

ANEJO Nº 03. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2 ESTRATIGRAFÍA..... | 2 |
| 3 NIVEL FREÁTICO..... | 4 |
| 4 HINCHAMIENTO..... | 5 |
| 5 CAPACIDAD DEL TERRENO Y TENSIONES ADMISIBLES..... | 6 |
| 6 TALUDES DE EXCAVACIÓN..... | 8 |
| 7 EMPUJE DE TIERRAS..... | 9 |
| 8 EXCAVABILIDAD DE LOS MATERIALES..... | 10 |
| ANEXO I: INFORME GEOTÉCNICO | 11 |

1 INTRODUCCIÓN

Todas las consideraciones aquí recogidas están basadas el informe geotécnico elaborado en septiembre de 2016. El citado estudio geotécnico se adjunta como anexo en el presente anejo.

Este informe abarca las áreas recogidas en el presente proyecto:

- Parcela del nuevo depósito de abastecimiento
- Canalizaciones de las conducciones de abastecimiento.
- Tramo de hinca bajo la N-320.

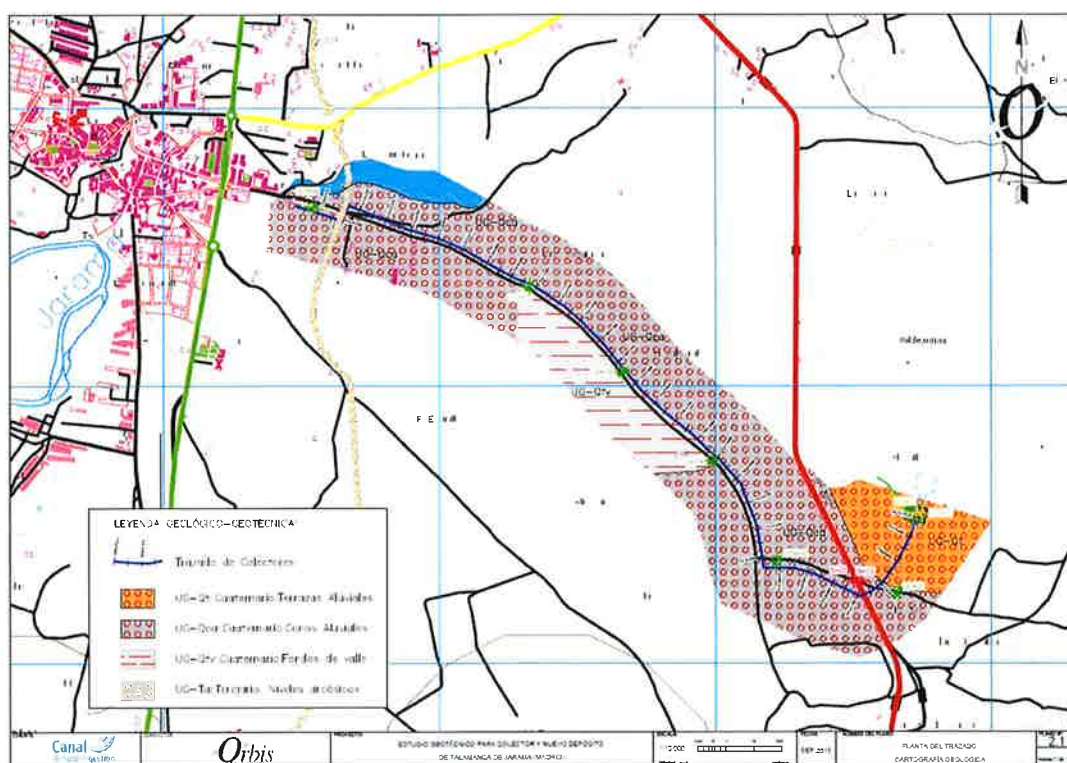
Para la identificación del terreno se realizan dos sondeos mecánicos a rotación con recuperación continua de terreno en la zona de hinca, seis calicatas mecánicas en el trazado de la conducción y dos perfiles de tomografía eléctrica, dos penetrómetros dinámicos y dos placas dinámicas de carga en la parcela del depósito. Junto a estos puntos inspeccionados se realiza una batería de ensayos, de laboratorio o in situ, que ayudan a identificar las diferentes unidades litológicas afectadas.

2 ESTRATIGRAFÍA

Se procede a describir las principales características de los terrenos sobre los que se asienta el presente Proyecto en base a los ensayos realizados.

- **U.G. Suelo vegetal.** En los primeros 0,10m en el tramo de conducción y entre 0,50-1,00 m en la parcela del depósito se detecta la presencia de un suelo vegetal, formado por arcillas y gravas. No aparece, sin embargo, en los sondeos realizados junto a vial en la zona de hinca. Presenta unos valores de resistividad heterogéneos. Este nivel no se considera apto para apoyo de cimentación.

Subyacente al nivel anterior se detectan diferentes terrenos en función de la zona donde nos encontremos:



Plano general del trazado. Cartografía Geológica

- **U.G. Qca: Depósito de conos aluviales.** Este nivel cuaternario está formado por gravas limo-arcillosas con algo de arena (GP, GC y GM) y alcanza una profundidad de unos 4,00 m en prácticamente toda el área de la conducción. Presenta rechazo en los golpes N_{SPT} realizados, por lo que tienen una compacidad muy densa. El informe geotécnico le

asigna una agresividad nula frente al hormigón. No se espera hinchamiento. Este nivel si se considera apto para apoyo de cimentación y aprovechable para reutilización.

- **U.G. Qfv: Depósito endorreico de fondo de valle.** Este nivel cuaternario se compone de arcillas poco plásticas (CL) con una potencia de hasta 1,5m. Está presente en las calicatas C-3, C-4 y C-5, en el tramo intermedio de la conducción. Presenta un potencial expansivo alto y una consistencia blanda. Este material no es aprovechable para reutilización.
- **U.G. Qt: Terrazas aluviales.** Este nivel cuaternario se localiza principalmente en la zona de depósito, alcanza una profundidad de unos 4,00m. Está formado por gravas cuarcíticas y arenas arcillosas-limosas. Presenta una compacidad densa y están muy consolidadas. Este terreno es aprovechable para reutilización.

Se presenta un resumen de los parámetros geotécnicos para cada estrato:

| Unidad | % pasa 0,08 mm | L.L. | I.P. | c' (kPa) | ϕ' (°) | E' (MPa) | ν | N30 |
|--------|-------------------|-------|-------|-------------|----------------|-------------|-------|------|
| UG-Qca | 13,22 | 23,50 | 9,90 | 43 | 33 | 52,90 | 0,30 | 50 |
| UG-Qfv | 64,90 | 40,10 | 22,50 | 10 | 19 | 5 | 0,35 | - |
| UG-Qt | - | | | 0 | 41 | 55 | 0,25 | 17-R |
| UG-Ta | - | | | 0 | 41 | 55 | 0,25 | 17-R |

3 NIVEL FREÁTICO

No se ha detectado el nivel freático durante la ejecución de las perforaciones y excavaciones. Se ha detectado únicamente un aumento de la humedad en la calicata realizada en el tramo de arcillas poco plásticas (calicata C-4).

Se considerará posible acumulación de agua en dicha zona en épocas lluviosas.

4 HINCHAMIENTO

De los diferentes terrenos estudiados, únicamente presenta potencial expansivo las arcillas poco plásticas del tramo de conducción, dado su alto contenido en finos y límite líquido elevado.

El resto de zonas, tanto de la parcela como de la conducción presentan hinchamiento nulo por su naturaleza granular y bajo contenido en finos.

5 CAPACIDAD DEL TERRENO Y TENSIONES ADMISIBLES

Se descartará el suelo vegetal como terreno de cimentación.

Los terrenos de la conducción presentan capacidad portante suficiente para recoger las cargas transmitidas.

Los terrenos subyacentes al suelo vegetal en la parcela del depósito presentan una capacidad portante aceptable para las posibles cargas transmitidas (1kg/cm^2).

Asientos máximo y mínimo en zona rectangular cargada según Steinbrenner

PROYECTO: Abastecimiento Talamanca del Jarama

ELEMENTO: Depósito

DATOS:

GEOMETRÍA DE ZONA RECTANGULAR:

ANCHO: $B = 19.05$ m - $B \leq L$

LARGO: $L = 29.20$ m

CARGA (p):

$p = 1.00$ kg/cm^2

VALORES LÍMITE NORMATIVA:

DISTORSIÓN ANGULAR MÁXIMA

$\beta_{\text{máx}} = 1/500 = 2.00\text{E}-3$

ASIENTO MÁXIMO:

$s_{\text{máx}} = 5.0$ cm

RESULTADOS:

ASIENTO EN ESQUINA (ASIENTO MÍNIMO):

$s_E = 0.84$ cm [1]

ASIENTO EN CENTRO (ASIENTO MÁXIMO):

$s_C = 2.32$ cm [1] **VALE**

ASIENTO DIFERENCIAL CENTRO-ESQUINA:

$\delta_{\text{SCE}} = 1.48$ cm [2]

DISTANCIA CENTRO-ESQUINA:

$L_{\text{CE}} = 17.43$ m

DISTORSIÓN ANGULAR MÁXIMA: [2]

$\beta_{\text{CE}} = 1/1179 = 8.48\text{E}-4$ **VALE**

ASIENTO MEDIO:

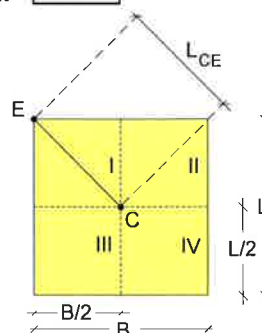
$s_{\text{medio}} = 1.96$ cm

ESTRATIGRAFÍA DE CÁLCULO

| ESTRATO | PROFUNDIDAD | | DESCRIPCIÓN | PARÁMETROS GEOTÉCNICOS | |
|---------|-------------|-----------|-------------|------------------------|------------------|
| | DESDE [M] | HASTA [M] | | | |
| 1 | 0.00 | 1.00 | RELLEVO | $E_1 = 200.00$ | kg/cm^2 |
| | | | | $\nu_1 = 0.30$ | |
| 2 | 1.00 | 30.00 | GRAVA | $E_2 = 550.00$ | kg/cm^2 |
| | | | | $\nu_2 = 0.30$ | |
| 3 | | | | $E_3 =$ | kg/cm^2 |
| | | | | $\nu_3 =$ | |
| 4 | | | | $E_4 =$ | kg/cm^2 |
| | | | | $\nu_4 =$ | |
| 5 | | | | $E_5 =$ | kg/cm^2 |
| | | | | $\nu_5 =$ | |
| 6 | | | | $E_6 =$ | kg/cm^2 |
| | | | | $\nu_6 =$ | |
| 7 | | | | $E_7 =$ | kg/cm^2 |
| | | | | $\nu_7 =$ | |

CÁLCULOS:

$n = 0.65$



Los criterios límites para aceptar una las deformaciones en una cimentación en losa son los recogidos en el artículo 3.5.7.3 de la ROM 0.5-05.

Se puede considerar el siguiente módulo de balasto para la cimentación por losa:

CIMENTACIÓN RECTANGULAR $K = K(E_b, l, v)$

MÓDULO DE REACCIÓN DEL TERRENO

$$E_s = 55000 \text{ KN/m}^2$$

LONGITUD DE LA CIMENTACIÓN ($l \cdot b$)

$$l = 29.20 \text{ m}$$

ANCHO DE LA CIMENTACIÓN

$$b = 19.05 \text{ m}$$

COEFICIENTE DE POISSON

$$v = 0.25$$

$$l/b = 1.53$$

C. DE FORMA (GORBUNOV-POSA DOV)

$$\omega = 0.87 \quad [1] \text{ TABLA 1.1 PÁG 8}$$

ÁREA DE LA CIMENTACIÓN

$$A = 556.26 \text{ m}^2$$

MÓDULO DE BALASTO (FÓRMULA DE KLERIKOV):

$$K_{bl} = 2861 \text{ KN/m}^3$$

DE [1]: $K_b = E_s / (\omega \cdot (A^{1/2}) \cdot (1 - v^2))$ (FÓRMULA 1.6 PÁG 8)

$$k_b = \frac{E_s}{\omega \cdot \sqrt{A} \cdot (1 - v^2)}$$

6 TALUDES DE EXCAVACIÓN

El estudio geotécnico recomienda realizar taludes temporales con una pendiente de 1H:3H para las unidades geológicas Qca y Qt, siempre que no sobrepasen los 1,5m de profundidad. En el caso de la unidad Qfv, la pendiente será 1H:2V, con la misma profundidad máxima. En el caso de alcanzar profundidades mayores se aconseja realizar un talud provisional de 1H:1V.

En la zona de conducciones se recomienda trabajar con pendientes 3H:2V en el terreno vegetal, con el fin de evitar desprendimientos al interior de la zanja.

7 EMPUJE DE TIERRAS

Para determinar los empujes de tierras de los elementos enterrados, se consideran los siguientes parámetros teniendo en cuenta que se empleará rellenos granulares para los trasdoses de los distintos aparatos:

| EMPUJE TIERRAS | |
|----------------|----------------------|
| φ | γ_{ap} |
| 30º | 20 kN/m ³ |

Para las contenciones realizadas para sostenimiento de los terrenos naturales, se aplica los criterios indicados en el Informe Geotécnico para unidad litológica atravesada.

| EMPUJE TIERRAS NATURALES | | | |
|--------------------------|------|------|------|
| CAPA | Ko | Ka | Kp |
| UG-Qca | 0,46 | 0,29 | 3,39 |
| UG-Qfv | 0,67 | 0,51 | 1,97 |
| UG-Qt | 0,34 | 0,21 | 4,81 |
| UG-Ta | 0,34 | 0,21 | 4,81 |

Considerando, en el caso del empuje activo, nulo el rozamiento tierras-fábrica, coronación de tierras horizontal y un trasdós del muro vertical.

8 EXCAVABILIDAD DE LOS MATERIALES

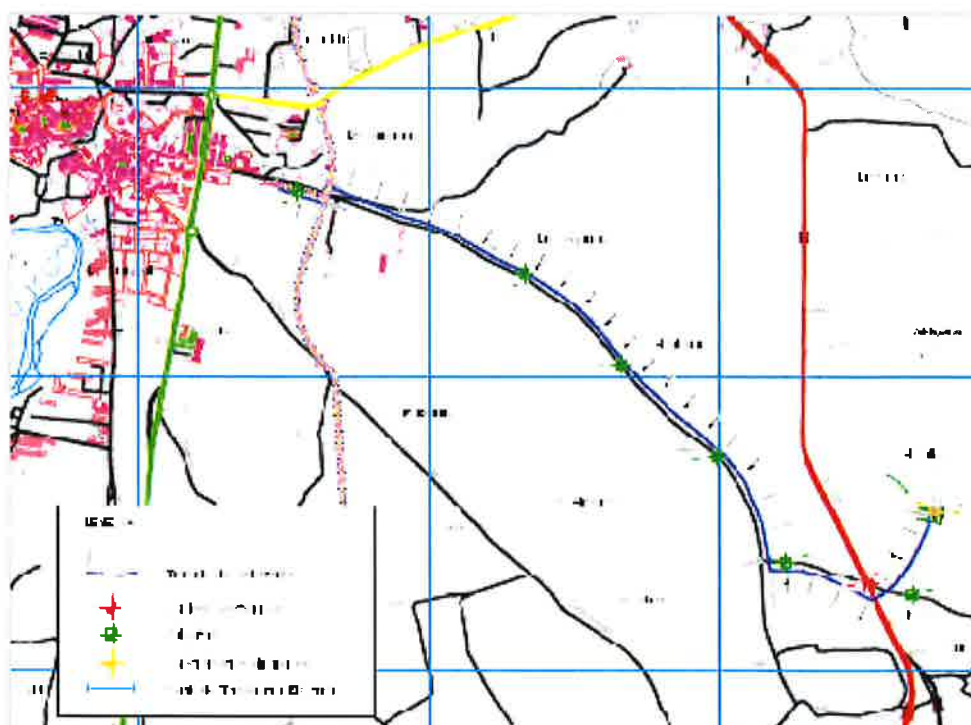
De acuerdo al Informe Geotécnico, todas las unidades expuestas son de tipo suelo y no presentan encostramientos ni niveles cementados, por lo que serán excavables por medios mecánicos convencionales (maquinaria ligera).

ANEXO I: INFORME GEOTÉCNICO

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA COLECTOR Y NUEVO DEPÓSITO DE TALAMANCA DE JARAMA

TALAMANCA DE JARAMA (MADRID)

REV.0



SEPTIEMBRE de 2016

ÍNDICE

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1. | INTRODUCCIÓN Y OBJETO | 1 |
| 2. | DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA | 2 |
| 3. | TRABAJOS REALIZADOS | 3 |
| 4. | MARCO GEOLÓGICO | 13 |
| 5. | SISMICIDAD | 18 |
| 6. | CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA..... | 19 |
| 7. | TRAMIFICACIÓN GEOLÓGICA DEL TRAZADO | 33 |
| 8. | ZANJAS | 34 |
| 9. | HINCA DE TUBERÍAS..... | 36 |
| 10. | ESTUDIO DE CIMENTACIONES..... | 37 |
| 11. | APROVECHAMIENTO DE LOS MATERIALES | 46 |
| 12. | RESUMEN Y CONCLUSIONES..... | 47 |

PLANOS:

PLANO 01: SITUACIÓN DE LAS INVESTIGACIONES.

PLANO 02: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL DEL TRAZADO

APÉNDICES:

APÉNDICE 1: REGISTRO DE SONDEOS

APÉNDICE 2: REGISTRO DE LAS CALICATAS

APÉNDICE 3: ESTUDIO GEOFÍSICO. TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA

APÉNDICE 4: PENETRÓMETROS DINÁMICOS PANDA2

APÉNDICE 5: PLACAS DINÁMICAS

APÉNDICE 6: ENSAYOS DE LABORATORIO

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

Se redacta el presente documento a petición del Canal de Isabel II Gestión S.A. para realizar un estudio geotécnico que permita caracterizar adecuadamente el terreno, para el proyecto de "Conducción de los colectores y la construcción del nuevo depósito regulador de abastecimiento de agua a la estación de bombeo existente de Talamanca de Jarama (Madrid)".

