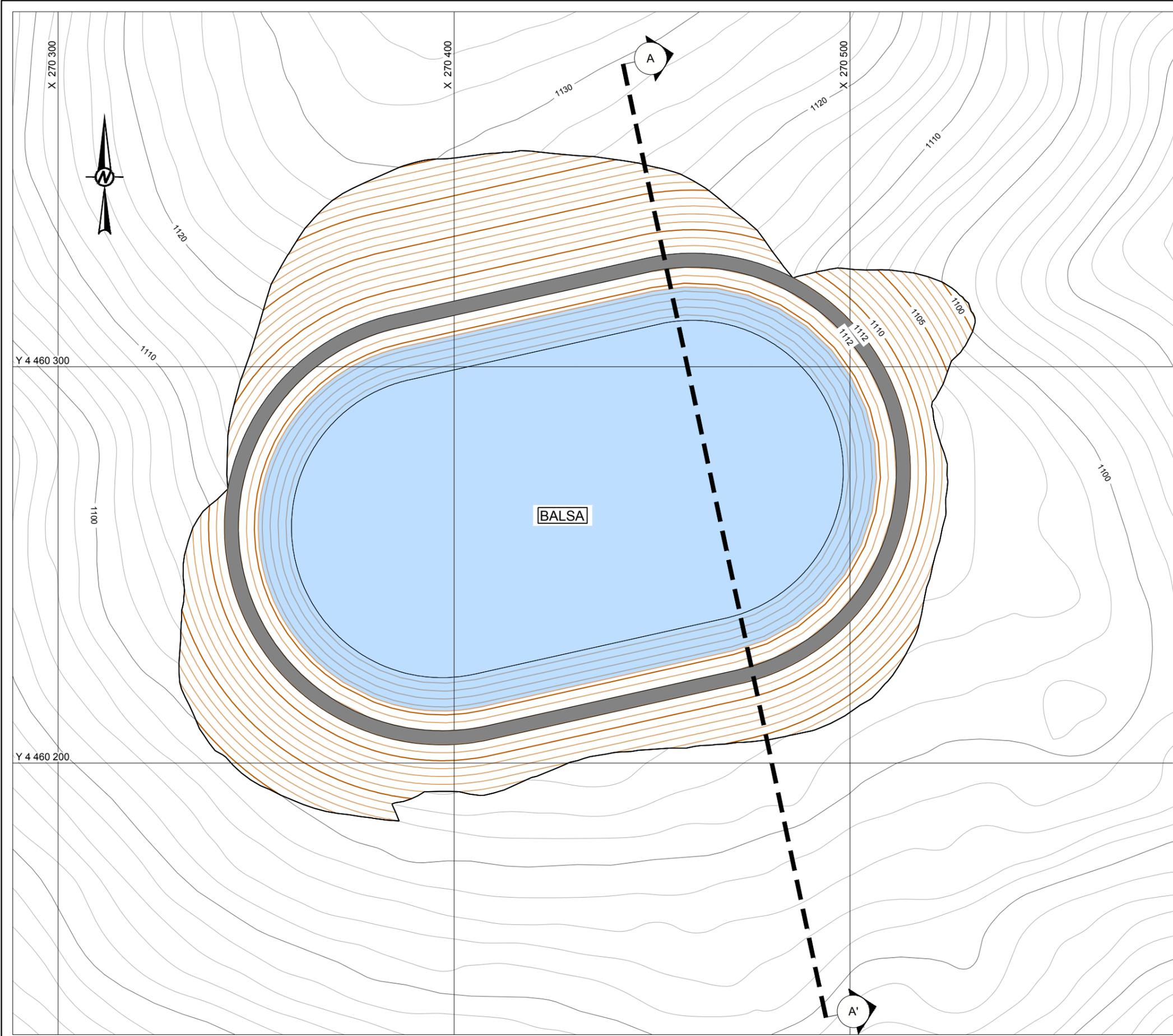
Espesor niveles (m)	Espesor bajo cimentación	Nivel asimilable a...	N SPT	C. Poisson ν	E (MPa)
0,6	0,0	Limos, limos arenosos, mezclas levemente cohesivas	6	0,30	2,40
0,4	0,2	Limos, limos arenosos, mezclas levemente cohesivas	20	0,30	8,00
0,4	0,4	Limos, limos arenosos, mezclas levemente cohesivas	40	0,30	16,00
2,0	2,0	Grava arenosa y arenas	50	0,30	55,00
	0,0				0,00
	0,0				0,00
	0,0				0,00
	0,0				0,00
	0,0				0,00
	0,0				0,00
	0,0				0,00

Espesor total

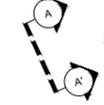
H bajo cimentación**2,6 m**(Profundidad a que se encuentra el **techo del nivel indeformable** respecto base cimentación)**RESULTADOS**

Asientos carga rígida	Asientos carga flexible (LOSA)			Módulo de Balasto K_v kN / m ³
	Esquina	Centro	Valor medio	
0,0118 m 1,18 cm	---	---	---	---

9. Cálculo de Estabilidad de Taludes



LEYENDA

 Situación en planta del perfil utilizado para la realización de los cálculos de estabilidad.

REFERENCIAS

- Coordenadas proyeccion UTM, sistema de referencia ETRS89 Huso 29.
- Base topográfica facilitada por el cliente en noviembre 2022.

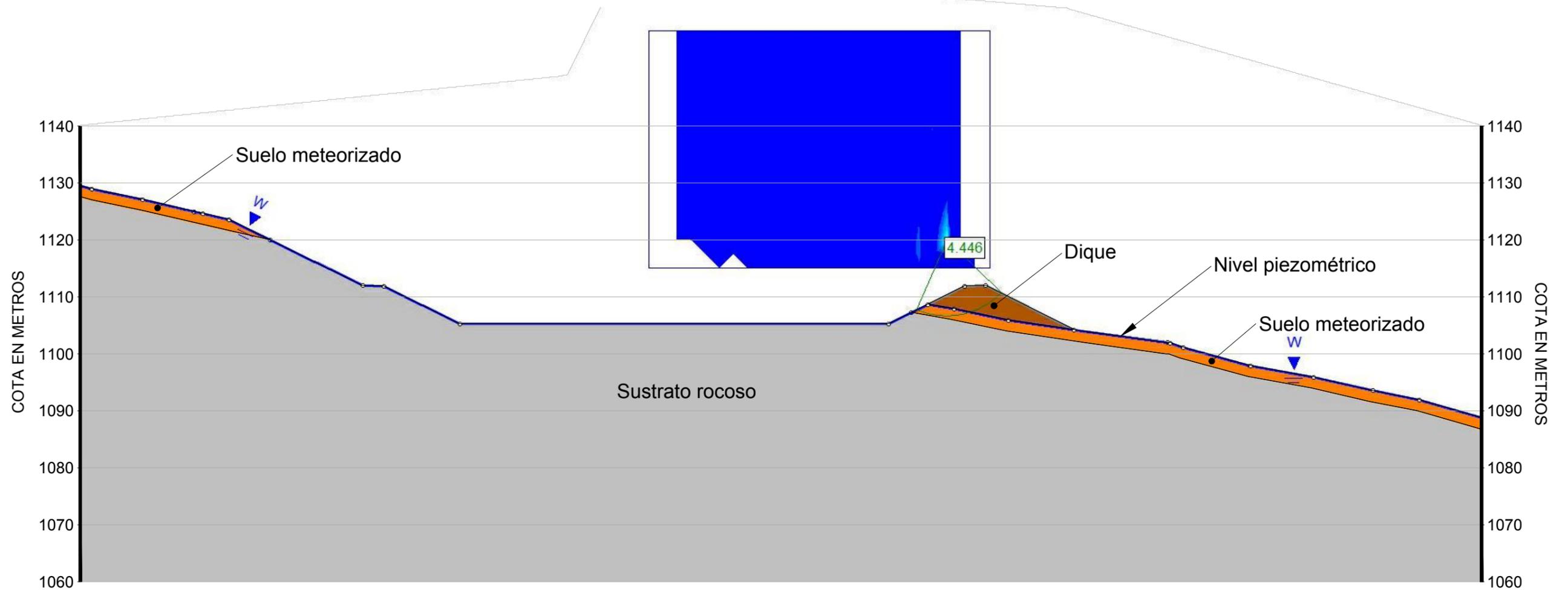


PLANTA DE SITUACIÓN

NOTAS

1. Cálculo realizado con el método de Bishop usando el programa Slide 2.
2. De entre las numerosas superficies de rotura analizadas, solo se representa la de menor factor de seguridad, para mayor claridad del dibujo.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	Water Surface	Hu Type
Dique		20	Mohr-Coulomb	20	35	Water Surface	Constant
Suelo meteorizado		20	Mohr-Coulomb	10	35	Water Surface	Constant
Sustrato rocoso		20	Mohr-Coulomb	100	45	Water Surface	Constant

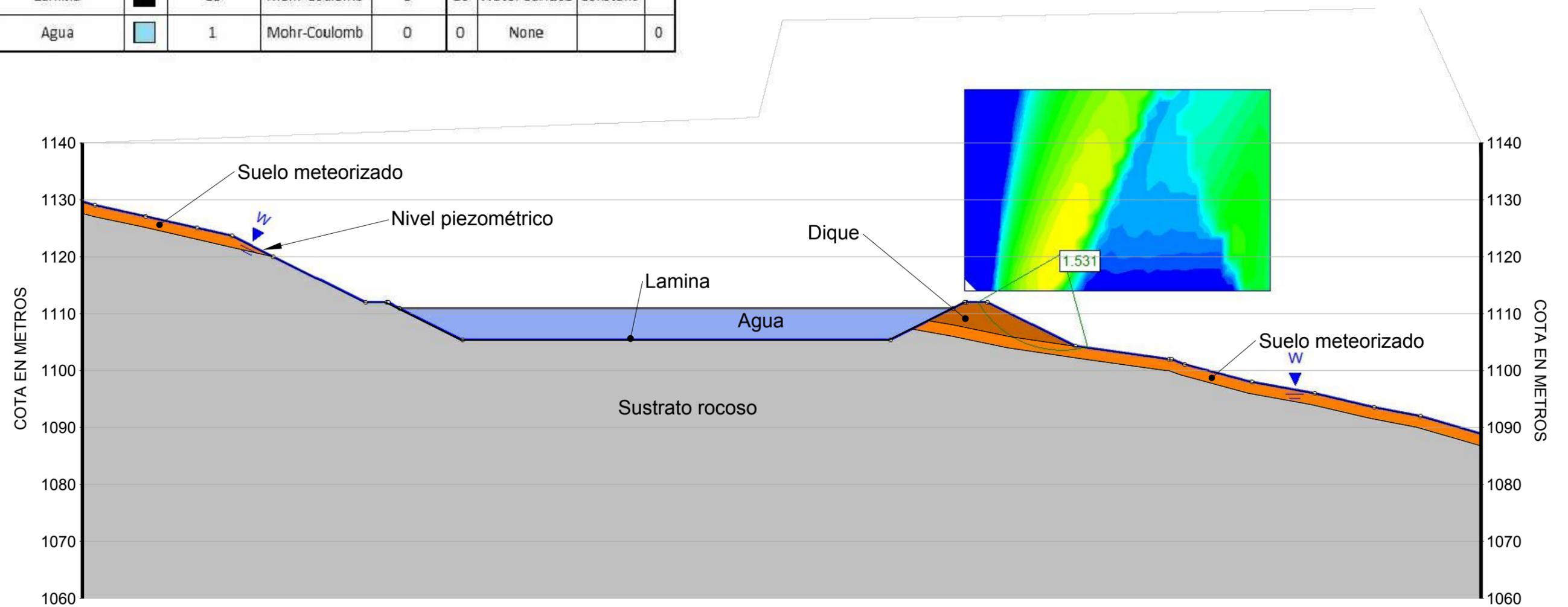


CÁLCULO DE ESTABILIDAD
FINAL DE CONSTRUCCIÓN CON LA Balsa Vacía

NOTAS

1. Cálculo realizado con el método de Bishop usando el programa Slide 2.
2. De entre las numerosas superficies de rotura analizadas, solo se representa la de menor factor de seguridad, para mayor claridad del dibujo.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	Water Surface	Hu Type	Ru
Dique	■	20	Mohr-Coulomb	20	35	Water Surface	Constant	
Suelo meteorizado	■	20	Mohr-Coulomb	10	35	Water Surface	Constant	
Sustrato rocoso	■	20	Mohr-Coulomb	100	45	Water Surface	Constant	
Lamina	■	10	Mohr-Coulomb	0	10	Water Surface	Constant	
Agua	■	1	Mohr-Coulomb	0	0	None		0

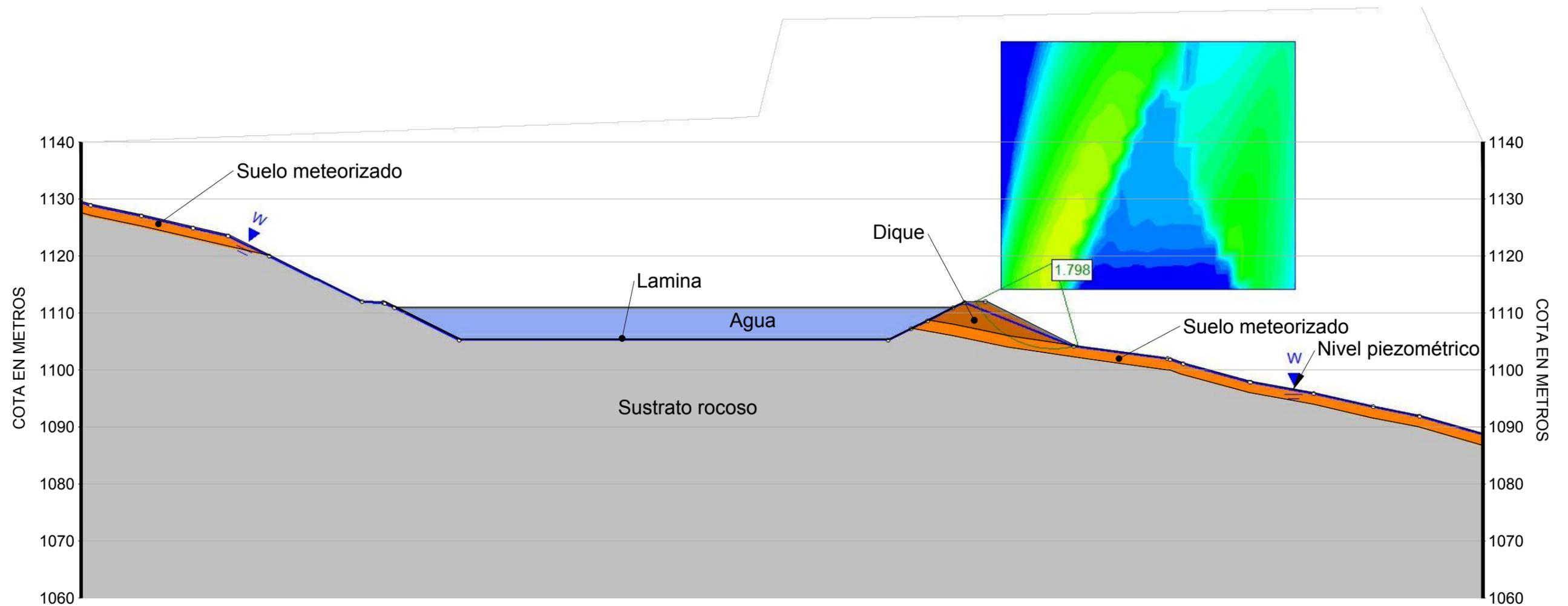


CÁLCULO DE ESTABILIDAD
 Balsa llena con elemento impermeabilización externo

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	Water Surface	Hu Type	Ru
Dique		20	Mohr-Coulomb	20	35	Water Surface	Constant	
Suelo meteorizado		20	Mohr-Coulomb	10	35	Water Surface	Constant	
Sustrato rocoso		20	Mohr-Coulomb	100	45	Water Surface	Constant	
Lamina		10	Mohr-Coulomb	0	10	Water Surface	Constant	
Agua		1	Mohr-Coulomb	0	0	None		0

NOTAS

1. Cálculo realizado con el método de Bishop usando el programa Slide 2.
2. De entre las numerosas superficies de rotura analizadas, solo se representa la de menor factor de seguridad, para mayor claridad del dibujo.

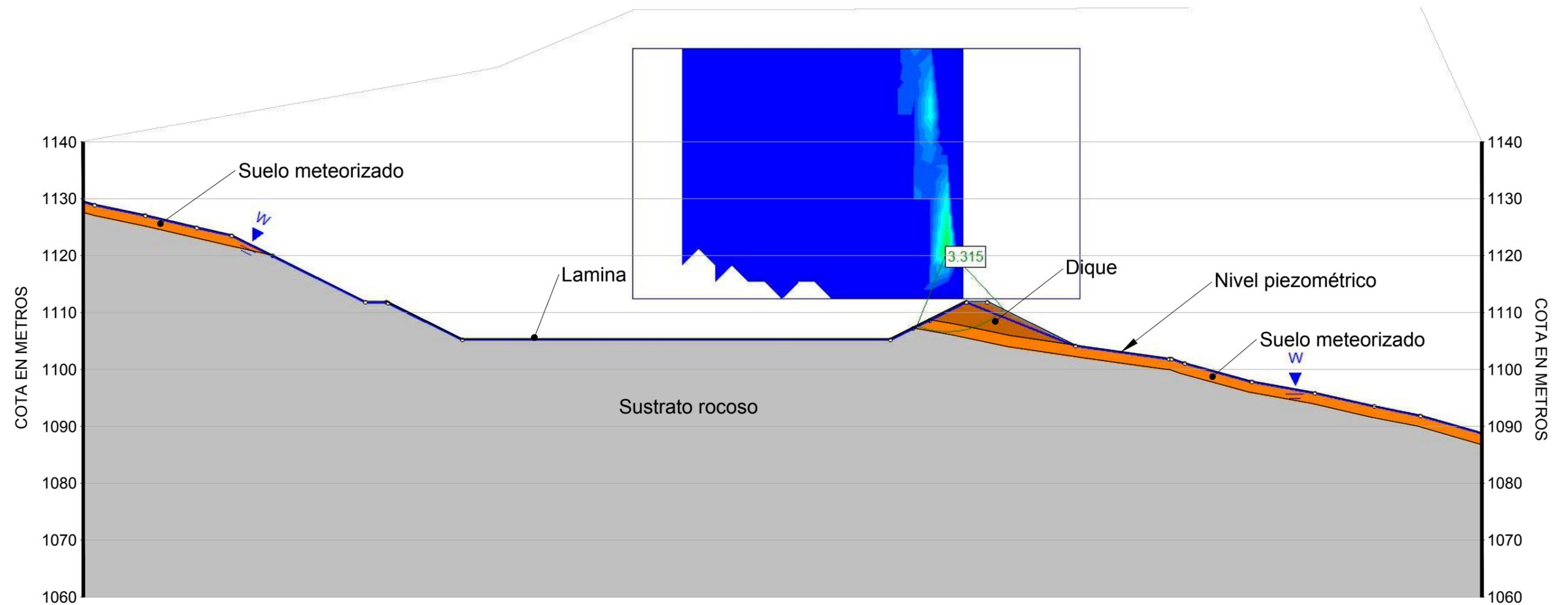


CÁLCULO DE ESTABILIDAD
ROTURA ELEMENTO IMPERMEABILIZACIÓN EXTERNO

NOTAS

1. Cálculo realizado con el método de Bishop usando el programa Slide 2.
2. De entre las numerosas superficies de rotura analizadas, solo se representa la de menor factor de seguridad, para mayor claridad del dibujo.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	Water Surface	Ru
Dique		20	Mohr-Coulomb	20	35	Water Surface	
Suelo meteorizado		20	Mohr-Coulomb	10	35	Water Surface	
Sustrato rocoso		20	Mohr-Coulomb	100	45	Water Surface	



CÁLCULO DE ESTABILIDAD
DESEMBLSE RÁPIDO

Anexo 02: Estudio geotécnico para la construcción de depósitos de almacenamiento de agua

DEPÓSITO 1

CRESSA	
ingenieros	
B-10471274	
<input type="checkbox"/>	ENTRADA Nº:
<input checked="" type="checkbox"/>	SALIDA Nº: 0781
FECHA: 18/04/2023	



ESTUDIO GEOTÉCNICO PREVIO

PROVINCIA: CÁCERES

MUNICIPIO: TORNAVACAS

PROYECTO: PARA LA CONSTRUCCIÓN DE DEPÓSITO DE AGUA Nº1 DEL SECTOR "LLANÁS" DE LA CC.RR. DE TORNAVACAS.

FECHA: 18 DE ABRIL DE 2.023.

PETICIONARIO: TRAGSATEC.

INFORME: GEOT 0574

ÍNDICE

1.- ANTECEDENTES. OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO.	3
2.- METODOLOGÍA. NORMATIVAS DE REFERENCIA. ACREDITACIONES.	5
3.- RESUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.	6
3.1.- TRABAJOS DE CAMPO.	6
3.1.1.- ESTACIONES GEOMECÁNICAS.	6
3.1.2.- RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO (MARTILLO SCHMIDT) EN ESTACIÓN GEOMECÁNICA.	7
3.1.3.- MEDIDA DEL NIVEL FREÁTICO.	8
4.- CARACTERIZACIÓN DE LA PARCELA.	9
4.1.- SITUACIÓN DE LA PARCELA.	9
4.2.- MORFOLOGÍA DE LA ZONA EN ESTUDIO.	10
5.- ENCUADRE GEOLÓGICO DE LA ZONA.	11
5.1 ENCUADRE GEOLÓGICO REGIONAL	11
6.- CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA. NIVELES ESTRATIGRÁFICOS DEL TERRENO.	13
7.- EXPANSIVIDAD.	15
8.- CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DE LA ZONA.	16
9.-DEFINICIÓN DEL TIPO DE AMBIENTE. RECOMENDACIÓN DEL TIPO DE HORMIGÓN DE CIMENTACIÓN.	19
10.- ESTUDIO DE LA CIMENTACIÓN.	20
10.1.- TIPO DE CONSTRUCCIÓN	20
10.2.- FACTORES GEOTÉCNICOS CONDICIONANTES DE LA CIMENTACIÓN	20
10.3.- MEDIDAS ADICIONALES	21
10.4.- RESUMEN GENERAL	21
11.- RECOMENDACIONES GENERALES.	23

ANEJOS:

PLANO DE SITUACIÓN DEL DEPÓSITO Nº1

PLANO DE EMPLAZAMIENTO DEL DEPÓSITO Nº1

PLANO GEOLÓGICO DEPÓSITO Nº1

LEYENDA PLANO GEOLÓGICO DEPÓSITO Nº1

INFORME FOTOGRÁFICO

INFORME RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO

1.- ANTECEDENTES. OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO.

El presente estudio se realiza a petición de la empresa **TRAGSATEC**, como Promotora del Proyecto de Construcción del "**DEPÓSITO DE REGULACIÓN D1**" incluido dentro del "**PROYECTO PARA CONCESIÓN DE AGUAS DEL SECTOR "LLANÁS" DE LA CCRR DE TORNAVACAS**" situado en el Polígono 01, Parcela 09 de la "Dehesa Las Talamancas" en el municipio de **TORNAVACAS** (Cáceres).

Tiene como objetivos fundamentales:

- Proporcionar un conocimiento de las características geotécnicas del subsuelo de acuerdo con la construcción prevista.
- Conocer y evaluar las posibles problemáticas geotécnicas de la zona, que puedan incidir sobre la futura construcción.
- Definir y analizar el tipo de cimentación más recomendable para el tipo de instalación prevista de acuerdo a los condicionantes geotécnicos.
- Recoger comentarios y recomendaciones necesarias para poder realizar la instalación sin problemas de origen geotécnico.

INFORMACIÓN DE PROYECTO. DATOS PREVIOS.

El estudio geotécnico realizado corresponde al Proyecto de Construcción del "**DEPÓSITO DE REGULACIÓN D1**" incluido dentro del "**PROYECTO PARA CONCESIÓN DE AGUAS DEL SECTOR "LLANÁS" DE LA CCRR DE TORNAVACAS**" situado en el Polígono 01, Parcela 09 de la "Dehesa Las Talamancas" en el municipio de **TORNAVACAS** (Cáceres).

Para la realización de este estudio se le ha requerido al cliente la documentación necesaria para la correcta situación y definición de los problemas geotécnicos planteados, aportando éste la siguiente información:

- Tipología de la Instalación: Depósito Circular de Diámetro 21,70 m y Altura 4,18 m.

COORDENADAS TOPOGRÁFICAS

DATUM	ETRS89
HUSO	30
X	270.202 m
Y	4.460.897 m

Se nos ha indicado el lugar in situ, por parte de **D. Alejandro Crespo Arenas**, Presidente de la Comunidad de Regantes de Tornavacas.

**2.- METODOLOGÍA. NORMATIVAS DE REFERENCIA.
ACREDITACIONES.**

Para la definición del tipo de campaña geotécnica a realizar se han tenido en cuenta los siguientes documentos:

- Eurocódigo 7. Proyecto Geotécnico. Marzo de 1999.
- Código Técnico de la Edificación.

Con la entrada en vigor del Real Decreto 410/2010, de 31 de Marzo de 2.010, se establecen “los requisitos exigibles a las entidades de control de calidad de la edificación y a los laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación, para el ejercicio de su actividad”.

En base a esto, la Empresa CRESSA INGENIEROS S.L. tiene ingresada en el Registro Único de la Junta de Extremadura dirigida a la Consejería de Fomento, Vivienda, Ordenación de Territorio y Turismo su Declaración Responsable desde el 01/07/2016.

En dicha Declaración Responsable se indica la habilitación para la realización de:

- Ensayos para Obras de Edificación: Ensayos de Geotecnia.
- Ensayos para Obras de Ingeniería Civil: Ensayos de Reconocimientos Geotécnicos.

Y en el **Registro General de Laboratorios de Ensayo para la Calidad de la Edificación** aparece registrada con el Código “**EXT-L-031**”.

3.- RESUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.

3.1.- TRABAJOS DE CAMPO.

Los trabajos de campo realizados para el reconocimiento del subsuelo de este solar han consistido en la realización de una visita de campo a la zona en estudio el día 23/03/2023 y en la ejecución de los siguientes ensayos:

	Nº DE ENSAYOS	LOCALIZACIÓN
ESTACIÓN GEOMECÁNICA	3	2 EN AFLORAMIENTOS / 1 EN CORTE TERRENO
RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO (MARTILLO SCHMIDT) EN ESTACIÓN GEOMECÁNICA	3	EN ESTACIONES GEOMECÁNICAS

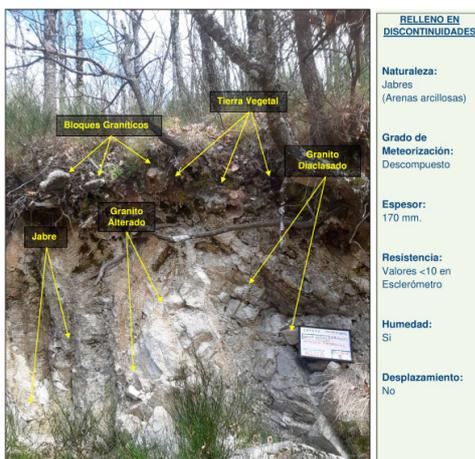
Los mencionados trabajos han sido llevados a cabo con la maquinaria y personal especializado de CRESSA INGENIEROS S.L., bajo control y supervisión del personal técnico del departamento de Geotecnia de CRESSA INGENIEROS S.L., siguiendo las pautas y procedimientos normalizados que exigen nuestro control de calidad y la normativa aplicable al respecto, normalmente UNE, NLT, ASTM o XP.

En los apartados correspondientes a la segunda parte, anejos de la memoria de este informe se adjunta la situación en planta de cada uno de los ensayos, y los resultados obtenidos. Además se adjunta un apartado de informe fotográfico de los trabajos realizados.

Seguidamente se describe el fundamento teórico y la metodología de cada uno de los ensayos geotécnicos realizados:

3.1.1.- ESTACIONES GEOMECÁNICAS.

FUNDAMENTO TEÓRICO



Mediante la realización de una Estación Geomecánica se pretende la observación de Macizo Rocoso de la zona en estudio y en ella, medir una serie de parámetros como pueden ser: su Localización Exacta, Resistencia a Compresión Simple de la Roca mediante el Esclerómetro o Martillo Schmidt, Grado de Meteorización de la Roca, Red de Discontinuidades, Presencia de Agua,

Familia de Discontinuidades (Detallando su Dirección de Buzamiento y Buzamiento), la Caracterización de las Discontinuidades (reflejando su Tipo, Dirección de Buzamiento, Buzamiento, Espaciado, Continuidad, Abertura, Rugosidad, Relleno, Espesor del Relleno, Grado de Meteorización y Flujo de Agua).

A través de la toma de datos anteriormente referida en nuestra Estación Geomecánica podemos obtener una descripción detallada de la situación en la que se encuentra el Macizo Rocoso.

3.1.2.- RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO (MARTILLO SCHMIDT) EN ESTACIÓN GEOMECÁNICA.

FUNDAMENTO TEÓRICO



El **Martillo de Schmidt** o también llamado **Esclerómetro** se ha extendido su uso a macizos rocosos para determinar de forma cualitativa la resistencia a compresión axial de una roca o de una discontinuidad.

Se trata de un ensayo no destructivo.

Es muy práctico y útil ya que de forma rápida podemos tener una aproximación de la resistencia de una roca “in situ” y, junto con otros parámetros de calidad de un macizo rocoso como son el RQD, número de discontinuidades, grado de

meteorización, entre otros, podemos clasificar el macizo rocoso según las clasificaciones geomecánicas del RMR.

Es un instrumento que nos permite estimar aproximadamente la resistencia a compresión simple de una roca ya sea en un talud, túnel, testigo de roca o discontinuidad mediante el rebote que produce el muelle que se aloja en su interior después de un impacto sobre una superficie rocosa.

El martillo de Schmidt se aplica presionando la punta del mismo sobre una superficie rocosa hasta que salta el muelle, el cual golpea la roca a través de una punta cilíndrica. En función de la dureza de la roca o superficie ensayada,

el muelle sufre un mayor o menor rebote. A mayor rebote mayor resistencia de la roca.

El esclerómetro debe colocarse perpendicularmente al plano o roca ensayada. Previamente al inicio de las medidas se debe limpiar la superficie a ensayar para que esté libre de suelo, musgo, líquenes, pátinas de alteración, fisuras o grietas.

Una vez obtenidos los resultados podemos clasificar la roca en función de su resistencia según ISRM:

DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE	A
Extremadamente blanda	<1 MPa	
Muy blanda	1-5 MPa	
Blanda	5-25 MPa	
Moderadamente blanda	25-50 MPa	
Dura	50-100 MPa	
Muy dura	100-250 MPa	
Extremadamente dura	>250 MPa	

3.1.3.- MEDIDA DEL NIVEL FREÁTICO

La determinación de la posición del nivel freático resulta muy importante para el estudio de las condiciones de cimentación, por lo que durante la ejecución de los ensayos se presta una especial atención en acotar la profundidad de la lámina freática.