Las obras proyectadas que se han considerado en el presente estudio son las siguientes:

- Depósito de agua regulador consistente en dos vasos de unos 1.500 m³ de capacidad, con una altura sobre solera de 6-7 m, unas dimensiones en planta de 15 x 15 m cada vaso.
- Canalizaciones de los colectores de DN200 y DN250 que unirán el nuevo depósito a construir con la estación de bombeo existente en las cercanías del casco urbano de Talamanca.

El objetivo del presente informe es realizar una caracterización geotécnica de los distintos suelos detectados en las investigaciones para definir sus características resistentes y deformacionales de cara al diseño de las cimentaciones y excavaciones del depósito, así como para el diseño de las excavaciones necesarias para la implantación de la futura conducción y la construcción de la hinca bajo la N-320 a la altura del P.K. 321+050.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

El nuevo depósito regulador se instalará cerca de la carretera N-320 a la altura de PK. 321+025. Además se construirá una tubería de aducción y otra tubería de transporte hasta la red de distribución municipal.

El depósito abarcará en superficie unos 3.825 m². Será de hormigón armado, con dos vasos de 1.500 m³ de capacidad cada uno, cota de solera 722 m.s.n.m. y una altura de 6-7 m construida sobre solera. Además, se dispondrá un ataluzamiento con pendiente de 2H:1V, dejando libres los 2,50 m de altura superiores al depósito.

Las tuberías constan de distintas características. Las dos tienen una longitud aproximada de 3.100 m, y diámetros de 200 y 250 mm respectivamente. Se situarán enterradas en paralelo a la Colada del Camino de Salobral a lo largo de la mayor parte de su trazado. Ambas partirán de la arqueta existente al lado del antiguo depósito y tendrán una conexión con el Refuerzo del Ramal Este de Torrelaguna, y atravesarán la vía pecuaria Colada del Camino Salobral por la que transcurrirán paralelamente hasta el camino Mesones, por el cual discurrirá hasta cruzar la carretera N-320. Cruzarán dicha carretera a la altura del PK. 321+050 mediante una hincapié, y finalmente se conectarán con el depósito proyectado.

La profundidad de enterramiento de la tubería variará entre unos 1,50 a 4 m con respecto a la rasante del terreno.

3. TRABAJOS REALIZADOS

3.1. INTRODUCCIÓN

A continuación se describe cada uno de los trabajos realizados en la campaña geológico-geotécnica. En concreto, se han realizado dos (2) sondeos mecánicos a rotación con recuperación continua de terreno con los correspondientes ensayos y tomas de muestras, seis (6) calicatas mecánicas, dos (2) perfiles de tomografía eléctrica, dos (2) penetrómetros dinámicos y dos (2) placas dinámicas de carga. En cada uno de los apartados se incluyen fotografías ilustrativas de cada una de las actividades.

- Recopilación bibliográfica y análisis de documentación.
- Campaña de investigación geotécnica de campo. Incluye:
 - Calicatas.
 - Sondeos Geotécnicos.
 - Ensayos de Penetración Dinámica.
 - Ensayos de Placa Dinámica de Carga.
- Campaña de investigación geofísica de campo (Tomografía Eléctrica).
- Realización de ensayos de laboratorio.

3.2. RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA Y ANÁLISIS DE DOCUMENTACIÓN

Para determinar el marco geológico-geotécnico, se ha tomado como base la siguiente información:

- Mapa Geológico de España (MAGNA) a escala 1:50.000, nº 510 (Marchamalo).
- Mapa Geotécnico de España (MAGNA) a escala 1:200.000, nº 38 (Segovia).
- Mapa Hidrogeológico de España (MAGNA) a escala 1:200.000, nº 38 (Segovia).

3.3. RECONOCIMIENTOS DE CAMPO

A continuación se describe cada una de las actividades realizadas:

3.3.1. Sondeos

Con objeto de determinar la naturaleza, características y espesor de los materiales que se verán afectados por las obras de hinca, se han realizado dos (2) sondeos a rotoperCUSión con extracción de testigo continuo.

El tercer sondeo previsto en la zona depósito no ha podido ser ejecutado por falta de permiso de los propietarios de la parcela en la que se ubica, siendo sustituido por ensayos de penetración y geofísicos.

En la siguiente tabla se resumen la longitud y el muestreo realizado en los distintos sondeos:

Tabla 1. Resumen de sondeos realizados

| Sondeo | Coordenadas (UTM Huso 30) | | | Profundidad (m) | MI | SPT | MW | TP | TA |
|--------------|---------------------------|-----------|-----|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | X | Y | Z | | | | | | |
| S-1 | 459.389 | 4.509.092 | 695 | 4,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| S-2 | 459.416 | 4.509.085 | 697 | 4,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| TOTAL | | | | 8,00 | 0,00 | 2,00 | 0,00 | 0,00 | 2,00 |

MI: muestra inalterada, SPT: ensayo estándar de penetración, MW: Muestra de agua, TP: testigo plastificadoTA: testigo alterado.

Todos los sondeos han sido ejecutados con una máquina Tecoinsa TP-50:



Fotografía 1: Ejecución del sondeo S-2

Durante la ejecución de los sondeos se ha realizado una supervisión continua

delos mismos y se han realizado las correspondientes descripciones geológico-geotécnicas de los terrenos atravesados.

Las columnas de los sondeos se adjuntan en el *Apéndice 1: Registro de Sondeos*, del presente informe. Su posición se detalla en el Plano 01: Situación de las Investigaciones.

3.3.2. Calicatas mecánicas

Para la determinación de las características del terreno más superficial (hasta 3 metros) a lo largo del trazado de las tuberías, y la toma de muestras para su análisis en laboratorio, se han realizado un total de **seis (6) calicatas** situadas a lo largo de la Colada del Camino de Salobral donde se situará la conducción de las tuberías y dos de ellas se localizan cerca del nuevo y del antiguo depósito.

Tabla 2. Resumen de calicatas mecánicas realizadas

| Zonas | Calicata | Coordenadas UTM (Huso 30S) Datum WGS84 | | | Profundidad (m) | M.B. |
|--------------------------------|----------|--|-----------|---------|--------------------|------|
| | | X | Y | Z aprox | | |
| Colindante al depósito nuevo | CC-01 | 459.553 | 4.509.049 | 701m | 2,00 | 2 |
| Colada del Camino de Salobral | CC-02 | 459.113 | 4.509.161 | - | 2,00 | 1 |
| Colada del Camino de Salobral | CC-03 | 458.881 | 4.509.522 | 688m | 2,10 | 2 |
| Colada del Camino de Salobral | CC-04 | 458.556 | 4.509.839 | 689m | 2,10 | 2 |
| Colada del Camino de Salobral | CC-05 | 458.219 | 4.510.150 | 683m | 2,30 | 2 |
| Colindante al depósito antiguo | CC-06 | 457.436 | 4.510.435 | 631m | 2,70 | 2 |

MB: muestra en bolsa

Las calicatas se realizaron con una excavadora mixta marca VOLVO modelo BL-61, como se puede apreciar en la siguiente fotografía:



Fotografía 2: Detalle de excavadora empleada en las calicatas mecánicas.

A partir del material obtenido se han realizado las correspondientes columnas litológicas, en las que se describen los distintos niveles detectados en el subsuelo y muestras tomadas. La representación gráfica de dichas columnas figura en el *Apéndice 2: Registro de Calicatas*, y su posición en el *Plano 01*.

3.3.3. Tomografía eléctrica

Para el estudio del terreno, se han realizado un (1) perfil de tomografía eléctrica de detalle. La longitud del perfil ha sido de 140 metros con un espaciado entre electrodos de 3,50 metros, alcanzando una profundidad de 23 m.



Fotografía 3: Realización de perfil de tomografía eléctrica

Tabla 3. Coordenadas de los perfiles de tomografía eléctrica

| Tomografías Eléctricas | Coordenadas UTM (Huso 30S) DATUM WGS84 | |
|------------------------|--|-----------|
| | X (m) | Y (m) |
| TE-01 (centro) | 459.638 | 4.509.332 |
| TE-02 (centro) | 459.617 | 4.509.339 |

En el *Apéndice 3: Estudio Geofísico (Tomografía Eléctrica)* se adjunta el informe de la campaña geofísica, en el que los valores obtenidos de resistividad del terreno han sido correlacionados con la información geológica existente para poder establecer la secuencia litológica más probable.

3.3.4. Ensayos de penetración dinámica


Debido a la imposibilidad de realizar sondeos o calicatas en las proximidades del futuro depósito, se han realizado ensayos de penetración dinámica para establecer la resistencia del suelo y, al menos, la profundidad del primer estrato competente en esa área. Se realizaron dos (2) ensayos de penetración dinámica a energía variable con el equipo ligero Panda2, uno en el centro de cada vaso del depósito proyectado.



Fotografía 4: Ensayos de penetración dinámica ejecutados.

Este ensayo permite determinar la resistencia dinámica por punta a la penetración del terreno " q_p " y relacionarla con el índice N_{30} del ensayo de

La descripción del equipo y la metodología del ensayo vienen recogidas en el *Anejo 4*.



Orbis terrarum

Reconocimiento de suelos con penetrometro dinamico a energia variable

Ordenador: Z. Quintanilla / **Programa:** PROSPECTOR 10.0 / **WEP** / **Equipo:** Datas / **Proyecto:** CAMPANA / **Localidad:** ...

Site: PROYECTO ...

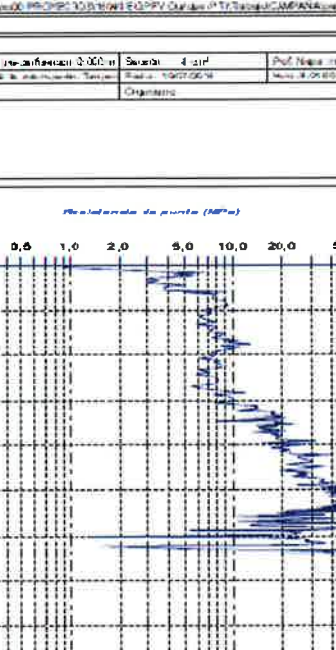
Sección: ...

Cota: 0.00 m **Prof. y/o referencia:** 0.000 m **Sección:** 4 cm² **Prof. Negra:** ...

Masa: ... **Sección de trabajo:** ... **Sección:** ... **Masa:** ...

Operador: ... **Operario:** ...

Comentarios:



Dr. ...

...

...

...

En la siguiente tabla se resumen las coordenadas topográficas de cada uno de los ensayos de penetración y la profundidad a la que se obtuvo el rechazo en cada uno de los ensayos:

| | | |
|---------------------|---|---|
| Penetrómetro | Coordenadas UTM (Huso 30S) Datum WGS84 | Profundidad de rechazo (m) |
|---------------------|---|---|

| | X (m) | Y (m) | |
|--------|---------|-----------|------|
| PD-01 | 459.618 | 4.509.335 | 0,53 |
| PD -02 | 459.638 | 4.509.332 | 0,55 |

Ninguno de ellos alcanzó gran profundidad por la existencia de gravas desde prácticamente la superficie. Es por ello que se repitieron los ensayos a modo de comprobación a un metro de distancia de cada punto de investigación, obteniendo resultados similares a los anteriores.



Fotografía 5: Ensayos de penetración dinámica de comprobación ejecutados.

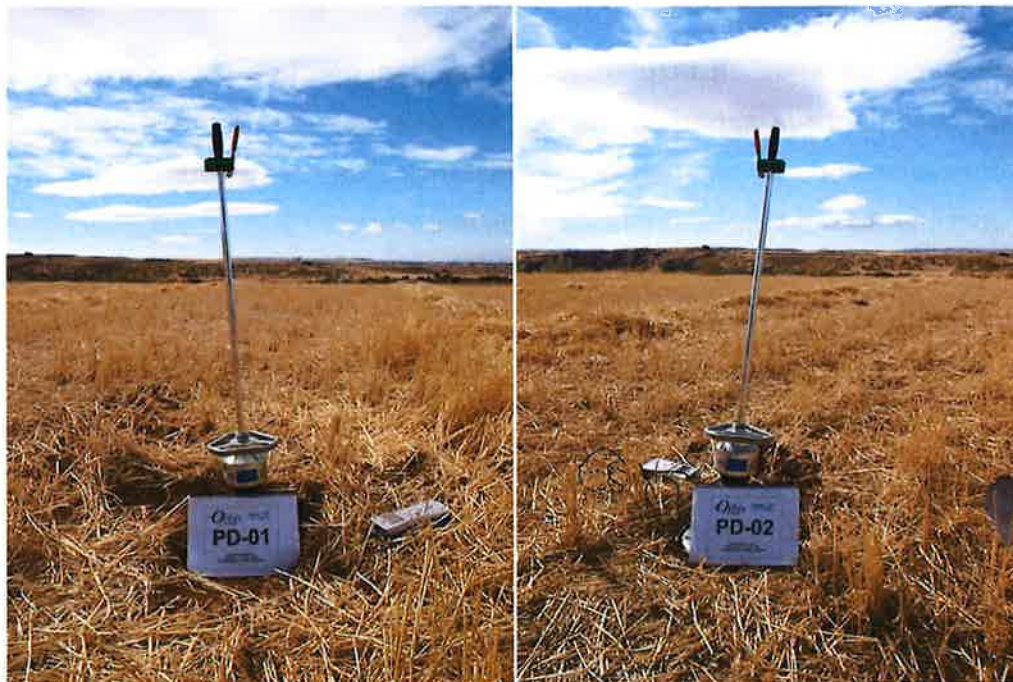
Las diagráfias de cada uno de los ensayos de penetración se recogen en el *Apéndice 4*.

3.3.5. Ensayos de placa dinámica de carga

Con la intención de completar la información geotécnica del área del depósito, adicionalmente se han realizado un total de dos (2) ensayos de carga vertical en suelos mediante la placa dinámica de 300 mm de diámetro según UNE 103807-2. El equipo empleado es el ZFG 3.0. Los ensayos se realizaron junto a la posición de emplazamiento de los ensayos de penetración, es decir, en el centro de cada vaso del depósito proyectado.

Dicho ensayo proporciona el valor del módulo de deformación dinámico (E_{vd}) del terreno ensayado. Este parámetro se puede correlacionar directamente con el valor de segundo ciclo del ensayo de carga vertical en suelos mediante placa

estática (E_{v2}), y proporciona un dato directo de la deformabilidad del terreno, siendo de gran utilidad para la detección de rellenos y comprobación de la compactación del terreno y de las zanjas de cimentación. Para la ejecución de los ensayos se retiró la capa más superficial de suelo vegetal.



Fotografía 6: Detalle de los ensayos de placa de carga realizados.

En la siguiente tabla se detalla la posición de cada uno de los ensayos realizados, la cota topográfica y el valor del módulo de deformación dinámico (E_{vd}).

Tabla 5. Resumen ensayos de placa dinámica

| Ensayo | Coordenadas (UTM Huso 30) DATUM WGS84 | | E_{vd} (MPa) |
|--------|---|-----------|----------------|
| | X | Y | |
| PD-01 | 459.618 | 4.509.335 | 55,56 |
| PD-02 | 459.638 | 4.509.332 | 19,77 |

Las actas de los ensayos de placa dinámica realizados se adjuntan en el *Apéndice 5* y su posición en el Plano 01.

3.4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Para realizar la caracterización geotécnica del terreno investigado, se han realizado los ensayos de laboratorio que se incluyen en la siguiente tabla:

Tabla 6. Ensayos de laboratorio realizados

| Descripción | Cantidad |
|----------------------------------|-----------|
| Identificación y estado | |
| SUELOS | |
| Granulometría por tamizado | 8 |
| Límites de Atterberg | 8 |
| Ensayo de corte directo (CD) | 2 |
| Proctor normal | 1 |
| Químicos (suelos y aguas) | |
| Sulfatos solubles en suelo | 2 |
| Contenido de yeso en suelos | 1 |
| Grado de acidez Baumann-Gully | 2 |
| TOTAL | 24 |

Las actas de laboratorio se adjuntan en el *Apéndice 6* del presente estudio. En la siguiente tabla se resumen los resultados de laboratorio obtenidos:

Tabla 7. Resumen de ensayos de laboratorio

| Muestra | Tipo | Granulometría por tamizado (% que pasa) | | | | | | Límites de Atterberg | | | Corte directo CD | | Ensayos químicos | | | Proctor Normal | |
|-------------------|------|---|----------|---------|---------|---------|---------|----------------------|----------|----------|-------------------------|------------|------------------|---|----------------------|-----------------------------------|--------------------|
| | | 63,00 mm | 20,00 mm | 5,00 mm | 2,00 mm | 0,42 mm | 0,08 mm | L.L. (%) | L.P. (%) | I.P. (%) | C (kg/cm ²) | Φ (°) | Vesos (%) | Sulfatos solubles (SO ₄ mg/kg) | Acidez Baumann-Gully | Densidad max (g/cm ³) | Humedad óptima (%) |
| CC-1 (1,70-1,90) | MB-2 | 64,4 | 41,8 | 25,6 | 22,3 | 11,1 | 7,6 | 34,2 | 15,2 | 19,0 | | | | | | | |
| CC-2 (1,60-1,80) | MB-1 | 77,9 | 46,7 | 31,5 | 27,5 | 15,4 | 9,0 | 21,1 | 11,9 | 8,2 | | | | | | | |
| CC-3 (1,70-1,90) | MB-2 | 85,4 | 60,6 | 47,4 | 45,1 | 38,4 | 28,1 | 27,4 | 11,9 | 15,5 | | | | | | | |
| CC-4 (1,80-2,00) | MB-2 | 100,0 | 100,0 | 93,8 | 88,6 | 79,7 | 70,0 | 49,9 | 21,8 | 28,1 | | | | | | | |
| CC-5 (1,00-1,20) | MB-1 | 100,0 | 100,0 | 98,0 | 96,2 | 82,2 | 59,7 | 30,2 | 13,4 | 16,8 | | | | | | 1,76 | 12,3 |
| CC-6 (2,00-2,20) | MB-2 | 75,0 | 50,0 | 31,2 | 30,6 | 10,1 | 6,1 | 21,9 | 11,4 | 10,5 | | | | | | | |
| S-1 (2,00 - 2,70) | MA | 100,0 | 54,7 | 41,3 | 33,0 | 20,0 | 12,5 | 18,5 | 15,2 | 3,3 | 0,33 | 32,6 | | 409,1 | 28 | | |
| S-2 (2,20 - 2,80) | MA | 100,0 | 82,1 | 50,9 | 40,3 | 26,3 | 16,0 | 17,9 | 15,7 | 2,1 | 0,54 | 33,0 | 0,06 | 512,4 | 36 | | |

4. MARCO GEOLÓGICO

4.1. GEOLOGÍA LOCAL

Geológicamente, la zona de estudio se localiza en su mayor parte sobre materiales del Cuaternario, de la época del Pleistoceno. Son gravas y cantos poligénicos, arenas, arenas limo-arcillosas y arcillas arenosas con presencia en algunas zonas de nódulos de carbonato y costras de calizas (pertenecen a conos aluviales deyección, coluviones, depósitos de pie de talud y a terrazas de los ríos Valdelagua y Dueñas). En algún tramo muy localizado del camino donde se instalarán los colectores aparecen materiales del Holoceno, clasificados como arenas limo-arcillosas con cantos dispersos (pertenerían a fondos endorréicos y semi-endorréicos) y de espesor reducido. Además, en la zona donde se localizará el nuevo depósito aparecen materiales del Terciario bajo los del Cuaternario anteriormente descritos, concretamente pertenecen a la época del Mioceno medio, son arenas y limosarcósicos.