La campaña geotécnica, para la elaboración de este informe, determinó que **no se encontró presencia de nivel freático en ninguna de las estaciones geomecánicas realizadas.**

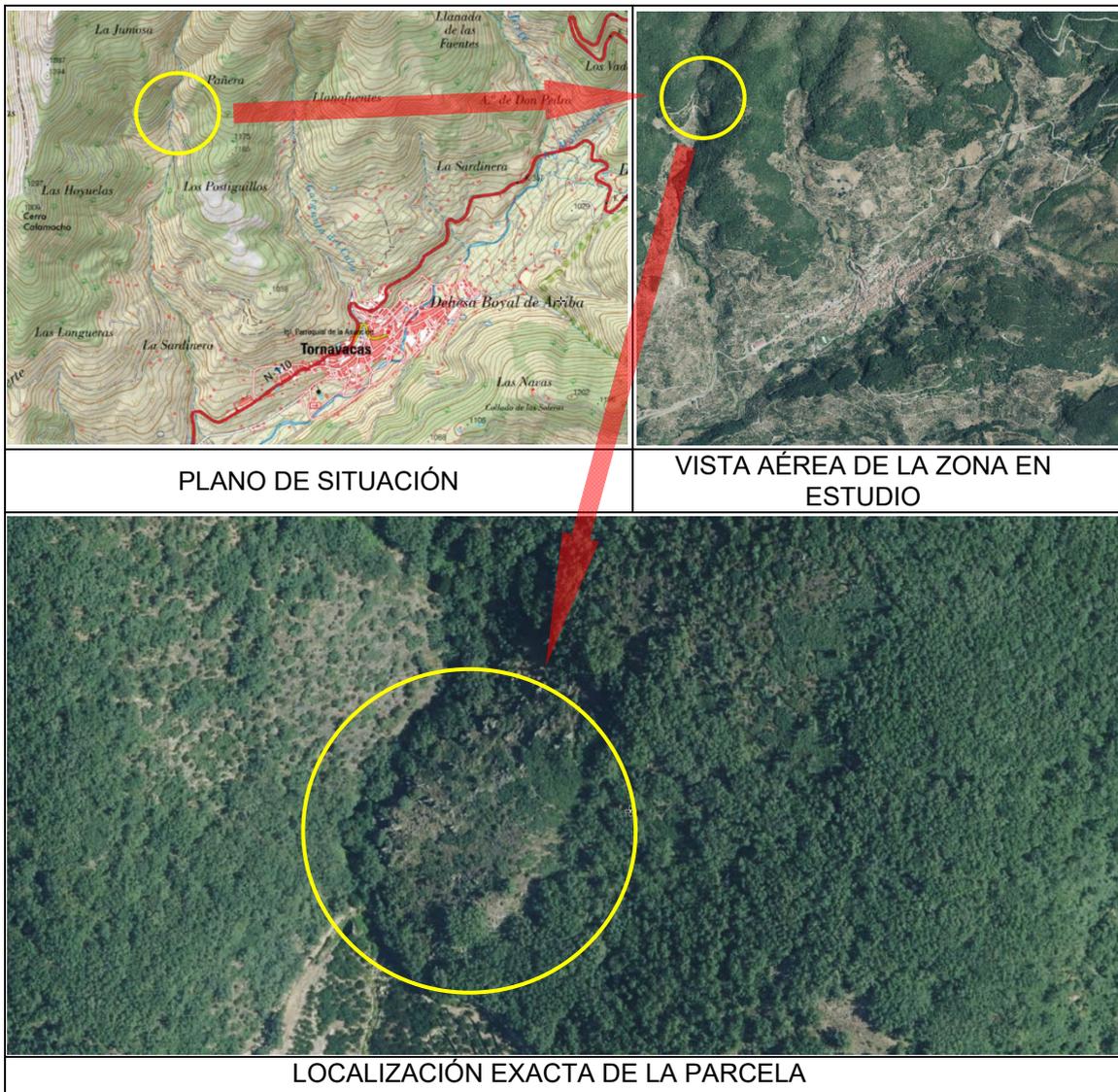
4.- CARACTERIZACIÓN DE LA PARCELA.

4.1.- SITUACIÓN DE LA PARCELA.

La zona de estudio que centra el presente informe se ubica en la localidad de Tornavacas (Cáceres), con las Coordenadas topográficas siguientes:

COORDENADAS TOPOGRÁFICAS

DATUM	ETRS89
HUSO	30
X	270.202 m
Y	4.460.897 m



4.2.- MORFOLOGÍA DE LA ZONA EN ESTUDIO.

La zona en estudio es de difícil acceso. A día de hoy, únicamente, se puede llegar a pie, ya que no existe camino alguno mediante el que alcanzar la zona.

Se encuentra en una ubicación con fuertes pendientes con unos ángulos de inclinación en torno a 27-28°.

Cuenta con numerosos afloramientos graníticos y está cubierta con la vegetación característica de la zona.



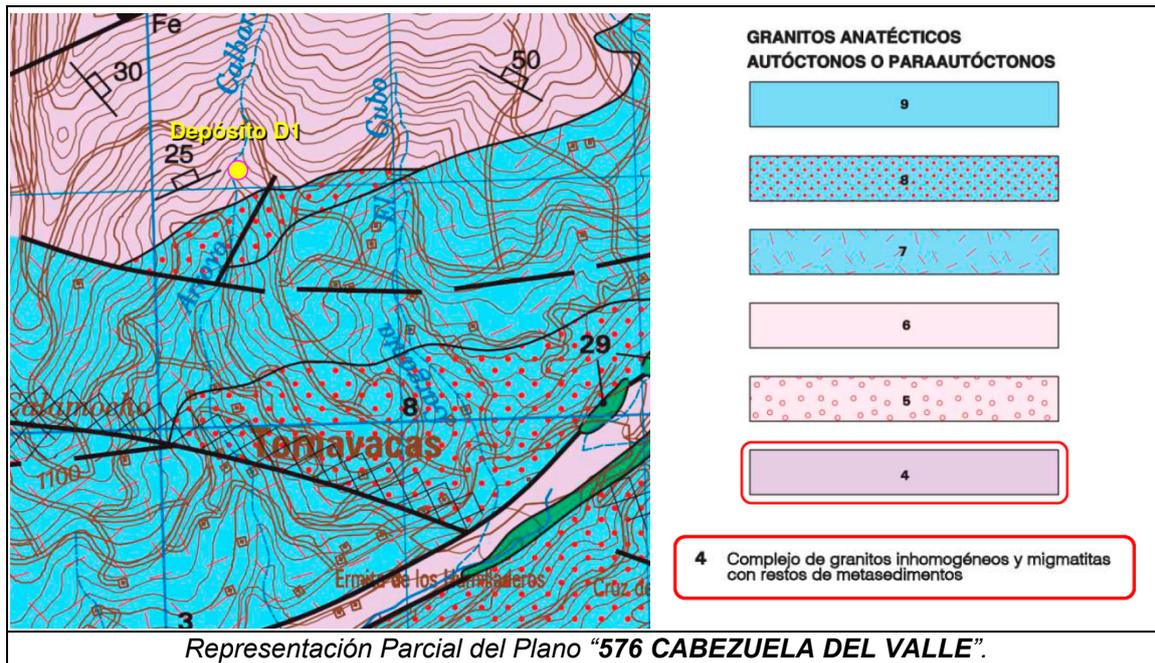
Vista panorámica del solar en estudio.

5.- ENCUADRE GEOLÓGICO DE LA ZONA

5.1 ENCUADRE GEOLÓGICO REGIONAL

El solar en estudio se encuentra en la localidad de **Tornavacas** (Cáceres).

La localidad de Tornavacas está dentro de la Hoja “**576 CABEZUELA DEL VALLE**” de la serie de Mapas Magna II a escala 1:50.000, del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).



Topográficamente, corresponde a una zona muy abrupta y quebrada, situada en la parte occidental de la Sierra de Gredos. La Hoja está atravesada diagonalmente con dirección SO-NE por el Valle del Jerte.

La climatología es variable entre las zonas de valle y montaña, debido a la compartimentación que produce el relieve. La pluviometría alcanza valores variables, con un clima extremado; en los valles abiertos al oeste como el del Jerte, el clima es tipo atlántico y las precipitaciones del orden de 700 a 1.000 mm/año.

Desde un punto de vista geológico, la Hoja, se enmarca en el sector occidental de la Sierra de Gredos, dentro de la denominada Zona Galaico-Castellana de LOTZE (1945), o en la Zona Centro-Ibérica (ZCI) de JULIVERT, et al. (1974).

Desde un punto de vista más restringido, la Hoja en cuestión, se sitúa en el Dominio Occidental del Sistema Central, BELLIDO, et al. (1981), caracterizado, según dichos autores por:

- Presencia de series ordovícicas y preordovícicas.
- Grado de metamorfismo variable de alto a bajo.
- Gran extensión de los cuerpos graníticos.

El material presente en la zona en estudio se corresponde con “**Complejo de granitos inhomogéneos y migmatitas con restos de metasedimentos**”.

Este conjunto de rocas incluye a una serie de granitoides caracterizados por un manifiesto grado de heterogeneidad textural y variación composicional, desde tipos graníticos a tonalíticos, si bien los más frecuentes responden a granodioritas y tonalitas.

Se trata de granitoides anatéticos autóctonos, o ligeramente paraautóctonos, cuyo rasgo más característico es el predominio de una fábrica migmatítica de tipo nebulítico y, en menor medida, estromática con restos de metasedimentos en diverso grado de asimilación. La anisotropía es, por tanto, de carácter regional.

**6.- CARACTERIZACIÓN
ESTRATIGRÁFICOS DEL TERRENO.**

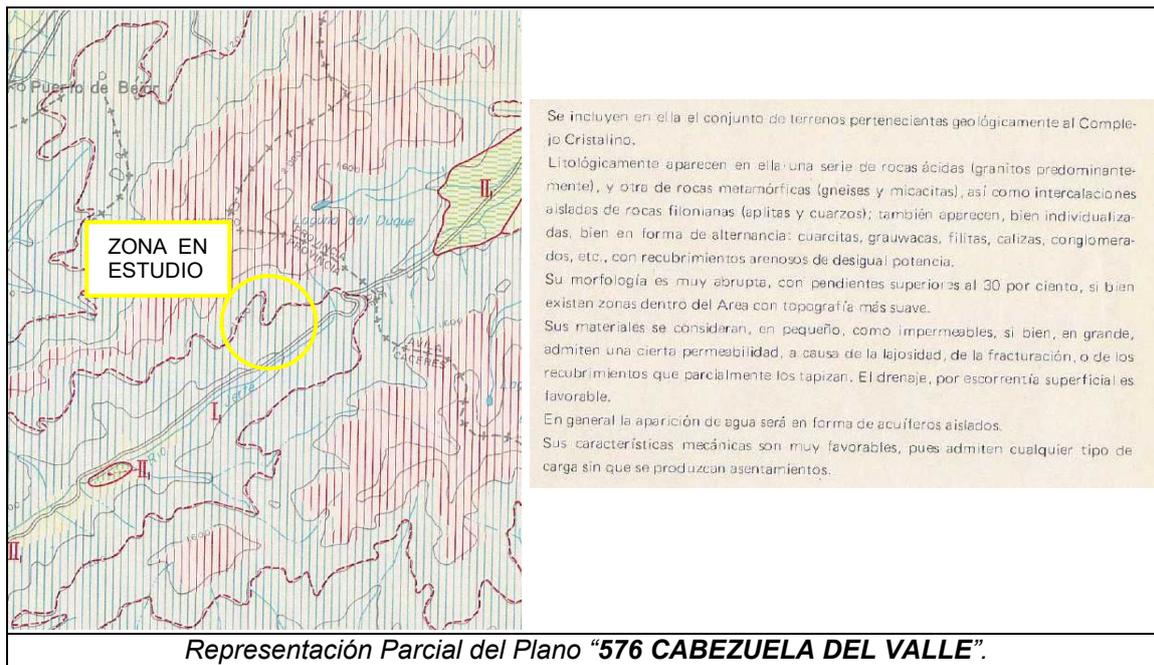
GEOTÉCNICA. NIVELES

En este apartado se describen cada uno de los niveles geotécnicos diferenciados, comenzando por el más superficial hasta alcanzar el más profundo reconocido por los ensayos realizados.

Comienza con el estudio de estos niveles realizado en gabinete y, posteriormente, se refleja lo analizado en campo.

INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA EN GABINETE

Según la Hoja “**44 ÁVILA**” de la Cartografía Temática del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Mapa Geotécnico General, a escala 1/200.000, el solar en estudio se encuentra dentro de “**RECINTOS EMERGIDOS SISTEMA CENTRAL, FORMAS DE RELIEVE ABRUPTAS Y ALOMADAS (Altitud < 1.200 m)**”.



Los materiales se consideran, en pequeño, como impermeables, si bien, en grande, admiten cierta permeabilidad, a causa de la lajosidad, de la fracturación o de los recubrimientos que parcialmente los tapizan. El drenaje, por escorrentía superficial, es favorable.

En general, la aparición de agua será en forma de acuíferos aislados.

Las características establecidas para este material por esta Hoja "44 ÁVILA" son las siguientes:

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

CAPACIDAD DE CARGA	ALTA
COMPRESIBILIDAD	NULA
EXPANSIVIDAD	NULA
MOVIMIENTOS DE TIERRA	COSTE ELEVADO
AGRESIVIDAD	DESPRECIABLE

Según la cartografía temática especializada, el solar en estudio se encuentra en una zona con **características constructivas desfavorables**, con problemas de tipo Geomorfológico. Por todo lo anterior se recomienda tener la debida precaución a la hora de la puesta en obra.

7.- EXPANSIVIDAD.

La expansividad es un fenómeno que se produce por la configuración estructural de algunos tipos de arcillas, por lo que nunca se producirá en suelos predominantemente granulares (arenosos, limosos, basamentos rocosos, etc...).

En suelos mixtos es muy importante el porcentaje real de arcillas sobre el total del suelo.

Para caracterizar el **grado de expansividad** de un suelo pueden definirse básicamente tres vías de análisis:

- **Criterios empíricos, indirectos o cualitativos:** Basan su éxito en experiencias previas de tipos locales o regionales de arcillas ya conocidas. Estos criterios utilizan correlaciones habituales entre parámetros granulométricos, límites de Atterberg, parámetros climáticos, etc.... con clasificaciones de expansividad que se definen con vocablos del tipo “baja”, “media”, “alta” y “muy alta”.

- **Criterios semidirectos o semicuantitativos:** Se basan en la aportación de un dato numérico y manejable, que se obtiene de un ensayo de laboratorio sencillo. Este dato numérico tiene un valor semicuantitativo o semicualitativo, según se estime, y recibe el nombre común de índice.

- **Criterios directos o cuantitativos:** De estos obtienen parámetros como la presión de hinchamiento. El ensayo más conocido es el de Inundación bajo carga.

Es importante considerar que la expansividad es un fenómeno que se limita a una franja superficial de suelo que se denomina “capa activa”, y esto se explica porque la humedad de un suelo fluctúa más (y con ello su hinchamiento) cuanto más cerca está de la superficie topográfica. La zona activa no tiene el mismo espesor en todas partes, sino que éste depende de la climatología local y el grado de facilidad de un suelo para mojarse o secarse.

En la zona en estudio, a las profundidades indicadas, existe un sustrato de **Granito Alterado o Granito Sano**, que no suele presentar problemas de expansividad, ya que se trata de un fenómeno que afecta a suelos y tenemos un material de origen rocoso por lo que consideramos que **no va a afectar a los materiales en estudio** debido a la naturaleza y características de los mismos.

8.- CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DE LA ZONA

La Norma de Construcción Sismorresistente de 27 de Septiembre de 2002 (NCSE-02) proporciona los criterios que han de seguirse dentro del territorio español para la consideración de la acción sísmica en el proyecto, construcción, reforma y conservación de obras a las que es aplicable la citada Norma.

A efectos de esta Norma las construcciones se clasifican en:

1.- *De moderada importancia.*

Aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos.

2.- *De normal importancia.*

Aquellas cuya destrucción por el terremoto puede ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trata de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.

3.- *De especial importancia.*

Aquellas cuya destrucción por el terremoto, pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos.

No es obligatoria la aplicación de esta Norma en las construcciones de moderada importancia y en aquellas en que la aceleración sísmica básica a_b , sea inferior a 0.04 g, siendo g la aceleración de la gravedad.

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica, que suministra para cada punto del territorio y expresada en relación al valor de la gravedad, la aceleración sísmica básica, a_b , un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, correspondiente a un periodo de retorno de quinientos años; el mapa suministra también el valor del coeficiente K o de contribución, que tiene en cuenta la influencia de la peligrosidad sísmica de cada punto de los distintos tipos de terremotos considerados en el cálculo de la misma.

La aceleración sísmica de cálculo (a_c) se define como el producto de " $a_c = s \cdot \rho \cdot a_b$ " siendo ρ un coeficiente adimensional de riesgo, cuyo valor es de 1

para construcción de importancia normal y de 1.30 para construcción de importancia especial, siendo s el coeficiente de amplificación del terreno.

También contempla la Norma la clasificación del terreno para el **coeficiente de Terreno**:

- **Terreno I**: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas de cizalla $V_s > 750$ m/s. Coeficiente $C = 1,0$.

- **Terreno II**: Roca muy fracturada, suelos granulares densos y cohesivos duros. $750 \text{ m/s} \geq V_s \geq 400 \text{ m/s}$. Coeficiente $c = 1,3$.

- **Terreno III**: Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. $400 \text{ m/s} \geq V_s > 200 \text{ m/s}$. Coeficiente $C = 1,6$.

- **Terreno IV**: Suelo granular suelto, o cohesivo blando. $V_s \leq 200$ m/s. Coeficiente $C = 2,0$.

Para el lugar de estudio se obtienen los siguientes parámetros de cálculo:

ZONA MÁS PRÓXIMA	ACELERACIÓN BÁSICA (PGA – Periodo de Retorno de 475 Años)	COEFICIENTE	COEFICIENTE DE RIESGO
TORNAVACAS	< 0,02	1,30	1,0

La citada Norma establece las siguientes reglas de diseño y prescripciones constructivas en zonas sísmicas en lo referente a la cimentación:

Criterio general de diseño

Debe evitarse la coexistencia, en una misma unidad estructural, de sistemas de cimentación superficiales y profundos, por ejemplo, de zapatas o losas con los de pozos o pilotes.

La cimentación se debe disponer sobre un terreno de características geotécnicas homogéneas. Si el terreno de apoyo presenta discontinuidades o cambios sustanciales en sus características, se fraccionará el conjunto de la construcción de manera que las partes situadas a uno y otro lado de la discontinuidad constituyan unidades independientes.

Cuando el terreno de cimentación contenga en los primeros 20 m bajo la

superficie del terreno, capas o lentejones de arenas sueltas situadas, total o parcialmente, bajo el nivel freático, deberá analizarse la posibilidad de licuación.

Si se concluye que es probable que el terreno licue en el terreno de cálculo, deberán evitarse las cimentaciones superficiales, a menos que se adopten medidas de mejora del terreno para prevenir la licuación. Análogamente, en las cimentaciones profundas, las puntas de los pilotes deberán llevarse hasta una profundidad bajo las capas licuables, para que pueda desarrollarse en esa parte la necesaria resistencia al hundimiento.

Elementos de atado

Cada uno de los elementos de cimentación que transmita al terreno cargas verticales significativas deberá enlazarse con los elementos contiguos en dos direcciones mediante dispositivos de atado situados a nivel de las zapatas, de los encepados de pilotes o equivalentes, capaces de resistir un esfuerzo axial, tanto de tracción como de compresión, igual a la carga sísmica horizontal transmitida en cada apoyo.

Cuando $a_c \geq 0,16g$ los elementos de atado deberán ser vigas de hormigón armado.

Cuando $a_c < 0,16g$ podrá considerarse que la solera de hormigón constituye el elemento de atado, siempre que se sitúe a nivel de las zapatas o apoyada en su cara superior, sea continua alrededor del pilar en todas las direcciones, tenga un espesor no menor de 15 cm ni de 1/50 de la luz entre pilares y sea capaz de resistir el esfuerzo.

9.-DEFINICIÓN DEL TIPO DE AMBIENTE. RECOMENDACIÓN DEL TIPO DE HORMIGÓN DE CIMENTACIÓN.

El tipo de ambiente al que está sometido un elemento estructural viene definido por el conjunto de condiciones físicas y químicas a las que está expuesto, y que puede llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a los de las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural.

Considerando sólo en este apartado los elementos de cimentación y en función del **CÓDIGO ESTRUCTURAL** y su **TABLA 27.1.A CLASES DE EXPOSICIÓN RELATIVAS AL HORMIGÓN ESTRUCTURAL**, resumimos las distintas clases de exposición de acuerdo con los datos del terreno reconocido en el Estudio Geotécnico:

DESIGNACIÓN DE LA CLASE	DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO	EJEMPLOS INFORMATIVOS DONDE PUEDEN EXISTIR LAS CLASES DE EXPOSICIÓN
XC2	Húmedo, raramente seco.	Elementos de hormigón armado o pretensado permanentemente en contacto con agua o enterradas en suelos no agresivos (por ejemplo, cimentaciones).

10.- ESTUDIO DE LA CIMENTACIÓN.

10.1.- TIPO DE CONSTRUCCIÓN

Se trata del Proyecto de Construcción del "**DEPÓSITO DE REGULACIÓN D1**" incluido dentro del "**PROYECTO PARA CONCESIÓN DE AGUAS DEL SECTOR "LLANÁS" DE LA CCRR DE TORNAVACAS**" situado en el **Polígono 01, Parcela 09** de la "**Dehesa Las Talamancas**" en el municipio de **TORNAVACAS** (Cáceres).

Se trata de un Depósito Circular de Diámetro 21,70 m y Altura 4,18 m.

10.2.- FACTORES GEOTÉCNICOS CONDICIONANTES DE LA CIMENTACIÓN

En la zona en estudio es necesario destacar la existencia de tres niveles bien diferenciados, pero hay que tener en cuenta que, debido a la heterogeneidad de los materiales de la zona, las potencias pueden variar incluso desaparecer y, por lo tanto, no existir alguno de los niveles.

Un primer nivel, que hemos denominado **NIVEL 1**, formado por un horizonte de materiales naturales, **Tierra Vegetal en muchas zonas con bolos graníticos**, con unas **características constructivas inadecuadas** para el asiento de cimentaciones.

Un segundo nivel, definido como **NIVEL 2**, compuesto por un horizonte de materiales naturales, **Granito Alterado**, con unas **características constructivas adecuadas** para el asiento de cimentaciones.

Y un tercer nivel, definido como **NIVEL 3**, compuesto por un horizonte de materiales naturales, **Granito Sano**, con unas **características constructivas adecuadas** para el asiento de cimentaciones.

NIVEL 2 y 3: Son los niveles más importante en este estudio, pues es donde se recomienda que se desplante la cimentación.

No presentan agresividad en suelo y no se ha detectado nivel freático.

10.3.- MEDIDAS ADICIONALES

A tener en cuenta:

- Deben buscarse, si es posible, condiciones de cimentación homogéneas.
- La excavación se realizará de forma que no se alteren las características mecánicas del suelo, para ello se recomienda que la excavación de los últimos 15 a 20 cms no sea efectuada hasta inmediatamente antes de iniciar el vertido del hormigón, especialmente en suelos cohesivos.
- Una vez alcanzado el firme elegido y antes de hormigonar, se limpiará y nivelará el fondo.
- Obsérvense taludes conservadores de cara a la estabilidad de los mismos en las excavaciones.

10.4.- RESUMEN GENERAL

Por tanto, y en base a toda la información recopilada y estudiada tanto en gabinete como en campo, queremos resaltar a modo de resumen los puntos más importantes reflejados en el presente informe previo.

Son los siguientes:

- 1) El material sobre el que recomendamos que se realice la cimentación del Depósito es sobre **“COMPLEJO DE GRANITOS INHOMOGÉNEOS Y MIGMATITAS CON RESTOS DE METASEDIMENTOS”**.

Estos materiales se caracterizan por una gran heterogeneidad tanto por el tipo de granito, su composición y su grado de meteorización, tal y como queda reflejado en el Punto 5 respecto a la Geología de la zona.

- 2) Según la Hoja **“44 ÁVILA”** del Mapa Geotécnico del I.G.M.E. a escala 1/200.000, las **características constructivas de la zona son DESFAVORABLES**. Esto se debe a sus características geomorfológicas, principalmente, a las elevadas pendientes de la zona.

- 3) Se recomienda **ELIMINAR** la totalidad de la **TIERRA VEGETAL (NIVEL 1) y si es posible, el GRANITO ALTERADO (NIVEL 2)** en la zona de la cimentación donde aparezcan estos niveles.

Se recomienda cimentar en el Nivel de Granito Sano y si no es posible alcanzarlo, en el correspondiente a Granito Alterado.

- 4) En función de las características geotécnicas marcadas por el Hoja "**44 ÁVILA**" del Mapa Geotécnico del I.G.M.E. a escala 1/200.000, la capacidad de carga del terreno debe ser suficiente para soportar el Depósito y no debe haber problemas con los futuros asentos que se puedan producir, pues deberían ser de pequeña o mínima entidad.

Además, no deberían aparecer problemas de expansividad en estos materiales.

- 5) En base a la morfología del terreno, recomendamos que el depósito no se cimente a media ladera. Es recomendable realizar la cimentación del mismo mediante un desmonte y que toda su base esté apoyada en un mismo material de origen natural (Granito Alterado o Granito Sano).
- 6) Analizando los resultados de la Resistencia a Compresión Simple obtenidos con el Esclerómetro o Martillo Schmidt en las 3 Estaciones Geomecánicas, podríamos describir la roca como "Moderadamente Blanda" en superficie, que es donde se han realizado las pruebas.
- 7) En función de las familias de diaclasas presentes en las Estaciones Geomecánicas, podríamos suponer que a la hora de realizar la excavación de la cimentación va a ser posible su retirada mediante medios mecánicos, por lo menos la parte superficial.

Desde nuestro punto de vista, consideramos que podría ser factible ejecutar mediante el uso de Medios Mecánicos y en algún momento, Maquinaria Pesada, el desmonte para poder realizar la cimentación del Depósito.

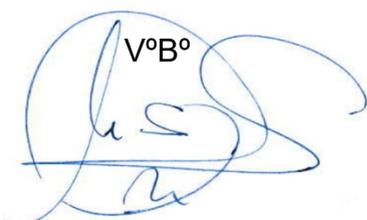
11.- RECOMENDACIONES GENERALES.

Por último, debe de indicarse que las consideraciones expuestas en el presente informe previo han sido deducidas a partir de la visita de campo realizada y de los ensayos puntuales que han sido posibles ejecutarse, constituyendo una extrapolación al conjunto de la parcela en las condiciones actuales del subsuelo.

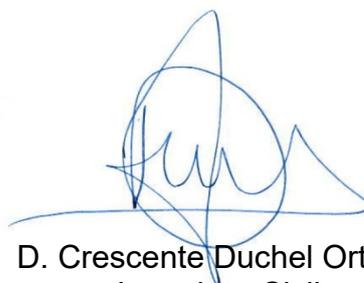
Ello no es óbice para que puedan producirse variaciones con respecto al esquema definido, derivadas de la heterogeneidad que pueda presentar el terreno, o bien de alteraciones posteriores antrópicas (rellenos, excavaciones, etc.) realizadas con anterioridad al comienzo de la obra.

Para poder contar con un Estudio Geotécnico completo es necesario llevar a cabo todos los ensayos contemplados inicialmente, incluyendo los Sondeos Geotécnicos a Rotación con Extracción Continua de Testigo, los Ensayos de Penetración Dinámica Súper Pesada y las Calicatas, así como los Ensayos de Laboratorio para poder evaluar en conjunto todas las características geológicas y geotécnicas de la zona así como las características físicas y químicas de los materiales presentes.

En Santa Cruz de la Sierra, a 18 de Abril de 2023.



D. Aurelio Sanabria Sánchez
I.C.C.P.
Colegiado N° 25.671
Director del Laboratorio



D. Crescente Duchel Ortega
Ingeniero Civil
Colegiado N° 15.670
Responsable de Área

ANEJOS:

PLANO DE SITUACIÓN DEL DEPÓSITO N°1.

Depósito D1

X: 270.202

Y: 4.460.897

ETRS 89

UTM 30 N



PETICIONARIO
TRAGSATEC, S.A.

TÍTULO: ESTUDIO GEOTÉCNICO PREVIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL "DEPÓSITO DE REGULACIÓN D1". Del "Proyecto para concesión de aguas del sector LLANÁS de la CRR de Tornavacas". Situado en el Polígono 1, Parcela 9 "Dehesa Las Talamancas". En el municipio de Tornavacas (Cáceres).

AUTOR
CRESSA
ingenieros

FECHA
23/03/2.023

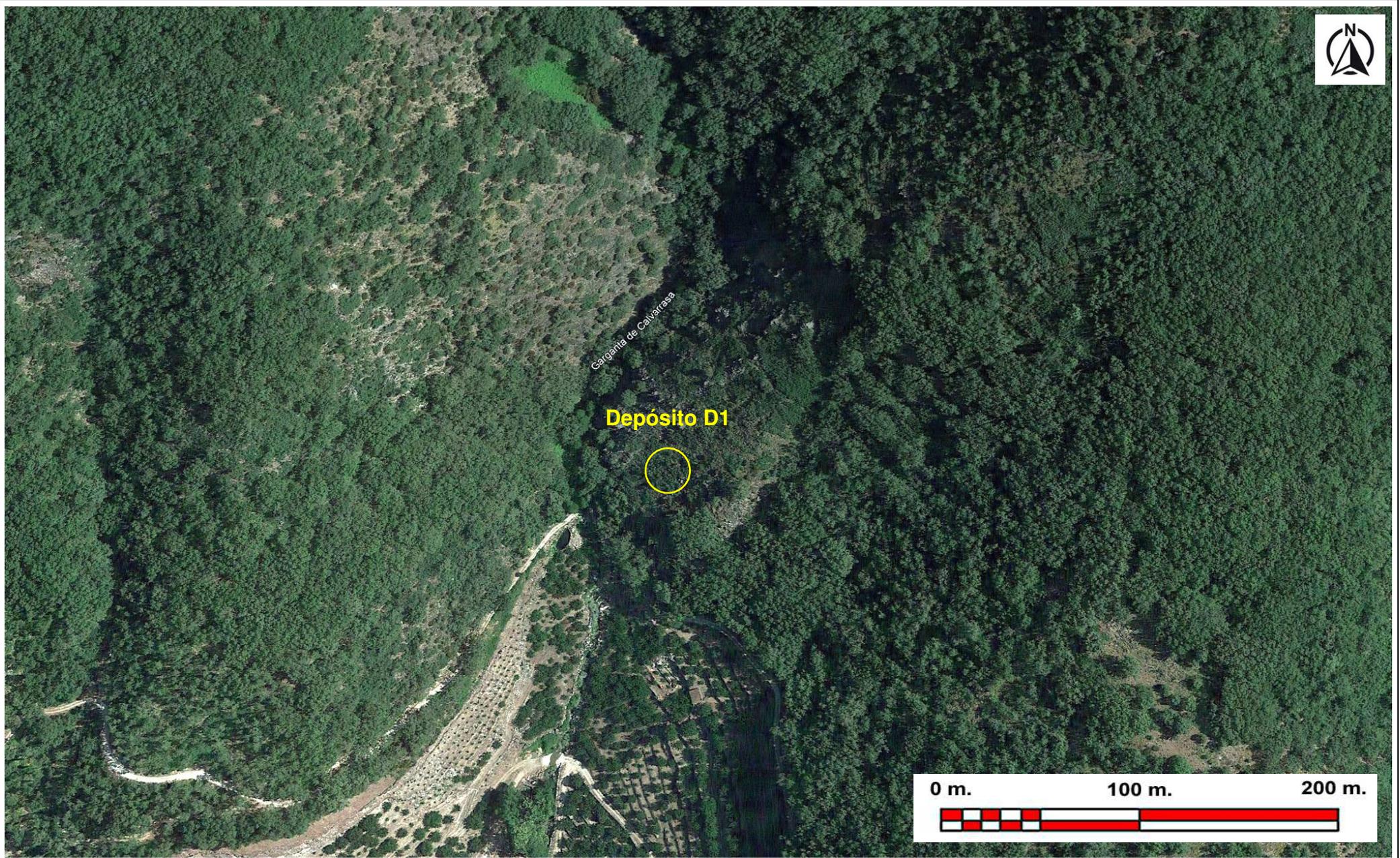
INFORME:
GEOT 0574

TÍTULO DEL PLANO
**SITUACIÓN DEL
"DEPÓSITO D1"**

Nº PLANO
1

HOJA
1 DE 4

PLANO DE EMPLAZAMIENTO DEL DEPÓSITO N°1.



PETICIONARIO
TRAGSATEC, S.A.

TÍTULO: ESTUDIO GEOTÉCNICO PREVIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL "DEPÓSITO DE REGULACIÓN D1". Del "Proyecto para concesión de aguas del sector LLANÁS de la CCRR de Tornavacas". Situado en el Polígono 1, Parcela 9 "Dehesa Las Talamancas". En el municipio de Tornavacas (Cáceres).

AUTOR
CRESSA
ingenieros

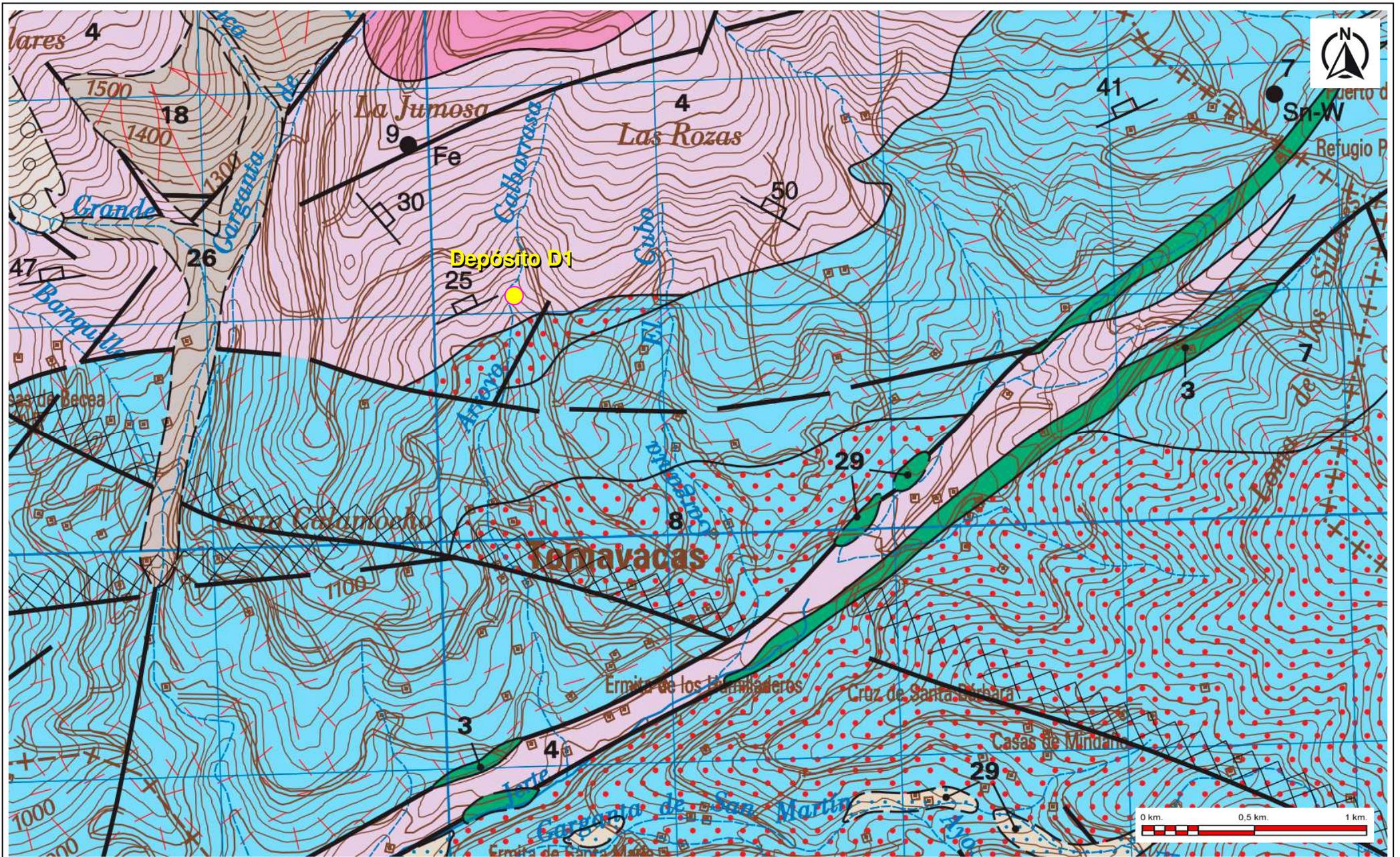
FECHA
23/03/2.023

INFORME:
GEOT 0574

TÍTULO DEL PLANO
**EMPLAZAMIENTO
"DEPÓSITO D1"**

Nº PLANO
1
HOJA
2 DE 4

PLANO GEOLÓGICO DEPÓSITO Nº1.



PETICIONARIO
TRAGSATEC, S.A.

TÍTULO: ESTUDIO GEOTÉCNICO PREVIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL "DEPÓSITO DE REGULACIÓN D1". Del "Proyecto para concesión de aguas del sector LLANÁS de la CRR de Tornavacas". Situado en el Polígono 1, Parcela 9 "Dehesa Las Talamancas". En el municipio de Tornavacas (Cáceres).

AUTOR
CRESSA
ingenieros

FECHA
23/03/2.023
INFORME:
GEOT 0574

TÍTULO DEL PLANO
**PLANO
GEOLOGICO
"DEPÓSITO D1"**

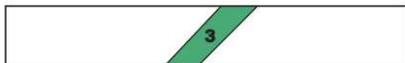
Nº PLANO
1
HOJA
3 DE 4

LEYENDA PLANO GEOLÓGICO DEPÓSITO Nº1.

**GRANITOS ANATÉCTICOS
AUTÓCTONOS O PARAAUTÓCTONOS**



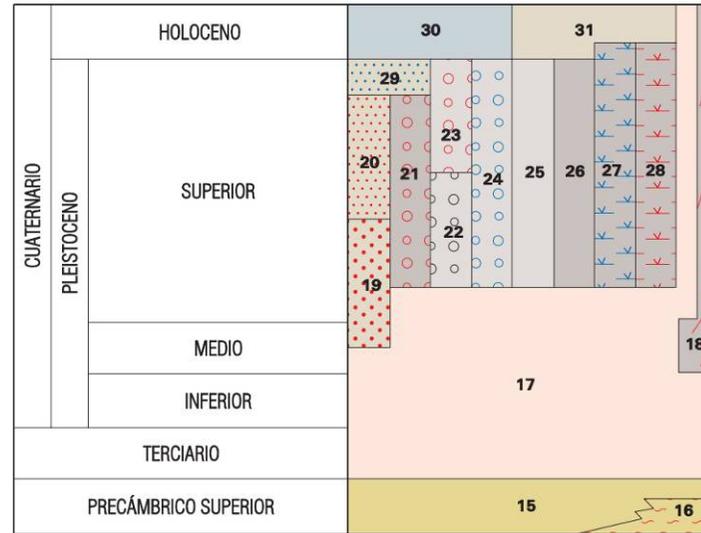
**ROCAS FILONIANAS
POST - HERCÍNICAS**



HERCÍNICAS

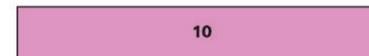


- 14 Leucogranito moscovítico de grano fino
- 13 Leucogranito mosc±biot. de grano medio-grosso
- 12 Granito biot.-mosc. de grano medio
- 11 Granito biot.-mosc. de grano grueso
- 10 Monzogranitos y/o granodioritas biotíticas porfídicas de grano medio-grosso
- 9 Monzogranito biot.± moscovita de grano medio
- 8 Monzogranito y granod. biot. porfídicos de grano med.-grosso con ± mosc. ± cord. y ± sillim.
- 7 Monzogranito y granodiorita heterogénea biot. de grano med. con abundante cord. y ± sillim.
- 6 Leucogranito biot.-mosc. de grano medio con ± cordierita y ± sillimanita
- 5 Leucogranito de grano fino-medio mosc.± biot. con nódulos de cordierita y ± andalucita
- 4 Complejo de granitos inhomogéneos y migmatitas con restos de metasedimentos
- 3 Diabasas piroxénico-anfibólicas
- 2 Diques de cuarzo
- 1 Pórfidos graníticos



- 31 Conos de deyección
- 30 Depósitos fluvio-torrenciales de cauce actual
- 29 Terraza 3ª fluvio-torrencial
- 28 Depósitos lacustres de obturación glaciar
- 27 Depósitos glacio-lacustres
- 26 Llanura aluvial fluvio-glaciar
- 25 Morrena de ablación
- 24 Morrena de fondo
- 23 Morrena lateral de 2ª etapa
- 22 Morrena lateral de 1ª etapa
- 21 Abanicos y acarrees torrenciales
- 20 Terraza 2ª fluvio-torrencial
- 19 Terraza 1ª fluvio-torrencial
- 18 Mantos de derrubios periglaciares
- 17 Depósitos solifluidales del medio periglacial
- 16 Esquistos y cuarzoesquistos... migmatizado
- 15 Esquistos y cuarzoesquistos con niveles de cuarcitas micaceas y conglomerados

**ROCAS ÍGNEAS HERCÍNICAS
GRANITOS ALÓCTONOS**



PETICIONARIO
TRAGSATEC, S.A.

TÍTULO: ESTUDIO GEOTÉCNICO PREVIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL "DEPÓSITO DE REGULACIÓN D1". Del "Proyecto para concesión de aguas del sector LLANÁS de la CRR de Tornavacas". Situado en el Polígono 1, Parcela 9 "Dehesa Las Talamancas". En el municipio de Tornavacas (Cáceres).

AUTOR
CRESSA
ingenieros

FECHA
23/03/2.023
INFORME:
GEOT 0574

TÍTULO DEL PLANO
**LEYENDA
PLANO
GEOLÓGICO**

Nº PLANO
1
HOJA
4 DE 4

INFORME FOTOGRÁFICO.

INFORME FOTOGRÁFICO

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.	SUPERVISÓ:
SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 9. "Dehesa Las Talamancas"	CRESCENTE DUCHEL ORTEGA
POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)	FOTO: VISTA GENERAL
FECHA: 23/03/2023	Orografía - Estado Actual



Vista Panorámica

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 9.

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

**FOTO: OROGRAFÍA
Estado Actual**

FECHA: 23/03/2023



PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 9.

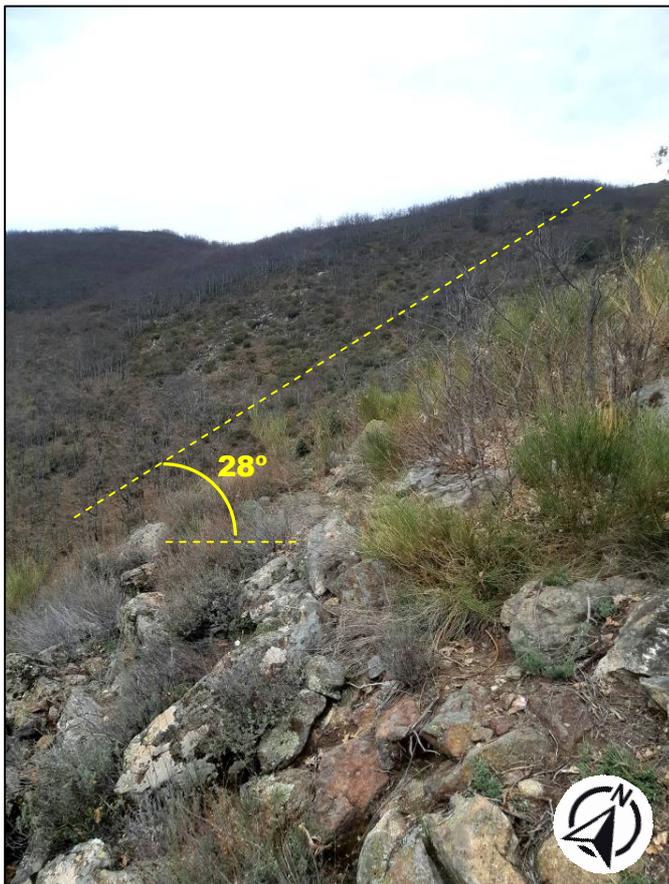
CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

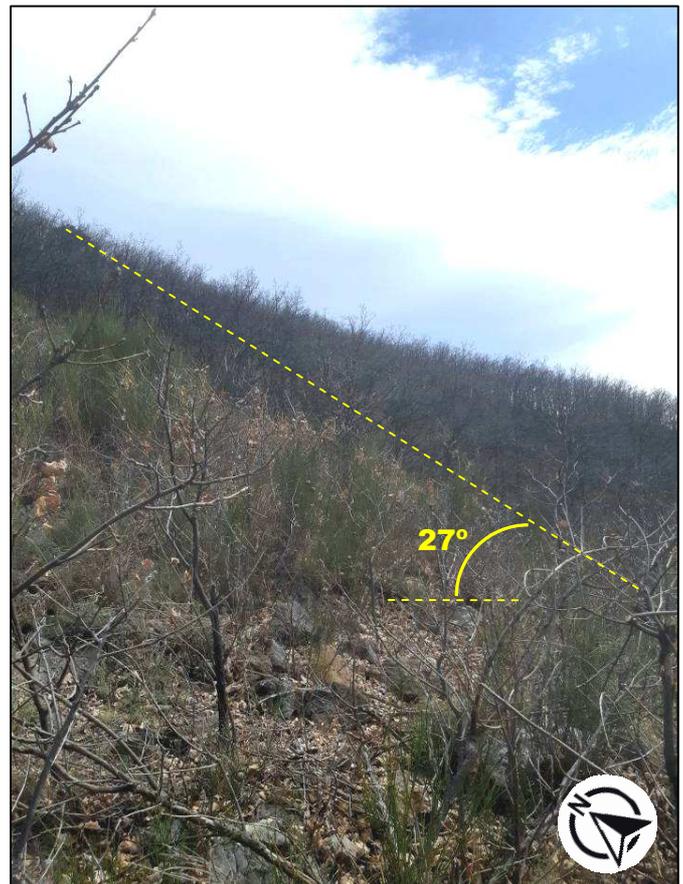
FOTO: OROGRAFÍA
Inclinación de la Ladera

FECHA: 23/03/2023

Pendiente Lado Izquierdo



Pendiente Lado Derecho



PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

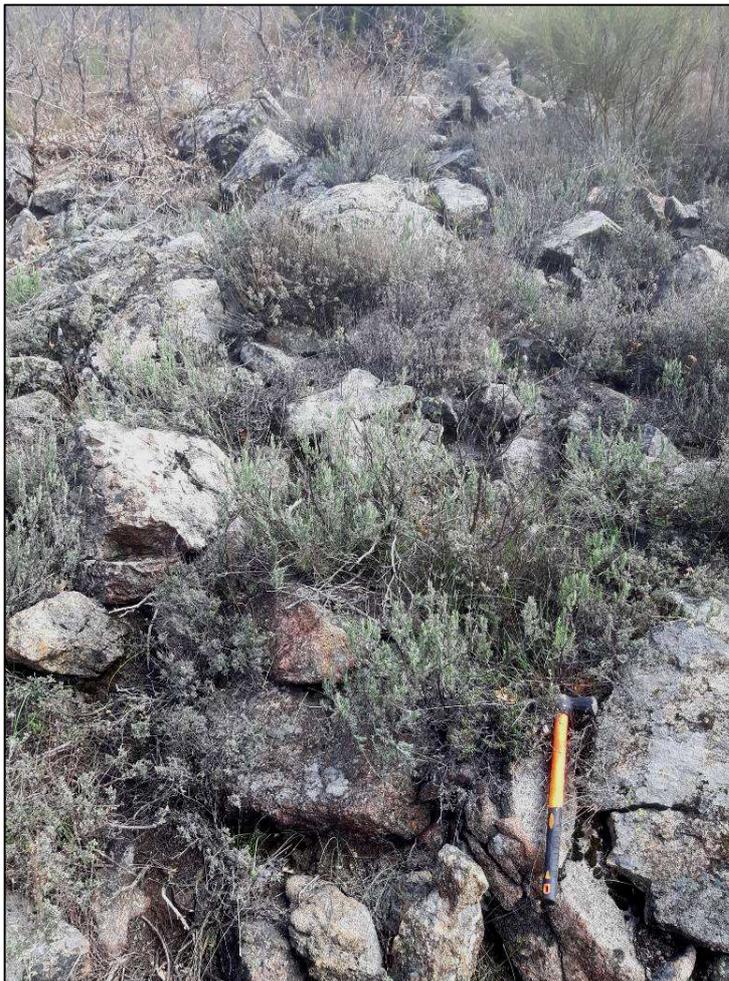
SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 9.

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

**FOTO: SUPERFICIE
Bloques, Tierra Vegetal y
Afloramientos Graníticos**

FECHA: 23/03/2023



BLOQUES:

Alta presencia de Bloques (de naturaleza granítica) angulosos y algo facetados. En su mayor parte de tamaños entre los 25 cm. y los 90 cm. de diámetro. Alternados con algunos de tamaño superior.

AFLORAMIENTOS GRANITICOS:

Menor presencia de Afloramientos Graníticos muy diaclasados. De dimensiones que apenas superan los 3 metros de diámetro en superficie y 1 metro en altura.

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 9.

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

FOTO: ESTACIÓN GEOMECÁNICA 1

En afloramiento granítico

FECHA: 23/03/2023

Vista Frontal



PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

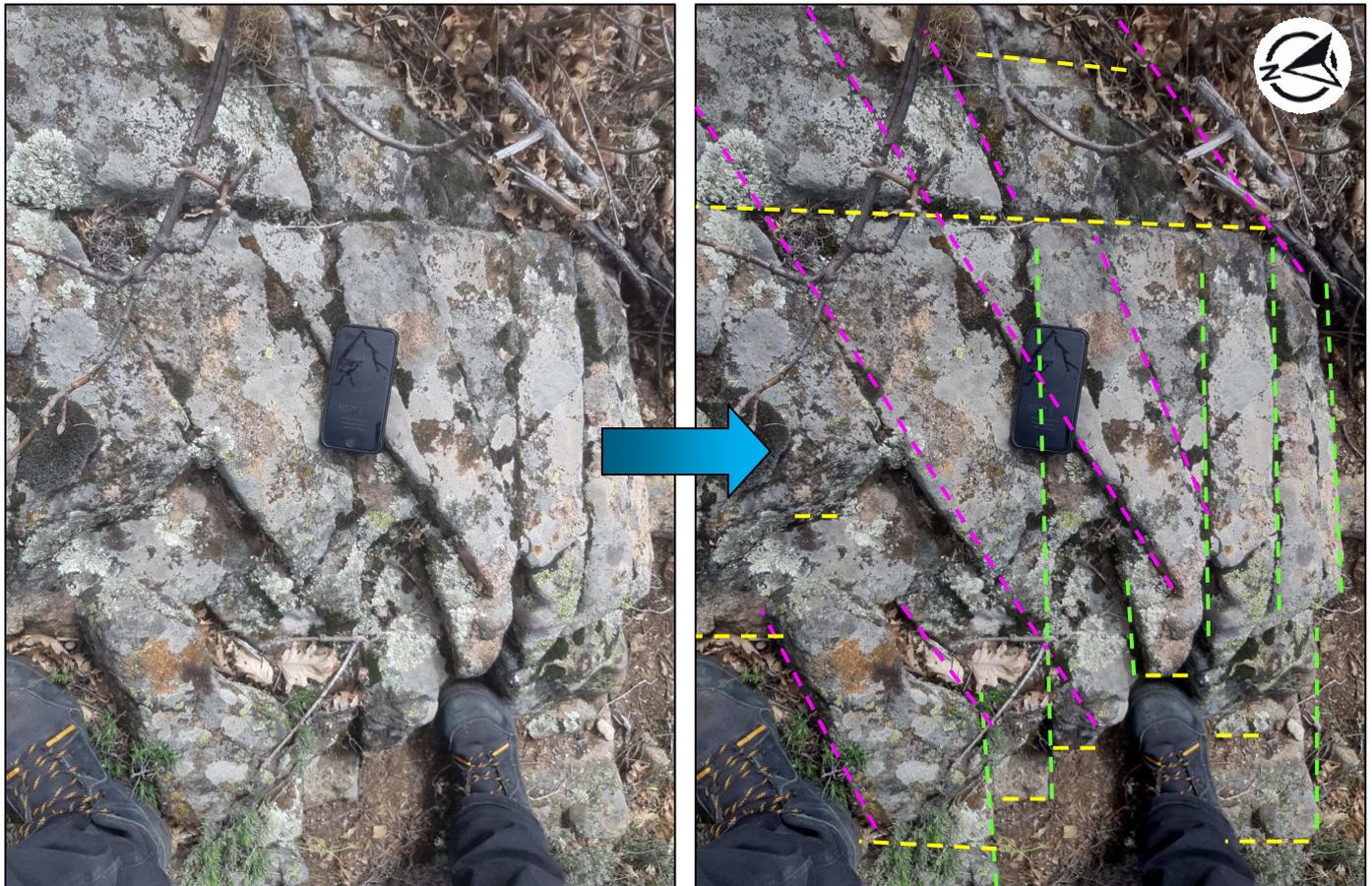
SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 9.

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

FOTO: ESTACIÓN GEOMECÁNICA 1
En afloramiento granítico
Vista Cenital

FECHA: 23/03/2023



Familia de Diaclasas 1	-----	Dirección: N 66° E	Buzamiento: Subvertical (80° - 90°)
Familia de Diaclasas 2	-----	Dirección: N 82° W	Buzamiento: Subvertical (80° - 90°)
Familia de Diaclasas 3	-----	Dirección: N 10° E	Buzamiento: Subvertical (80° - 90°)
Familia de Diaclasas 4	-----	Dirección: Horizontal ...	Buzamiento: Nulo

Tipo de discontinuidad: Sistemáticas Planares: Diaclasas (4 familias principales)
Espaciado: Clase I ... <20 mm.
Rugosidad: La Ondulación es Superficies planas, La Rugosidad es Sup. Rugosas
Abertura: III Parcialmente cerrada ... 0,25 - 0,50 mm.
Filtraciones: Clase III

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

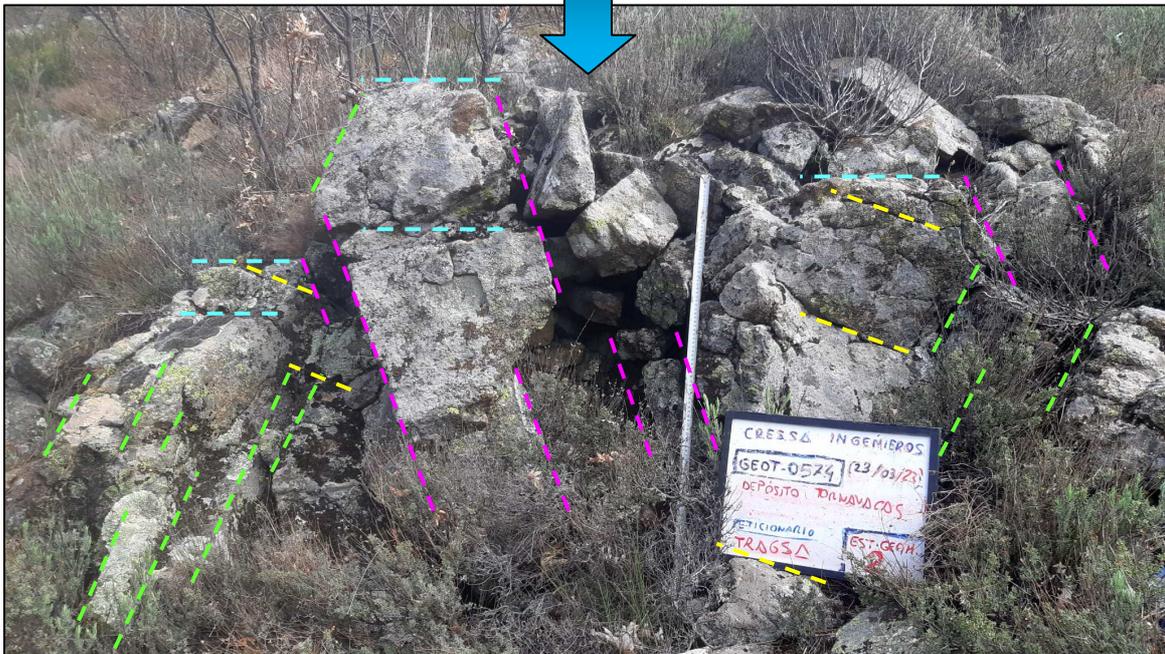
SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 9.

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

FOTO: ESTACIÓN GEOMECÁNICA 2
En afloramiento granítico
Vista Lateral

FECHA: 23/03/2023



PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

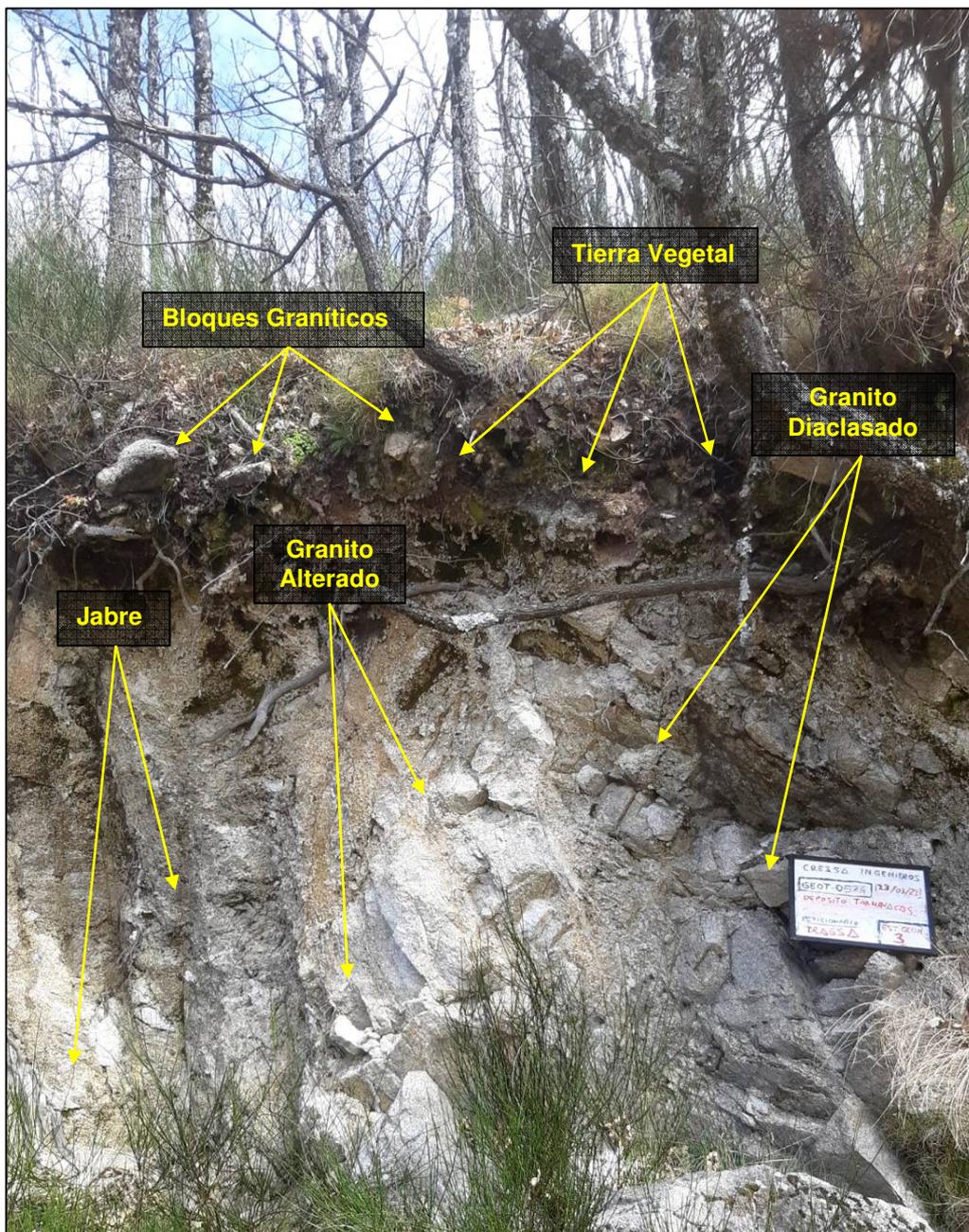
SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 9.

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

**FOTO: ESTACIÓN GEOMECÁNICA 3
En Corte del Terreno (fuera del punto
de emplazamiento) - Vista Frontal**

FECHA: 23/03/2023



**RELLENO EN
DISCONTINUIDADES**

Naturaleza:

Jabres
(Arenas arcillosas)

**Grado de
Meteorización:**
Descompuesto

Espesor:
170 mm.

Resistencia:
Valores <10 en
Esclerómetro

Humedad:
Si

Desplazamiento:
No

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

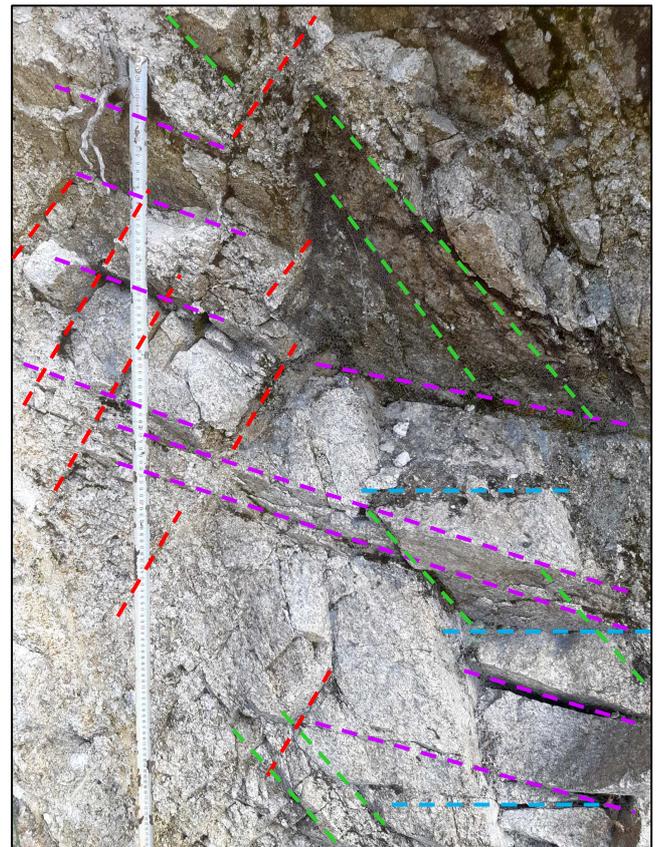
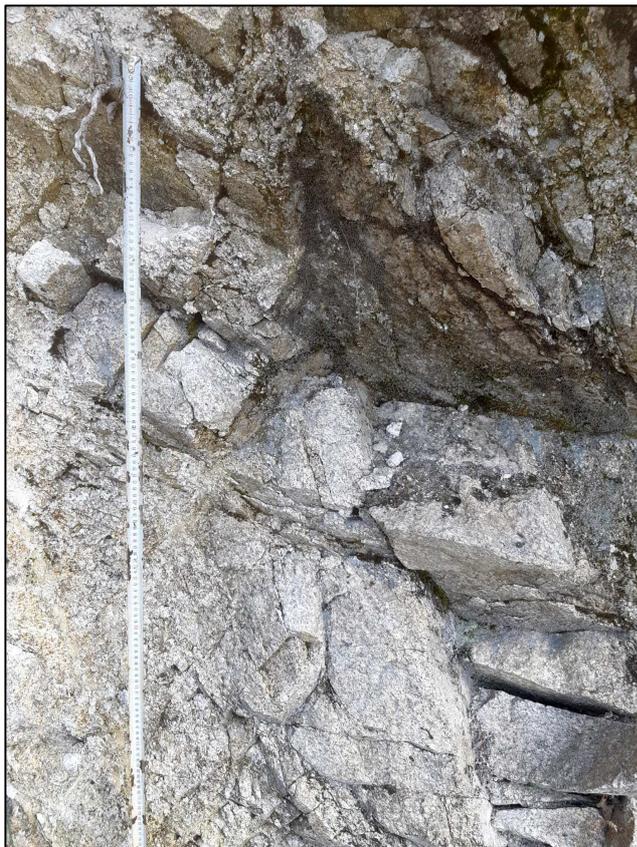
SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 9.

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

FOTO: ESTACIÓN GEOMECÁNICA 3
En Corte del Terreno (fuera del punto
de emplazamiento) - Vista Frontal

FECHA: 23/03/2023



Familia de Diaclasas A	-----	Dirección: N 80° W	Buzamiento: Subvertical (80° - 90°)
Familia de Diaclasas B	-----	Dirección: N 13° E	Buzamiento: Subvertical (80° - 90°)
Familia de Diaclasas C	-----	Dirección: N 62° W	Buzamiento: 48° NE
Familia de Diaclasas D	-----	Dirección: Horizontal ...	Buzamiento: Nulo

Tipo de discontinuidad: Sistemáticas Planares: Diaclasas (4 familias principales)

Espaciado: Clase III ... 60-200 mm.