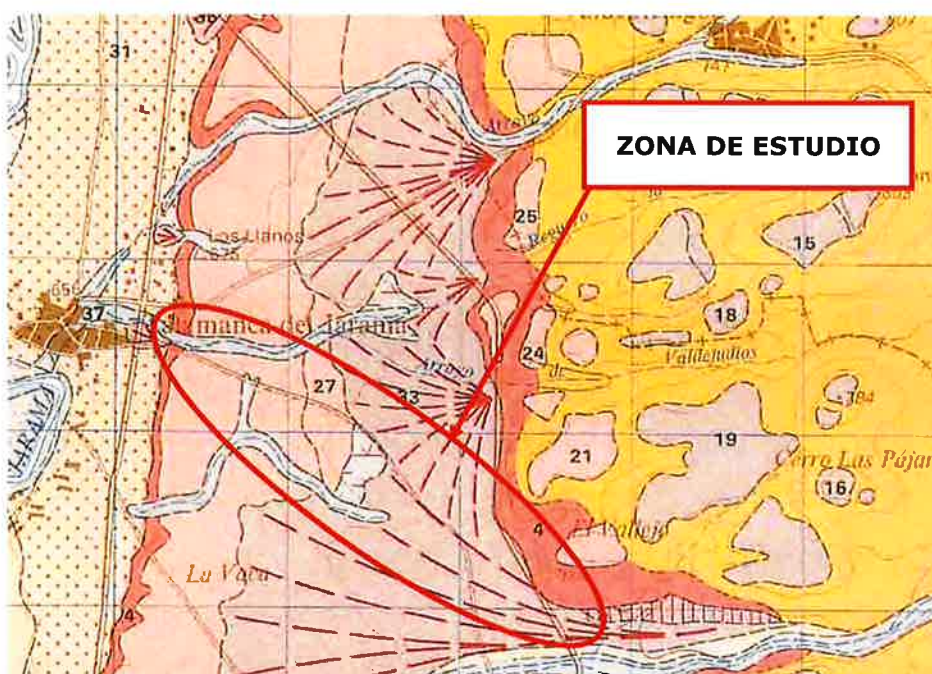
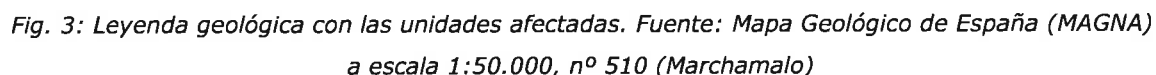


Fig. 2: Situación de la zona de estudio. Fuente: Mapa Geológico de España (MAGNA) a escala 1:50.000, nº 510 (Marchamalo)



4.2. INFORMACIÓN GEOTÉCNICA PREVIA

Los materiales de II_2 marcan formas de relieve llanas; se incluyen en ella el conjunto de la facies detrítica del Terciario. En su litología predomina la fracción

arenosa, si bien aparece siempre mezclada con arcillas, gravas y bolos. Su morfología es prácticamente llana, no observándose pendientes topográficas superiores al 3%. Sus materiales se consideran semipermeables, con unas condiciones de drenaje por percolación natural aceptables. Sus características mecánicas, tanto en el aspecto de capacidad de carga como en el de magnitud de posibles asentamientos se consideran de tipo medio y, en general, presentan condiciones constructivas favorables.

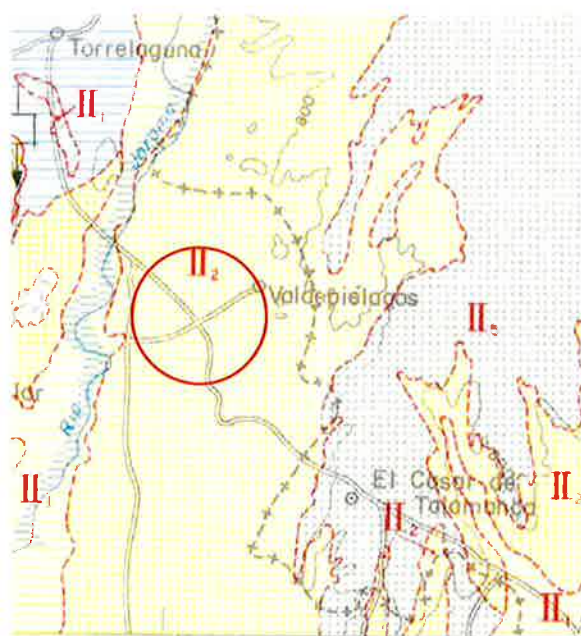


Fig. 4: Situación de la zona de estudio. Fuente: Mapa Geotécnico de España (MAGNA) a escala 1:200.000, nº 38 (Segovia)

4.3. HIDROGEOLOGÍA

Desde el punto de vista hidrogeológico y a escala regional, la zona objeto de estudio se ubican dentro de la Cuenca del Tajo.

Los materiales que aparecen a lo largo del camino donde se localizará la conducción son terrazas, con apenas desarrollo en los ríos de la cuenca del Duero. Tienen, sin embargo, gran importancia hidrogeológica en el río Jarama y afluentes. Están constituidas por gravas cuarcíticas y niveles de arenas arcillosas y limosas.

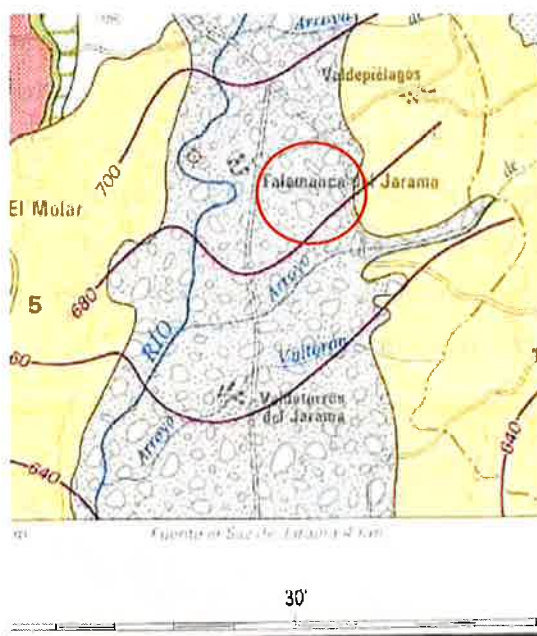


Fig. 5: Situación de la zona de estudio. Fuente: Mapa Hidrogeológico de España (MAGNA) a escala 1:200.000, nº 38 (Segovia)

En la zona donde se situará el nuevo depósito se clasifica como el Terciario Detrítico del Duero (con el número 5 en el mapa, de color amarillo), comprende los materiales detríticos de facies continentales que rellenaron durante el Terciario La Cubeta del Duero, cuyo zócalo es en esta zona fundamentalmente mesozoico. Adosados a los afloramientos mesozoicos aparecen arenas, arcillas, limos y sus mezclas correspondientes al Mioceno. En estos últimos la sedimentación fluvial ha jugado un papel primordial, estando las arenas y gravillas dispuestas en capas lenticulares de escasa continuidad lateral con una disposición, en apariencia aleatoria. La diferenciación litológica se establece en función de la mayor o menor frecuencia de lentejones arenosos. En estos materiales se sitúa el acuífero más importante de la región, cuya permeabilidad depende de la mayor o menor frecuencia de los lentejones arenosos, de su tamaño de grano, y sobre todo, de la mejor o peor clasificación. Estos lentejones de arenas y gravillas englobados en una matriz más o menos semipermeable hacen que el conjunto se comporte como un acuífero heterogéneo y anisótropo, confinado o semiconfinado según zonas y profundidades.

En líneas generales el flujo subterráneo se dirige, en dirección NO, hacia el río

Duero, existiendo un cierto drenaje transversal hacia los afluentes. El nivel piezométrico es variable en la vertical en función de la profundidad. El flujo es tridimensional.

4.3.1. Nivel freático

Durante el transcurso de la ejecución de las perforaciones o excavaciones en la actual campaña, no se ha detectado nivel freático de agua en ninguna de ellas. Solamente se apunta al aumento de la humedad en la zona de humedal (calicata CC04 a partir de 1,50 m de profundidad).

4.4. GEOMORFOLOGÍA

La zona objeto de estudio se localiza al SE de la cordillera central, y se caracteriza por tener una morfología moderadamente llana, formas redondeadas y pendientes intermedias y abundantes huellas de erosión lineal. Sobre esta se localizan acumulaciones irregulares, tanto en planta como en alzado, de origen coluvial y/o fluvial (antiguas terrazas). Carece de grandes desniveles o pendientes acusadas. En cuanto a la actividad morfodinámica actual hay que decir que el territorio está sujeto a una erosión activa fluvial.

4.5. TECTÓNICA

En la zona no existen deformaciones anteriores a los correspondientes en la orogenia Alpina. Durante el Plioceno final y el Cuaternario la región ha estado sujeta a un lento ajuste de bloques y a un levantamiento y basculamiento hacia el SSO, que ha condicionado, respectivamente, las direcciones de fluencia hídrica, la construcción de terrazas y los distintos niveles de Raña y, asimismo, la disimetría de los valles fluviales.

4.6. PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

Partiendo de toda la información geológica consultada, de la cartografía geológica de campo y de los sondeos geotécnicos y calicatas realizadas, se ha delineado un perfil geológico-geotécnico sobre la base de un perfil longitudinal del trazado de la tubería facilitado por el cliente.

El perfil geológico-geotécnico se encuentra recogido en el Plano 02 del presente informe.

5. SISMICIDAD

Para la consideración de la acción sísmica de las futuras construcciones de esta zona se ha utilizado la Norma de Construcción Sismorresistente (Parte General y Edificación) NCSE-02 publicada en el B.O.E. el 11 de Octubre de 2002.

Las construcciones se clasifican de acuerdo al uso al que se destinan. Para este caso las instalaciones se consideran de especial importancia.

Según el mapa de peligrosidad sísmica de esta Norma, en el Término Municipal de Talamanca de Jarama la aceleración sísmica básica es inferior a 0,04 g.



Fig. 6: Mapa de peligrosidad sísmica

Según lo anterior, no es de obligado cumplimiento la citada Norma, debido al valor inferior a 0,04 de la aceleración básica en la zona de estudio.

6. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

6.1. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES

Los datos proporcionados por las investigaciones realizadas, así como los resultados de los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras tomadas en las calicatas y sondeos han permitido realizar una caracterización geotécnica de los materiales correspondientes al trazado de las tuberías.

Por la imposibilidad de tomar muestras en el área del depósito no se caracteriza geotécnicamente esta zona en función de ensayos de laboratorio. No obstante, el terreno en el que se construirá el depósito se ha caracterizado en función de la bibliografía existente, la tomografía eléctrica, los ensayos de penetración dinámica y las placas dinámicas de carga. Además, se ha estudiado un corte en una zona cercana, geológica y geomorfológicamente similar, por lo que se asimilarán los resultados de las investigaciones en el depósito a la columna litológica determinada en ese corte.

No se han podido realizar ensayos de resistencia a compresión simple debido al carácter gravoso de la totalidad de las muestras de los sondeos. Este hecho se puede observar en las fotografías de las cajas de los testigos de los sondeos S-1 y S-2 incluidas en el *Apéndice 1*.

En el área de estudio se pueden distinguir las siguientes unidades geotécnicas:

- **Qca:** Cuaternario. Depósitos de Conos aluviales.
- **Qfv:** Cuaternario. Depósitos Endorreicos de Fondo de Valle.
- **Qt:** Cuaternario. Terrazas aluviales.
- **Ta:** Terciario. Niveles arcósicos.

A continuación se realiza la descripción y caracterización geotécnica de cada una de estas unidades:

6.1.1. Qca. Cuaternario. Depósitos de Conos aluviales

Estos rellenos presentes en la mayor parte de la zona de estudio corresponden a gravas limo-arcillosas con algo de arena, procedentes del aporte de sedimentos por el río. Generalmente en la zona tienen un espesor cercano a 4 m, lo que

estaría en consonancia con las calicatas y sondeos ejecutados.

La representación en planta de este tipo de rellenos es en forma cónica o de abanico, generando relieves de baja pendiente.

Por lo general, son materiales con baja consolidación por ser relativamente jóvenes. En general, poseen alta porosidad y bajas densidades.

Los sondeos S-1 y S-2, finalizados a 4,00 m han prospectado este nivel geotécnico, así como las calicatas C-01, C-02, C-03 y C-06.

El aspecto que presentan estos materiales se ilustra en la siguiente fotografía:



Fotografía 7: Unidad Qca-Conos Aluviales. Sondeo S-2. Caja 1 de 0,00 a 3,00 m.

Identificación y estado

Se han realizado seis (6) ensayos de granulometría por tamizado en muestras tomadas en los sondeos S-1 y S-2, así como en las calicatas C-01, C-02, C-03 y C-06. El pasante medio por el tamiz 200 (tamaños inferiores a 0,08 mm) ha sido del 13,22%. Por su parte, el contenido medio de bolos y gravas ha sido de 16,22% y 50,65% respectivamente. El contenido de arenas ha sido del 19,92%. Estos contenidos indican que el suelo es fundamentalmente granular. Los contenidos de cada fracción se recogen en la siguiente figura:



Fig. 7: Distribución de la granulometría de la UG-2

La distribución de las curvas granulométricas de las distintas muestras analizadas se muestra en la siguiente figura:

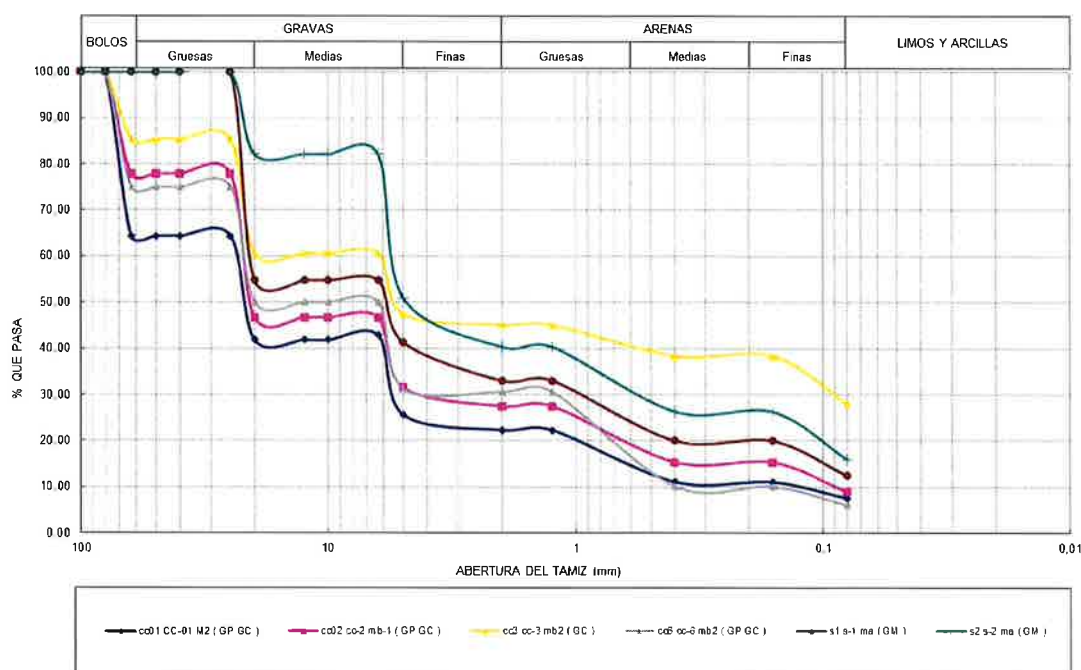


Fig. 8: Curvas granulométricas Unidad geotécnica UG-Qca

Respecto a su plasticidad, el análisis de los Límites de Atterberg realizados sobre la fracción de finos de las muestras indica que presentan una plasticidad baja a media con valores de L.L.= $23,5 \pm 6,0\%$, L.P.= $13,6 \pm 2,0\%$; e I.P.= $9,9 \pm 6,6\%$. Atendiendo al gráfico de Casagrande, las muestras se representan de la siguiente manera:

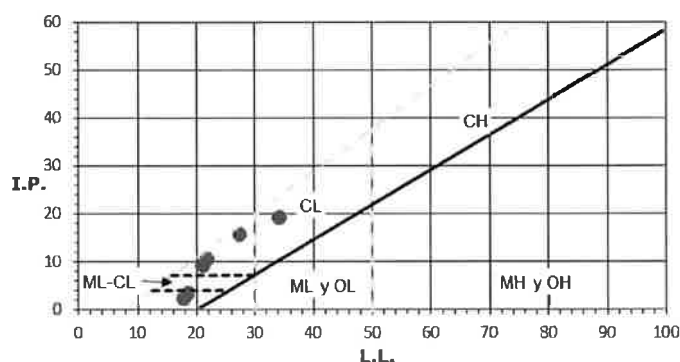


Fig. 9: Gráfico de Casagrande, UG-2

Según el sistema internacional de clasificación de suelos USCS, las muestras se clasifican como GP (Gravas mal graduadas), GC (Gravas arcillosas) y GM (Gravas limosas).

Resistencia y deformabilidad

ENSAYOS SPT

Se dispone del golpeo obtenido en dos (2) ensayos SPT realizados en los sondeos. Los valores obtenidos han sido de rechazo lo cual indica que poseen una compacidad densa a muy densa.

RESISTENCIA AL CORTE DRENADA

Se han realizado dos (2) ensayos de corte directo tipo CD (Consolidado y Drenado), cuyos resultados han sido los siguientes:

Tabla 8. Resultados de ensayos de corte directo, UG-Qca

| | c' (kPa) | ϕ' (°) |
|---------------------|-----------------|-------------------------------|
| S-1 (2,35 m) | 32,3 | 32,6 |
| S-2 (2,5 m) | 52,9 | 33,0 |

En base al conjunto de los ensayos in situ y de laboratorio, se considera adecuado adoptar los siguientes parámetros resistentes como característicos de la unidad UG-Qca:

$$c' = 42,6 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 32,8^\circ$$

Deformabilidad

ENSAYOS SPT

A modo de confirmación, la determinación de la deformabilidad para esta unidad geotécnica se ha comprobado a partir de correlaciones con los ensayos SPT efectuados. Así, a continuación, se han empleado otras correlaciones definidas para arenas y arenas limosas en las que se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 9. Correlaciones de $(N_1)_{60}$ con módulo de deformación

| Autor | Expresión | E (kg/cm ²) |
|-----------------|--|-----------------------------------|
| Begemann (1974) | $E = 40 + 12 \cdot ((N_1)_{60} - 6) \text{ kg/cm}^2$ | $(N_1)_{60} = 50 \rightarrow 568$ |
| Stroud (1989) | $E' = 1 \cdot (N_1)_{60} \text{ MPa}$ | $(N_1)_{60} = 50 \rightarrow 510$ |

Por tanto, el valor que se propone para el módulo de deformación es **$E' = 52,9 \text{ MPa (540 kg/cm}^2\text{)}$**

Por otra parte, según las características de este material, se considera adecuado asignarle un coeficiente de Poisson de **$\nu = 0,3$** .

Hinchamiento

No se espera que esta unidad presente expansividad debido al bajo contenido en finos.

Ensayos químicos

Se han realizado dos (2) determinaciones del grado de acidez de Baumann-Gully y del contenido en sulfatos solubles y una (1) determinación del contenido en yeso. Los resultados de los ensayos realizados se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 10. Resultados de ensayos químicos, UG-Qca

| Muestra | Yesos (%) | Sulfatos sol. (SO ₄ ⁻² mg/Kg) | Acidez Baumann- Gully (ml/kg) |
|--------------|-----------|--|----------------------------------|
| S-1 (2,35 m) | | 409,10 | 28,00 |
| S-2 (2,5 m) | 0,06 | 512,40 | 36,00 |

Según los resultados del contenido de sulfatos solubles y acidez de Baumann-Gully esta unidad presenta una **agresividad nula** frente al hormigón según la EHE-08.

6.1.2. Qfv. Cuaternario. Depósitos Endorreicos de Fondo de Valle

Estos materiales corresponden a depósitos de fondo de valle formados principalmente por arcillas poco plásticas.

Estos materiales se han detectado en las calicatas C-3, C-4 y C-5. En estas investigaciones se ha observado un espesor comprendido entre 0,5 y 1,5 m.

Identificación y estado

Se cuenta con cinco (5) ensayos de granulometría por tamizado. El pasante por el tamiz 200 (tamaños inferiores a 0,08 mm) ha sido del 64,85%. El contenido de arenas y gravas ha sido de entre 27,55% y 7,60% respectivamente. Por tanto, se puede decir que este suelo es fundamentalmente granular.

Los contenidos medios de cada fracción se recogen en la siguiente figura:

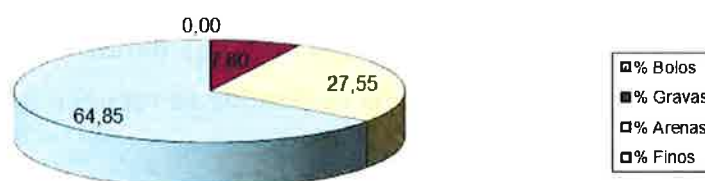


Fig. 10: Distribución de la granulometría de la UG-Qfv

La distribución de la curva granulométrica se puede observar en la siguiente

figura:

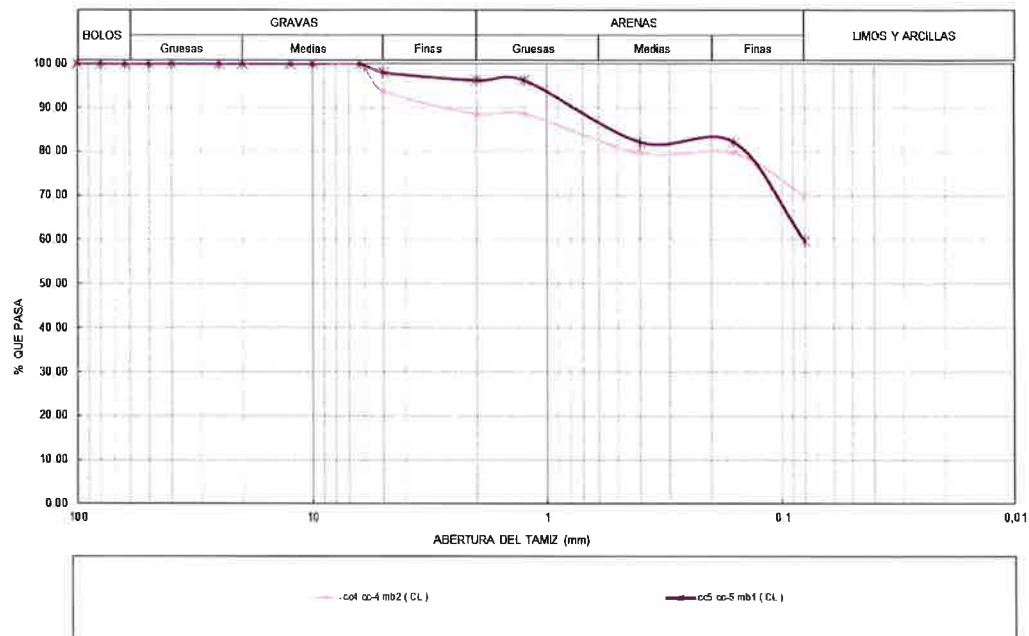


Fig. 11: Curvas granulométricas Unidad geotécnica UG-Qfv

El análisis de los Límites de Atterberg realizados sobre la fracción de finos indica que prácticamente la totalidad de las muestras analizadas presentan una plasticidad alta con valores medios de L.L.= $40,1 \pm 14,0\%$, L.P.= $17,6 \pm 6,0\%$; e I.P.= $22,5 \pm 8,0\%$. Atendiendo al gráfico de Casagrande, para la clasificación de los finos en base a su plasticidad, las muestras analizadas se localizan tal y como se muestra a continuación:

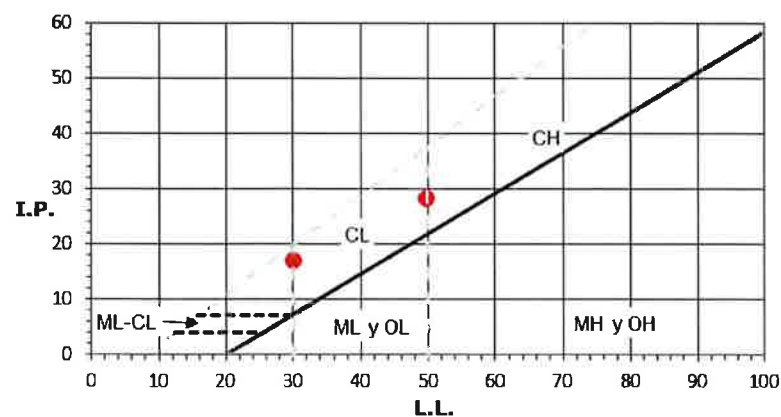


Fig. 12: Gráfico de Casagrande para los Límites de Atterberg de la UG-Qfv

Según el sistema internacional de clasificación de suelos USCS, las muestras se clasifican como CL (arcillas de plasticidad baja a media).

Expansividad

Aunque no se dispone de ensayos específicos de expansividad, se ha considerado estimar el potencial expansivo de esta unidad a partir de sus características. En la siguiente figura se incluyen una serie de criterios que pueden dar una estimación de dicho potencial de expansividad.

Table 8.7 ESTIMATING PROBABLE SWELLING PRESSURE (AFTER CHEN, 1988)

| Laboratory and field data | | | Probable expansion percent total volume change | Swelling pressure, (kN/m ²) | Degree of expansion |
|-------------------------------|-------------------|--|--|---|---------------------|
| Percentage passing 75µm sieve | Liquid limit, (%) | Standard penetration resistance, blows/300mm | | | |
| > 95 | > 60 | > 30 | > 10 | > 1000 | Very high |
| 60-95 | 40-60 | 20-30 | 3-10 | 250-1000 | High |
| 30-60 | 30-40 | 10-20 | 1-5 | 150-250 | Medium |
| < 30 | < 30 | < 10 | < 1 | < 50 | Low |

Fig. 13: Criterios para estimar el potencial de hinchamiento

De esta forma, para un contenido de finos del 64,85% y un Límite Líquido del 40,10% se puede estimar que estas arcillas pueden tener un potencial de expansión alto.

Resistencia y deformabilidad

Se ha podido comprobar que dicha unidad presenta una consistencia blanda, lo que ha impedido obtener muestras inalteradas en las calicatas. Así, para la determinación de los parámetros representativos de la resistencia al corte y los parámetros de deformabilidad de los materiales de la presente unidad, se ha considerado adecuado tomar los valores recomendados por la ROM 0.5-05 para arcillas y limos arcillosos de consistencia blanda, siendo los siguientes:

$$c_u = 40 \text{ kPa}$$

$$c' = 10 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 19^\circ$$

$$E' = 5 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0,35$$

Aprovechamiento

Se ha realizado un (1) ensayo de compactación Próctor Normal. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 11. Resultados de ensayos de compactación Próctor Normal, UG-Qfv

| Densidad max. (t/m ³) | Humedad óptima(%) |
|--------------------------------------|----------------------|
| 1,76 | 10,30 |

A la vista de estos resultados, y teniendo en cuenta que es un material potencialmente expansivo, no se considera que este material sea aprovechable para su reutilización en otras unidades de la obra a excepción de la cubrición superficial de las zanjas.

6.1.3. Unidades Qt: Cuaternario. Terrazas aluviales y Ta: Terciario. Niveles arcósicos

Estas unidades se encuentran en el emplazamiento del depósito. Desafortunadamente, el propietario de dicha parcela no permitió el acceso de maquinaria para poder realizar investigaciones.

En un corte próximo, se han podido observar estas unidades, cuya fotografía se adjunta a continuación:



Fotografía 8: Vista de las unidades Qt y Ta en un corte cercano al emplazamiento del depósito

En este corte se ha podido comprobar que la unidad Qt Terrazas Aluviales tiene un espesor de unos 4 m. Por debajo se sitúa la unidad Ta.

La unidad Qt está constituida por gravas cuarcíticas y niveles de arenas arcillosas y limosas. La unidad Ta está compuesta por arcosas que intercalan lenticiones arcillosos y de gravas.

Estas unidades aparecen muy consolidadas y, a la vista parecen presentar una compacidad muy densa.

Para poder estudiarlas se han realizado dos penetrómetros dinámicos tipo Panda2 y dos placas de carga dinámica. Estas investigaciones se han realizado en el centro de cada vaso del depósito y sus resultados se analizan a continuación.

Resistencia

PENETRÓMETROS DINÁMICOS

Los ensayos de penetración dinámica tipo PANDA2 realizados han alcanzado rechazo a algo más de 0,50 m de profundidad, dentro de la unidad Qt, terrazas aluviales.

A partir de los valores de resistencia dinámica por punta característicos y, mediante la correlación del fabricante, se puede determinar el valor del índice SPT “N₃₀”. La formulación empírica utilizada para terrenos naturales sin nivel freático es la siguiente:

$$q_d = 0,6 \cdot N_{30}$$

En la siguiente tabla se recogen los resultados obtenidos de resistencia dinámica por punta y su correlación con el índice SPT, así como el valor representativo recomendado para el mismo.

Tabla 12. Resistencia dinámica por punta

| Penetrómetro | Profundidad (m) | Resistencia dinámica, q _d (MPa) | Valores SPT | N _{SPT} recomendado |
|--------------|-----------------|--|-------------|------------------------------|
| P-1 | 0,06-0,42 | 10-30 | 17-50 | 20 |
| | 0,42-0,52 | 20-75 | 33-125 | 50 |
| P-2 | 0,07-0,33 | 10-20 | 17-33 | 20 |
| | 0,33-0,57 | 20-75 | 33-125 | 50 |

Estos resultados confirman que las gravas de la unidad Qt presentan una compacidad medianamente densa a muy densa.

En el Apéndice 4 se recogen las actas de los dos penetrómetros realizados.

Al tratarse en general de materiales granulares, se ha procedido a relacionar los golpes, N_{SPT}, con el ángulo de rozamiento efectivo (φ') empleando la correlación propuesta por Peck et al. (1974), representada en la siguiente figura:

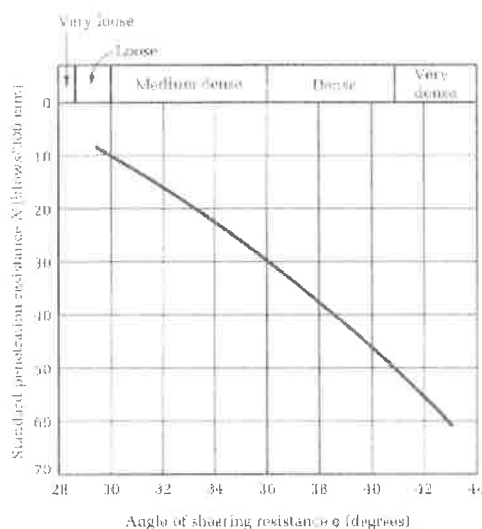


Fig. 14: Gráfica que relaciona el ángulo de rozamiento interno efectivo y densidad relativa con el golpeo del SPT, Peck et al (1974)

De esta forma, se considera adecuado adoptar un valor del ángulo de rozamiento de $\phi' = 41^\circ$.

Con respecto al valor de la cohesión de las gravas, debido al escaso contenido en finos se considera adecuado adoptar un valor de $c' = 0$ kPa.

Deformabilidad

ENSAYOS DE PLACA DINÁMICA

Se han realizado dos (2) ensayos de placa dinámica en esta unidad.

Se ha estimado el valor del módulo estático del segundo ciclo de carga " E_{v2} ", a partir del resultado dinámico (E_{vd}) usando la expresión proporcionada por el fabricante del equipo.

Tabla 13. Resultados de ensayos de placa dinámica en UG-Qt

| Placa dinámica | E_{vd} (MPa) | E_{v2} (MPa) |
|----------------|----------------|----------------|
| PD-1 | 19,77 | 41 |
| PD-2 | 55,56 | 123 |

A la vista de estos resultados, se obtiene un valor promedio del módulo $E_{v2} = 82$ MPa.

A modo orientativo, la relación entre el módulo E_{vd} y el módulo de deformación estático suele variar entre 1 y 5 dependiendo de la naturaleza más granular o más cohesiva del material y de la compacidad o consistencia del mismo, habiéndose tomado 1,50. De esta manera, se recomiendan los siguientes parámetros de deformación:

$$E' = 55 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0,25$$

Finalmente, cabe indicar que la unidad inferior, UG-Ta Niveles arcóscicos, aparece mucho más consolidada que la unidad Qt, por lo que sus parámetros resistentes y de deformabilidad serían mayores. Sin embargo, de modo conservador, se ha considerado asignarle los mismos parámetros.

Hinchamiento

No se espera que ésta unidad presente expansividad debido a su naturaleza fundamentalmente granular.

6.2. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS REPRESENTATIVOS

Tras la caracterización realizada con los datos obtenidos en la campaña geotécnica, se consideran adecuados los siguientes parámetros geotécnicos como representativos de las unidades definidas:

Tabla 14. Resumen de parámetros geotécnicos de las distintas unidades

| Unidad | % pasa 0,08 mm | L.L. | I.P. | c' (kPa) | Φ' (°) | E' (MPa) | ν | N_{30} |
|--------|-------------------|-------|-------|---------------|----------------|------------|-------|----------|
| UG-Qca | 13,22 | 23,50 | 9,90 | 43 | 33 | 52,90 | 0,30 | 50 |
| UG-Qfv | 64,90 | 40,10 | 22,50 | 10 | 19 | 5 | 0,35 | - |
| UG-Qt | - | - | - | 0 | 41 | 55 | 0,25 | 17-R |
| UG-Ta | - | - | - | 0 | 41 | 55 | 0,25 | 17-R |

Tabla 15. Parámetros para el diseño de muros y pantallas

| Unidad | K_0 | $K_a^{(*)}$ | K_p |
|--------|-------|-------------|-------|
| UG-Qca | 0,46 | 0,29 | 3,39 |
| UG-Qfv | 0,67 | 0,51 | 1,97 |
| UG-Qt | 0,34 | 0,21 | 4,81 |
| UG-Ta | 0,34 | 0,21 | 4,81 |

*Considerando nulo el rozamiento tierras-fábrica, coronación de tierras horizontal y un trasdós del muro vertical.