Rugosidad: La Ondulación es Superficies planas, La Rugosidad es Sup. Rugosas

Abertura: IV Ancha ... >1 mm.

Filtraciones: Clase III

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 9.

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

**FOTO: DETALLE DE MATERIALES I
Fractura en los Bloques graníticos**

FECHA: 23/03/2023



Detalle de la: Variación Composicional y Heterogeneidad de grano

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 9.

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

FOTO: DETALLE DE MATERIALES

FECHA: 23/03/2023

II
Granito

DETALLE DEL GRANITO (Decolorado) EN AFLORAMIENTOS



Grado de Meteorización de la roca (ISRM): Decolorada

Resistencia Uniaxial (ISRM): R5 (Roca muy dura) ... 100-250 (MPa)

DETALLE DEL GRANITO (Diaclasado) EN CORTE DEL TERRENO



Grado de Meteorización de la roca (ISRM): Roca Fresca

Resistencia Uniaxial (ISRM): R5 (Roca muy dura) ... 100-250 (MPa)

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 9.

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

**FOTO: DETALLE DE MATERIALES III
Materiales de Alteración Granítica**

FECHA: 23/03/2023

GRANITO ALTERADO (Roca fragmentada manteniendo su estructura original)



Grado de Meteorización de las roca alterada (ISRM): Desintegrada
Resistencia Uniaxial (ISRM): R1 (Roca muy blanda) ... 1,0 - 5,0 (MPa)

JABRE (Arena Arcillosa procedentes de la alteración de las rocas de granito)



Grado de Meteorización del suelo (ISRM): Descompuesta
Resistencia Uniaxial (ISRM): S4 (Suelo rígido) ... 0,10 - 0,25 (MPa)

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 9.

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

**FOTO: TOMA DE DATOS CON
ESCLERÓMETRO
(Martillo Schmidt)**

FECHA: 23/03/2023



**INFORME RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE
CON ESCLERÓMETRO O MARTILLO SCHMIDT.**

RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO (Martillo Schmidt) EN ESTACIÓN GEOMECÁNICA 1

TRABAJO N°: GEOT 0574 - Depósito D1

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 9. "Dehesa Las Talamancas"

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

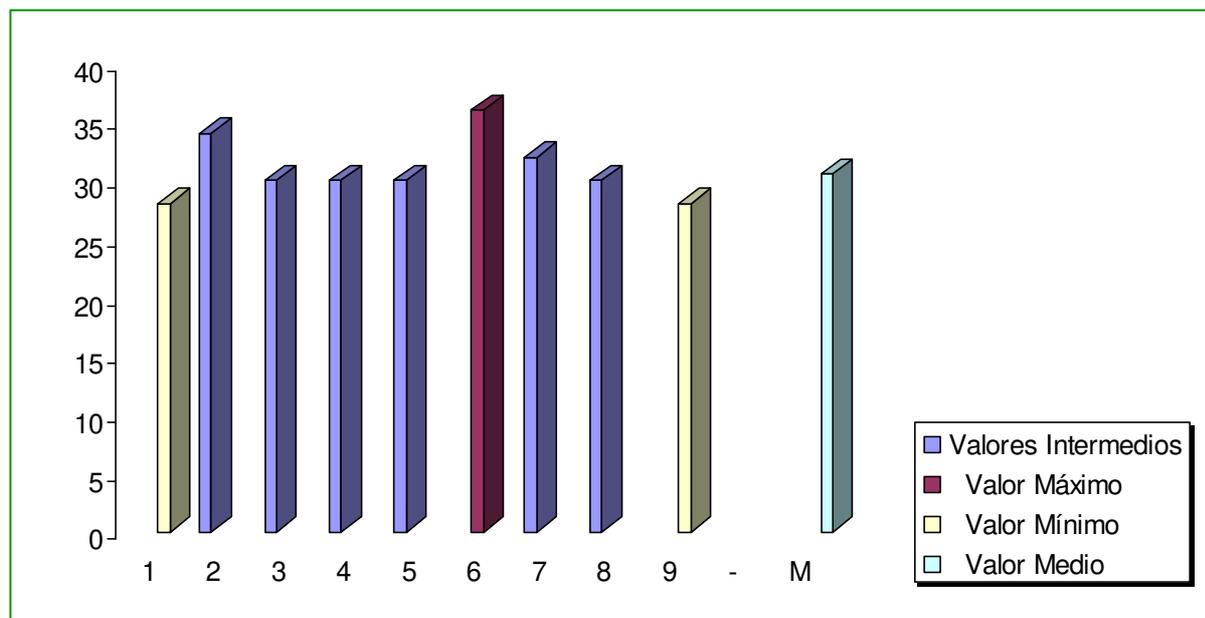
FECHA: 23/03/2023

SUPERVISÓ: D. Crescente Duchel Ortega

Nº DE DISPARO/REBOTE	VALORES DE LECTURAS CON ESCLERÓMETRO
1	28
2	34
3	30
4	30
5	30
6	36
7	32
8	30
9	28

**VALOR
MEDIO
RESULTANTE**

30,57



RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO (Martillo Schmidt) EN ESTACIÓN GEOMECÁNICA 2

TRABAJO N°: GEOT 0574 - Depósito D1

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 9. "Dehesa Las Talamancas"

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

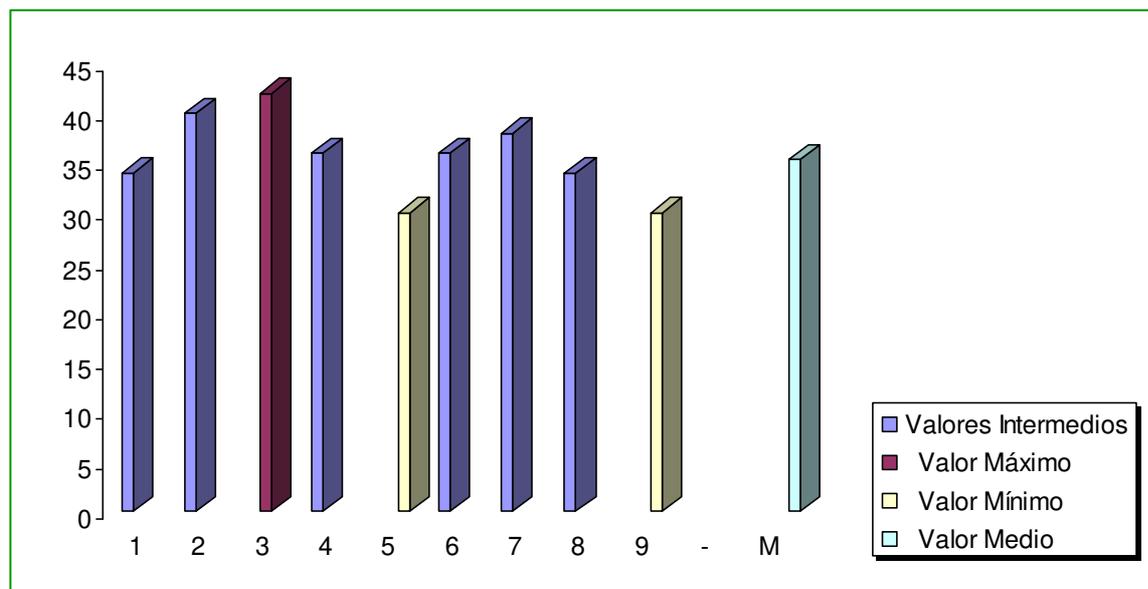
FECHA: 23/03/2023

SUPERVISÓ: D. Crescente Duchel Ortega

Nº DE DISPARO/REBOTE	VALORES DE LECTURAS CON ESCLERÓMETRO
1	34
2	40
3	42
4	36
5	30
6	36
7	38
8	34
9	30

**VALOR
MEDIO
RESULTANTE**

35,42



RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO (Martillo Schmidt) EN ESTACIÓN GEOMECÁNICA 3

TRABAJO Nº: GEOT 0574 - Depósito D1

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 9. "Dehesa Las Talamancas"

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

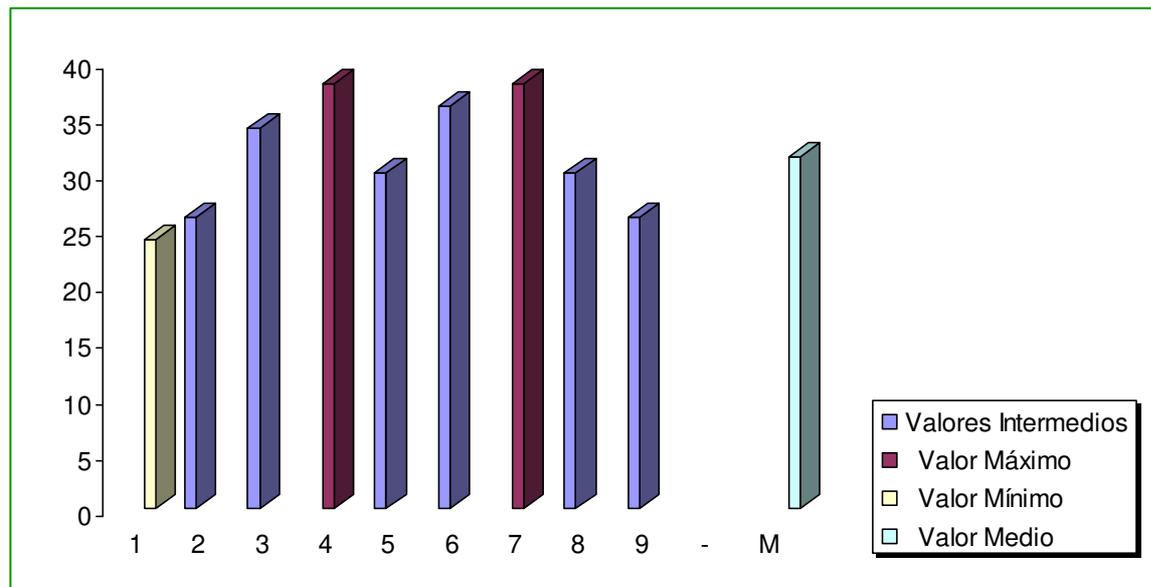
FECHA: 23/03/2023

SUPERVISÓ: D. Crescente Duchel Ortega

Nº DE DISPARO/REBOTE	VALORES DE LECTURAS CON ESCLERÓMETRO
1	24
2	26
3	34
4	38
5	30
6	36
7	38
8	30
9	26

**VALOR
MEDIO
RESULTANTE**

31,42



DEPÓSITO 2



JUNTA DE EXTREMADURA



CRESSA	
ingenieros	
B-10471274	
<input type="checkbox"/>	ENTRADA Nº:
<input checked="" type="checkbox"/>	SALIDA Nº: 0782
FECHA: 19/04/2023	



ESTUDIO GEOTÉCNICO PREVIO

PROVINCIA: CÁCERES

MUNICIPIO: TORNAVACAS

PROYECTO: PARA LA CONSTRUCCIÓN DE DEPÓSITO DE AGUA Nº2 DEL SECTOR "LLANÁS" DE LA CC.RR. DE TORNAVACAS.

FECHA: 19 DE ABRIL DE 2.023.

PETICIONARIO: TRAGSATEC.

INFORME: GEOT 0575

ÍNDICE

1.- ANTECEDENTES. OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO.	3
2.- METODOLOGÍA. NORMATIVAS DE REFERENCIA. ACREDITACIONES.	5
3.- RESUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.	6
3.1.- TRABAJOS DE CAMPO.	6
3.1.1.- ESTACIONES GEOMECÁNICAS.	6
3.1.2.- RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO (MARTILLO SCHMIDT) EN ESTACIÓN GEOMECÁNICA.	7
3.1.3.- MEDIDA DEL NIVEL FREÁTICO.	8
4.- CARACTERIZACIÓN DE LA PARCELA.	9
4.1.- SITUACIÓN DE LA PARCELA.	9
4.2.- MORFOLOGÍA DE LA ZONA EN ESTUDIO.	10
5.- ENCUADRE GEOLÓGICO DE LA ZONA.	11
5.1 ENCUADRE GEOLÓGICO REGIONAL	11
6.- CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA. NIVELES ESTRATIGRÁFICOS DEL TERRENO.	13
7.- EXPANSIVIDAD.	15
8.- CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DE LA ZONA.	16
9.-DEFINICIÓN DEL TIPO DE AMBIENTE. RECOMENDACIÓN DEL TIPO DE HORMIGÓN DE CIMENTACIÓN.	19
10.- ESTUDIO DE LA CIMENTACIÓN.	20
10.1.- TIPO DE CONSTRUCCIÓN	20
10.2.- FACTORES GEOTÉCNICOS CONDICIONANTES DE LA CIMENTACIÓN	20
10.3.- MEDIDAS ADICIONALES	21
10.4.- RESUMEN GENERAL	21
11.- RECOMENDACIONES GENERALES.	24

ANEJOS:

PLANO DE SITUACIÓN DEL DEPÓSITO N°2

PLANO DE EMPLAZAMIENTO DEL DEPÓSITO N°2

PLANO GEOLÓGICO DEPÓSITO N°2

LEYENDA PLANO GEOLÓGICO DEPÓSITO N°2

INFORME FOTOGRÁFICO

INFORME RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO

1.- ANTECEDENTES. OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO.

El presente estudio se realiza a petición de la empresa **TRAGSATEC**, como Promotora del Proyecto de Construcción del "**DEPÓSITO DE REGULACIÓN D2**" incluido dentro del "**PROYECTO PARA CONCESIÓN DE AGUAS DEL SECTOR "LLANÁS" DE LA CCRR DE TORNAVACAS**" situado en el **Polígono 01, Parcela 10** de la "**Dehesa El Cardal**" en el municipio de **TORNAVACAS** (Cáceres).

Tiene como objetivos fundamentales:

- Proporcionar un conocimiento de las características geotécnicas del subsuelo de acuerdo con la construcción prevista.
- Conocer y evaluar las posibles problemáticas geotécnicas de la zona, que puedan incidir sobre la futura construcción.
- Definir y analizar el tipo de cimentación más recomendable para el tipo de instalación prevista de acuerdo a los condicionantes geotécnicos.
- Recoger comentarios y recomendaciones necesarias para poder realizar la instalación sin problemas de origen geotécnico.

INFORMACIÓN DE PROYECTO. DATOS PREVIOS.

El estudio geotécnico realizado corresponde al Proyecto de Construcción del "**DEPÓSITO DE REGULACIÓN D2**" incluido dentro del "**PROYECTO PARA CONCESIÓN DE AGUAS DEL SECTOR "LLANÁS" DE LA CCRR DE TORNAVACAS**" situado en el **Polígono 01, Parcela 10** de la "**Dehesa El Cardal**" en el municipio de **TORNAVACAS** (Cáceres).

Para la realización de este estudio se le ha requerido al cliente la documentación necesaria para la correcta situación y definición de los problemas geotécnicos planteados, aportando éste la siguiente información:

- Tipología de la Instalación: Depósito Circular de Diámetro 24,53 m y Altura 5,01 m.

COORDENADAS TOPOGRÁFICAS

DATUM	ETRS89
HUSO	30
X	270.905 m
Y	4.460.885 m

Se nos ha indicado el lugar in situ, por parte de **D. Alejandro Crespo Arenas**, Presidente de la Comunidad de Regantes de Tornavacas.

**2.- METODOLOGÍA. NORMATIVAS DE REFERENCIA.
ACREDITACIONES.**

Para la definición del tipo de campaña geotécnica a realizar se han tenido en cuenta los siguientes documentos:

- Eurocódigo 7. Proyecto Geotécnico. Marzo de 1999.
- Código Técnico de la Edificación.

Con la entrada en vigor del Real Decreto 410/2010, de 31 de Marzo de 2.010, se establecen “los requisitos exigibles a las entidades de control de calidad de la edificación y a los laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación, para el ejercicio de su actividad”.

En base a esto, la Empresa CRESSA INGENIEROS S.L. tiene ingresada en el Registro Único de la Junta de Extremadura dirigida a la Consejería de Fomento, Vivienda, Ordenación de Territorio y Turismo su Declaración Responsable desde el 01/07/2016.

En dicha Declaración Responsable se indica la habilitación para la realización de:

- Ensayos para Obras de Edificación: Ensayos de Geotecnia.
- Ensayos para Obras de Ingeniería Civil: Ensayos de Reconocimientos Geotécnicos.

Y en el **Registro General de Laboratorios de Ensayo para la Calidad de la Edificación** aparece registrada con el Código “**EXT-L-031**”.

3.- RESUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.

3.1.- TRABAJOS DE CAMPO.

Los trabajos de campo realizados para el reconocimiento del subsuelo de este solar han consistido en la realización de una visita de campo a la zona en estudio el día 23/03/2023 y en la ejecución de los siguientes ensayos:

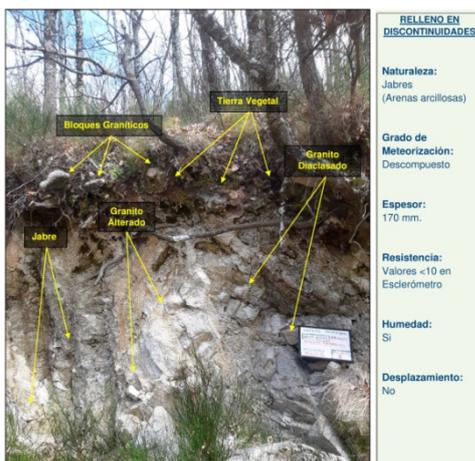
	Nº DE ENSAYOS	LOCALIZACIÓN
ESTACIÓN GEOMECÁNICA	4	1 EN CALICATA MANUAL / 2 EN AFLORAMIENTOS / 1 EN CORTE TERRENO
RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO (MARTILLO SCHMIDT) EN ESTACIÓN GEOMECÁNICA	3	EN ESTACIONES GEOMECÁNICAS

Los mencionados trabajos han sido llevados a cabo con la maquinaria y personal especializado de CRESSA INGENIEROS S.L., bajo control y supervisión del personal técnico del departamento de Geotecnia de CRESSA INGENIEROS S.L., siguiendo las pautas y procedimientos normalizados que exigen nuestro control de calidad y la normativa aplicable al respecto, normalmente UNE, NLT, ASTM o XP.

En los apartados correspondientes a la segunda parte, anejos de la memoria de este informe se adjunta la situación en planta de cada uno de los ensayos, y los resultados obtenidos. Además se adjunta un apartado de informe fotográfico de los trabajos realizados.

Seguidamente se describe el fundamento teórico y la metodología de cada uno de los ensayos geotécnicos realizados:

3.1.1.- ESTACIONES GEOMECÁNICAS.



FUNDAMENTO TEÓRICO

Mediante la realización de una Estación Geomecánica se pretende la observación de Macizo Rocosos de la zona en estudio y en ella, medir una serie de parámetros como pueden ser: su Localización Exacta, Resistencia a Compresión Simple de la Roca mediante el Esclerómetro o Martillo Schmidt, Grado de Meteorización de la Roca, Red de

Discontinuidades, Presencia de Agua, Familia de Discontinuidades (Detallando su Dirección de Buzamiento y Buzamiento), la Caracterización de las Discontinuidades (reflejando su Tipo, Dirección de Buzamiento, Buzamiento, Espaciado, Continuidad, Abertura, Rugosidad, Relleno, Espesor del Relleno, Grado de Meteorización y Flujo de Agua).

A través de la toma de datos anteriormente referida en nuestra Estación Geomecánica podemos obtener una descripción detallada de la situación en la que se encuentra el Macizo Rocoso.

3.1.2.- RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO (MARTILLO SCHMIDT) EN ESTACIÓN GEOMECÁNICA.

FUNDAMENTO TEÓRICO



El **Martillo de Schmidt** o también llamado **Esclerómetro** se ha extendido su uso a macizos rocosos para determinar de forma cualitativa la resistencia a compresión axial de una roca o de una discontinuidad.

Se trata de un ensayo no destructivo.

Es muy práctico y útil ya que de forma rápida podemos tener una aproximación de la resistencia de una roca “in situ” y, junto con otros parámetros de calidad de un macizo rocoso como son el RQD, número de discontinuidades, grado de

meteorización, entre otros, podemos clasificar el macizo rocoso según las clasificaciones geomecánicas del RMR.

Es un instrumento que nos permite estimar aproximadamente la resistencia a compresión simple de una roca ya sea en un talud, túnel, testigo de roca o discontinuidad mediante el rebote que produce el muelle que se aloja en su interior después de un impacto sobre una superficie rocosa.

El martillo de Schmidt se aplica presionando la punta del mismo sobre una superficie rocosa hasta que salta el muelle, el cual golpea la roca a través de una punta cilíndrica. En función de la dureza de la roca o superficie ensayada,

el muelle sufre un mayor o menor rebote. A mayor rebote mayor resistencia de la roca.

El esclerómetro debe colocarse perpendicularmente al plano o roca ensayada. Previamente al inicio de las medidas se debe limpiar la superficie a ensayar para que esté libre de suelo, musgo, líquenes, pátinas de alteración, fisuras o grietas.

Una vez obtenidos los resultados podemos clasificar la roca en función de su resistencia según ISRM:

DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE	A
Extremadamente blanda	<1 MPa	
Muy blanda	1-5 MPa	
Blanda	5-25 MPa	
Moderadamente blanda	25-50 MPa	
Dura	50-100 MPa	
Muy dura	100-250 MPa	
Extremadamente dura	>250 MPa	

3.1.3.- MEDIDA DEL NIVEL FREÁTICO

La determinación de la posición del nivel freático resulta muy importante para el estudio de las condiciones de cimentación, por lo que durante la ejecución de los ensayos se presta una especial atención en acotar la profundidad de la lámina freática.

La campaña geotécnica, para la elaboración de este informe, determinó que **no se encontró presencia de nivel freático en ninguna de las estaciones geomecánicas realizadas.**

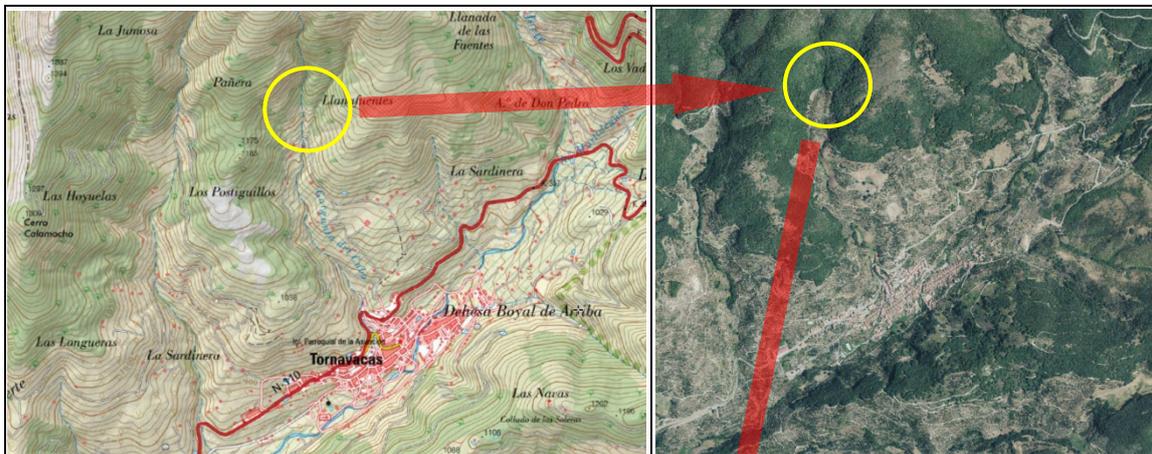
4.- CARACTERIZACIÓN DE LA PARCELA.

4.1.- SITUACIÓN DE LA PARCELA.

La zona de estudio que centra el presente informe se ubica en la localidad de Tornavacas (Cáceres), con las Coordenadas topográficas siguientes:

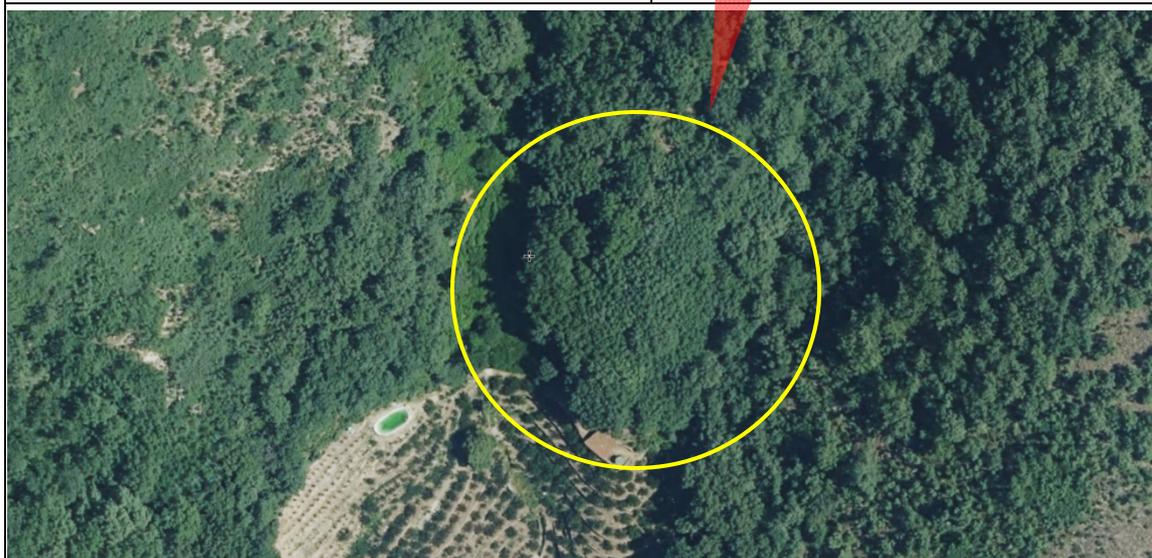
COORDENADAS TOPOGRÁFICAS

DATUM	ETRS89
HUSO	30
X	270.905 m
Y	4.460.885 m



PLANO DE SITUACIÓN

VISTA AÉREA DE LA ZONA EN ESTUDIO



LOCALIZACIÓN EXACTA DE LA PARCELA

4.2.- MORFOLOGÍA DE LA ZONA EN ESTUDIO.

La zona en estudio es de difícil acceso. A día de hoy, únicamente, se puede llegar a pie, ya que no existe camino alguno mediante el que alcanzar la zona.

Se encuentra en una ubicación con fuertes pendientes con unos ángulos de inclinación en torno a 20-22°.

Cuenta con escasos afloramientos graníticos de aristas redondeadas y está cubierta con la vegetación característica de la zona.



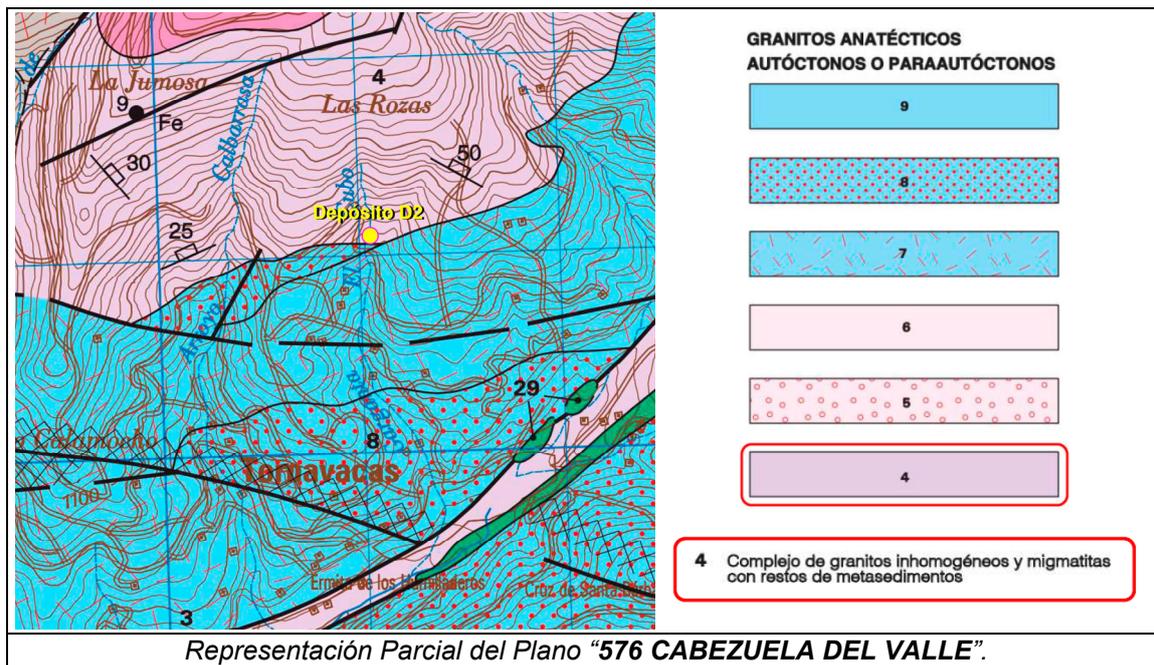
Vista panorámica de la zona en estudio.

5.- ENCUADRE GEOLÓGICO DE LA ZONA

5.1 ENCUADRE GEOLÓGICO REGIONAL

El solar en estudio se encuentra en la localidad de **Tornavacas** (Cáceres).

La localidad de Tornavacas está dentro de la Hoja “**576 CABEZUELA DEL VALLE**” de la serie de Mapas Magna II a escala 1:50.000, del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).



Topográficamente, corresponde a una zona muy abrupta y quebrada, situada en la parte occidental de la Sierra de Gredos. La Hoja está atravesada diagonalmente con dirección SO-NE por el Valle del Jerte.

La climatología es variable entre las zonas de valle y montaña, debido a la compartimentación que produce el relieve. La pluviometría alcanza valores variables, con un clima extremado; en los valles abiertos al oeste como el del Jerte, el clima es tipo atlántico y las precipitaciones del orden de 700 a 1.000 mm/año.

Desde un punto de vista geológico, la Hoja, se enmarca en el sector occidental de la Sierra de Gredos, dentro de la denominada Zona Galaico-Castellana de LOTZE (1945), o en la Zona Centro-Ibérica (ZCI) de JULIVERT, et al. (1974).

Desde un punto de vista más restringido, la Hoja en cuestión, se sitúa en el Dominio Occidental del Sistema Central, BELLIDO, et al. (1981), caracterizado, según dichos autores por:

- Presencia de series ordovícicas y preordovícicas.
- Grado de metamorfismo variable de alto a bajo.
- Gran extensión de los cuerpos graníticos.

El material presente en la zona en estudio se corresponde con “**Complejo de granitos inhomogéneos y migmatitas con restos de metasedimentos**”.

Este conjunto de rocas incluye a una serie de granitoides caracterizados por un manifiesto grado de heterogeneidad textural y variación composicional, desde tipos graníticos a tonalíticos, si bien los más frecuentes responden a granodioritas y tonalitas.

Se trata de granitoides anatéticos autóctonos, o ligeramente paraautóctonos, cuyo rasgo más característico es el predominio de una fábrica migmatítica de tipo nebulítico y, en menor medida, estromática con restos de metasedimentos en diverso grado de asimilación. La anisotropía es, por tanto, de carácter regional.