7. TRAMIFICACIÓN GEOLÓGICA DEL TRAZADO

Se ha realizado una tramificación geológica del trazado en función de la información geológica recabada en campo (catas y sondeos), así como de la bibliografía estudiada y las fotos aéreas disponibles.

En la siguiente tabla se recoge una tramificación aproximada de las unidades geotécnicas afectadas por la implantación del colector:

Tabla 16: Tramificación geológica aproximada del trazado

| P.K. | Unidades geotécnicas |
|---------------|----------------------|
| 0+000 a 0+850 | Qca |
| 0+850 a 1+930 | Qfv |
| 1+930 a 2+810 | Qca |
| 2+810 a 3+075 | Qt |

8. ZANJAS

8.1. INTRODUCCIÓN

El trazado de los Colectores sigue una lineación sureste-noroeste desde el Depósito a construir hasta la EBAR existente en las cercanías del casco urbano de Talamanca.

Tendrá una longitud de 3.075 m aproximadamente y una profundidad de enterramiento entre 1,50 y 4 m con respecto a la rasante del terreno.

Las unidades geotécnicas afectadas por las zanjas para la implantación del colector se han representado en el *Plano 2: Planta y Perfil Longitudinal del Trazado* el cual incorpora la topografía básica y la traza de la conducción.

En base a dicho plano se ha realizado la siguiente tramificación del trazado de las conducciones en función de la unidad geológica predominante.

- PK 0+000 a 0+850: Qca. Depósitos de Conos aluviales
- PK 0+850 a 1+930: Qfv. Depósitos Endorreicos de Fondo de Valle
- PK 1+930 a 2+810: Qca. Depósitos de Conos aluviales
- PK 2+810 a 3+075: Qt. Terrazas aluviales

8.2. Excavabilidad de los materiales

Para establecer la excavabilidad en cada una unidad se han tenido en cuenta las observaciones de campo, los métodos de perforación en los sondeos y excavación de las calicatas y los ensayos de resistencia SPT y penetrómetros dinámicos.

Desde el punto de vista del análisis de la excavabilidad se considera que las tres unidades que afectan al trazado (Qt, Qfv y Qca) son de tipo suelo y no presentan encostramientos ni niveles cementados.

Una vez analizados estos aspectos se puede concluir que las tres unidades que afectan al trazado podrán ser excavados mediante **medios mecánicos convencionales** (excavación mecánica ligera).

Tabla 17: Resumen de excavabilidad

| Unidad geotécnica | Excavabilidad | Método de excavación |
|-------------------|---------------|---|
| Qca | Excavable | Medios mecánicos convencionales ligeros |
| Qfv | Excavable | Medios mecánicos convencionales ligeros |
| Qt | Excavable | Medios mecánicos convencionales ligeros |

8.3. Estabilidad de las excavaciones. Taludes recomendados

Para poder albergar el trazado de la tubería se tendrá que recurrir a realizar excavaciones con profundidades comprendidas entre 1,5 y 4 m.

La ausencia de nivel freático en las zonas por donde discurrirá la conducción facilita el proceso de excavación, evita que se produzcan acumulaciones de agua que reduzca la resistencia de los materiales por meteorización y favorece la estabilidad de los taludes. Sin embargo, las arcillas de fondo de valle de la unidad Qfv observadas en las calicatas C-3, C-4 y C-5 y que se encontraban bastante húmedas cuando se realizaron podrían requerir la ayuda de entibaciones y bombas de achique según la época del año. En los meses más lluviosos es muy probable que haya acumulación de agua en esta zona.

Por tanto, considerando taludes de excavación temporales, se recomiendan las siguientes inclinaciones para profundidades de excavación de hasta 1,5 m:

- PK 0+000 a 0+850: Qca. Se recomiendan taludes con inclinación 1H:3V.
- PK 0+850 a 1+930: Qfv. Se recomienda excavartaludes al 1H:2V.
- PK 1+930 a 2+810: Qca. Se recomiendan taludes con inclinación 1H:3V.
- PK 2+810 a 3+075: Qt. Se recomiendan taludes con inclinación 1H:3V.

Si la excavación es mayor de 1,5 m las excavaciones se realizarán al 1H:1V.

Además, se recomienda excavar las unidades de terreno vegetal de la parte superior al 3H:2V, para evitar caídas continuas de este material a las zanjas.

Se recomienda limitar la distancia de paso de maquinaria a 1,50 m o más del borde de las zanjas.

9. HINCA DE TUBERÍAS

El trazado de las conducciones intersecta la carretera N-320 a unos 400 m del emplazamiento del depósito, casi al final del trazado. Para atravesar el trazado de la carretera, se plantea realizar una hinca de tuberías por debajo de la misma.

Para estudiar esta hinca se han realizado dos sondeos, uno a cada lado de la carretera para determinar el material existente y poder ensayar muestras que permitan aportar parámetros para la hinca de las tuberías.

Según las investigaciones realizadas, el terreno situado bajo la carretera corresponde a la unidad geotécnica UG-Qca, depósitos de conos aluviales. Los parámetros geotécnicos que se definen para esta unidad son los siguientes:

$$\gamma_{ap} = 1,9 \text{ t/m}^3$$

$$c' = 43 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 33^\circ$$

10. ESTUDIO DE CIMENTACIONES

10.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se recogen los criterios de diseño generales y métodos de cálculo que se han seleccionado para el análisis de las cimentaciones del depósito.

A continuación se describe de manera genérica la metodología de cálculo empleada para la tensión admisible de cimentaciones superficiales en suelos granulares y el cálculo de asientos correspondiente a los depósitos.

10.2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

10.2.1. Tensión media admisible en materiales granulares

En las estructuras en las que todo el bulbo resistente de la zapata quede en terrenos predominantemente granulares, o no cohesivos, normalmente la tensión media admisible resultante de las relaciones mencionadas anteriormente se limita para obtener un asiento teórico suficientemente pequeño, es decir, la tensión media admisible se fija a partir del asiento admisible de la estructura debido a la compresión del suelo bajo la zapata.

En estos casos se emplean diversos métodos como las correlaciones experimentales establecidas por Terzaghi y Peck ("Mecánica de suelos en la ingeniería practica 2ª Edición 1973"), que ligan el ancho del cimiento y la tensión media admisible con el resultado del ensayo de penetración S.P.T. para un asiento de una pulgada (25,4 mm), o las de Meyerhof ("Shallow Foundations" Proc. ASCE, 91, SM2, pp 21-31.), que ligan la tensión media admisible y el asiento que se produce con el valor medio del N_{SPT} en un espesor igual a la anchura de la zapata contado a partir del plano de cimentación.

En este caso, para determinar el valor de la tensión media admisible en la base de las zapatas que apoyan en materiales granulares formados en su conjunto por arenas de miga se empleará el método de Terzaghi y Peck (1948) modificado con las correcciones de Meyerhof (1956):

La correlación entre la presión de servicio que puede admitirse y el índice N del ensayo SPT, para limitar a un valor moderado los asientos posteriores, hace

recomendable la utilización de la expresión siguiente:

$$p_{vadm} = 4\overline{N}_{60} \cdot f_B \cdot f_D \cdot f_L \cdot f_l \cdot f_w (kPa) \quad (1)$$

Donde:

N_{60} = Valor de cálculo del índice N del ensayo SPT una vez corregido por energía y tensión efectiva

f_B = Factor de corrección adimensional que tiene en cuenta el ancho de la cimentación. Se utilizará el valor siguiente:

$$f_B = \left(\frac{B^* + 0,3}{B^*} \right)^2 \leq 1,5 \quad (2)$$

f_D = Factor de corrección adimensional que tiene en cuenta la profundidad de cimentación, D. Se evaluará mediante la expresión siguiente:

$$f_D = \left(1 + \frac{D}{3B^*} \right) \leq 1,5 \quad (3)$$

f_L = Factor de corrección adimensional que tiene en cuenta la forma de la cimentación. Su valor de cálculo es:

$$f_L = \left(\frac{L^* + 0,25B^*}{1,25L^*} \right)^2 \quad (4)$$

f_l, f_w = Factores adimensionales para considerar el efecto del agua que pudiera existir bajo la cimentación.

Cuando sea esperable una situación no hidrostática y pueda existir un flujo de agua ascendente, la presión admisible será menor que la indicada y puede obtenerse mediante el uso del factor de reducción siguiente:

$$f_l = \left(1 - I_v \cdot \frac{\gamma_w}{\gamma'} \right) \leq 1 \quad (5)$$

Donde:

F_l = Factor de corrección por efecto del flujo ascendente del agua.

I_v = Gradiente vertical del flujo del agua.

γ' = Peso específico sumergido del suelo.

γ_w = Peso específico del agua.

Cuando el flujo de agua sea descendente, no será necesario tenerlo en cuenta en este método de cálculo.

Las cargas admisibles de cimentaciones apoyadas sobre arenas no saturadas pueden calcularse mediante el uso del factor de ampliación siguiente:

$$f_w = 1 + 0,6 \cdot \frac{h_w}{B^*} \leq 1,8 \quad (6)$$

Donde:

f_w = Factor de corrección para condiciones de cimentación en arenas no saturadas.

h_w = Profundidad mínima del nivel freático bajo el plano de cimentación durante la situación de proyecto considerada.

B^* = Ancho equivalente de la cimentación.

Este procedimiento está sometido a las siguientes limitaciones:

- Terreno plano, horizontal o con pendiente inferior al 10%.
- La inclinación de la acción es inferior al 10% ($\text{tg } \delta < 0,10$).
- El agua del terreno se encuentra en régimen hidrostático, o se mueve con gradientes moderados ($I_v < 0,2$).
- El valor de N_{SPT} empleado no debe ser nunca mayor de 50.
- En toda la zona de afección de la cimentación y al menos hasta una

profundidad mayor que 1,5 B* existen gravas. Además, a profundidades mayores, no existen terrenos cohesivos blandos que puedan provocar asientos importantes.

- La estructura para la que se proyecta la cimentación no es especialmente sensible a los asientos y puede soportar asientos de 2,5 cm, después de su construcción, sin merma de su seguridad o fiabilidad.

10.2.2. Cálculo de asientos

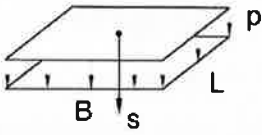
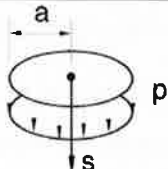
Para el caso de cimentaciones superficiales mediante zapatas, la tensión admisible obtenida por el método de cálculo anteriormente descrito está limitada a un asiento máximo de 1" (2,54 cm) correspondiente con el límite máximo admitido para cimentaciones superficiales aisladas en suelos granulares.

Para el caso de los depósitos, se ha empleado el programa informático Settle 3D de Rocscience para el cálculo del asiento mediante los parámetros del modelo elástico del terreno.

Modelo elástico: Caracterizando el terreno de acuerdo con el modelo elástico lineal, que queda definido por los parámetros E (módulo de elasticidad) y ν (módulo de Poisson), y empleando como hipótesis de cálculo que la distribución de tensiones bajo la cimentación es independiente de la posible heterogeneidad del terreno, es aplicable la solución de reparto tensional correspondiente al semiespacio homogéneo e isótropo de Boussinesq.

Las fórmulas analíticas que permiten el cálculo de los movimientos de la cimentación son las que se incluyen en las siguientes figuras.

CIMENTACIONES FLEXIBLES

| | | |
|--|---|--|
| <p>Área rectangular</p> <p>Asiento bajo el centro</p> |  | $s = \frac{2}{\pi} R \frac{p(1-\nu^2)}{E}$ <p>Donde:</p> $R = B \operatorname{argsh}\left(\frac{L}{B}\right) + L \operatorname{argsh}\left(\frac{B}{L}\right)$ <p>NOTA: argsh, es la función argumento del seno hiperbólico.</p> |
| <p>Área circular</p> <p>Asiento bajo el centro</p> |  | $s = 2 \frac{p a(1-\nu^2)}{E}$ |

CIMENTACIONES RÍGIDAS

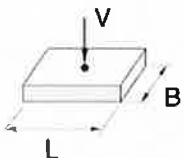
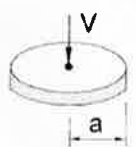
| | | |
|---|---|---|
| <p>Área rectangular</p> <p>Asiento</p> |  | $s = \frac{V(1-\nu^2)}{1.25 E \sqrt[3]{BL}}$ <p>$L/B \leq 5$</p> |
| <p>Área circular</p> <p>Asiento bajo el centro</p> |  | $s = \frac{V(1-\nu^2)}{2aE}$ |

Fig. 15: Fórmulas de cálculo de asientos por el método elástico

Donde:

S = Asiento admisible en cm.

p = Tensión admisible media en base de zapata en kp/cm².

B = Anchura de la cimentación en m.

L = Longitud de la cimentación en m.

V = Carga vertical (kPa)

E = Módulo de Young

ν = Coeficiente de Poisson

El cálculo de asientos con el modelo elástico debe realizarse con la ayuda de la hipótesis de cálculo siguiente: la distribución de tensiones bajo la cimentación es independiente de la posible heterogeneidad del terreno; es aplicable la solución

de reparto tensional correspondiente al semiespacio homogéneo e isótropo de Boussinesq.

10.3. CIMENTACIÓN DEL DEPÓSITO

Según los datos proporcionados para la redacción del presente estudio, el depósito proyectado posee unas dimensiones en planta de unos 32,15 x 15,0 metros y se compartimenta en dos vasos de 15,0x 15,0 m los cuales apoyan a la misma cota. Se considera que las cimentaciones serán mediante losas flexibles.

La cota inicialmente considerada para la solera del depósito es la 722,0 m.s.n.m. Las cotas en la zona del depósito se sitúan entre la 722 y la 724, lo que implica una excavación máxima de unos 2,0 metros, según la planta proporcionada que se muestra en la siguiente figura:

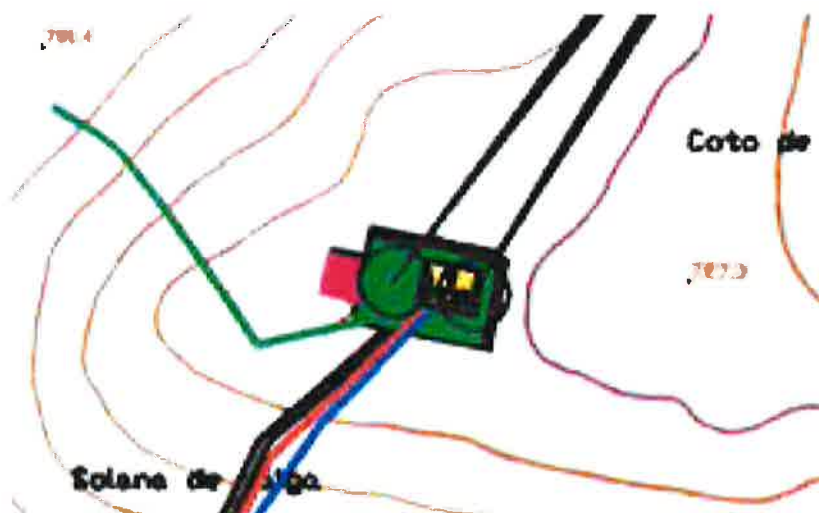


Fig. 16: Situación en planta del depósito

Se ha considerado un canto de la losa de unos 0,80 m.

El perfil del terreno de cimentación considerado para los cálculos a partir de la cota de poyo de la solera de los depósitos, es el siguiente:

Tabla 18. Perfil del terreno bajo depósitos a partir de la cota 722,0

| Unidad geotécnica | Espesores (m) | Parámetros geotécnicos | | Nivel Freático |
|-------------------|---------------|---|-------------------------------------|----------------|
| UG-Qt y UG-Ta | >30 m | $\gamma' = 19\text{kN/m}^3$ $c' = 0\text{kPa}$ $\phi' = 41^\circ$ | $E = 55\text{ MPa}$ $\nu = 0,25$ | - |

A modo de hipótesis de cálculo se supone que el depósito transmite una carga de 100 kPa (1,00 kg/cm²).

Para unas dimensiones de cimentación aproximadas de 32 x 15 m, se obtiene un valor de tensión admisible según la formulación indicada superior a 300 kPa y por tanto elevada, lo cual no resultará limitativo dadas las cargas transmitidas por el depósito al terreno.