**6.- CARACTERIZACIÓN
ESTRATIGRÁFICOS DEL TERRENO.**

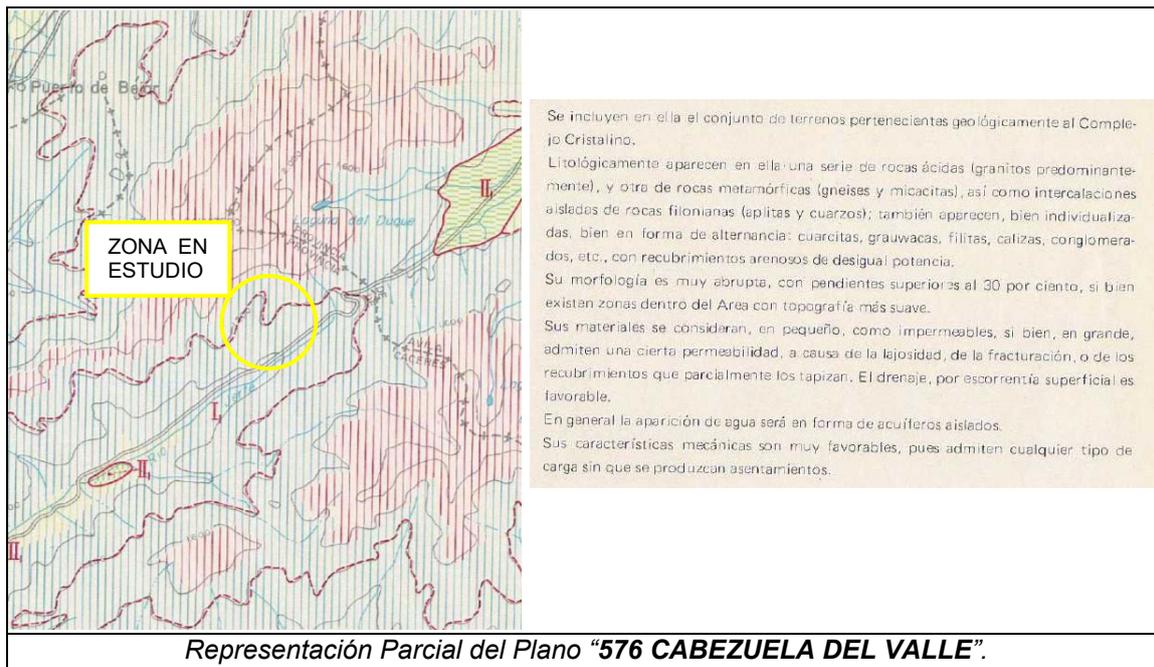
GEOTÉCNICA. NIVELES

En este apartado se describen cada uno de los niveles geotécnicos diferenciados, comenzando por el más superficial hasta alcanzar el más profundo reconocido por los ensayos realizados.

Comienza con el estudio de estos niveles realizado en gabinete y, posteriormente, se refleja lo analizado en campo.

INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA EN GABINETE

Según la Hoja “**44 ÁVILA**” de la Cartografía Temática del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Mapa Geotécnico General, a escala 1/200.000, el solar en estudio se encuentra dentro de “**RECINTOS EMERGIDOS SISTEMA CENTRAL, FORMAS DE RELIEVE ABRUPTAS Y ALOMADAS (Altitud < 1.200 m)**”.



Los materiales se consideran, en pequeño, como impermeables, si bien, en grande, admiten cierta permeabilidad, a causa de la lajosidad, de la fracturación o de los recubrimientos que parcialmente los tapizan. El drenaje, por escorrentía superficial, es favorable.

En general, la aparición de agua será en forma de acuíferos aislados.

Las características establecidas para este material por esta Hoja "44 ÁVILA" son las siguientes:

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

CAPACIDAD DE CARGA	ALTA
COMPRESIBILIDAD	NULA
EXPANSIVIDAD	NULA
MOVIMIENTOS DE TIERRA	COSTE ELEVADO
AGRESIVIDAD	DESPRECIABLE

Según la cartografía temática especializada, el solar en estudio se encuentra en una zona con **características constructivas desfavorables**, con problemas de tipo Geomorfológico. Por todo lo anterior se recomienda tener la debida precaución a la hora de la puesta en obra.

7.- EXPANSIVIDAD.

La expansividad es un fenómeno que se produce por la configuración estructural de algunos tipos de arcillas, por lo que nunca se producirá en suelos predominantemente granulares (arenosos, limosos, basamentos rocosos, etc...).

En suelos mixtos es muy importante el porcentaje real de arcillas sobre el total del suelo.

Para caracterizar el **grado de expansividad** de un suelo pueden definirse básicamente tres vías de análisis:

- **Criterios empíricos, indirectos o cualitativos:** Basan su éxito en experiencias previas de tipos locales o regionales de arcillas ya conocidas. Estos criterios utilizan correlaciones habituales entre parámetros granulométricos, límites de Atterberg, parámetros climáticos, etc.... con clasificaciones de expansividad que se definen con vocablos del tipo “baja”, “media”, “alta” y “muy alta”.

- **Criterios semidirectos o semicuantitativos:** Se basan en la aportación de un dato numérico y manejable, que se obtiene de un ensayo de laboratorio sencillo. Este dato numérico tiene un valor semicuantitativo o semicualitativo, según se estime, y recibe el nombre común de índice.

- **Criterios directos o cuantitativos:** De estos obtienen parámetros como la presión de hinchamiento. El ensayo más conocido es el de Inundación bajo carga.

Es importante considerar que la expansividad es un fenómeno que se limita a una franja superficial de suelo que se denomina “capa activa”, y esto se explica porque la humedad de un suelo fluctúa más (y con ello su hinchamiento) cuanto más cerca está de la superficie topográfica. La zona activa no tiene el mismo espesor en todas partes, sino que éste depende de la climatología local y el grado de facilidad de un suelo para mojarse o secarse.

En la zona en estudio, a las profundidades indicadas, existe un sustrato de **Granito Muy Meteorizado (Jabre) o Granito Alterado**, que no suele presentar problemas de expansividad, ya que se trata de un fenómeno que afecta a suelos y tenemos un material de origen rocoso por lo que consideramos que **no va a afectar a los materiales en estudio** debido a la naturaleza y características de los mismos.

8.- CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DE LA ZONA

La Norma de Construcción Sismorresistente de 27 de Septiembre de 2002 (NCSE-02) proporciona los criterios que han de seguirse dentro del territorio español para la consideración de la acción sísmica en el proyecto, construcción, reforma y conservación de obras a las que es aplicable la citada Norma.

A efectos de esta Norma las construcciones se clasifican en:

1.- *De moderada importancia.*

Aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos.

2.- *De normal importancia.*

Aquellas cuya destrucción por el terremoto puede ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trata de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.

3.- *De especial importancia.*

Aquellas cuya destrucción por el terremoto, pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos.

No es obligatoria la aplicación de esta Norma en las construcciones de moderada importancia y en aquellas en que la aceleración sísmica básica a_b , sea inferior a 0.04 g, siendo g la aceleración de la gravedad.

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica, que suministra para cada punto del territorio y expresada en relación al valor de la gravedad, la aceleración sísmica básica, a_b , un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, correspondiente a un periodo de retorno de quinientos años; el mapa suministra también el valor del coeficiente K o de contribución, que tiene en cuenta la influencia de la peligrosidad sísmica de cada punto de los distintos tipos de terremotos considerados en el cálculo de la misma.

La aceleración sísmica de cálculo (a_c) se define como el producto de " $a_c = s \cdot \rho \cdot a_b$ " siendo ρ un coeficiente adimensional de riesgo, cuyo valor es de 1

para construcción de importancia normal y de 1.30 para construcción de importancia especial, siendo s el coeficiente de amplificación del terreno.

También contempla la Norma la clasificación del terreno para el **coeficiente de Terreno**:

- **Terreno I**: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas de cizalla $V_s > 750$ m/s. Coeficiente $C = 1,0$.

- **Terreno II**: Roca muy fracturada, suelos granulares densos y cohesivos duros. $750 \text{ m/s} \geq V_s \geq 400 \text{ m/s}$. Coeficiente $c = 1,3$.

- **Terreno III**: Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. $400 \text{ m/s} \geq V_s > 200 \text{ m/s}$. Coeficiente $C = 1,6$.

- **Terreno IV**: Suelo granular suelto, o cohesivo blando. $V_s \leq 200$ m/s. Coeficiente $C = 2,0$.

Para el lugar de estudio se obtienen los siguientes parámetros de cálculo:

ZONA MÁS PRÓXIMA	ACELERACIÓN BÁSICA (PGA – Periodo de Retorno de 475 Años)	COEFICIENTE	COEFICIENTE DE RIESGO
TORNAVACAS	$< 0,02$	1,30	1,0

La citada Norma establece las siguientes reglas de diseño y prescripciones constructivas en zonas sísmicas en lo referente a la cimentación:

Criterio general de diseño

Debe evitarse la coexistencia, en una misma unidad estructural, de sistemas de cimentación superficiales y profundos, por ejemplo, de zapatas o losas con los de pozos o pilotes.

La cimentación se debe disponer sobre un terreno de características geotécnicas homogéneas. Si el terreno de apoyo presenta discontinuidades o cambios sustanciales en sus características, se fraccionará el conjunto de la construcción de manera que las partes situadas a uno y otro lado de la discontinuidad constituyan unidades independientes.

Cuando el terreno de cimentación contenga en los primeros 20 m bajo la

superficie del terreno, capas o lentejones de arenas sueltas situadas, total o parcialmente, bajo el nivel freático, deberá analizarse la posibilidad de licuación.

Si se concluye que es probable que el terreno licue en el terreno de cálculo, deberán evitarse las cimentaciones superficiales, a menos que se adopten medidas de mejora del terreno para prevenir la licuación. Análogamente, en las cimentaciones profundas, las puntas de los pilotes deberán llevarse hasta una profundidad bajo las capas licuables, para que pueda desarrollarse en esa parte la necesaria resistencia al hundimiento.

Elementos de atado

Cada uno de los elementos de cimentación que transmita al terreno cargas verticales significativas deberá enlazarse con los elementos contiguos en dos direcciones mediante dispositivos de atado situados a nivel de las zapatas, de los encepados de pilotes o equivalentes, capaces de resistir un esfuerzo axial, tanto de tracción como de compresión, igual a la carga sísmica horizontal transmitida en cada apoyo.

Cuando $a_c \geq 0,16g$ los elementos de atado deberán ser vigas de hormigón armado.

Cuando $a_c < 0,16g$ podrá considerarse que la solera de hormigón constituye el elemento de atado, siempre que se sitúe a nivel de las zapatas o apoyada en su cara superior, sea continua alrededor del pilar en todas las direcciones, tenga un espesor no menor de 15 cm ni de 1/50 de la luz entre pilares y sea capaz de resistir el esfuerzo.

9.-DEFINICIÓN DEL TIPO DE AMBIENTE. RECOMENDACIÓN DEL TIPO DE HORMIGÓN DE CIMENTACIÓN.

El tipo de ambiente al que está sometido un elemento estructural viene definido por el conjunto de condiciones físicas y químicas a las que está expuesto, y que puede llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a los de las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural.

Considerando sólo en este apartado los elementos de cimentación y en función del **CÓDIGO ESTRUCTURAL** y su **TABLA 27.1.A CLASES DE EXPOSICIÓN RELATIVAS AL HORMIGÓN ESTRUCTURAL**, resumimos las distintas clases de exposición de acuerdo con los datos del terreno reconocido en el Estudio Geotécnico:

DESIGNACIÓN DE LA CLASE	DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO	EJEMPLOS INFORMATIVOS DONDE PUEDEN EXISTIR LAS CLASES DE EXPOSICIÓN
XC2	Húmedo, raramente seco.	Elementos de hormigón armado o pretensado permanentemente en contacto con agua o enterradas en suelos no agresivos (por ejemplo, cimentaciones).

10.- ESTUDIO DE LA CIMENTACIÓN.

10.1.- TIPO DE CONSTRUCCIÓN

Se trata del Proyecto de Construcción del "**DEPÓSITO DE REGULACIÓN D2**" incluido dentro del "**PROYECTO PARA CONCESIÓN DE AGUAS DEL SECTOR "LLANÁS" DE LA CCRR DE TORNAVACAS**" situado en el **Polígono 01, Parcela 10 de la "Dehesa El Cardal"** en el municipio de **TORNAVACAS** (Cáceres).

Se trata de un Depósito Circular de Diámetro 24,53 m y Altura 5,01 m.

10.2.- FACTORES GEOTÉCNICOS CONDICIONANTES DE LA CIMENTACIÓN

En la zona en estudio es necesario destacar la existencia de tres niveles bien diferenciados, pero hay que tener en cuenta que, debido a la heterogeneidad de los materiales de la zona, las potencias pueden variar incluso desaparecer y, por lo tanto, no existir alguno de los niveles.

Un primer nivel, que hemos denominado **NIVEL 1**, formado por un horizonte de materiales naturales, **Tierra Vegetal con Bloques Graníticos**, con unas **características constructivas inadecuadas** para el asiento de cimentaciones.

Un segundo nivel, definido como **NIVEL 2**, compuesto por un horizonte de materiales naturales, **Granito Muy Meteorizado (Jabre)**, con unas **características constructivas adecuadas** para el asiento de cimentaciones.

Y un tercer nivel, definido como **NIVEL 3**, compuesto por un horizonte de materiales naturales, **Granito Sano**, con unas **características constructivas adecuadas** para el asiento de cimentaciones. Hay que resaltar que desconocemos a qué profundidad podría aparecer ya que no se han podido realizar los ensayos pertinentes para poder concretarlo.

NIVEL 2 - 3: Son los niveles más importantes en este estudio, pues es donde se recomienda que se desplante la cimentación. En nuestra opinión y en base a los datos e información disponible, el nivel sobre el que se ejecutará la cimentación, será el 2 pero en algún punto, podría aparecer el 3.

No presentan agresividad en suelo y no se ha detectado nivel freático.

10.3.- MEDIDAS ADICIONALES

A tener en cuenta:

- Deben buscarse, si es posible, condiciones de cimentación homogéneas.

- La excavación se realizará de forma que no se alteren las características mecánicas del suelo, para ello se recomienda que la excavación de los últimos 15 a 20 cms no sea efectuada hasta inmediatamente antes de iniciar el vertido del hormigón, especialmente en suelos cohesivos.

- Una vez alcanzado el firme elegido y antes de hormigonar, se limpiará y nivelará el fondo.

- Obsérvense taludes conservadores de cara a la estabilidad de los mismos en las excavaciones.

10.4.- RESUMEN GENERAL

Por tanto, y en base a toda la información recopilada y estudiada tanto en gabinete como en campo, queremos resaltar a modo de resumen los puntos más importantes reflejados en el presente informe previo.

Son los siguientes:

- 1) El material sobre el que recomendamos que se realice la cimentación del Depósito es sobre **“COMPLEJO DE GRANITOS INHOMOGÉNEOS Y MIGMATITAS CON RESTOS DE METASEDIMENTOS”**.

Estos materiales se caracterizan por una gran heterogeneidad tanto por el tipo de granito, su composición y su grado de meteorización, tal y como queda reflejado en el Punto 5 respecto a la Geología de la zona.

- 2) Según la Hoja **“44 ÁVILA”** del Mapa Geotécnico del I.G.M.E. a escala 1/200.000, las **características constructivas de la zona son DESFAVORABLES**. Esto se debe a sus características geomorfológicas, principalmente, a las elevadas pendientes de la zona.

- 3) Se recomienda **ELIMINAR** la totalidad de la **TIERRA VEGETAL CON BLOQUES GRANÍTICOS (NIVEL 1)** en la zona de la cimentación donde aparezcan estos niveles.

Se recomienda cimentar en el Nivel de Granito Muy Meteorizado (Jabre). Es necesario prestar atención para eliminar una primera capa de Jabre que, en determinadas zonas, hay mezclada con Tierra Vegetal y cimentar sobre el Jabre limpio o sin contaminar.

En algún punto de la cimentación también podemos encontrarnos con Granito Sano pero entendemos que será una situación que se producirá con poca frecuencia, si llega a producirse.

- 4) En función de las características geotécnicas marcadas por el Hoja “**44 ÁVILA**” del Mapa Geotécnico del I.G.M.E. a escala 1/200.000, la capacidad de carga del terreno debe ser suficiente para soportar el Depósito y no debe haber problemas con los futuros asientos que se puedan producir, pues deberían ser de pequeña o mínima entidad.

Además, no deberían aparecer problemas de expansividad en estos materiales.

- 5) En base a la morfología del terreno, recomendamos que el depósito no se cimente a media ladera. Es recomendable realizar la cimentación del mismo mediante un desmonte y que toda su base esté apoyada en un mismo material de origen natural (Granito Alterado o Granito Sano).

- 6) Analizando los resultados de la Resistencia a Compresión Simple obtenidos con el Esclerómetro o Martillo Schmidt en las 3 Estaciones Geomecánicas, podríamos describir la roca como:

- Estación Geomecánica N°1: “Blanda” o “Muy Blanda” en superficie, que es donde se han realizado las pruebas.
- Estación Geomecánica N°2: “Moderadamente Blanda” en superficie, que es donde se han realizado las pruebas.
- Estación Geomecánica N°3: “Moderadamente Blanda” en superficie, que es donde se han realizado las pruebas.

- 7) Desde nuestro punto de vista, consideramos que podría ser factible ejecutar mediante el uso de Medios Mecánicos y en algún momento, Maquinaria Pesada, el desmonte para poder realizar la cimentación del Depósito.

Entendemos que debe existir una capa de Jabre en la mayor parte de la superficie en base a que existe una cobertura de robles con bastante densidad y para que eso se dé, es necesario que cuenten con una capa de arena arcillosa (Jabre) razonable en vez de una roca. Si hubiese roca en superficie o a escasa profundidad, no crecerían los robles y como se puede ver en las fotografías, la totalidad de la superficie está cubierta por estos árboles.

Además, los escasos afloramientos detectados tienen las aristas redondeadas lo que nos hace pensar que se pudiera tratar de grandes bolos de granito con varios metros de diámetro que han sufrido transporte (de ahí el redondeo) y, realmente, no sean un afloramiento aunque eso se comprobará en el momento que se realice la excavación.

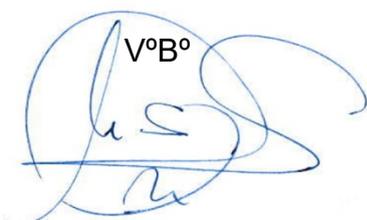
11.- RECOMENDACIONES GENERALES.

Por último, debe de indicarse que las consideraciones expuestas en el presente informe previo han sido deducidas a partir de la visita de campo realizada y de los ensayos puntuales que han sido posibles ejecutarse, constituyendo una extrapolación al conjunto de la parcela en las condiciones actuales del subsuelo.

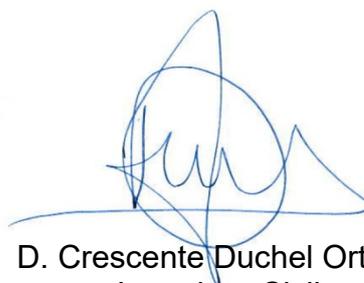
Ello no es óbice para que puedan producirse variaciones con respecto al esquema definido, derivadas de la heterogeneidad que pueda presentar el terreno, o bien de alteraciones posteriores antrópicas (rellenos, excavaciones, etc.) realizadas con anterioridad al comienzo de la obra.

Para poder contar con un Estudio Geotécnico completo es necesario llevar a cabo todos los ensayos contemplados inicialmente, incluyendo los Sondeos Geotécnicos a Rotación con Extracción Continua de Testigo, los Ensayos de Penetración Dinámica Súper Pesada y las Calicatas, así como los Ensayos de Laboratorio para poder evaluar en conjunto todas las características geológicas y geotécnicas de la zona así como las características físicas y químicas de los materiales presentes.

En Santa Cruz de la Sierra, a 19 de Abril de 2023.



D. Aurelio Sanabria Sánchez
I.C.C.P.
Colegiado N° 25.671
Director del Laboratorio



D. Crescente Duchel Ortega
Ingeniero Civil
Colegiado N° 15.670
Responsable de Área

ANEJOS:

PLANO DE SITUACIÓN DEL DEPÓSITO N°2.

Depósito D2

X: 270.905

Y: 4.460.885

ETRS 89

UTM 30 N



PETICIONARIO
TRAGSATEC, S.A.

TÍTULO: ESTUDIO GEOTÉCNICO PREVIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL "DEPÓSITO DE REGULACIÓN D2". Del "Proyecto para concesión de aguas del sector LLANÁS de la CRR de Tornavacas". Situado en el Polígono 1, Parcela 10 "Dehesa El Cardal". En el municipio de Tornavacas (Cáceres).

AUTOR
CRESSA
ingenieros

FECHA
23/03/2.023

INFORME:
GEOT 0575

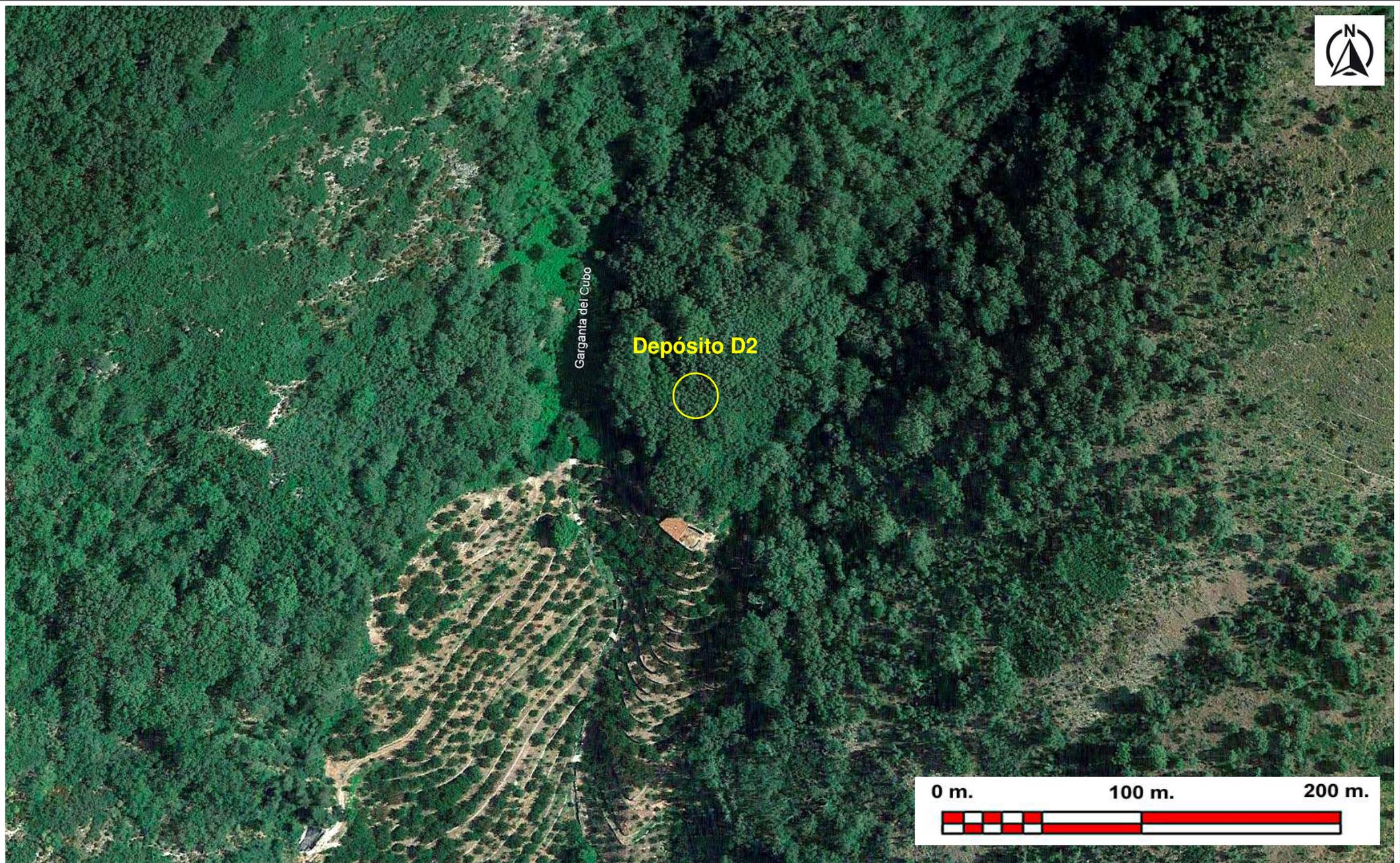
TÍTULO DEL PLANO

**SITUACIÓN DEL
"DEPÓSITO D2"**

Nº PLANO
1

HOJA
1 DE 4

PLANO DE EMPLAZAMIENTO DEL DEPÓSITO N°2.



PETICIONARIO
TRAGSATEC, S.A.

TÍTULO: ESTUDIO GEOTÉCNICO PREVIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL "DEPÓSITO DE REGULACIÓN D2". Del "Proyecto para concesión de aguas del sector LLANÁS de la CCRR de Tornavacas". Situado en el Polígono 1, Parcela 10 "Dehesa El Cardal". En el municipio de Tornavacas (Cáceres).

AUTOR
CRESSA
ingenieros

FECHA
23/03/2.023

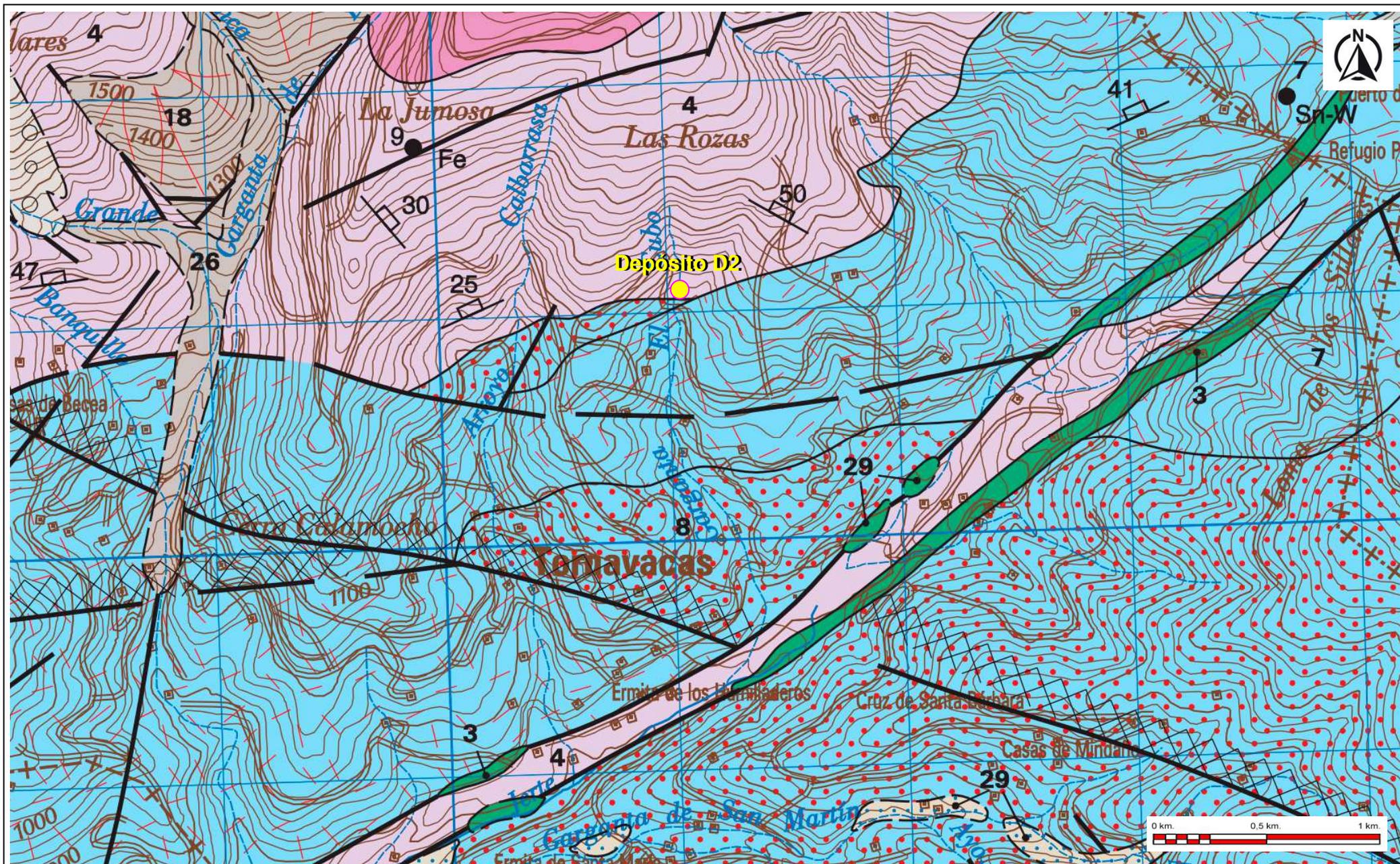
INFORME:
GEOT 0575

TÍTULO DEL PLANO
**EMPLAZAMIENTO
"DEPÓSITO D2"**

Nº PLANO
1

HOJA
2 DE 4

PLANO GEOLÓGICO DEPÓSITO N°2.



PETICIONARIO
TRAGSATEC, S.A.

TÍTULO: ESTUDIO GEOTÉCNICO PREVIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL "DEPÓSITO DE REGULACIÓN D2". Del "Proyecto para concesión de aguas del sector LLANÁS de la CRRR de Tornavacas". Situado en el Polígono 1, Parcela 10 "Dehesa El Cardal". En el municipio de Tornavacas (Cáceres).

AUTOR
CRESSA
ingenieros

FECHA
23/03/2.023
INFORME:
GEOT 0575

TÍTULO DEL PLANO
**PLANO
GEOLOGICO
"DEPÓSITO D2"**

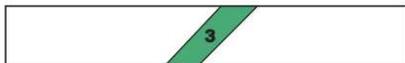
Nº PLANO
1
HOJA
3 DE 4

LEYENDA PLANO GEOLÓGICO DEPÓSITO Nº2.

**GRANITOS ANATÉCTICOS
AUTÓCTONOS O PARAAUTÓCTONOS**



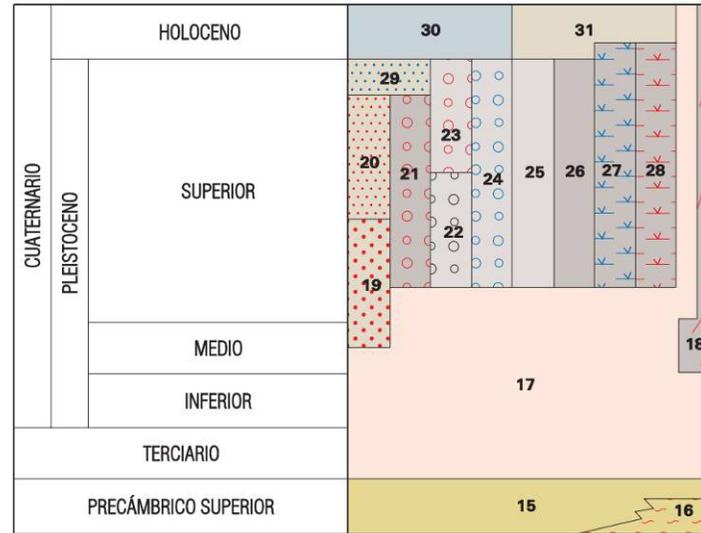
**ROCAS FILONIANAS
POST - HERCÍNICAS**



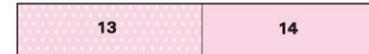
HERCÍNICAS



- 14 Leucogranito moscovítico de grano fino
- 13 Leucogranito mosc±biot. de grano medio-grosso
- 12 Granito biot.-mosc. de grano medio
- 11 Granito biot.-mosc. de grano grueso
- 10 Monzogranitos y/o granodioritas biotíficas porfídicas de grano medio-grosso
- 9 Monzogranito biot.± moscovita de grano medio
- 8 Monzogranito y granod. biot. porfídicos de grano med.-grosso con ± mosc. ± cord. y ± sillim.
- 7 Monzogranito y granodiorita heterogénea biot. de grano med. con abundante cord. y ± sillim.
- 6 Leucogranito biot.-mosc. de grano medio con ± cordierita y ± sillimanita
- 5 Leucogranito de grano fino-medio mosc.± biot. con nódulos de cordierita y ± andalucita
- 4 Complejo de granitos inhomogéneos y migmatitas con restos de metasedimentos
- 3 Diabasas piroxénico-anfibólicas
- 2 Diques de cuarzo
- 1 Pórfidos graníticos



**ROCAS ÍGNEAS HERCÍNICAS
GRANITOS ALÓCTONOS**



- 31 Conos de deyección
- 30 Depósitos fluvio-torrenciales de cauce actual
- 29 Terraza 3ª fluvio-torrencial
- 28 Depósitos lacustres de obturación glaciar
- 27 Depósitos glacio-lacustres
- 26 Llanura aluvial fluvio-glaciar
- 25 Morrena de ablación
- 24 Morrena de fondo
- 23 Morrena lateral de 2ª etapa
- 22 Morrena lateral de 1ª etapa
- 21 Abanicos y acarrees torrenciales
- 20 Terraza 2ª fluvio-torrencial
- 19 Terraza 1ª fluvio-torrencial
- 18 Mantos de derrubios periglaciares
- 17 Depósitos solifluidales del medio periglacial
- 16 Esquistos y cuarzoesquistos... migmatizado
- 15 Esquistos y cuarzoesquistos con niveles de cuarcitas micaceas y conglomerados

PETICIONARIO
TRAGSATEC, S.A.