Asientos y reacción del terreno

Para una carga máxima de 100 kPa en toda el área del depósito, el mayor asiento en valor absoluto se produce en el centro del mismo con un valor de **3,60 cm** como muestran las siguientes figuras:

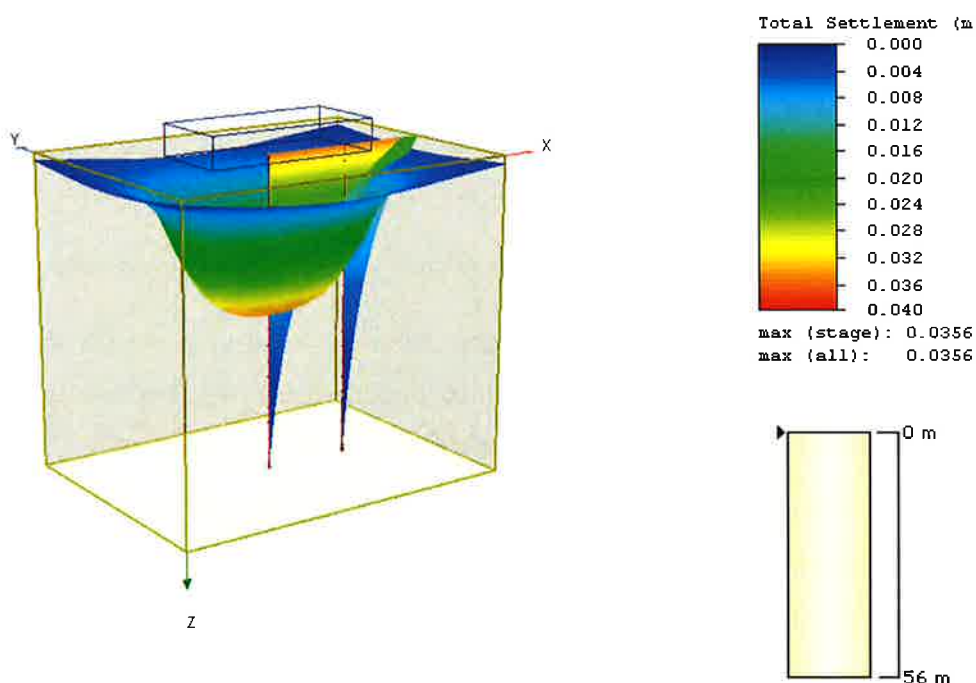


Fig. 17: Vista en 3D de los asientos producidos por el depósito

En el modelo realizado se ha representado el perfil natural del terreno a partir de la cota de apoyo de la cimentación (721,0 m.s.n.m.) y considerando una carga homogénea de 100 kPa transmitida por la estructura más el peso de agua y una cimentación flexible.

La mayor diferencia de asientos es de **1,60 cm** entre el centro y los extremos, lo

cual supone una distorsión angular de $\delta=1/1000$.

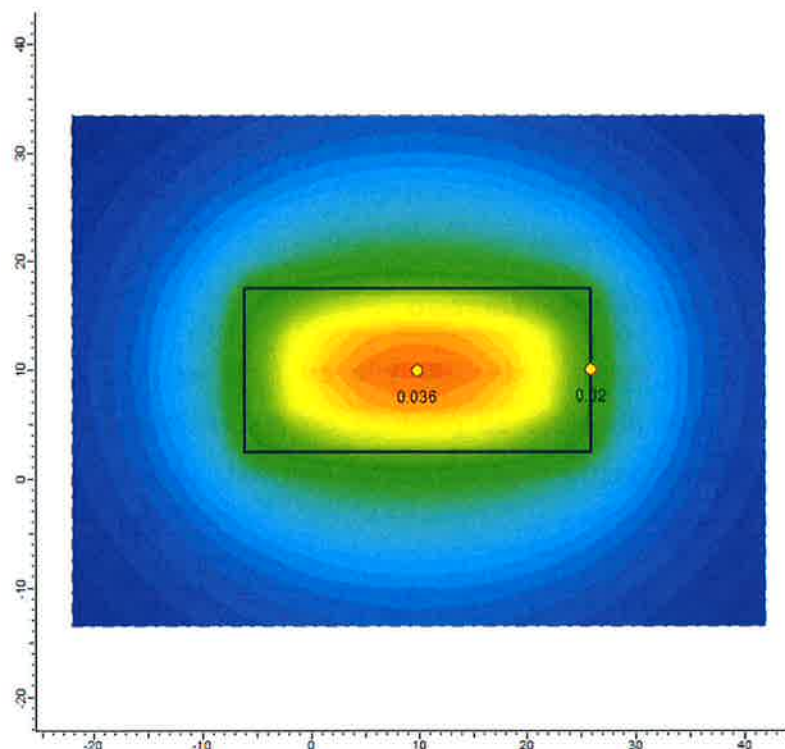


Fig. 18: Valor del asiento máximo y mínimo en el depósito

El coeficiente de balasto para esta zona se calcula como la relación entre la tensión vertical aplicada y el asiento producido, obteniéndose un valor de $k_v = 2.810 \text{ kPa/m}$ para el asiento máximo en el centro (3,60 cm).

Los asientos obtenidos y el valor de distorsión angular, son asumibles para una cimentación mediante losa sobre un terreno granular, en cualquier caso el valor de asiento obtenido está asociado al máximo valor de carga considerado, si bien durante el funcionamiento del depósito la carga puede ser inferior a este valor.

10.3.1. Taludes de excavación

Para la ejecución de los taludes temporales de excavación hasta alcanzar la cota de apoyo de la cimentación, es decir la 721,0 m.s.n.m., se deberán ejecutar taludes con una altura variable entre 1 y 2 m según la topografía disponible. Las excavaciones se ejecutarán sobre las gravas de la terraza aluvial de la unidad geotécnica UG-Qt.

Se recomienda la siguiente inclinación:

- UG-Qt Terrazas aluviales: 1H:3V para excavaciones hasta 1,5 m. Para profundidades mayores las excavaciones irán al 1H:1V.

10.3.2. Excavabilidad de los materiales

Todos los materiales presentes en la zona del depósito son excavables mediante medios mecánicos convencionales.

11. APROVECHAMIENTO DE LOS MATERIALES

Tal y como se ha indicado anteriormente, la unidad con más restricciones para su aprovechamiento es la unidad Qfv, depósitos de fondo de valle, que es una unidad arcillosa con un potencial expansivo alto. Esto limita su aprovechamiento a la cubrición superficial de las zanjas, sin estar nunca en contacto con las tuberías.

Por otro lado, las unidades granulares Qca, Qt y Ta son aprovechables para el relleno de las zanjas, una vez que la tubería se haya cubierto con sus correspondientes capas granulares de diseño.

12. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se ha redactado el presente Estudio Geotécnico para cubrir todos los aspectos geotécnicos que puedan tener relación con la conducción de los colectores y la construcción del nuevo depósito regulador de abastecimiento de agua a la estación de bombeo existente de Talamanca de Jarama.

Para ello se realizó una campaña geotécnica consistente en sondeos, calicatas, penetrómetros dinámicos, placas de carga dinámica, estudio con tomografía eléctrica y ensayos de laboratorio.

La conducción se sitúa al este de Talamanca del Jarama y toma dirección sureste hasta finalizar en el depósito. El trazado total tiene una longitud de 3.075 m.

En la zona de estudio se han distinguido las siguientes unidades:

- **Qca:** Cuaternario. Depósitos de Conos aluviales. Están compuestos por gravas y bolos con arenas y algo de arcillas muy densos.
- **Qfv:** Cuaternario. Depósitos Endorreicos de Fondo de Valle. Se trata de arcillas arenosas blandas bastante húmedas.
- **Qt:** Cuaternario. Terrazas aluviales. Esta unidad se encuentra en el emplazamiento del depósito y está compuesta por gravas y bolos arenosos con algo de arcillas densos a muy densos.
- **Ta:** Terciario. Niveles arcósicos. Es una unidad compuesta por arcosas que intercalan lentejones arcillosos y de gravas.

Estas unidades se han caracterizado geotécnicamente a partir de los ensayos de campo y de los ensayos de laboratorio. En el **apartado 6.2 se incluye una tabla con los parámetros de cálculo representativos de estas unidades**, así como parámetros para el diseño de muros y pantallas.

De la caracterización realizada cabe destacar:

- **Las unidades UG-Qca, UG-Qt y Ta son muy resistentes y poco deformables.** Su compacidad es densa a muy densa.
- **La unidad UG-Qfv, que ocupa la zona central del trazado de las conducciones, es la más blanda y deformable.** Su consistencia es

blanda y están bastante húmedas, a pesar de haberse excavado en una época sin lluvias.

- **Se considera que todas las unidades geotécnicas identificadas presentan una Agresividad nula a los hormigones.**

No se ha detectado el nivel freático en ninguna de las investigaciones realizadas.

De cara al estudio de las conducciones, se considera que se requerirá de excavaciones en zanja de entre 1,5 m a 4 m de profundidad según la zona. En base a las unidades geológicas presentes se ha tramificado el trazado de la siguiente forma:

- PK 0+000 a 0+850: Qca. Depósitos de Conos aluviales
- PK 0+850 a 1+930: Qfv. Depósitos Endorreicos de Fondo de Valle
- PK 1+930 a 2+810: Qca. Depósitos de Conos aluviales
- PK 2+810 a 3+075: Qt. Terrazas aluviales

Desde el punto de vista del análisis de la excavabilidad se considera que las tres unidades que afectan al trazado (Qt, Qfv y Qca) son de tipo suelo y no presentan encostramientos ni niveles cementados, por lo que se podrán excavar mediante medios mecánicos convencionales (excavación mecánica ligera).

Sin embargo, las arcillas de fondo de valle de la unidad Qfv observadas en las calicatas C-3, C-4 y C-5 y que se encontraban bastante húmedas cuando se realizaron podrían requerir la ayuda de entibaciones y bombas de achique según la época del año. En los meses más lluviosos es muy probable que haya acumulación de agua en esta zona.

Respecto a los taludes de excavación de las zanjas para la instalación de las conducciones, se recomiendan las siguientes inclinaciones para profundidades de hasta 1,5 m:

- PK 0+000 a 0+850: Qca. Se recomiendan taludes con inclinación 1H:3V.
- PK 0+850 a 1+930: Qfv. Se recomienda realizar excavaciones temporales al 1H:2V.
- PK 1+930 a 2+810: Qca. Se recomiendan taludes con inclinación 1H:3V.
- PK 2+810 a 3+075: Qt. Se recomiendan taludes con inclinación 1H:3V.

Si la excavación es mayor de 1,50 m las excavaciones se realizarán al 1H:1V.

Se recomienda limitar la distancia de paso de maquinaria a 1,50 m o más del borde de las zanjas.

El trazado de las conducciones intersecta la carretera N-320 a unos 400 m del emplazamiento del depósito, casi al final del trazado. Para atravesar el trazado de la carretera, se plantea realizar una hinca de tuberías por debajo de la misma. El terreno situado bajo la carretera corresponde a la unidad geotécnica UG-Qca, depósitos de conos aluviales. Los parámetros geotécnicos que se definen para esta unidad son los siguientes:

$$\gamma_{ap} = 1,9 \text{ t/m}^3$$

$$c' = 43 \text{ kPa}$$

$$\varphi' = 33^\circ$$

Respecto a la cimentación del depósito, se ha considerado una cimentación mediante losa flexible. Se considera que la losa transmite una carga de 100 kPa. El asiento máximo para esta carga es de **$S = 3,6 \text{ cm}$** . El coeficiente de balasto para un carga de 100 kPa es de **$k_v = 2.810 \text{ kPa/m}$** .

En cuanto al aprovechamiento, tal y como se ha indicado anteriormente, la unidad con más restricciones es la unidad Qfv, depósitos de fondo de valle, que es una unidad arcillosa con un potencial expansivo alto. Esto limita su aprovechamiento a la cubrición superficial de las zanjas, sin estar nunca en contacto con las tuberías.

Por otro lado, las unidades granulares Qca, Qt y Ta son aprovechables para el relleno de las zanjas, una vez que la tubería se haya cubierto con sus correspondientes capas granulares de diseño.

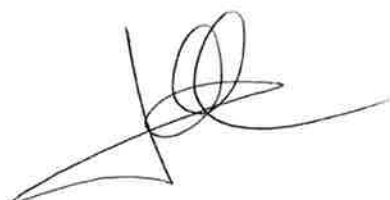
Este estudio consta de 50 páginas numeradas de la 1 a la 50, cinco (5) planos y seis (6) apéndices.

26 de Septiembre de 2016

Fdo.:



José Alberto López Chinarro
Ingeniero Geólogo

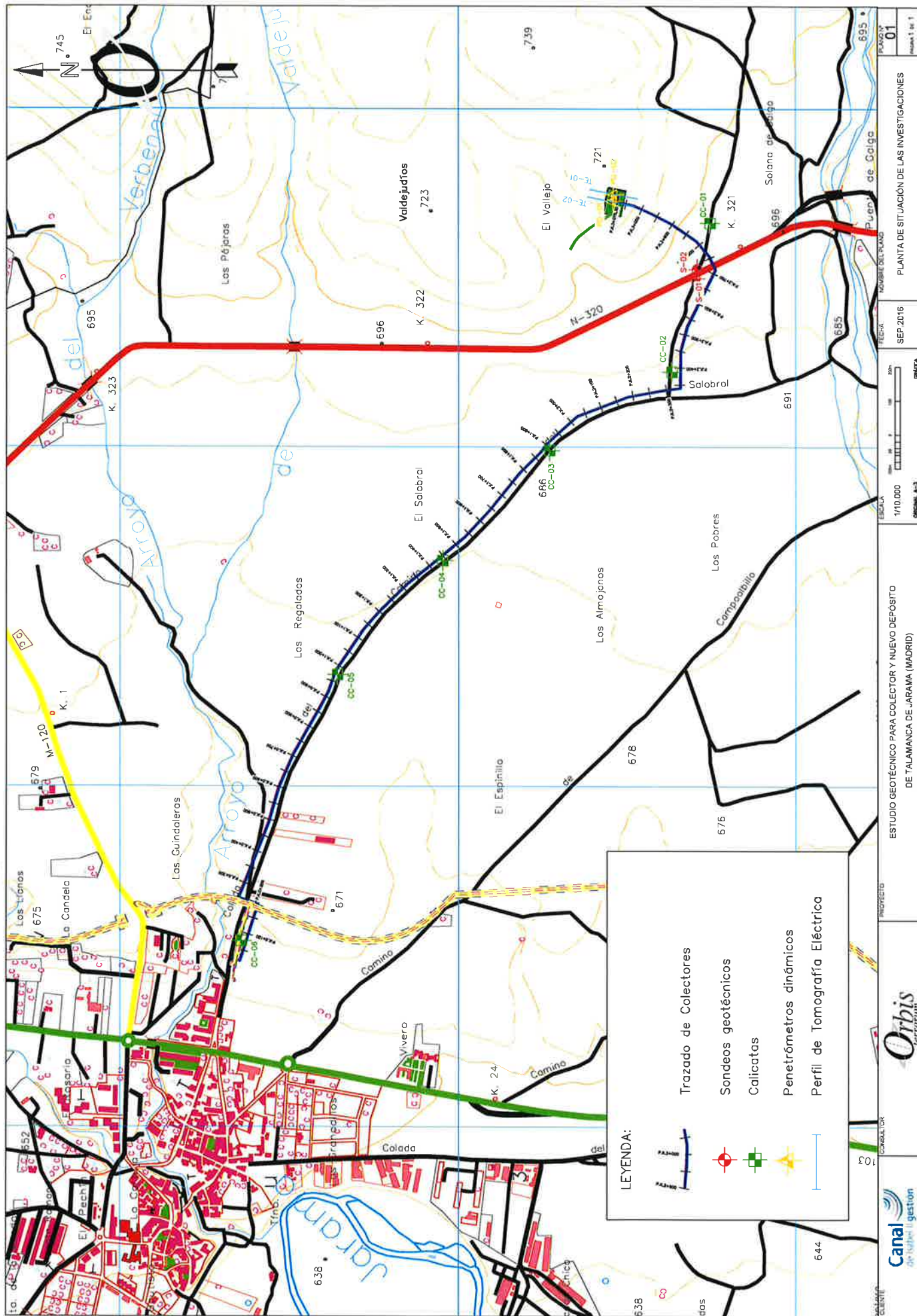


Joaquín Dorronsoro Pérez
Licenciado en C.C. Geológicas

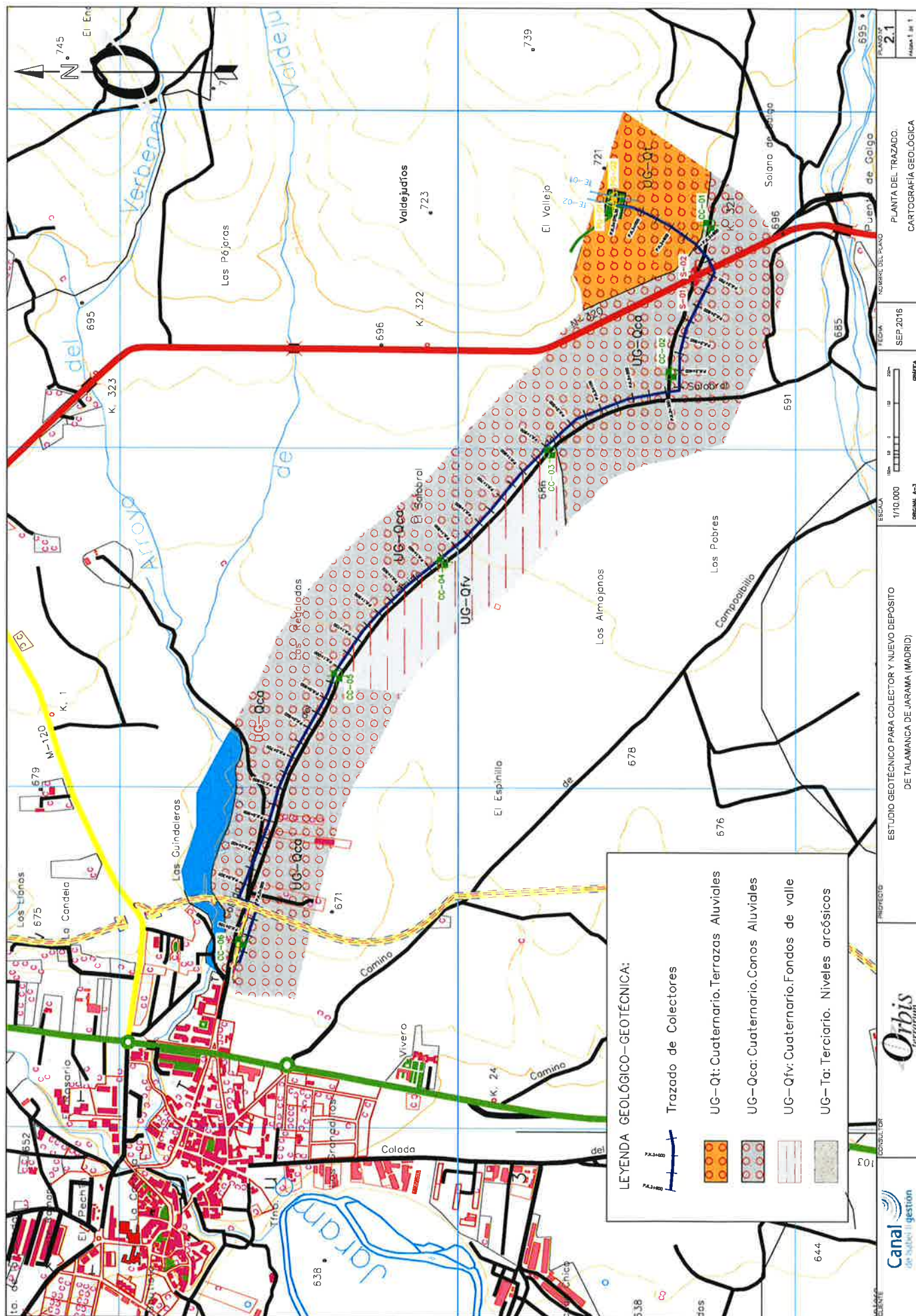
Este informe es propiedad intelectual de Orbis Terrarum y, salvo para los fines para los que fue contratado por el Cliente, no podrá ser utilizado o reproducido sin autorización expresa de Orbis Terrarum.

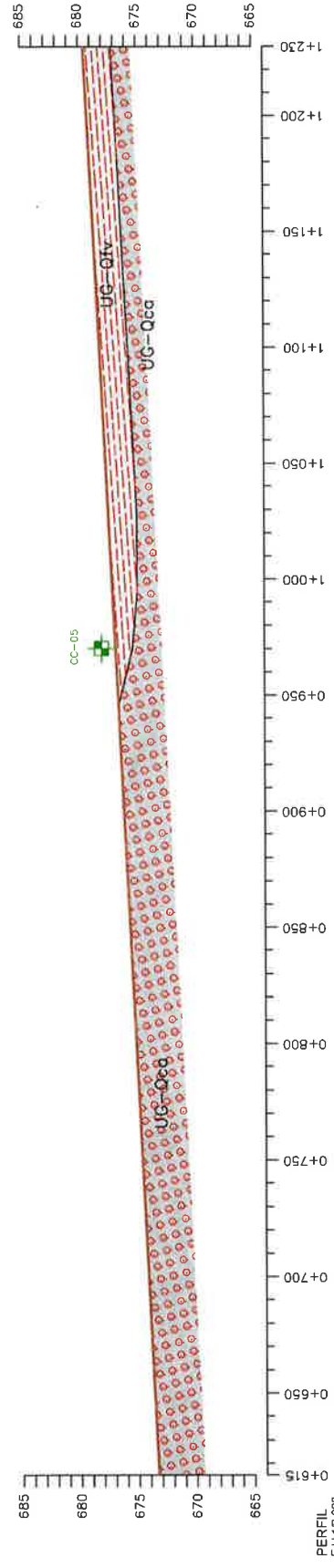
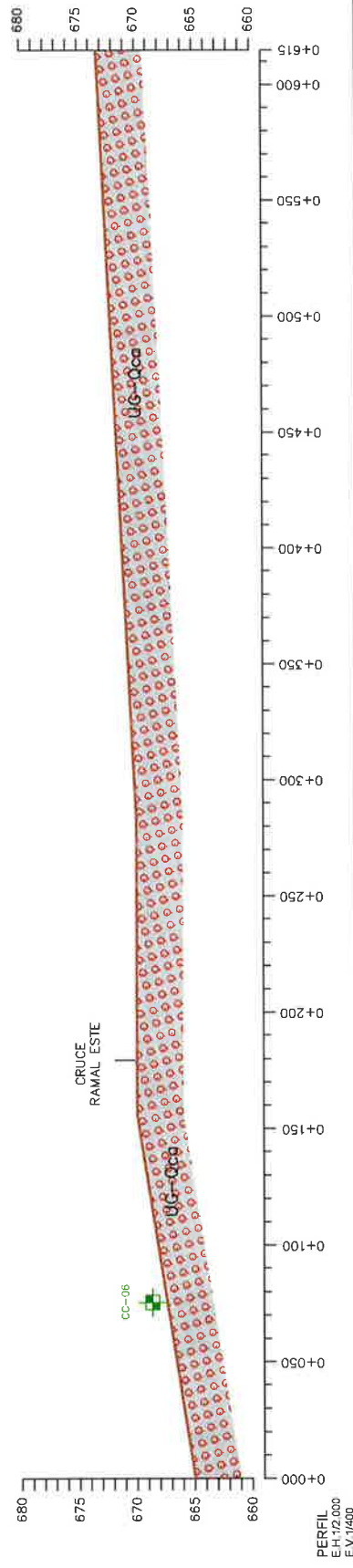
PLANOS

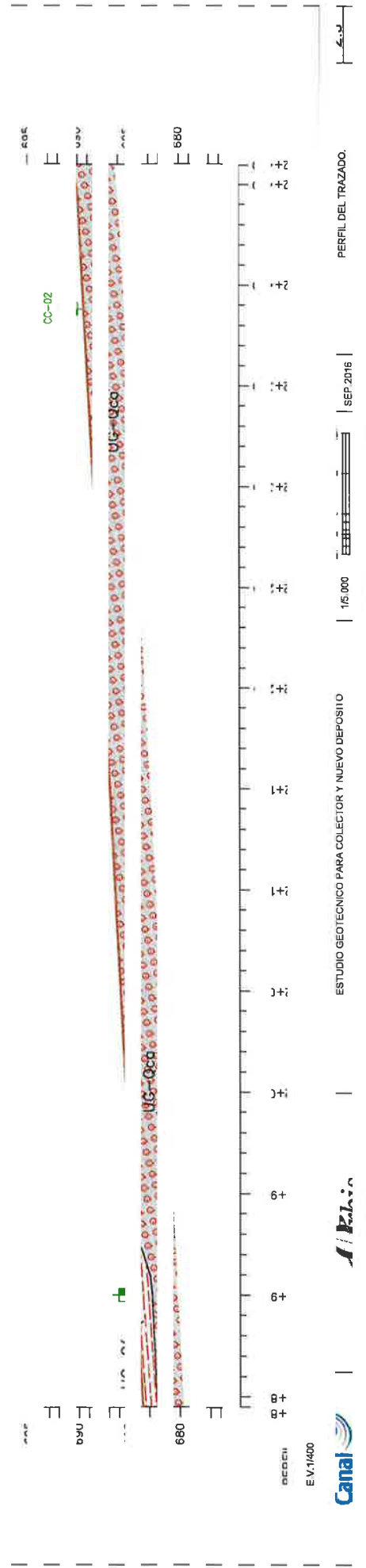
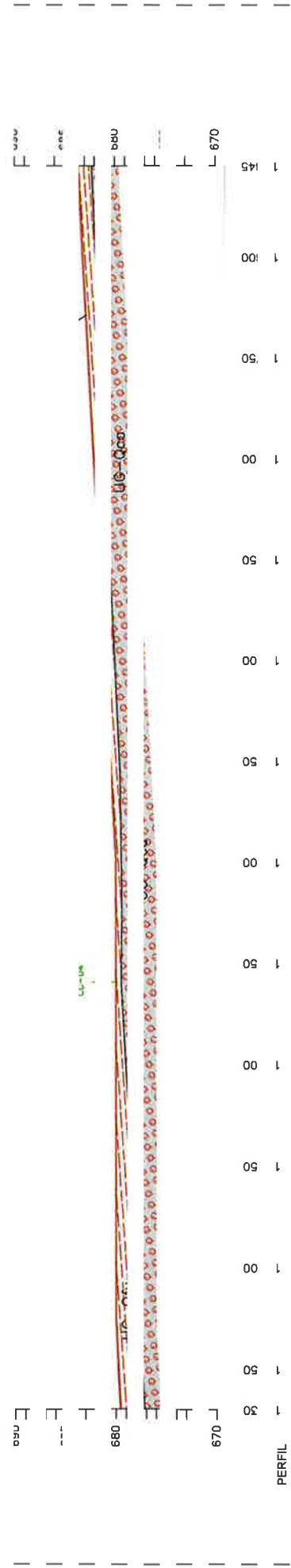
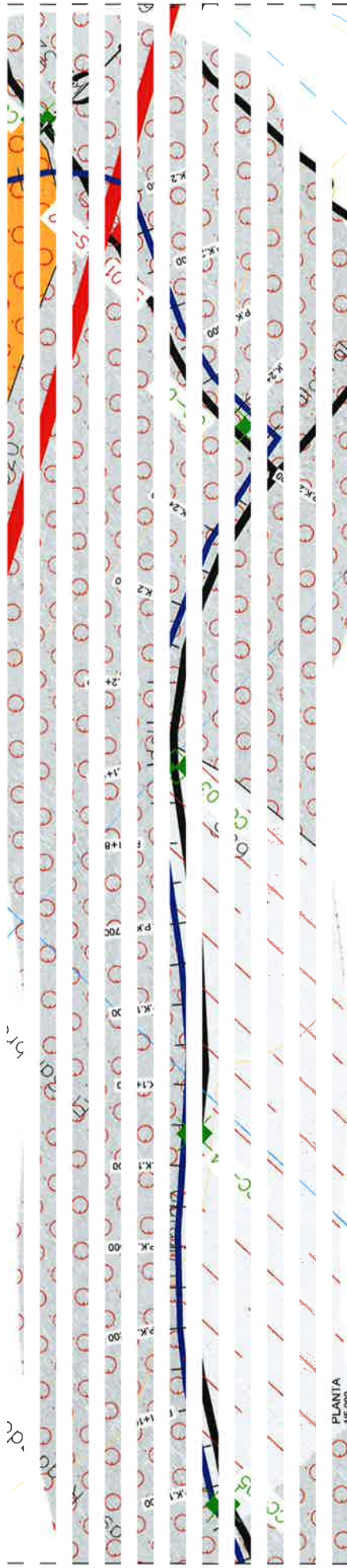
PLANO 1. SITUACIÓN DE LAS INVESTIGACIONES



PLANO 2. PERFIL GEOTÉCNICO DEL TRAZADO










APÉNDICES

APÉNDICE 1: REGISTRO DE LOS SONDEOS GEOTÉCNICOS

| | | | | |
|--|--|--|-----------------------------|---|
| CONSULTOR:  | | CLIENTE:  | RECONOCIMIENTO: S-01 | |
| TÍTULO DE PROYECTO: Estudio Geotécnico Colector y Depósito nuevo Talamanca del Jarama | | | | HOJA: 1 de 1 |
| LOCALIZACIÓN: T.M. Talamanca del Jarama | | FECHA INICIO: 09/09/2016 | FECHA FIN: 09/09/2016 | |
| COORDENADAS (UTM) o P.K.: X= 459389 Y= 4509092 | | PROF. FINAL (m) 4 | REVESTIMIENTO (m) | SUPERFICIE REFERENCIA: Superficie topográfica |
| EQUIPO DE PERFORACIÓN: TP-50 | | SUPERVISOR: Joaquín Dorronsoro | | SONDISTA: CEYGE |

| Prof. (m) | PERFORACIÓN | | | Nivel freático (m) | Litología | DESCRIPCIÓN | MUESTRAS/ENSAYOS | | | |
|-----------|-------------------------|-----------|------------|--------------------|--|---|------------------|--------|---------------|-------|
| | Ø Perf. Tipo | Ø Revest. | Recup. (%) | | | | Intervalo (m) | Tipo | Golpeo/15 cm. | Valor |
| 0 | Roto-percusión | | 100 | |  | 0,00-0,70. Gravas cuarcíticas medias-gruesas subangulosa con abundante matriz areno-limosa. Firme. | 1,50-1,61 | SPT-01 | 50-R | R |
| 1 | | | | | | 0,70-1,80. Disminuye el contenido en gravas. | | | | |
| 2 | | | | | | 1,80-4,00. Gravas cuarcíticas medias-gruesas subangulosas en matriz areno-limosa. Arena fina-muy fina. Firme. | | | | |
| 4 | FIN DE SONDEO A 4,00 m. | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |

| | | | |
|--|--|---|--|
| RWB: Rotación widia simple RWT: Rotación widia doble RDT: Rotación diamante doble BT3: Batería triple RP: Rotopercusión D: Destroza | SPT: Standard Penetration Test MI: Muestra inalterada MA: Muestra alterada TP: Testigo plastificado SB: Shelby | LF: Lefranc LG: Lugeon PR: Presiómetro/dilatómetro VT: Vane Test | Observaciones: Nivel freático (m): No se ha detectado |
|--|--|---|--|





Emplazamiento del sondeo S-01.




Caja 01. De 0,00 a 3,00 m



Caja 02. De 3,00 a 4,00 m

| | | | | | |
|--|--|--|--------------------------------|-----------------------------|---|
| CONSULTOR:  | | CLIENTE:  | | RECONOCIMIENTO: S-02 | |
| TÍTULO DE PROYECTO: Estudio Geotécnico Colector y Depósito nuevo Talamanca del Jarama | | | | | HOJA: 1 de 1 |
| LOCALIZACIÓN: T.M. Talamanca del Jarama | | | FECHA INICIO: 09/09/2016 | FECHA FIN: 09/09/2016 | |
| COORDENADAS (UTM) o P.K.: X= 459416 Y= 4509085 | | | PROF.FINAL (m) 4 | REVESTIMIENTO (m) | SUPERFICIE REFERENCIA: Superficie topográfica |
| EQUIPO DE PERFORACIÓN: TP-50 | | | SUPERVISOR: Joaquín Dorronsoro | | SONDISTA: CEYGE |

| Prof.(m) | PERFORACIÓN | | | | Litología | DESCRIPCIÓN | MUESTRAS/ENSAYOS | | | |
|----------|-------------------------|-----------|------------|--------------------|--|--|------------------|--------|---------------|-------|
| | Ø Perf./ Tipo | Ø Revest. | Recup. (%) | Nivel freático (m) | | | Intervalo (m) | Tipo | Golpeo/15 cm. | Valor |
| 0 | Roto-percusión | | 100 | |  | 0,00-1,00. Gravas cuarcíticas medias-greasas subangulosas en matriz areno-limosa. Arena fina-muy fina con abundante limo. Firme. Restos de raíces. Seco. | 2,00-2,04 | SPT-01 | 50-R | R |
| 1 | | | | | | 1,00-1,30. Gravas gruesas cuarcíticas sueltas subangulosas. Prácticamente sin matriz. Muy firme. | | | | |
| 2 | | | | | | 1,30-2,20. Gravas polimétricas subangulosas en matriz de arena fina con algo de limo. Muy Firme. Alguna grava muy gruesa. Seco. | | | | |
| 3 | | | | | | Aumenta el tamaño de las gravas y disminuye el contenido de matriz. Seco. | | | | |
| 4 | | | | | | Aumenta algo el contenido en matriz. Seco. | | | | |
| 4 | FIN DE SONDEO A 4,00 m. | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |

| | | | |
|--|--|---|--|
| RWB: Rotación widia simple RWT: Rotación widia doble RDT: Rotación diamante doble BT3: Batería triple RP: Rotopercusión D: Destroza | SPT: Standard Penetration Test MI: Muestra inalterada MA: Muestra alterada TP: Testigo plastificado SB: Shelby | LF: Lefranc LG: Lugeon PR: Presiómetro/dilatómetro VT: Vane Test | Observaciones: Nivel freático (m): No se ha detectado |
|--|--|---|--|



Emplazamiento del sondeo S-02.



Caja 01. De 0,00 a 3,00 m



Caja 02. De 3,00 a 4,00 m

APÉNDICE 2: REGISTRO DE LAS CALICATAS

TESTIFICACIÓN DE CALICATAS

PROYECTO: Conducción Talamanca de Jarama (Madrid).

CC nº

1

Cliente:



Trabajo nº:

16053

Coordenadas:

X: 459553 / Y: 4509049

Localidad:

Talamanca de Jarama

Fecha:

03/08/2016

Maquinaria:

Volvo-BL61

Testificado por:

Miguel García

Hoja:

1 de 1

| Prof. (m) | N.F. | Leyenda | Descripción | Excavab. | | | | Estab. | | | | Nº Muestra |
|-----------|------|---------|---|----------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| | | | 0,00-0,10m. SUELO VEGETAL. Arcilla con indicios de grava y raíces. Color marrón oscuro. | | | | | | | | | |
| 0.50 | | | 0,10-1,10m. Grava redondeada con bolos de hasta 200mm de diámetro con arcilla arenosa. Color marrón. Compacidad media a dura. Seco. | | | | | | | | | MB- |
| 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| 1.50 | | | 1,10-2,00m. Grava redondeada con bolos y arena limosa, con algo de arcilla. Color marrón rojizo. Compacidad media a dura. | | | | | | | | | MB-2 |
| 2.00 | | | 2,00m. Fin de la calicata. | | | | | | | | | |
| 2.50 | | | | | | | | | | | | |
| 3.00 | | | | | | | | | | | | |
| 3.50 | | | | | | | | | | | | |
| 4.00 | | | | | | | | | | | | |

Excavabilidad: 1. Fácilmente excavable, 2. Excavable con cierta dificultad, 3. Dificilmente excavable, 4. No excavable
Estabilidad de las paredes: 1. Estable, 2. Ligeramente inestable, 3. Bastante inestable, 4. Inestable-Cierre de las paredes

Fotografías:



Observaciones:

No se intercepta nivel freático.

TESTIFICACIÓN DE CALICATAS

PROYECTO: Conducción Talamanca de Jarama (Madrid).