TÍTULO: ESTUDIO GEOTÉCNICO PREVIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL "DEPÓSITO DE REGULACIÓN D2". Del "Proyecto para concesión de aguas del sector LLANÁS de la CRR de Tornavacas". Situado en el Polígono 1, Parcela 50 "Dehesa El Cardal". En el municipio de Tornavacas (Cáceres).

AUTOR
CRESSA
ingenieros

FECHA
23/03/2.023
INFORME:
GEOT 0575

TÍTULO DEL PLANO
**LEYENDA
PLANO
GEOLÓGICO**

Nº PLANO
1
HOJA
4 DE 4

INFORME FOTOGRÁFICO.

INFORME FOTOGRÁFICO

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.	SUPERVISÓ:
SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10. "Dehesa El Cardal"	CRESCENTE DUCHEL ORTEGA
POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)	FOTO: VISTA GENERAL
FECHA: 23/03/2023	Orografía - Estado Actual



PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

FOTO: OROGRAFÍA
Estado Actual

FECHA: 23/03/2023



PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

FOTO: OROGRAFÍA
Inclinación de la Ladera

FECHA: 23/03/2023

Pendiente Lado Izquierdo



Pendiente Lado Derecho



PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

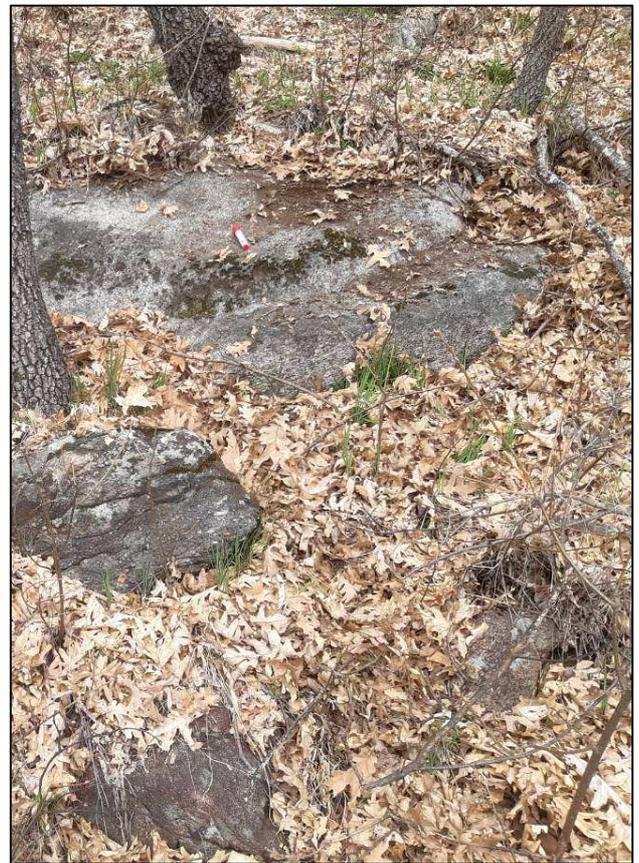
SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

**FOTO: SUPERFICIE
Bloques, Tierra Vegetal y
algún Afloramiento Granítico**



BLOQUES:

Presencia de algunos Bloques en superficie (de naturaleza granítica) angulosos. En su mayor parte de tamaños entre los 25 cm. y los 70 cm. de diámetro. Alternados con algunos de tamaño superior.

AFLORAMIENTOS GRANITICOS:

Escasos Afloramientos Graníticos de aristas redondeadas. Sus dimensiones apenas superan los 2 metros de diámetro en superficie y 1 metro en altura.

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

FOTO: ESTACIÓN GEOMECÁNICA 1

FECHA: 23/03/2023

Calicata manual



PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

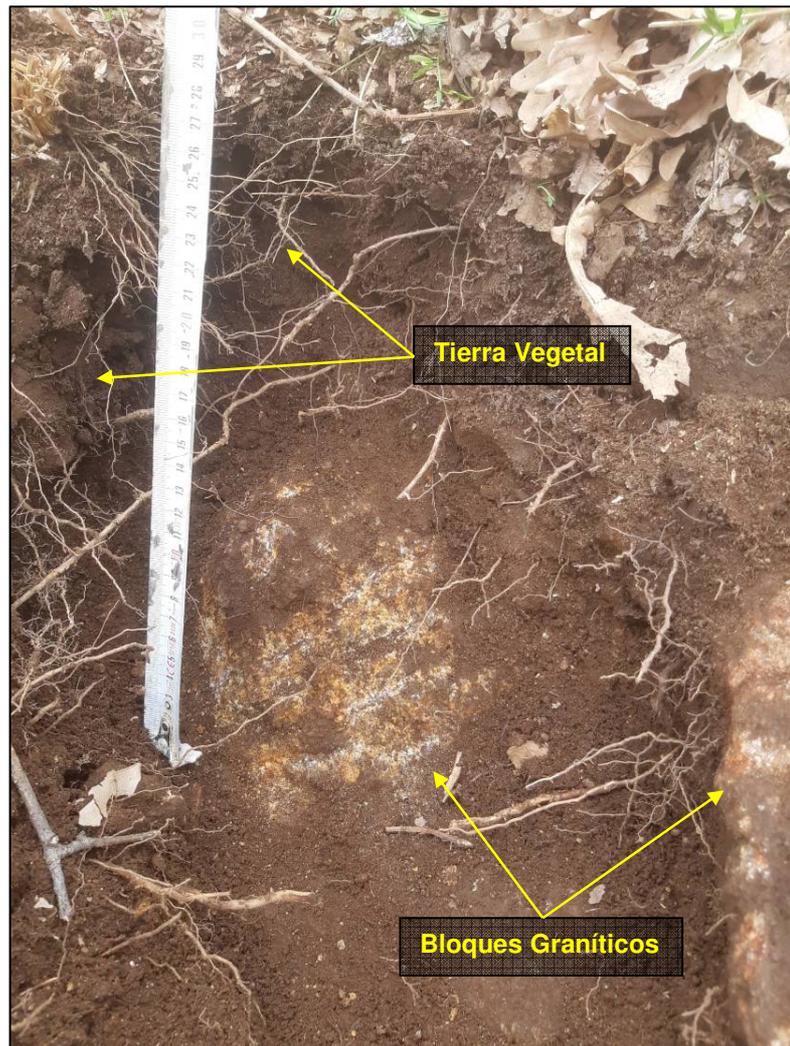
SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

**FOTO: ESTACIÓN GEOMECÁNICA 1
Detalle**

FECHA: 23/03/2023



Nota: La presencia de raíces y bloques graníticos sueltos dentro de la Tierra Vegetal impide la mayor profundización de la calicata con los medios existentes (hasta la realización de accesos a la zona).

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

**FOTO: ESTACIÓN GEOMECÁNICA 2
En Bloque granítico**

FECHA: 23/03/2023



PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

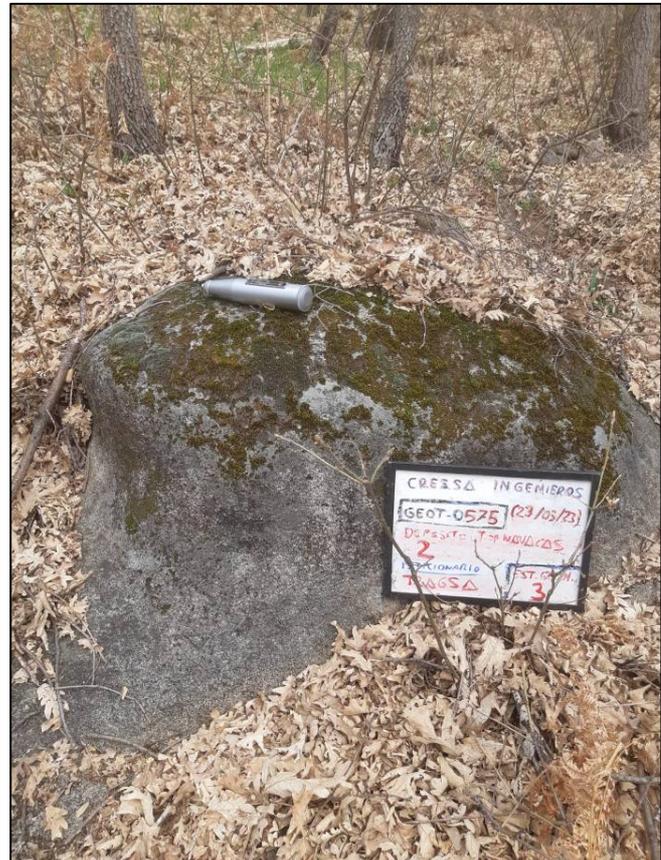
SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

**FOTO: ESTACIÓN GEOMECÁNICA 3
(Posible) Afloramiento granítico**

FECHA: 23/03/2023



PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

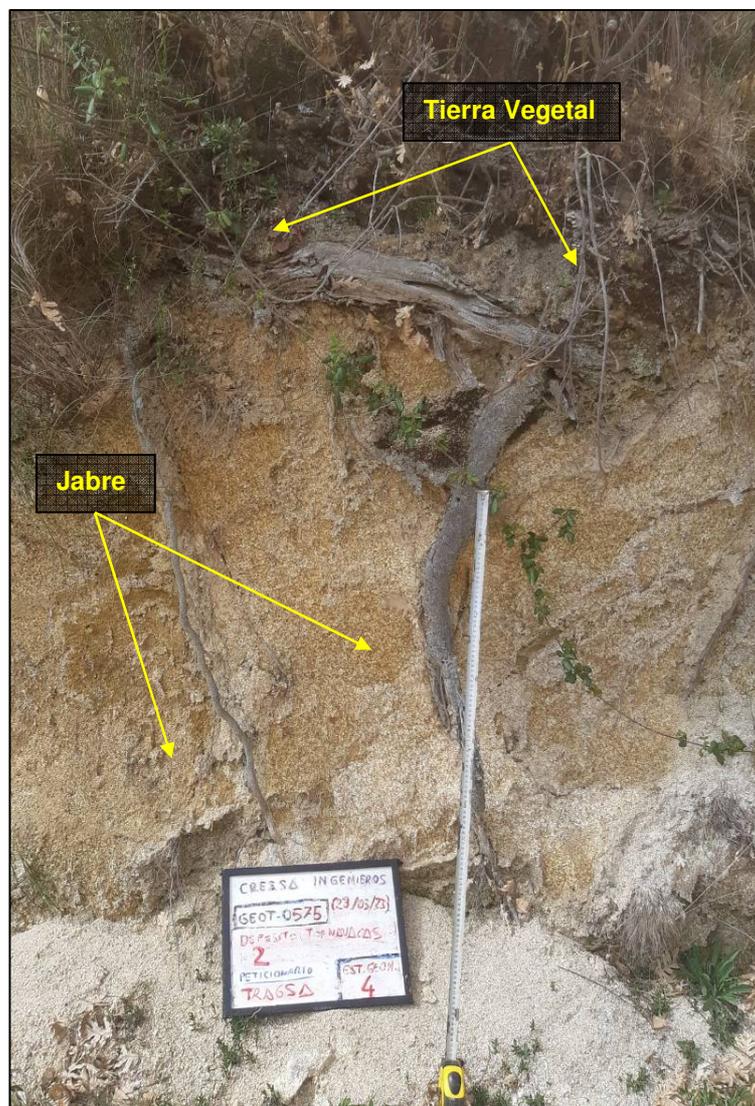
SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

**FOTO: ESTACIÓN GEOMECÁNICA 4
En Corte del Terreno
(Fuera del punto de emplazamiento)**

FECHA: 23/03/2023



PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

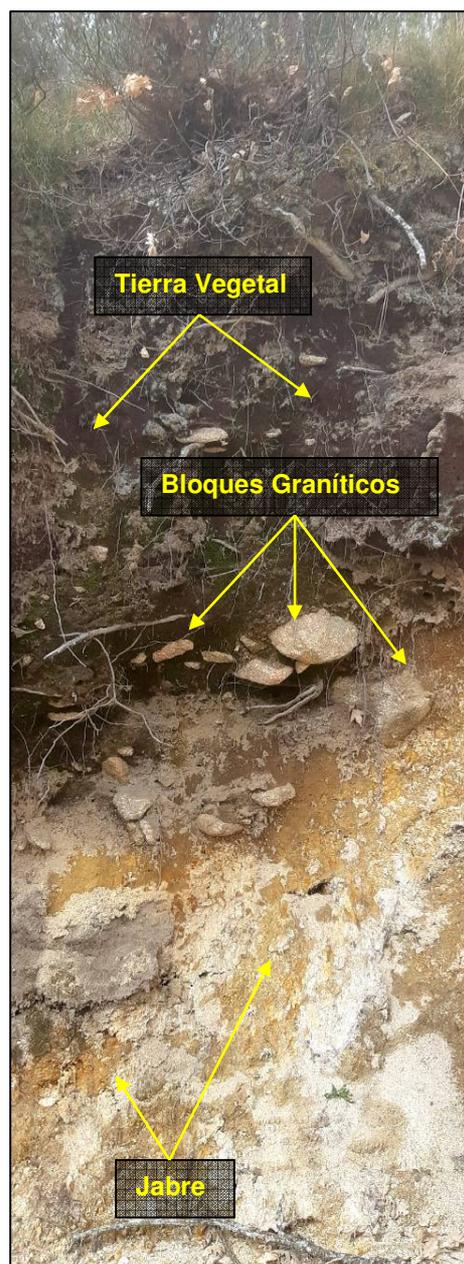
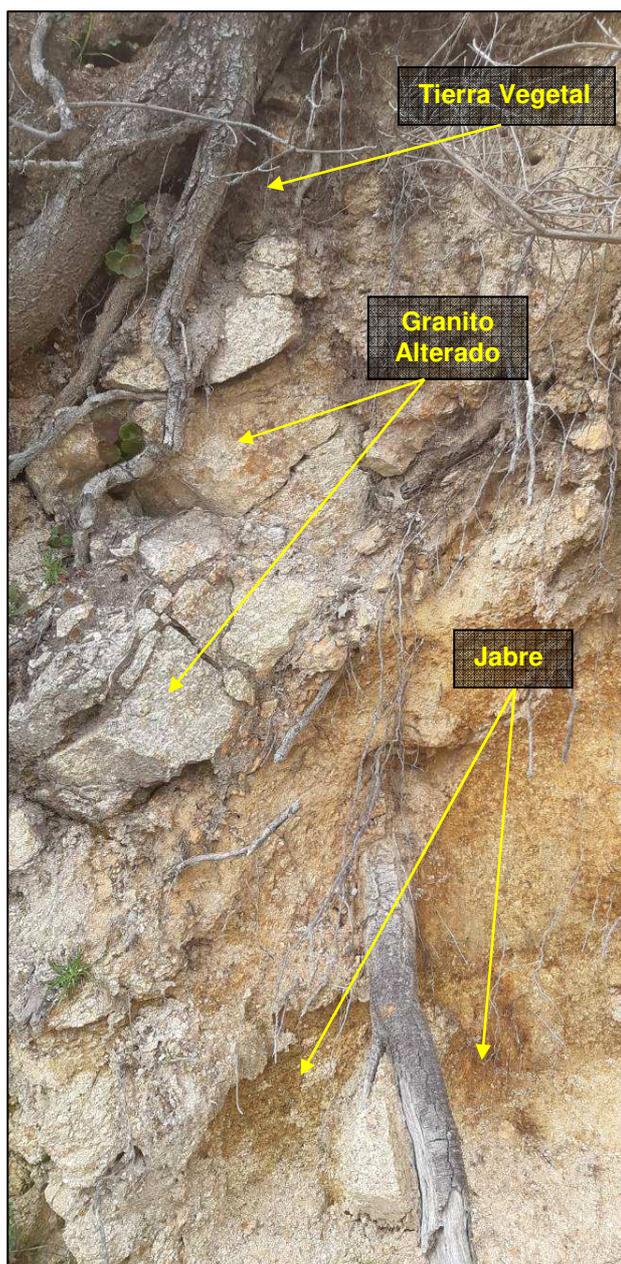
CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

FOTO: JUNTO A

FECHA: 23/03/2023

ESTACIÓN GEOMECÁNICA 4



PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

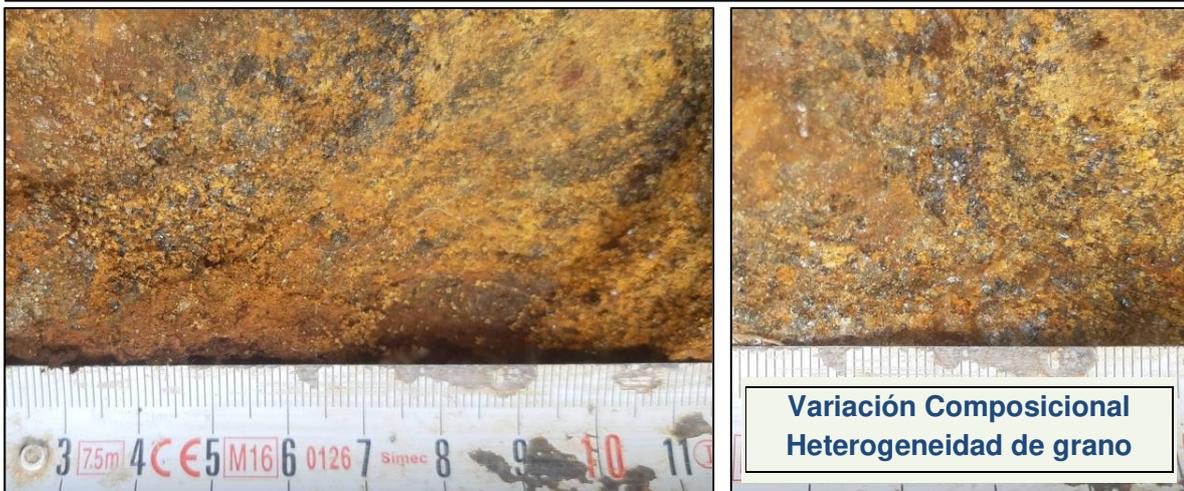
CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

**FOTO: DETALLE DE MATERIALES II
Granito**

FECHA: 23/03/2023

DETALLE DEL GRANITO EN CALICATA



Grado de Meteorización de la roca (ISRM): Decolorada
Resistencia Uniaxial (ISRM): R4 (Roca dura) ... 50-100 (MPa)

DETALLE DEL GRANITO EN AFLORAMIENTO



Grado de Meteorización de la roca (ISRM): Roca Fresca
Resistencia Uniaxial (ISRM): R5 (Roca muy dura) ... 100-250 (MPa)

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

**FOTO: DETALLE DE MATERIALES III
Materiales de Alteración Granítica**

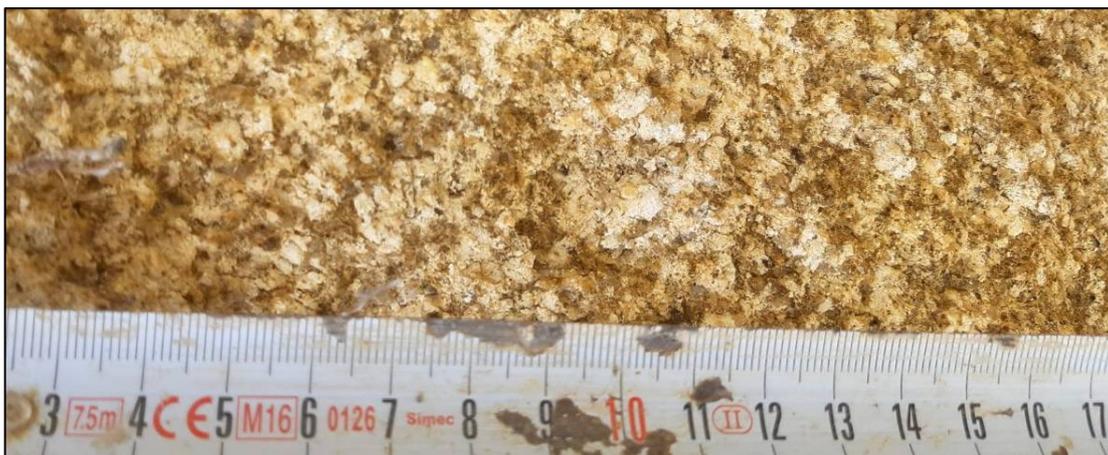
FECHA: 23/03/2023

GRANITO ALTERADO (Roca fragmentada manteniendo su estructura original)



Grado de Meteorización de las roca alterada (ISRM): Desintegrada
Resistencia Uniaxial (ISRM): R1 (Roca muy blanda) ... 1,0 - 5,0 (MPa)

JABRE (Arena Arcillosa procedentes de la alteración de las rocas de granito)



Grado de Meteorización del suelo (ISRM): Descompuesta
Resistencia Uniaxial (ISRM): S4 (Suelo rígido) ... 0,10 - 0,25 (MPa)

**INFORME RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE
CON ESCLERÓMETRO O MARTILLO SCHMIDT.**

RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO (Martillo Schmidt) EN ESTACIÓN GEOMECÁNICA 1

TRABAJO N°: GEOT 0575 - Depósito D2

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10. "Dehesa El Cardal "

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

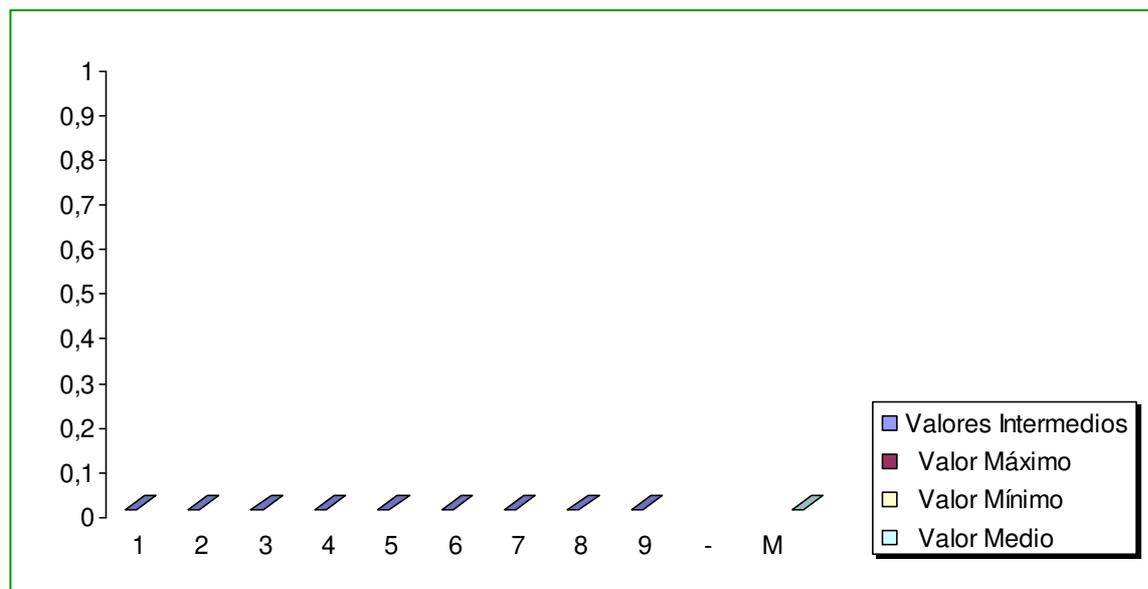
FECHA: 23/03/2023

SUPERVISÓ: D. Crescente Duchel Ortega

Nº DE DISPARO/REBOTE	VALORES DE LECTURAS CON ESCLERÓMETRO
1	≤10
2	≤10
3	≤10
4	≤10
5	≤10
6	≤10
7	≤10
8	≤10
9	≤10

**VALOR
MEDIO
RESULTANTE**

≤10



RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO (Martillo Schmidt) EN ESTACIÓN GEOMECÁNICA 2

TRABAJO Nº: GEOT 0575 - Depósito D2

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10. "Dehesa El Cardal "

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

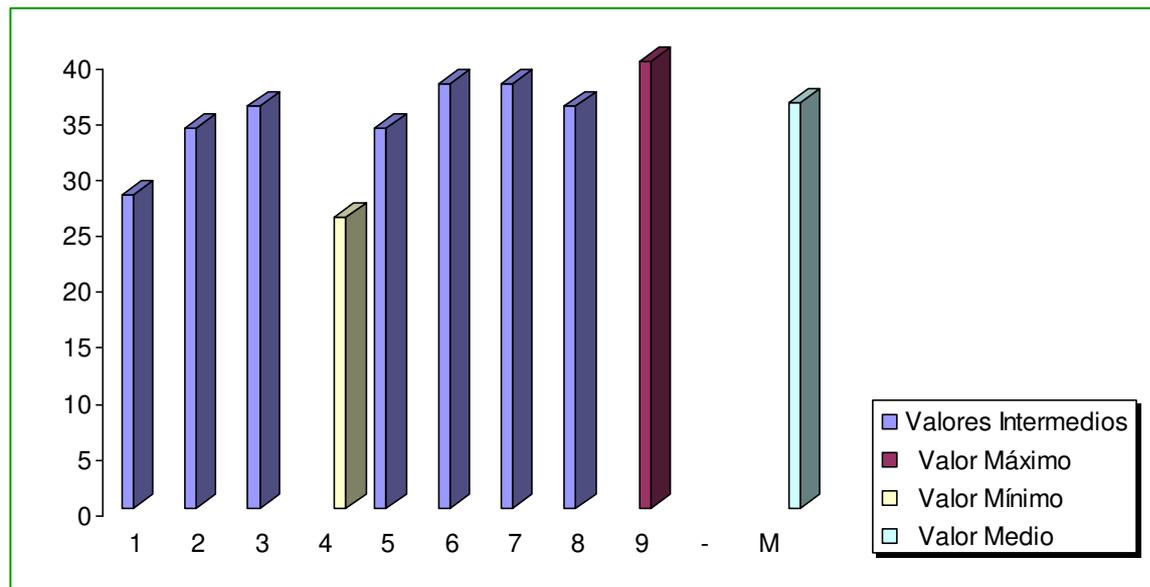
FECHA: 23/03/2023

SUPERVISÓ: D. Crescente Duchel Ortega

Nº DE DISPARO/REBOTE	VALORES DE LECTURAS CON ESCLERÓMETRO
1	28
2	34
3	36
4	26
5	34
6	38
7	38
8	36
9	40

**VALOR
MEDIO
RESULTANTE**

36,28



RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO (Martillo Schmidt) EN ESTACIÓN GEOMECÁNICA 3

TRABAJO N°: GEOT 0575 - Depósito D2

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10. "Dehesa El Cardal "

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

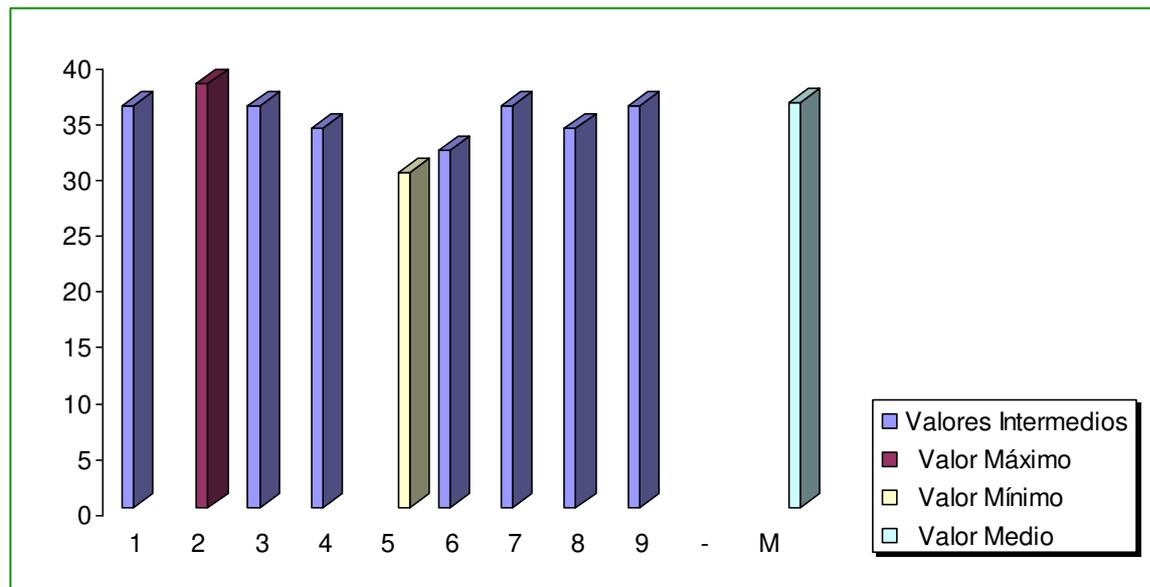
FECHA: 23/03/2023

SUPERVISÓ: D. Crescente Duchel Ortega

Nº DE DISPARO/REBOTE	VALORES DE LECTURAS CON ESCLERÓMETRO
1	36
2	38
3	36
4	34
5	30
6	32
7	36
8	34
9	36

**VALOR
MEDIO
RESULTANTE**

34,85



DEPÓSITO 3

CRESSA	
ingenieros	
B-10471274	
<input type="checkbox"/>	ENTRADA Nº:
<input checked="" type="checkbox"/>	SALIDA Nº: 0783
FECHA: 20/04/2023	



ESTUDIO GEOTÉCNICO PREVIO

PROVINCIA: CÁCERES

MUNICIPIO: TORNAVACAS

PROYECTO: PARA LA CONSTRUCCIÓN DE DEPÓSITO DE AGUA Nº3 DEL SECTOR "LLANÁS" DE LA CC.RR. DE TORNAVACAS.

FECHA: 20 DE ABRIL DE 2.023.

PETICIONARIO: TRAGSATEC.

INFORME: GEOT 0576

ÍNDICE

1.- ANTECEDENTES. OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO.	3
2.- METODOLOGÍA. NORMATIVAS DE REFERENCIA. ACREDITACIONES.	5
3.- RESUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.	6
3.1.- TRABAJOS DE CAMPO.	6
3.1.1.- ESTACIONES GEOMECÁNICAS.	6
3.1.2.- RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO (MARTILLO SCHMIDT) EN ESTACIÓN GEOMECÁNICA.	7
3.1.3.- MEDIDA DEL NIVEL FREÁTICO.	8
4.- CARACTERIZACIÓN DE LA PARCELA.	9
4.1.- SITUACIÓN DE LA PARCELA.	9
4.2.- MORFOLOGÍA DE LA ZONA EN ESTUDIO.	10
5.- ENCUADRE GEOLÓGICO DE LA ZONA.	11
5.1 ENCUADRE GEOLÓGICO REGIONAL	11
6.- CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA. NIVELES ESTRATIGRÁFICOS DEL TERRENO.	13
7.- EXPANSIVIDAD.	15
8.- CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DE LA ZONA.	16
9.-DEFINICIÓN DEL TIPO DE AMBIENTE. RECOMENDACIÓN DEL TIPO DE HORMIGÓN DE CIMENTACIÓN.	19
10.- ESTUDIO DE LA CIMENTACIÓN.	20
10.1.- TIPO DE CONSTRUCCIÓN	20
10.2.- FACTORES GEOTÉCNICOS CONDICIONANTES DE LA CIMENTACIÓN	20
10.3.- MEDIDAS ADICIONALES	21
10.4.- RESUMEN GENERAL	21
11.- RECOMENDACIONES GENERALES.	24

ANEJOS:

PLANO DE SITUACIÓN DEL DEPÓSITO N°3

PLANO DE EMPLAZAMIENTO DEL DEPÓSITO N°3

PLANO GEOLÓGICO DEPÓSITO N°3

LEYENDA PLANO GEOLÓGICO DEPÓSITO N°3

INFORME FOTOGRÁFICO

INFORME RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO

1.- ANTECEDENTES. OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO.

El presente estudio se realiza a petición de la empresa **TRAGSATEC**, como Promotora del Proyecto de Construcción del "**DEPÓSITO DE REGULACIÓN D3**" incluido dentro del "**PROYECTO PARA CONCESIÓN DE AGUAS DEL SECTOR "LLANÁS" DE LA CCRR DE TORNAVACAS**" situado en el **Polígono 01, Parcela 10** de la "**Dehesa El Cardal**" en el municipio de **TORNAVACAS** (Cáceres).

Tiene como objetivos fundamentales:

- Proporcionar un conocimiento de las características geotécnicas del subsuelo de acuerdo con la construcción prevista.
- Conocer y evaluar las posibles problemáticas geotécnicas de la zona, que puedan incidir sobre la futura construcción.
- Definir y analizar el tipo de cimentación más recomendable para el tipo de instalación prevista de acuerdo a los condicionantes geotécnicos.
- Recoger comentarios y recomendaciones necesarias para poder realizar la instalación sin problemas de origen geotécnico.

INFORMACIÓN DE PROYECTO. DATOS PREVIOS.

El estudio geotécnico realizado corresponde al Proyecto de Construcción del "**DEPÓSITO DE REGULACIÓN D3**" incluido dentro del "**PROYECTO PARA CONCESIÓN DE AGUAS DEL SECTOR "LLANÁS" DE LA CCRR DE TORNAVACAS**" situado en el **Polígono 01, Parcela 10** de la "**Dehesa Las El Cardal**" en el municipio de **TORNAVACAS** (Cáceres).

Para la realización de este estudio se le ha requerido al cliente la documentación necesaria para la correcta situación y definición de los problemas geotécnicos planteados, aportando éste la siguiente información:

- Tipología de la Instalación: Depósito Circular de Diámetro 28,30 m y Altura 5,01 m.

COORDENADAS TOPOGRÁFICAS

DATUM	ETRS89
HUSO	30
X	271.448 m
Y	4.460.567 m

Se nos ha indicado el lugar in situ, por parte de **D. Alejandro Crespo Arenas**, Presidente de la Comunidad de Regantes de Tornavacas.

**2.- METODOLOGÍA. NORMATIVAS DE REFERENCIA.
ACREDITACIONES.**

Para la definición del tipo de campaña geotécnica a realizar se han tenido en cuenta los siguientes documentos:

- Eurocódigo 7. Proyecto Geotécnico. Marzo de 1999.
- Código Técnico de la Edificación.

Con la entrada en vigor del Real Decreto 410/2010, de 31 de Marzo de 2010, se establecen “los requisitos exigibles a las entidades de control de calidad de la edificación y a los laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación, para el ejercicio de su actividad”.

En base a esto, la Empresa CRESSA INGENIEROS S.L. tiene ingresada en el Registro Único de la Junta de Extremadura dirigida a la Consejería de Fomento, Vivienda, Ordenación de Territorio y Turismo su Declaración Responsable desde el 01/07/2016.

En dicha Declaración Responsable se indica la habilitación para la realización de:

- Ensayos para Obras de Edificación: Ensayos de Geotecnia.
- Ensayos para Obras de Ingeniería Civil: Ensayos de Reconocimientos Geotécnicos.

Y en el **Registro General de Laboratorios de Ensayo para la Calidad de la Edificación** aparece registrada con el Código “**EXT-L-031**”.

3.- RESUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.

3.1.- TRABAJOS DE CAMPO.

Los trabajos de campo realizados para el reconocimiento del subsuelo de este solar han consistido en la realización de una visita de campo a la zona en estudio el día 23/03/2023 y en la ejecución de los siguientes ensayos:

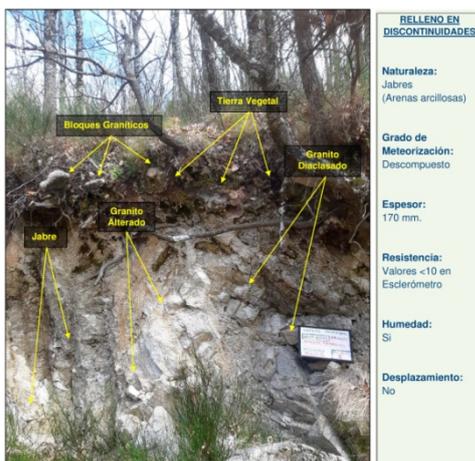
	Nº DE ENSAYOS	LOCALIZACIÓN
ESTACIÓN GEOMECÁNICA	3	2 EN AFLORAMIENTOS / 1 EN CALICATA MANUAL
RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO (MARTILLO SCHMIDT) EN ESTACIÓN GEOMECÁNICA	3	EN ESTACIONES GEOMECÁNICAS

Los mencionados trabajos han sido llevados a cabo con la maquinaria y personal especializado de CRESSA INGENIEROS S.L., bajo control y supervisión del personal técnico del departamento de Geotecnia de CRESSA INGENIEROS S.L., siguiendo las pautas y procedimientos normalizados que exigen nuestro control de calidad y la normativa aplicable al respecto, normalmente UNE, NLT, ASTM o XP.

En los apartados correspondientes a la segunda parte, anejos de la memoria de este informe se adjunta la situación en planta de cada uno de los ensayos, y los resultados obtenidos. Además se adjunta un apartado de informe fotográfico de los trabajos realizados.

Seguidamente se describe el fundamento teórico y la metodología de cada uno de los ensayos geotécnicos realizados:

3.1.1.- ESTACIONES GEOMECÁNICAS.



FUNDAMENTO TEÓRICO

Mediante la realización de una Estación Geomecánica se pretende la observación de Macizo Rocoso de la zona en estudio y en ella, medir una serie de parámetros como pueden ser: su Localización Exacta, Resistencia a Compresión Simple de la Roca mediante el Esclerómetro o Martillo Schmidt, Grado de Meteorización de la Roca, Red de

Discontinuidades, Presencia de Agua, Familia de Discontinuidades (Detallando su Dirección de Buzamiento y Buzamiento), la Caracterización de las Discontinuidades (reflejando su Tipo, Dirección de Buzamiento, Buzamiento, Espaciado, Continuidad, Abertura, Rugosidad, Relleno, Espesor del Relleno, Grado de Meteorización y Flujo de Agua).

A través de la toma de datos anteriormente referida en nuestra Estación Geomecánica podemos obtener una descripción detallada de la situación en la que se encuentra el Macizo Rocoso.

3.1.2.- RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO (MARTILLO SCHMIDT) EN ESTACIÓN GEOMECÁNICA.

FUNDAMENTO TEÓRICO



El **Martillo de Schmidt** o también llamado **Esclerómetro** se ha extendido su uso a macizos rocosos para determinar de forma cualitativa la resistencia a compresión axial de una roca o de una discontinuidad.

Se trata de un ensayo no destructivo.

Es muy práctico y útil ya que de forma rápida podemos tener una aproximación de la resistencia de una roca “in situ” y, junto con otros parámetros de calidad de un macizo rocoso como son el RQD, número de discontinuidades, grado de

meteorización, entre otros, podemos clasificar el macizo rocoso según las clasificaciones geomecánicas del RMR.

Es un instrumento que nos permite estimar aproximadamente la resistencia a compresión simple de una roca ya sea en un talud, túnel, testigo de roca o discontinuidad mediante el rebote que produce el muelle que se aloja en su interior después de un impacto sobre una superficie rocosa.

El martillo de Schmidt se aplica presionando la punta del mismo sobre una superficie rocosa hasta que salta el muelle, el cual golpea la roca a través de una punta cilíndrica. En función de la dureza de la roca o superficie ensayada,

el muelle sufre un mayor o menor rebote. A mayor rebote mayor resistencia de la roca.

El esclerómetro debe colocarse perpendicularmente al plano o roca ensayada. Previamente al inicio de las medidas se debe limpiar la superficie a ensayar para que esté libre de suelo, musgo, líquenes, pátinas de alteración, fisuras o grietas.

Una vez obtenidos los resultados podemos clasificar la roca en función de su resistencia según ISRM:

DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE	A
Extremadamente blanda	<1 MPa	
Muy blanda	1-5 MPa	
Blanda	5-25 MPa	
Moderadamente blanda	25-50 MPa	
Dura	50-100 MPa	
Muy dura	100-250 MPa	
Extremadamente dura	>250 MPa	

3.1.3.- MEDIDA DEL NIVEL FREÁTICO

La determinación de la posición del nivel freático resulta muy importante para el estudio de las condiciones de cimentación, por lo que durante la ejecución de los ensayos se presta una especial atención en acotar la profundidad de la lámina freática.

La campaña geotécnica, para la elaboración de este informe, determinó que **no se encontró presencia de nivel freático en ninguna de las estaciones geomecánicas realizadas.**

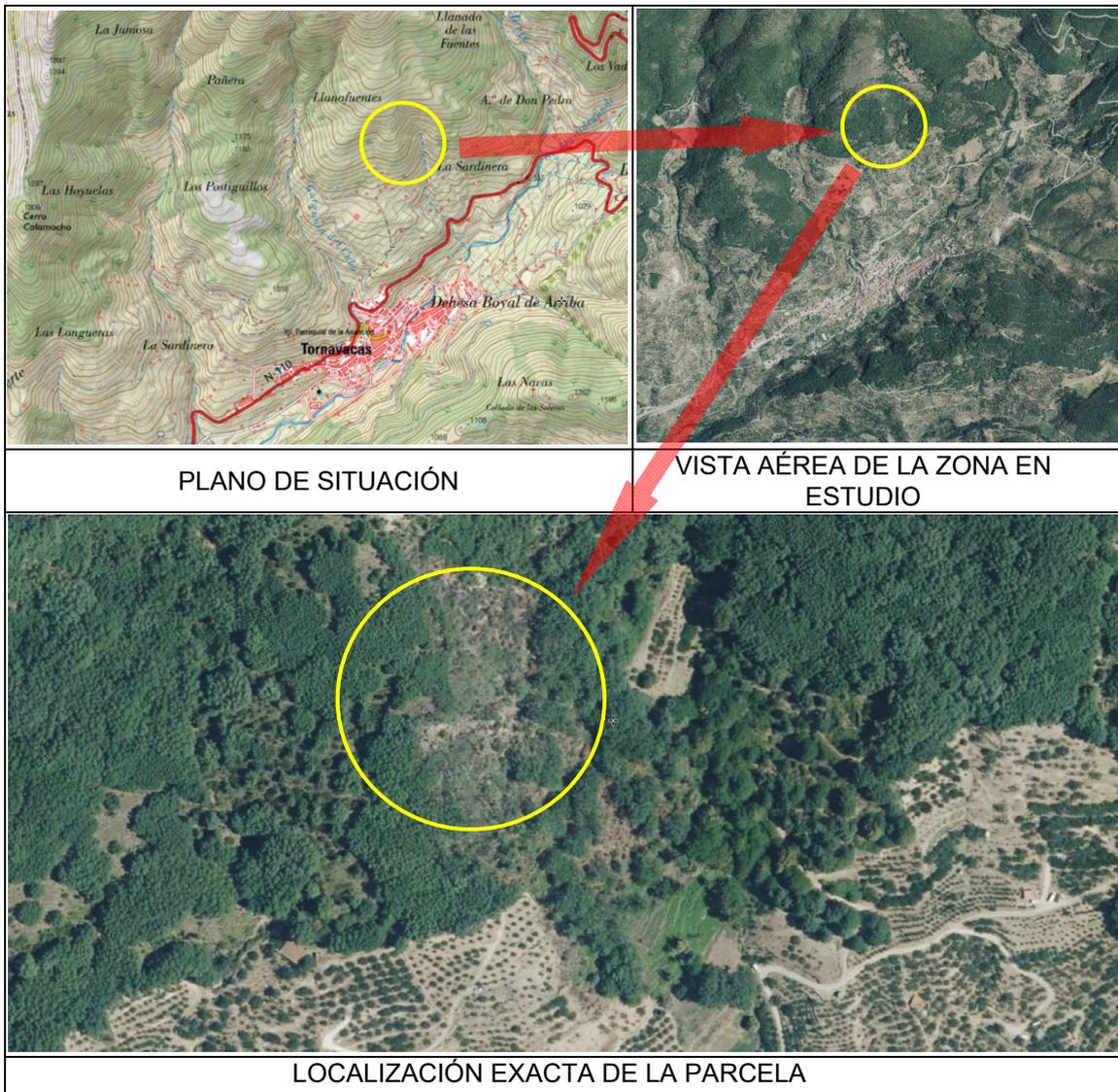
4.- CARACTERIZACIÓN DE LA PARCELA.

4.1.- SITUACIÓN DE LA PARCELA.

La zona de estudio que centra el presente informe se ubica en la localidad de Tornavacas (Cáceres), con las Coordenadas topográficas siguientes:

COORDENADAS TOPOGRÁFICAS

DATUM	ETRS89
HUSO	30
X	271.448 m
Y	4.460.567 m



4.2.- MORFOLOGÍA DE LA ZONA EN ESTUDIO.

La zona en estudio es de difícil acceso. A día de hoy, únicamente, se puede llegar a pie, ya que no existe camino alguno mediante el que alcanzar la zona.

Se encuentra en una ubicación con fuertes pendientes con unos ángulos de inclinación en torno a 27°.

Cuenta con bastantes afloramientos graníticos y está rodeada con la vegetación característica de la zona.

En la posible zona a ubicar el Depósito, existe una zona sin robles, con menor vegetación, como se puede observar en la fotografía.



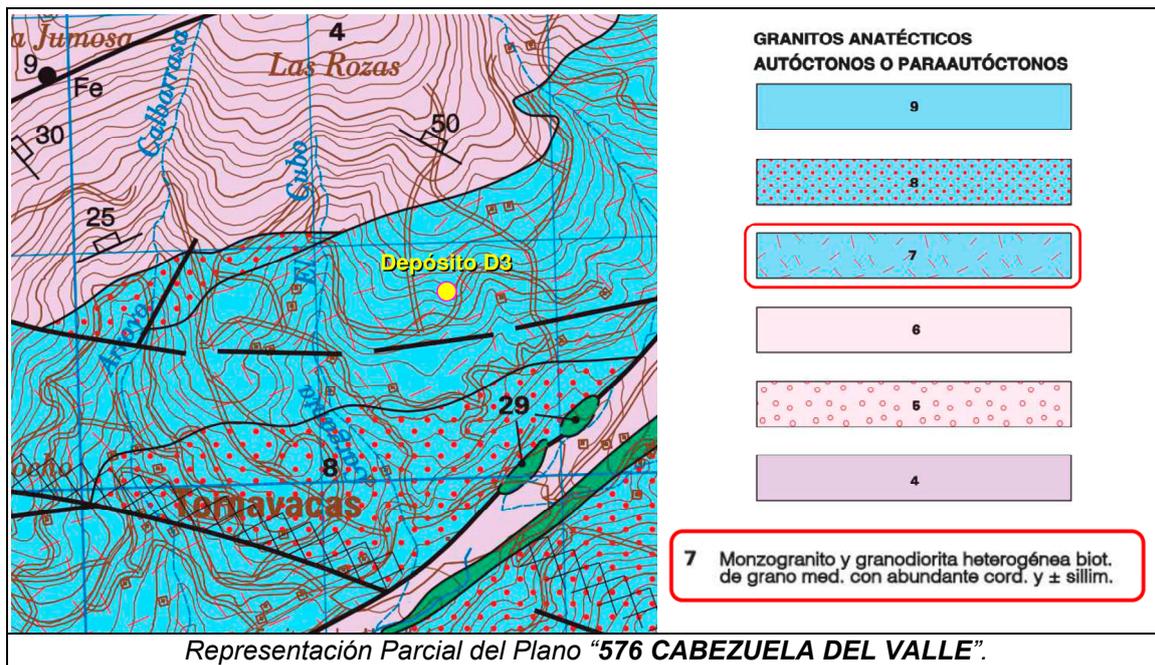
Vista panorámica del solar en estudio.

5.- ENCUADRE GEOLÓGICO DE LA ZONA

5.1 ENCUADRE GEOLÓGICO REGIONAL

El solar en estudio se encuentra en la localidad de **Tornavacas** (Cáceres).

La localidad de Tornavacas está dentro de la Hoja **"576 CABEZUELA DEL VALLE"** de la serie de Mapas Magna II a escala 1:50.000, del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).



Topográficamente, corresponde a una zona muy abrupta y quebrada, situada en la parte occidental de la Sierra de Gredos. La Hoja está atravesada diagonalmente con dirección SO-NE por el Valle del Jerte.

La climatología es variable entre las zonas de valle y montaña, debido a la compartimentación que produce el relieve. La pluviometría alcanza valores variables, con un clima extremado; en los valles abiertos al oeste como el del Jerte, el clima es tipo atlántico y las precipitaciones del orden de 700 a 1.000 mm/año.

Desde un punto de vista geológico, la Hoja, se enmarca en el sector occidental de la Sierra de Gredos, dentro de la denominada Zona Galaico-Castellana de LOTZE (1945), o en la Zona Centro-Ibérica (ZCI) de JULIVERT, et al. (1974).

Desde un punto de vista más restringido, la Hoja en cuestión, se sitúa en el Dominio Occidental del Sistema Central, BELLIDO, et al. (1981), caracterizado, según dichos autores por:

- Presencia de series ordovícicas y preordovícicas.
- Grado de metamorfismo variable de alto a bajo.
- Gran extensión de los cuerpos graníticos.

El material presente en la zona en estudio se corresponde con **“Monzogranitos y granodioritas heterogéneas, biotíticas, de grano medio con abundante cordierita y ± sillimanita”**.

En afloramientos estos granitoides se caracterizan preferentemente por su aspecto heterogéneo, puesto de manifiesto principalmente por la distribución irregular de las biotitas en agregados o grumos más o menos orientados, pero casi siempre definiendo una fábrica anisótropa de orientación variable (NE-SO, NO-SE e incluso norteadas).

Como consecuencia del alto contenido en biotita de estas rocas, su coloración es más oscura.

Otra característica común, también de carácter textural, es la referente al tamaño de grano, predominantemente de grano medio.

Las heterogeneidades texturales que caracterizan a esta facies, también se traducen en variaciones composicionales, términos tonalíticos, granodioríticos, monzograníticos y, localmente graníticos, si bien los tipos dominantes corresponden a monzogranitos y granodioritas biotíticas con cordierita y ± sillimanita.

**6.- CARACTERIZACIÓN
ESTRATIGRÁFICOS DEL TERRENO.**

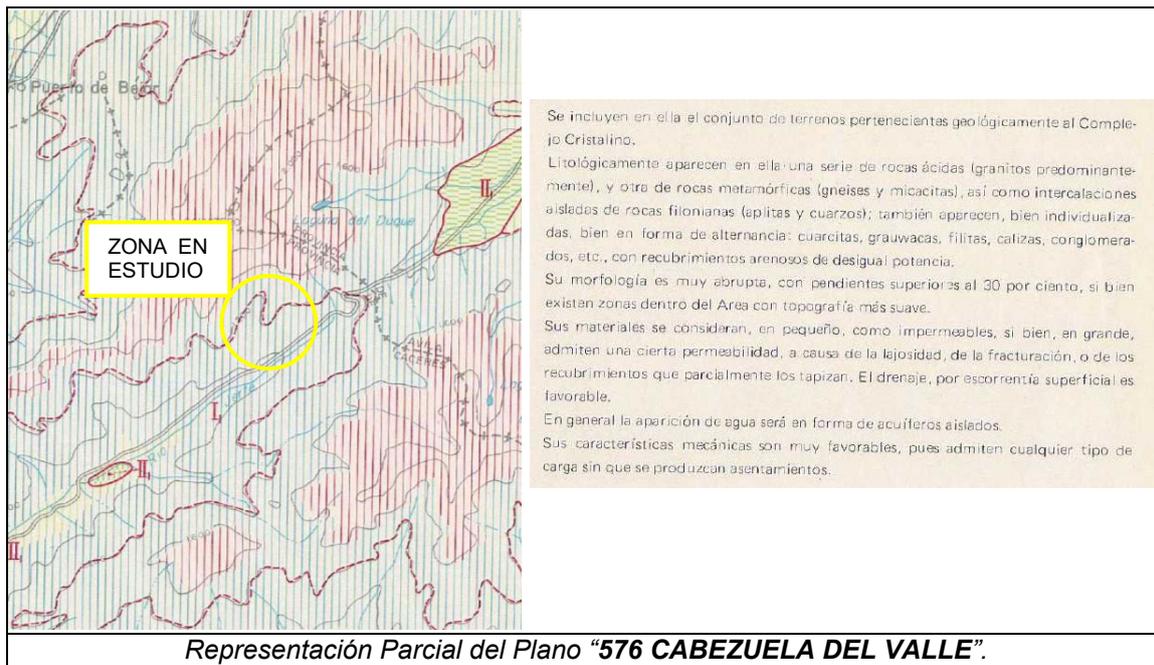
GEOTÉCNICA. NIVELES

En este apartado se describen cada uno de los niveles geotécnicos diferenciados, comenzando por el más superficial hasta alcanzar el más profundo reconocido por los ensayos realizados.

Comienza con el estudio de estos niveles realizado en gabinete y, posteriormente, se refleja lo analizado en campo.

INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA EN GABINETE

Según la Hoja “**44 ÁVILA**” de la Cartografía Temática del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Mapa Geotécnico General, a escala 1/200.000, el solar en estudio se encuentra dentro de “**RECINTOS EMERGIDOS, SISTEMA CENTRAL, FORMAS DE RELIEVE ABRUPTAS Y ALOMADAS (Altitud < 1.200 m)**”.



Los materiales se consideran, en pequeño, como impermeables, si bien, en grande, admiten cierta permeabilidad, a causa de la lajosidad, de la fracturación o de los recubrimientos que parcialmente los tapizan. El drenaje, por escorrentía superficial, es favorable.

En general, la aparición de agua será en forma de acuíferos aislados.

Las características establecidas para este material por esta Hoja "44 ÁVILA" son las siguientes:

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

CAPACIDAD DE CARGA	ALTA
COMPRESIBILIDAD	NULA
EXPANSIVIDAD	NULA
MOVIMIENTOS DE TIERRA	COSTE ELEVADO
AGRESIVIDAD	DESPRECIABLE

Según la cartografía temática especializada, el solar en estudio se encuentra en una zona con **características constructivas desfavorables**, con problemas de tipo Geomorfológico. Por todo lo anterior se recomienda tener la debida precaución a la hora de la puesta en obra.

7.- EXPANSIVIDAD.

La expansividad es un fenómeno que se produce por la configuración estructural de algunos tipos de arcillas, por lo que nunca se producirá en suelos predominantemente granulares (arenosos, limosos, basamentos rocosos, etc...).

En suelos mixtos es muy importante el porcentaje real de arcillas sobre el total del suelo.

Para caracterizar el **grado de expansividad** de un suelo pueden definirse básicamente tres vías de análisis:

- **Criterios empíricos, indirectos o cualitativos:** Basan su éxito en experiencias previas de tipos locales o regionales de arcillas ya conocidas. Estos criterios utilizan correlaciones habituales entre parámetros granulométricos, límites de Atterberg, parámetros climáticos, etc.... con clasificaciones de expansividad que se definen con vocablos del tipo “baja”, “media”, “alta” y “muy alta”.

- **Criterios semidirectos o semicuantitativos:** Se basan en la aportación de un dato numérico y manejable, que se obtiene de un ensayo de laboratorio sencillo. Este dato numérico tiene un valor semicuantitativo o semicualitativo, según se estime, y recibe el nombre común de índice.

- **Criterios directos o cuantitativos:** De estos obtienen parámetros como la presión de hinchamiento. El ensayo más conocido es el de Inundación bajo carga.

Es importante considerar que la expansividad es un fenómeno que se limita a una franja superficial de suelo que se denomina “capa activa”, y esto se explica porque la humedad de un suelo fluctúa más (y con ello su hinchamiento) cuanto más cerca está de la superficie topográfica. La zona activa no tiene el mismo espesor en todas partes, sino que éste depende de la climatología local y el grado de facilidad de un suelo para mojarse o secarse.

En la zona en estudio, a las profundidades indicadas, existe un sustrato de **Granito Alterado o Granito Sano**, que no suele presentar problemas de expansividad, ya que se trata de un fenómeno que afecta a suelos y tenemos un material de origen rocoso por lo que consideramos que **no va a afectar a los materiales en estudio** debido a la naturaleza y características de los mismos.

8.- CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DE LA ZONA

La Norma de Construcción Sismorresistente de 27 de Septiembre de 2002 (NCSE-02) proporciona los criterios que han de seguirse dentro del territorio español para la consideración de la acción sísmica en el proyecto, construcción, reforma y conservación de obras a las que es aplicable la citada Norma.

A efectos de esta Norma las construcciones se clasifican en:

1.- *De moderada importancia.*

Aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos.

2.- *De normal importancia.*

Aquellas cuya destrucción por el terremoto puede ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trata de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.

3.- *De especial importancia.*

Aquellas cuya destrucción por el terremoto, pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos.

No es obligatoria la aplicación de esta Norma en las construcciones de moderada importancia y en aquellas en que la aceleración sísmica básica a_b , sea inferior a 0.04 g, siendo g la aceleración de la gravedad.

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica, que suministra para cada punto del territorio y expresada en relación al valor de la gravedad, la aceleración sísmica básica, a_b , un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, correspondiente a un periodo de retorno de quinientos años; el mapa suministra también el valor del coeficiente K o de contribución, que tiene en cuenta la influencia de la peligrosidad sísmica de cada punto de los distintos tipos de terremotos considerados en el cálculo de la misma.

La aceleración sísmica de cálculo (a_c) se define como el producto de " $a_c = s \cdot \rho \cdot a_b$ " siendo ρ un coeficiente adimensional de riesgo, cuyo valor es de 1

para construcción de importancia normal y de 1.30 para construcción de importancia especial, siendo s el coeficiente de amplificación del terreno.

También contempla la Norma la clasificación del terreno para el **coeficiente de Terreno**:

- **Terreno I**: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas de cizalla $V_s > 750$ m/s. Coeficiente $C = 1,0$.

- **Terreno II**: Roca muy fracturada, suelos granulares densos y cohesivos duros. $750 \text{ m/s} \geq V_s \geq 400 \text{ m/s}$. Coeficiente $c = 1,3$.

- **Terreno III**: Suelo granular de compactación media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. $400 \text{ m/s} \geq V_s > 200 \text{ m/s}$. Coeficiente $C = 1,6$.

- **Terreno IV**: Suelo granular suelto, o cohesivo blando. $V_s \leq 200$ m/s. Coeficiente $C = 2,0$.

Para el lugar de estudio se obtienen los siguientes parámetros de cálculo:

ZONA MÁS PRÓXIMA	ACELERACIÓN BÁSICA (PGA – Periodo de Retorno de 475 Años)	COEFICIENTE	COEFICIENTE DE RIESGO
TORNAVACAS	$< 0,02$	1,30	1,0

La citada Norma establece las siguientes reglas de diseño y prescripciones constructivas en zonas sísmicas en lo referente a la cimentación:

Criterio general de diseño

Debe evitarse la coexistencia, en una misma unidad estructural, de sistemas de cimentación superficiales y profundos, por ejemplo, de zapatas o losas con los de pozos o pilotes.

La cimentación se debe disponer sobre un terreno de características geotécnicas homogéneas. Si el terreno de apoyo presenta discontinuidades o cambios sustanciales en sus características, se fraccionará el conjunto de la construcción de manera que las partes situadas a uno y otro lado de la discontinuidad constituyan unidades independientes.

Cuando el terreno de cimentación contenga en los primeros 20 m bajo la

superficie del terreno, capas o lentejones de arenas sueltas situadas, total o parcialmente, bajo el nivel freático, deberá analizarse la posibilidad de licuación.

Si se concluye que es probable que el terreno licue en el terreno de cálculo, deberán evitarse las cimentaciones superficiales, a menos que se adopten medidas de mejora del terreno para prevenir la licuación. Análogamente, en las cimentaciones profundas, las puntas de los pilotes deberán llevarse hasta una profundidad bajo las capas licuables, para que pueda desarrollarse en esa parte la necesaria resistencia al hundimiento.

Elementos de atado

Cada uno de los elementos de cimentación que transmita al terreno cargas verticales significativas deberá enlazarse con los elementos contiguos en dos direcciones mediante dispositivos de atado situados a nivel de las zapatas, de los encepados de pilotes o equivalentes, capaces de resistir un esfuerzo axial, tanto de tracción como de compresión, igual a la carga sísmica horizontal transmitida en cada apoyo.

Cuando $a_c \geq 0,16g$ los elementos de atado deberán ser vigas de hormigón armado.

Cuando $a_c < 0,16g$ podrá considerarse que la solera de hormigón constituye el elemento de atado, siempre que se sitúe a nivel de las zapatas o apoyada en su cara superior, sea continua alrededor del pilar en todas las direcciones, tenga un espesor no menor de 15 cm ni de 1/50 de la luz entre pilares y sea capaz de resistir el esfuerzo.

9.-DEFINICIÓN DEL TIPO DE AMBIENTE. RECOMENDACIÓN DEL TIPO DE HORMIGÓN DE CIMENTACIÓN.

El tipo de ambiente al que está sometido un elemento estructural viene definido por el conjunto de condiciones físicas y químicas a las que está expuesto, y que puede llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a los de las cargas y sollicitaciones consideradas en el análisis estructural.

Considerando sólo en este apartado los elementos de cimentación y en función del **CÓDIGO ESTRUCTURAL** y su **TABLA 27.1.A CLASES DE EXPOSICIÓN RELATIVAS AL HORMIGÓN ESTRUCTURAL**, resumimos las distintas clases de exposición de acuerdo con los datos del terreno reconocido en el Estudio Geotécnico:

DESIGNACIÓN DE LA CLASE	DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO	EJEMPLOS INFORMATIVOS DONDE PUEDEN EXISTIR LAS CLASES DE EXPOSICIÓN
XC2	Húmedo, raramente seco.	Elementos de hormigón armado o pretensado permanentemente en contacto con agua o enterradas en suelos no agresivos (por ejemplo, cimentaciones).

10.- ESTUDIO DE LA CIMENTACIÓN.

10.1.- TIPO DE CONSTRUCCIÓN

Se trata del Proyecto de Construcción del "**DEPÓSITO DE REGULACIÓN D3**" incluido dentro del "**PROYECTO PARA CONCESIÓN DE AGUAS DEL SECTOR "LLANÁS" DE LA CCRR DE TORNAVACAS**" situado en el **Polígono 01, Parcela 10 de la "Dehesa El Cardal"** en el municipio de **TORNAVACAS** (Cáceres).

Se trata de un Depósito Circular de Diámetro 28,30 m y Altura 5,01 m.

10.2.- FACTORES GEOTÉCNICOS CONDICIONANTES DE LA CIMENTACIÓN

En la zona en estudio es necesario destacar la existencia de tres niveles bien diferenciados, pero hay que tener en cuenta que, debido a la heterogeneidad de los materiales de la zona, las potencias pueden variar incluso desaparecer y, por lo tanto, no existir alguno de los niveles.

Un primer nivel, que hemos denominado **NIVEL 1**, formado por un horizonte de materiales naturales, **Tierra Vegetal en muchas zonas con bloques graníticos**, con unas **características constructivas inadecuadas** para el asiento de cimentaciones.

Un segundo nivel, definido como **NIVEL 2**, compuesto por un horizonte de materiales naturales, **Granito Alterado**, con unas **características constructivas adecuadas** para el asiento de cimentaciones.

Y un tercer nivel, definido como **NIVEL 3**, compuesto por un horizonte de materiales naturales, **Granito Sano**, con unas **características constructivas adecuadas** para el asiento de cimentaciones.

NIVEL 2 y 3: Son los niveles más importante en este estudio, pues es donde se recomienda que se desplante la cimentación.

No presentan agresividad en suelo y no se ha detectado nivel freático.

10.3.- MEDIDAS ADICIONALES

A tener en cuenta:

- Deben buscarse, si es posible, condiciones de cimentación homogéneas.

- La excavación se realizará de forma que no se alteren las características mecánicas del suelo, para ello se recomienda que la excavación de los últimos 15 a 20 cms no sea efectuada hasta inmediatamente antes de iniciar el vertido del hormigón, especialmente en suelos cohesivos.

- Una vez alcanzado el firme elegido y antes de hormigonar, se limpiará y nivelará el fondo.

- Obsérvense taludes conservadores de cara a la estabilidad de los mismos en las excavaciones.

10.4.- RESUMEN GENERAL

Por tanto, y en base a toda la información recopilada y estudiada tanto en gabinete como en campo, queremos resaltar a modo de resumen los puntos más importantes reflejados en el presente informe previo.

Son los siguientes:

- 1) El material sobre el que recomendamos que se realice la cimentación del Depósito es sobre **“Monzogranitos y granodioritas heterogéneas, biotíticas, de grano medio con abundante cordierita y ± sillimanita”**.

Estos materiales se caracterizan por una gran heterogeneidad tanto por el tipo de granito, su composición y su grado de meteorización, tal y como queda reflejado en el Punto 5 respecto a la Geología de la zona.

- 2) Según la Hoja **“44 ÁVILA”** del Mapa Geotécnico del I.G.M.E. a escala 1/200.000, las **características constructivas de la zona son DESFAVORABLES**. Esto se debe a sus características geomorfológicas, principalmente, a las elevadas pendientes de la zona.

- 3) Se recomienda **ELIMINAR** la totalidad de la **TIERRA VEGETAL CON BLOQUES GRANÍTICOS (NIVEL 1) y si es posible, el GRANITO ALTERADO (NIVEL 2)** en la zona de la cimentación donde aparezcan estos niveles.

Se recomienda cimentar en el Nivel de Granito Sano y si no es posible alcanzarlo, en el correspondiente a Granito Alterado.

- 4) En función de las características geotécnicas marcadas por el Hoja **“44 ÁVILA”** del Mapa Geotécnico del I.G.M.E. a escala 1/200.000, la capacidad de carga del terreno debe ser suficiente para soportar el Depósito y no debe haber problemas con los futuros asentamientos que se puedan producir, pues deberían ser de pequeña o mínima entidad.

Además, no deberían aparecer problemas de expansividad en estos materiales.

- 5) En base a la morfología del terreno, recomendamos que el depósito no se cimente a media ladera. Es recomendable realizar la cimentación del mismo mediante un desmonte y que toda su base esté apoyada en un mismo material de origen natural (Granito Alterado o Granito Sano).

- 6) Analizando los resultados de la Resistencia a Compresión Simple obtenidos con el Esclerómetro o Martillo Schmidt en las 3 Estaciones Geomecánicas, podríamos describir la roca como:

- Estación Geomecánica N°1: “Moderadamente Blanda” en superficie, que es donde se han realizado las pruebas.
- Estación Geomecánica N°2: “Moderadamente Blanda” en superficie, que es donde se han realizado las pruebas.
- Estación Geomecánica N°3: “Blanda” o “Muy Blanda” en superficie, que es donde se han realizado las pruebas.

- 7) En función de las familias de diaclasas presentes en las Estaciones Geomecánicas, podríamos suponer que a la hora de realizar la excavación de la cimentación va a ser posible su retirada mediante medios mecánicos, por lo menos la parte superficial.

Desde nuestro punto de vista, consideramos que podría ser factible ejecutar mediante el uso de Medios Mecánicos siendo necesario en algún momento, Maquinaria Pesada, el desmonte para poder realizar la cimentación del Depósito.

Entendemos que debe existir una capa de Granito Alterado o Sano razonablemente próximo a superficie ya que no existe una cobertura de robles y esto consideramos que se debe a que este tipo de árboles no puede introducir sus raíces en este tipo de material.

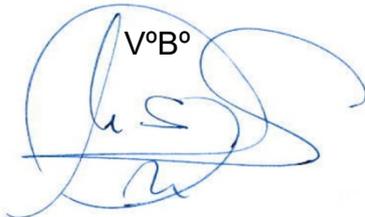
11.- RECOMENDACIONES GENERALES.

Por último, debe de indicarse que las consideraciones expuestas en el presente informe previo han sido deducidas a partir de la visita de campo realizada y de los ensayos puntuales que han sido posibles ejecutarse, constituyendo una extrapolación al conjunto de la parcela en las condiciones actuales del subsuelo.

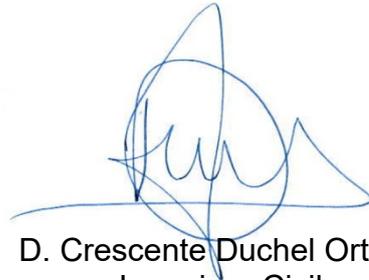
Ello no es óbice para que puedan producirse variaciones con respecto al esquema definido, derivadas de la heterogeneidad que pueda presentar el terreno, o bien de alteraciones posteriores antrópicas (rellenos, excavaciones, etc.) realizadas con anterioridad al comienzo de la obra.

Para poder contar con un Estudio Geotécnico completo es necesario llevar a cabo todos los ensayos contemplados inicialmente, incluyendo los Sondeos Geotécnicos a Rotación con Extracción Continua de Testigo, los Ensayos de Penetración Dinámica Súper Pesada y las Calicatas, así como los Ensayos de Laboratorio para poder evaluar en conjunto todas las características geológicas y geotécnicas de la zona así como las características físicas y químicas de los materiales presentes.

En Santa Cruz de la Sierra, a 20 de Abril de 2023.



D. Aurelio Sanabria Sánchez
I.C.C.P.
Colegiado N° 25.671
Director del Laboratorio



D. Crescente Duchel Ortega
Ingeniero Civil
Colegiado N° 15.670
Responsable de Área

ANEJOS:

PLANO DE SITUACIÓN DEL DEPÓSITO N°3.



Depósito D3

X: 271.448

Y: 4.460.567

ETRS 89

UTM 30 N

PETICIONARIO
TRAGSATEC, S.A.

TÍTULO: ESTUDIO GEOTÉCNICO PREVIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL "DEPÓSITO DE REGULACIÓN D3". Del "Proyecto para concesión de aguas del sector LLANÁS de la CRRR de Tornavacas". Situado en el Polígono 1, Parcela 10 "Dehesa El Cardal". En el municipio de Tornavacas (Cáceres).

AUTOR
CRESSA
ingenieros

FECHA
23/03/2.023

INFORME:
GEOT 0576

TÍTULO DEL PLANO
SITUACIÓN DEL "DEPÓSITO D3"

Nº PLANO
1

HOJA
1 DE 4

PLANO DE EMPLAZAMIENTO DEL DEPÓSITO N°3.



PETICIONARIO
TRAGSATEC, S.A.

TÍTULO: ESTUDIO GEOTÉCNICO PREVIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL "DEPÓSITO DE REGULACIÓN D3". Del "Proyecto para concesión de aguas del sector LLANÁS de la CCRR de Tornavacas". Situado en el Polígono 1, Parcela 10 "Dehesa El Cardal". En el municipio de Tornavacas (Cáceres).

AUTOR
CRESSA
ingenieros

FECHA
23/03/2.023

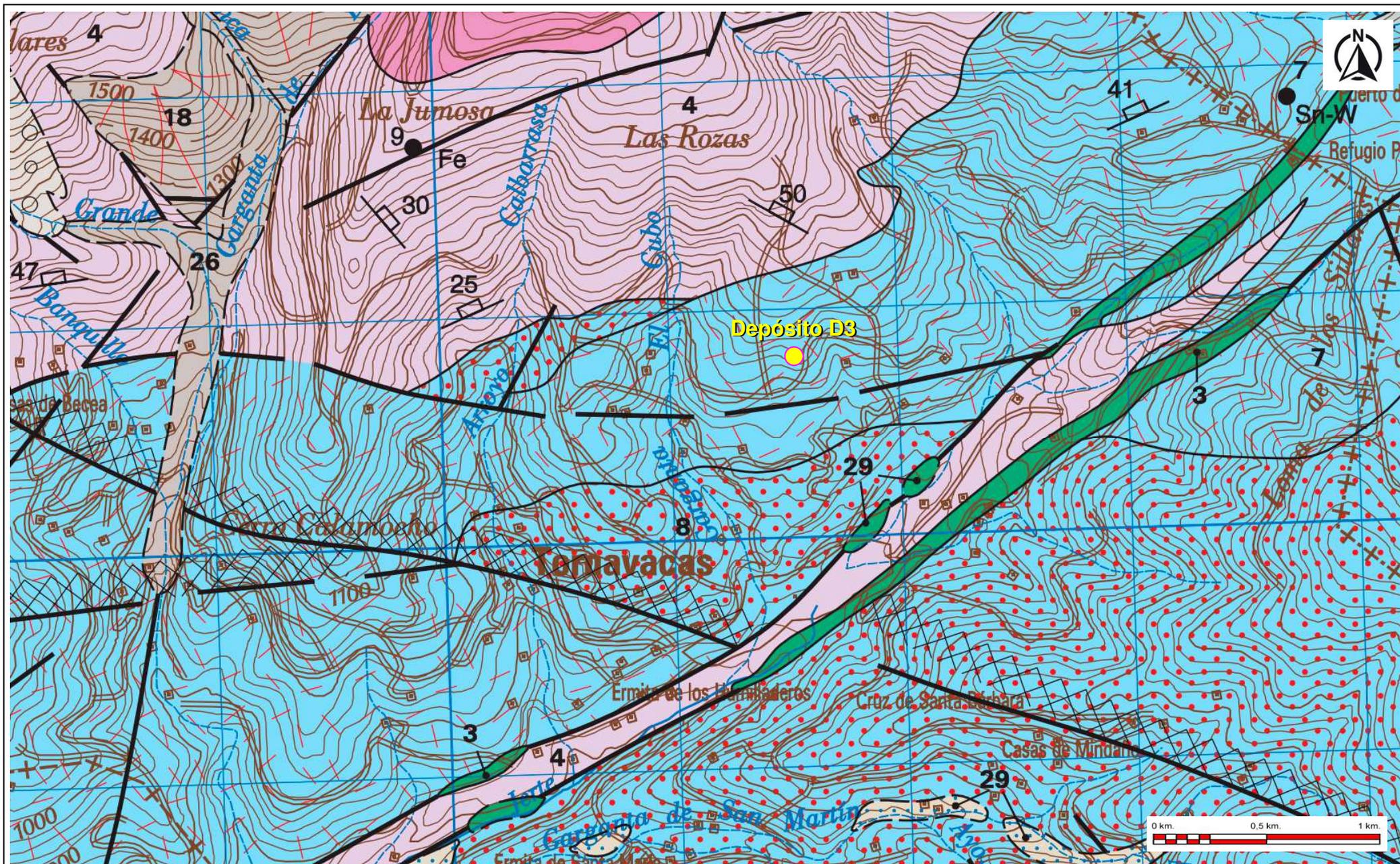
INFORME:
GEOT 0576

TÍTULO DEL PLANO
**EMPLAZAMIENTO
"DEPÓSITO D3"**

Nº PLANO
1

HOJA
2 DE 4

PLANO GEOLÓGICO DEPÓSITO N°3.



PETICIONARIO
TRAGSATEC, S.A.

TÍTULO: ESTUDIO GEOTÉCNICO PREVIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL "DEPÓSITO DE REGULACIÓN D3". Del "Proyecto para concesión de aguas del sector LLANÁS de la CRRR de Tornavacas". Situado en el Polígono 1, Parcela 10 "Dehesa El Cardal". En el municipio de Tornavacas (Cáceres).

AUTOR
CRESSA
ingenieros

FECHA
23/03/2.023
INFORME:
GEOT 0576

TÍTULO DEL PLANO
**PLANO
GEOLOGICO
"DEPÓSITO D3"**

Nº PLANO
1
HOJA
3 DE 4

LEYENDA PLANO GEOLÓGICO DEPÓSITO N°3.

**GRANITOS ANATÉCTICOS
AUTÓCTONOS O PARAAUTÓCTONOS**



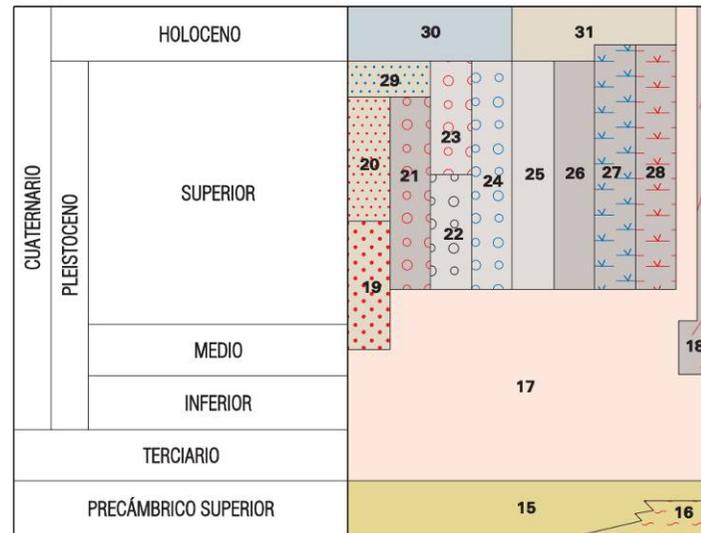
**ROCAS FILONIANAS
POST - HERCÍNICAS**



HERCÍNICAS

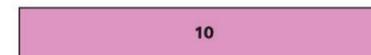
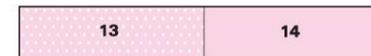


- 14 Leucogranito moscovítico de grano fino
- 13 Leucogranito mosc±biot. de grano medio-grosso
- 12 Granito biot.-mosc. de grano medio
- 11 Granito biot.-mosc. de grano grueso
- 10 Monzogranitos y/o granodioritas biotíficas porfídicas de grano medio-grosso
- 9 Monzogranito biot.± moscovita de grano medio
- 8 Monzogranito y granod. biot. porfídicos de grano med.-grosso con ± mosc. ± cord. y ± sillim.
- 7 Monzogranito y granodiorita heterogénea biot. de grano med. con abundante cord. y ± sillim.
- 6 Leucogranito biot.-mosc. de grano medio con ± cordierita y ± sillimanita
- 5 Leucogranito de grano fino-medio mosc.± biot. con nódulos de cordierita y ± andalucita
- 4 Complejo de granitos inhomogéneos y migmatitas con restos de metasedimentos
- 3 Diabasas piroxénico-anfibólicas
- 2 Diques de cuarzo
- 1 Pórfidos graníticos



- 31 Conos de deyección
- 30 Depósitos fluvio-torrenciales de cauce actual
- 29 Terraza 3ª fluvio-torrencial
- 28 Depósitos lacustres de obturación glaciar
- 27 Depósitos glacio-lacustres
- 26 Llanura aluvial fluvio-glaciar
- 25 Morrena de ablación
- 24 Morrena de fondo
- 23 Morrena lateral de 2ª etapa
- 22 Morrena lateral de 1ª etapa
- 21 Abanicos y acarrees torrenciales
- 20 Terraza 2ª fluvio-torrencial
- 19 Terraza 1ª fluvio-torrencial
- 18 Mantos de derrubios periglaciares
- 17 Depósitos solifluidales del medio periglacial
- 16 Esquistos y cuarzoesquistos... migmatizado
- 15 Esquistos y cuarzoesquistos con niveles de cuarcitas micaceas y conglomerados

**ROCAS ÍGNEAS HERCÍNICAS
GRANITOS ALÓCTONOS**



PETICIONARIO
TRAGSATEC, S.A.

TÍTULO: ESTUDIO GEOTÉCNICO PREVIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL "DEPÓSITO DE REGULACIÓN D3". Del "Proyecto para concesión de aguas del sector LLANÁS de la CRR de Tornavacas". Situado en el Polígono 1, Parcela 10 "Dehesa El Cardal". En el municipio de Tornavacas (Cáceres).

AUTOR
CRESSA
ingenieros

FECHA
23/03/2.023
INFORME:
GEOT 0576

TÍTULO DEL PLANO
**LEYENDA
PLANO
GEOLÓGICO**

Nº PLANO
1
HOJA
4 DE 4

INFORME FOTOGRÁFICO.

INFORME FOTOGRÁFICO

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.	SUPERVISÓ:
SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10. "Dehesa El Cardal"	CRESCENTE DUCHEL ORTEGA
POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)	FOTO: VISTA GENERAL
FECHA: 23/03/2023	Orografía - Estado Actual



Vista Panorámica

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

**FOTO: OROGRAFÍA
Estado Actual**

FECHA: 23/03/2023



Orografía Ladera Abajo



Orografía Ladera Arriba

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

FOTO: OROGRAFÍA
Inclinación de la Ladera

FECHA: 23/03/2023

Pendiente en rellano



Pendiente en ladera



PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

**FOTO: SUPERFICIE
Bloques, Tierra Vegetal y
Afloramientos Graníticos**

FECHA: 23/03/2023



BLOQUES:

Presencia de Bloques (de naturaleza granítica) angulosos.
En su mayor parte de tamaños entre los 25 cm. y los 90 cm. de diámetro.



AFLORAMIENTOS GRANITICOS:

Presencia de Afloramientos Graníticos diaclasados.
De dimensiones que apenas superan los 3 metros de diámetro en superficie y 1 m. en altura.

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

FOTO: ESTACIÓN GEOMECÁNICA 1

En afloramiento granítico

FECHA: 23/03/2023

Vistas Frontales



PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

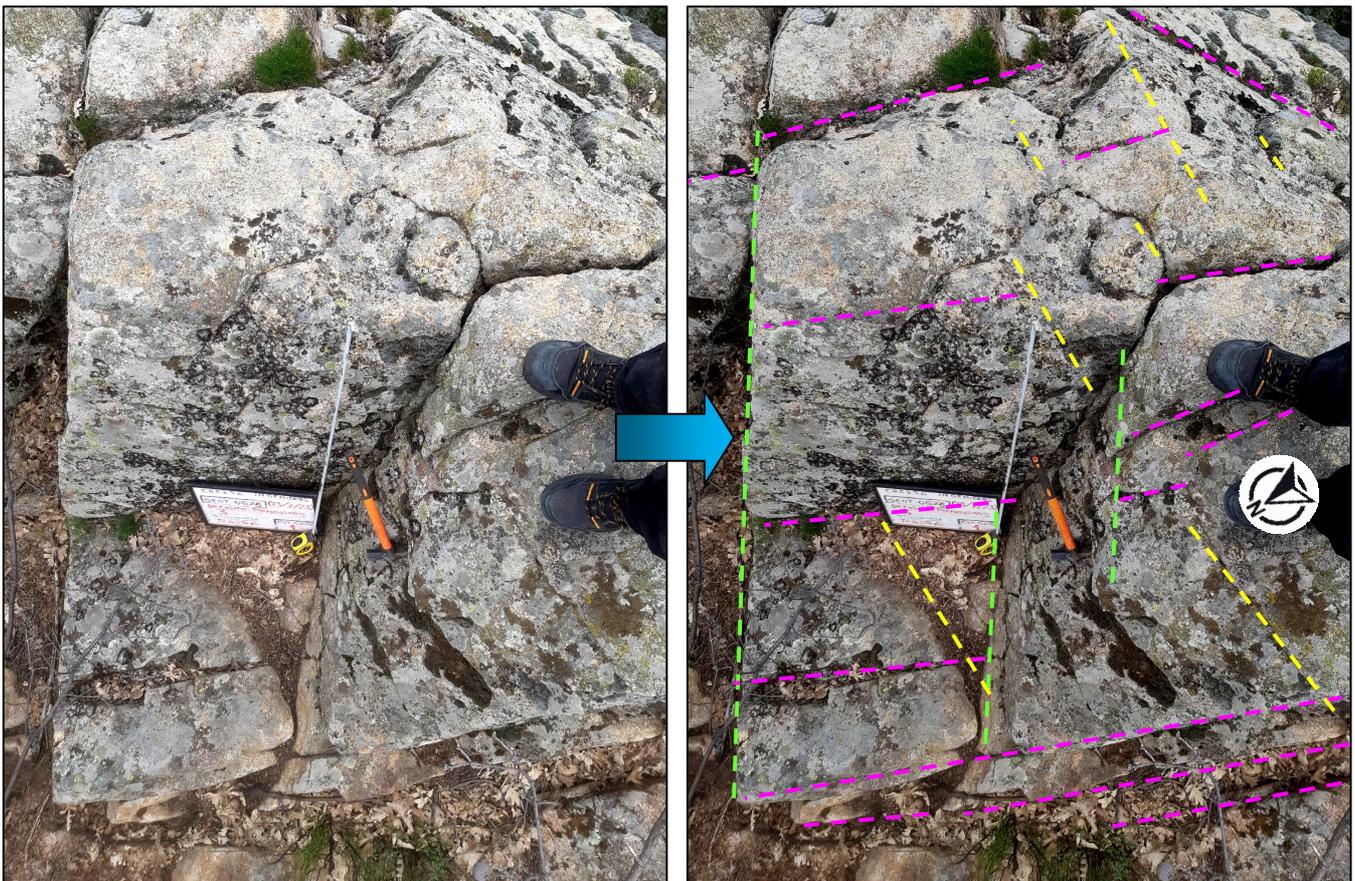
CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

FOTO: ESTACIÓN GEOMECÁNICA 1

FECHA: 23/03/2023

En afloramiento granítico
Vista Cenital



Familia de Diaclasas 1	-----	Dirección: N 33° E	Buzamiento: 80° NW
Familia de Diaclasas 2	-----	Dirección: N 51° W	Buzamiento: 75° SW
Familia de Diaclasas 3	-----	Dirección: N 12° W	Buzamiento: Subvertical (80° - 90°)
Familia de Diaclasas 4	-----	Dirección: Horizontal	Buzamiento: Nulo

Tipo de discontinuidad: Sistemáticas Planares: Diaclasas (4 familias principales)

Espaciado: Clase I ... <20 mm.

Rugosidad: La Ondulación es Superficies planas, La Rugosidad es Sup. Rugosas

Abertura: Clase III Parcialmente cerradas ... 0,25 - 0,50 mm. y II Cerradas ... 0,1 - 0,25 mm.

Filtraciones: Clase III

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

FOTO: ESTACIÓN GEOMECÁNICA 2

En afloramiento granítico

FECHA: 23/03/2023

Vistas Frontales



PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

FOTO: ESTACIÓN GEOMECÁNICA 2
En afloramiento granítico
Vista Cenital

FECHA: 23/03/2023



Familia de Diaclasas A	-----	Dirección: N 33° E	Buzamiento: 80° NW
Familia de Diaclasas B	-----	Dirección: N 77° E	Buzamiento: 70° SW
Familia de Diaclasas C	-----	Dirección: N 24° W	Buzamiento: Subvertical (80° - 90°)
Familia de Diaclasas D	-----	Dirección: Horizontal ...	Buzamiento: Nulo

Tipo de discontinuidad: Sistemáticas Planares: Diaclasas (4 familias principales)
Espaciado: Clase I ... <20 mm.
Rugosidad: La Ondulación es Superficies planas, La Rugosidad es Sup. Rugosas
Abertura: Clase II Cerradas ... 0,1 - 0,25 mm.
Filtraciones: Clase III

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

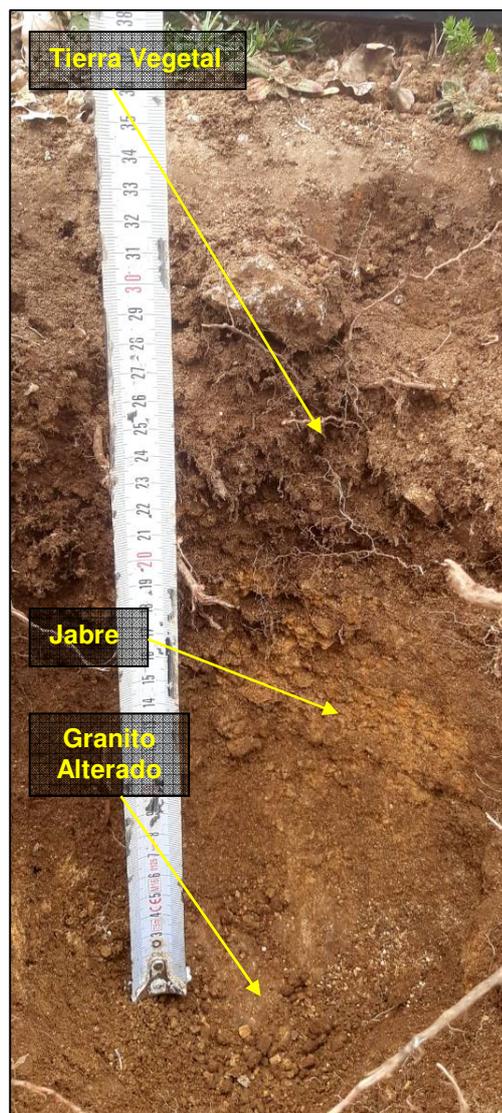
CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

FOTO: ESTACIÓN GEOMECÁNICA 3

FECHA: 23/03/2023

**Calicata Manual
Emplazamiento y Detalles**



PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

**FOTO: DETALLE DE MATERIALES I
Granito**

FECHA: 23/03/2023

DETALLE DEL GRANITO (Diaclasado) EN AFLORAMIENTOS



Grado de Meteorización de la roca (ISRM): Roca Fresca

Resistencia Uniaxial (ISRM): R5 (Roca muy dura) ... 100-250 (MPa)

DETALLE DEL GRANITO (Decolorado) EN FRACTURA EFECTUADA



Grado de Meteorización de la roca (ISRM): Decolorada

Resistencia Uniaxial (ISRM): R5 (Roca muy dura) ... 100-250 (MPa)

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SUPERVISÓ:

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10

CRESCENTE DUCHEL ORTEGA

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

**FOTO: DETALLE DE MATERIALES II
Materiales de Alteración Granítica**

FECHA: 23/03/2023

GRANITO ALTERADO (Roca fragmentada manteniendo su estructura original)



Grado de Meteorización de las roca alterada (ISRM): Desintegrada
Resistencia Uniaxial (ISRM): R1 (Roca muy blanda) ... 1,0 - 5,0 (MPa)

JABRE (Arena Arcillosa procedentes de la alteración de las rocas de granito)



Grado de Meteorización del suelo (ISRM): Descompuesta
Resistencia Uniaxial (ISRM): S4 (Suelo rígido) ... 0,10 - 0,25 (MPa)

**INFORME RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE
CON ESCLERÓMETRO O MARTILLO SCHMIDT.**

RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO (Martillo Schmidt) EN ESTACIÓN GEOMECÁNICA 1

TRABAJO N°: GEOT 0576 - Depósito D3

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10. "Dehesa El Cardal "

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

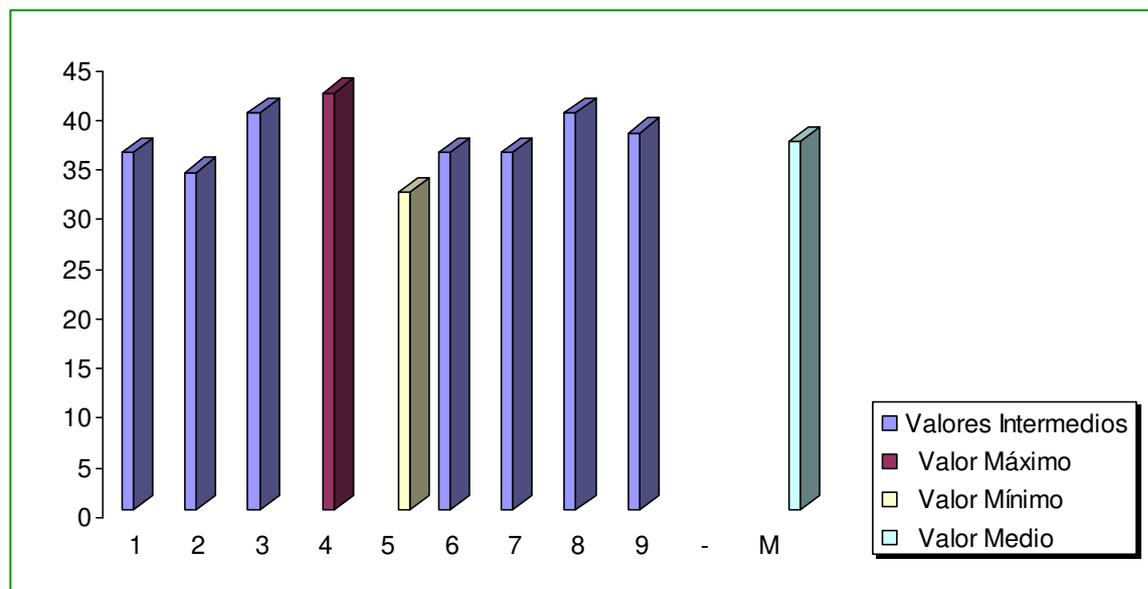
FECHA: 23/03/2023

SUPERVISÓ: D. Crescente Duchel Ortega

Nº DE DISPARO/REBOTE	VALORES DE LECTURAS CON ESCLERÓMETRO
1	36
2	34
3	40
4	42
5	32
6	36
7	36
8	40
9	38

**VALOR
MEDIO
RESULTANTE**

37,14



RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE CON ESCLERÓMETRO (Martillo Schmidt) EN ESTACIÓN GEOMECÁNICA 2

TRABAJO N°: GEOT 0576 - Depósito D3

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10. "Dehesa El Cardal "

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

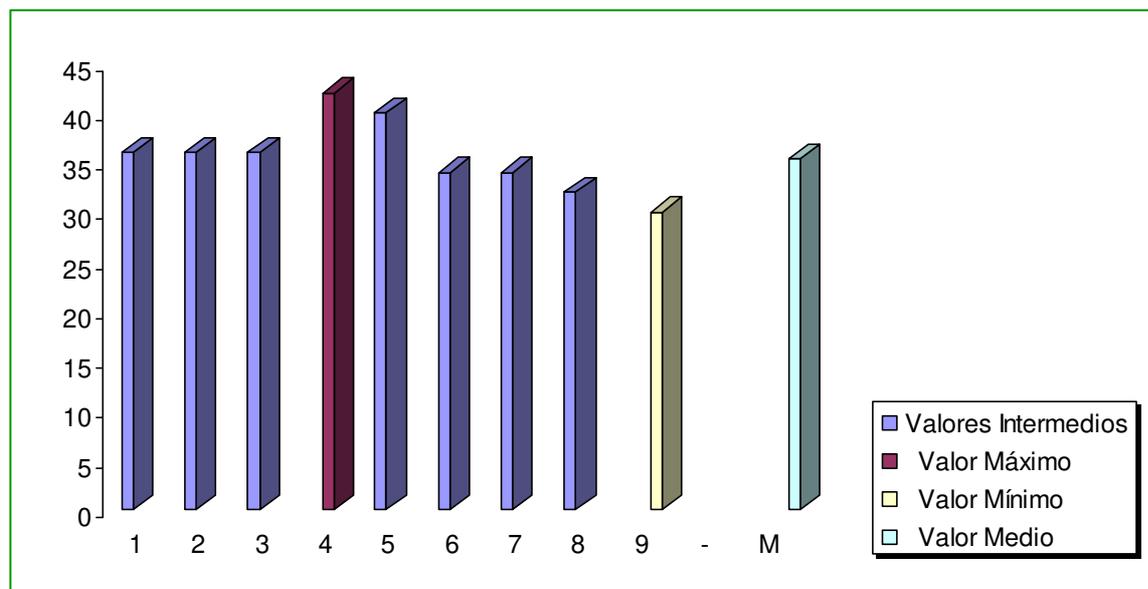
FECHA: 23/03/2023

SUPERVISÓ: D. Crescente Duchel Ortega

Nº DE DISPARO/REBOTE	VALORES DE LECTURAS CON ESCLERÓMETRO
1	36
2	36
3	36
4	42
5	40
6	34
7	34
8	32
9	30

**VALOR
MEDIO
RESULTANTE**

35,42



**RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE
CON ESCLERÓMETRO (Martillo Schmidt)
EN ESTACIÓN GEOMECÁNICA 3**

TRABAJO N°: GEOT 0575 - Depósito D3

PETICIONARIO: TRAGSATEC, S.A.

SITUACIÓN: Polígono 1, Parc. 10. "Dehesa El Cardal "

POBLACIÓN: Tornavacas (Cáceres)

FECHA: 23/03/2023

SUPERVISÓ: D. Crescente Duchel Ortega

Nº DE DISPARO/REBOTE	VALORES DE LECTURAS CON ESCLERÓMETRO
1	≤10
2	≤10
3	≤10
4	≤10
5	≤10
6	≤10
7	≤10
8	≤10
9	≤10

**VALOR
MEDIO
RESULTANTE**

≤10