CC nº

2

Cliente:



Trabajo nº:

16053

Coordenadas:

X: 459113 / Y: 4509161

Localidad:

Talamanca de Jarama

Fecha:

03/08/2016

Maquinaria:

Volvo-BL61

Testificado por:

Miguel García

Hoja:

1 de 1

| Prof. (m) | N.F. | Leyenda | Descripción | Excavab. | | | | Estab. | | | | Nº Muestra |
|-----------|------|---------|--|----------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 0.00 | | | 0,00-0,10m. SUELO VEGETAL. Arcilla con indicios de grava y raíces. Color marrón oscuro. | | | | | | | | | |
| 0.50 | | | | | | | | | | | | |
| 1.00 | | | 0,10-2,00m. Grava redondeada con bolos de hasta 200mm de diámetro, y arcilla arenosa. Compacidad media. Muy seca. A partir de 1,50m el terreno aparece muy húmedo. | | | | | | | | | |
| 1.50 | | | | | | | | | | | | |
| 2.00 | | | 2,00m. Fin de la calicata. | | | | | | | | | |
| 2.50 | | | | | | | | | | | | |
| 3.00 | | | | | | | | | | | | |
| 3.50 | | | | | | | | | | | | |
| 4.00 | | | | | | | | | | | | |

MB-1

Excavabilidad: 1. Fácilmente excavable, 2. Excavable con cierta dificultad, 3. Difícilmente excavable, 4. No excavable
Estabilidad de las paredes: 1. Estable, 2. Ligeramente inestable, 3. Bastante inestable, 4. Inestable-Cierre de las paredes

Fotografías:



Observaciones:

No se intercepta nivel freático.



Orbis Terrarum Projects. Calle
de Albasanz, 79. CP.:28037
Madrid (SPAIN) Tfno.:
0034 916708762
www.orbisterrarum.es

TESTIFICACIÓN DE CALICATAS

PROYECTO: Conducción Talamanca de Jarama (Madrid).

CC nº

3

Cliente:



Trabajo nº:

16053

Coordenadas:

X: 45881 / Y: 4509522

Localidad:

Talamanca de Jarama

Fecha:

03/08/2016

Maquinaria:

Volvo-BL61

Testificado por:

Miguel García

Hoja:

1 de 1

| Prof. (m) | N.F. | Leyenda | Descripción | Excavab. | | | | Estab. | | | | Nº Muestra |
|-----------|------|---------|--|----------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 0.50 | | | 0,00-0,10m. SUELO VEGETAL. Arcilla con indicios de grava y raíces. Color marrón oscuro. | | | | | | | | | |
| 1.00 | | | 0,10-1,50m. Arcilla limosa (Se extrae en terrones). Color marrón. Consistencia media. | | | | | | | | | |
| 1.50 | | | | | | | | | | | | |
| 2.00 | | | 1,50-2,10m. Arena arcillosa con abundante grava redondeada y algún bolo de hasta 100mm de diámetro, con algo de arcilla blanquecina-verdosa. Compacidad media. | | | | | | | | | |
| 2.50 | | | 2,10m. Fin de la calicata. | | | | | | | | | |
| 3.00 | | | | | | | | | | | | |
| 3.50 | | | | | | | | | | | | |
| 4.00 | | | | | | | | | | | | |

Excavabilidad: 1. Fácilmente excavable, 2. Excavable con cierta dificultad, 3. Dificilmente excavable, 4. No excavable
Estabilidad de las paredes: 1. Estable, 2. Ligeramente inestable, 3. Bastante inestable, 4. Inestable-Cierre de las paredes

Fotografías:



Observaciones:

No se intercepta nivel freático.

TESTIFICACIÓN DE CALICATAS

PROYECTO: Conducción Talamanca de Jarama (Madrid).

CC nº

Cliente:



Trabajo nº:

16053

Coordenadas:

X: 458556 / Y: 4509839

Localidad:

Talamanca de Jarama

4

Fecha:

03/08/2016

Maquinaria:

Volvo-BL61

Testificado por:

Miguel García

Hoja:

1 de 1

| Prof. (m) | N.F. | Leyenda | Descripción | Excavab. | | | | Estab. | | | | Nº Muestra |
|-----------|------|---------|---|----------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| | | | 0,00-0,10m. SUELO VEGETAL. Arcilla con indicios de grava y raíces. Color marrón oscuro. | | | | | | | | | |
| 0.50 | | | 0,10-0,50m. Arcilla limosa con indicios de grava. Color marrón. Blanda. | | | | | | | | | MB-1 |
| 1.00 | | | 0,50-2,10m. Arcilla arenosa con grava fina y alguna raíz. Color marrón. Compacidad muy floja. Muy húmeda. | | | | | | | | | |
| 1.50 | | | | | | | | | | | | MB-2 |
| 2.00 | | | 2,10m. Fin de la calicata. | | | | | | | | | |
| 2.50 | | | | | | | | | | | | |
| 3.00 | | | | | | | | | | | | |
| 3.50 | | | | | | | | | | | | |
| 4.00 | | | | | | | | | | | | |

Excavabilidad: 1. Fácilmente excavable, 2. Excavable con cierta dificultad, 3. Difícilmente excavable, 4. No excavable
Estabilidad de las paredes: 1. Estable, 2. Ligeramente inestable, 3. Bastante inestable, 4. Inestable-Cierre de las paredes

Fotografías:



Observaciones:

No se intercepta nivel freático.



Orbis Terrarum Projects. Calle
de Albasanz, 79. CP.:28037
Madrid (SPAIN) Tfno.:
0034 916708762
www.orbisterrarum.es

TESTIFICACIÓN DE CALICATAS

PROYECTO: Conducción Talamanca de Jarama (Madrid).

CC nº

5

Cliente:



Trabajo nº:

16053

Coordenadas:

X: 458219 / Y: 4510150

Localidad:

Talamanca de Jarama

Fecha:

03/08/2016

Maquinaria:

Volvo-BL61

Testificado por:

Miguel García

Hoja:

1 de 1

| Prof. (m) | N.F. | Leyenda | Descripción | Excavab. | | | | Estab. | | | | Nº Muestra |
|-----------|------|---------|--|----------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 0.50 | | | 0,00-0,10m. SUELO VEGETAL. Arcilla con indicios de grava y raíces. Color marrón oscuro. | | | | | | | | | |
| 1.00 | | | 0,10-1,50m. Arcilla limosa. Marrón. Húmeda. Consistencia blanda. | | | | | | | | | MB-1 |
| 1.50 | | | 1,50-2,30m. Arena arcillosa con indicios de gravas y algún bolo de hasta 100mm de diámetro. Color marrón verdoso. Floja. Húmeda. | | | | | | | | | MB-2 |
| 2.00 | | | 2,30m. Fin de la calicata. | | | | | | | | | |
| 2.50 | | | | | | | | | | | | |
| 3.00 | | | | | | | | | | | | |
| 3.50 | | | | | | | | | | | | |
| 4.00 | | | | | | | | | | | | |

Excavabilidad: 1. Fácilmente excavable, 2. Excavable con cierta dificultad, 3. Difícilmente excavable, 4. No excavable
Estabilidad de las paredes: 1. Estable, 2. Ligeramente inestable, 3. Bastante inestable, 4. Inestable-Cierre de las paredes

Fotografías:



Observaciones:

No se intercepta nivel freático.

TESTIFICACIÓN DE CALICATAS

PROYECTO: Conducción Talamanca de Jarama (Madrid).

CC nº

6

Cliente:



Trabajo nº:

16053

Coordenadas:

X: 457436 / Y: 4510435

Localidad:

Talamanca de Jarama

Fecha:

03/08/2016

Maquinaria:

Volvo-BL61

Testificado por:

Miguel García

Hoja:

1 de 1

| Prof. (m) | N.F. | Leyenda | Descripción | Excavab. | | | | Estab. | | | | Nº Muestra |
|-----------|------|---------|---|----------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| | | | 0,00-0,10m. SUELO VEGETAL. Arcilla con indicios de grava y raíces. Color marrón oscuro. | | | | | | | | | |
| 0.50 | | | 0,10-0,60m. Arcilla con abundantes bolos (de hasta 100mm de diámetro). | | | | | | | | | MB-1 |
| 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| 1.50 | | | 0,60-2,70m. Gravas redondeadas con arena gruesa arcillosa y con bolos de hasta 200mm de diámetro. Color marrón verdoso. Compacidad media. | | | | | | | | | |
| 2.00 | | | | | | | | | | | | MB-2 |
| 2.50 | | | | | | | | | | | | |
| 3.00 | | | 2,70m. Fin de la calicata. | | | | | | | | | |
| 3.50 | | | | | | | | | | | | |
| 4.00 | | | | | | | | | | | | |

Excavabilidad: 1. Fácilmente excavable, 2. Excavable con cierta dificultad, 3. Dificilmente excavable, 4. No excavable
Estabilidad de las paredes: 1. Estable, 2. Ligeramente inestable, 3. Bastante inestable, 4. Inestable-Cierre de las paredes

Fotografías:



Observaciones:

No se intercepta nivel freático.

APÉNDICE 3: ESTUDIO GEOFÍSICO: TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA

**ESTUDIO GEOFÍSICO CON TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA
PARA EL NUEVO DEPÓSITO DE TALAMANCA DE JARAMA
(MADRID)**

REV.0



SEPTIEMBRE 2016

ÍNDICE

| | | |
|-------------|--|----------|
| 1. | INTRODUCCIÓN Y OBJETO. | 1 |
| 2. | DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA..... | 2 |
| 2.1. | TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA | 2 |
| 3. | TRABAJOS REALIZADOS EN LA CAMPAÑA DE CAMPO..... | 5 |
| 4. | INTERPRETACIÓN Y RESULTADOS. | 7 |
| 5. | CONCLUSIONES. | 9 |

ANEJOS:

ANEJO I: PERFILES DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA INTERPRETADOS

ANEJO II: REPORTAJE FOTOGRÁFICO

PLANOS:

PLANO I: PLANTA DE SITUACIÓN DE LAS INVESTIGACIONES

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO.

Se redacta el presente documento a petición del Canal de Isabel II Gestión S.A. con el objeto de caracterizar la estructura del terreno donde se va a construir un depósito de agua regulador dentro del proyecto de "Conducción de los colectores y la construcción del nuevo depósito regulador de abastecimiento de agua a la estación de bombeo existente de Talamanca de Jarama (Madrid)".

La campaña geofísica ha consistido en la realización de dos (2) perfiles de Tomografía Eléctrica, centrados en cada uno de los dos vasos que compondrán el futuro depósito de agua.

El objeto de la tomografía eléctrica es caracterizar la estructura del terreno donde se realizará la excavación para la construcción del nuevo depósito, definiendo los contactos entre los distintos niveles estratigráficos.

En la ejecución del estudio se han llevado a cabo las siguientes actividades:

- Análisis bibliográfico de la cartografía y geología de la zona.
- Prospección geofísica por los métodos de tomografía eléctrica.
- Interpretación de datos y redacción del Informe Geofísico.

2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

2.1. TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA

En su sentido más amplio la Tomografía Eléctrica es una técnica geofísica para el estudio del subsuelo que consiste en determinar la distribución de un parámetro físico característico del mismo dentro de un ámbito espacial limitado, a partir de un número muy elevado de medidas realizadas desde la superficie del terreno o desde perforaciones combinando distintas posiciones entre dipolos transmisores y receptores. En particular, con esta técnica se realizan medidas de diferencia de potencial para visualizar propiedades eléctricas del terreno.

Los perfiles de Tomografía Eléctrica son, actualmente, los más utilizados dentro de la prospección eléctrica ya que miden las variaciones del parámetro físico de la resistividad eléctrica de los materiales del subsuelo y aportan una imagen en profundidad de las capas que presentan diferente comportamiento eléctrico. Las secciones de resistividad eléctrica obtenidas se correlacionan con la información geológica o geofísica de la zona aportando información detallada del subsuelo terrestre.

En concreto, la Tomografía Eléctrica tiene por objetivo específico determinar la distribución real de la resistividad del subsuelo en el ámbito comprendido entre dos perforaciones o bien hasta un cierto rango de profundidad a lo largo de un perfil de medida, a partir de los valores de resistividad aparente obtenidos mediante medidas realizadas por métodos convencionales de corriente continua.

La resistividad del suelo es la propiedad que tiene éste para conducir electricidad, y es conocida además como la resistencia específica del terreno. En su medición, se promedian los efectos de las diferentes capas que componen el terreno bajo estudio, ya que éstos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, obteniéndose lo que se denomina resistividad aparente a partir de la cual se obtendrá un modelo de distribución de resistividades reales en el subsuelo, obtenidas por un proceso de inversión, a partir de las resistividades aparentes obtenidas durante la interpretación.

En la NOM-022-STPS-1999 se define el término resistividad, como la resistencia que ofrece al paso de la corriente un cubo de terreno de un metro por lado.

De acuerdo con la NOM-008-SCFI-1993, Su representación dimensional debe estar expresada en Ohm-m, cuya acepción es utilizada internacionalmente.

La resistividad aparente (r_{ap}), es la resistividad del conjunto de materiales que en cada momento están afectados por el paso de una corriente eléctrica continua (DC).

$$r_{ap} = K \cdot \frac{V}{I}$$

Siendo:

V la diferencia de potencial entre dos electrodos (denominados M y N)

I la intensidad de corriente introducida en el terreno entre otros dos electrodos (denominados A y B)

K es una constante geométrica que depende de las distancias existentes entre los cuatro electrodos A, B, M y N

Las representaciones de la distribución de resistividades aparentes en el subsuelo se denominan pseudosecciones, mientras que la resistividad real (r) es una propiedad intrínseca de las rocas y depende de la litología, de la fábrica y de los fluidos que contenga. Para obtener la resistividad real a partir de las pseudosecciones se requiere un proceso de inversión que será más o menos complejo en función del método utilizado: diferencias finitas, elementos finitos, aplicación de mallas distorsionadas para corregir la topografía u otras.

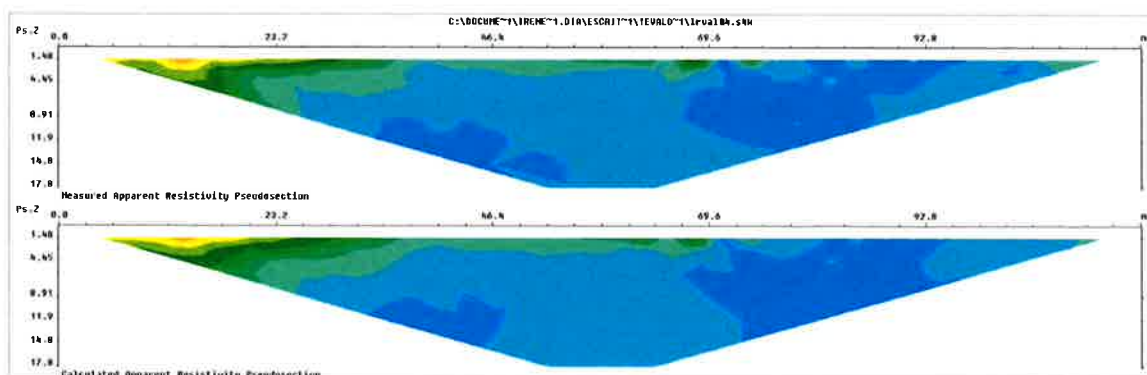


Figura 2.1.- Pseudosecciones de resistividad aparente y calculada.

Las medidas de resistividad aparente del terreno para un estudio mediante Tomografía Eléctrica se efectúan mediante técnicas de corriente continua con posibilidad de empleo de una gran variedad de dispositivos en lo que a la distribución de los electrodos se refiere. Entre los más habitualmente utilizados cabe citar los dispositivos polo-dipolo, polo-polo, dipolo-dipolo, Schlumberger, Wenner, etc.

Todo el procedimiento para lograr una imagen tomográfica de la resistividad eléctrica (r) es automático y comienza con la definición a priori de la geometría y el nivel de estudio requerido del medio geológico. Si se posee información del modelo a estudiar o es necesaria una búsqueda específica, es posible hacer trabajos de modelación matemática, los que ofrecen una óptima planificación de los trabajos de investigación.

La Tomografía Eléctrica exige el empleo de una instrumentación específica capaz de realizar un gran número de medidas de forma rápida y fiable. Las imágenes tomográficas se pueden obtener tanto en perfiles, en cuyo caso se distribuyen electrodos de medición sobre la superficie del terreno, como en otras configuraciones en las que los electrodos se sitúan en perforaciones realizadas para las investigaciones. Este procedimiento es ampliamente ventajoso en los estudios que requieran conocer en detalle las características estratigráficas de los medios geológicos, las discontinuidades presentes, los aspectos relacionados con propiedades de las rocas y suelos, entre otras.

El resultado final de este tipo de estudio es una imagen distancia-profundidad con la distribución de la resistividad real del subsuelo, fácilmente comprensible en términos geológicos, geotécnicos o ambientales. La tomografía eléctrica permite analizar con una alta densidad de información, la distribución de resistividades reales en profundidad, hasta unos límites que dependen fundamentalmente de las características logísticas de la zona a investigar. Los valores de resistividad permiten discriminar entre diferentes litologías, así como detectar la presencia de huecos y/o agua subterránea.

Sin embargo estos límites pueden cambiar según diferentes factores geológicos que puedan determinar cambios en las resistividades de los materiales, ya que la resistividad del terreno varía ampliamente en función de muchos otros factores:

- Composición propia del terreno
- Estratigrafía
- Granulometría
- Estado higrométrico
- Temperatura
- Compactación

3. TRABAJOS REALIZADOS EN LA CAMPAÑA DE CAMPO

El trabajo de campo ha consistido en la realización de dos (2) perfiles de Tomografía Eléctrica paralelos entre sí y situados uno en cada centro de los dos vasos del depósito (ver plano 01.Planta de Situación de las Investigaciones).

Estos perfiles han sido georreferenciados mediante GPS, obteniendo las coordenadas de inicio y final e cada perfil que se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 3.1. Coordenadas de los perfiles eléctricos.

| INVESTIGACIÓN | COORDENADAS UTM WGS84 (30) | | | |
|---------------|----------------------------|-----------|------------|-----------|
| | INICIO | | FIN | |
| | Posición X | PosiciónY | Posición X | PosiciónY |
| TE-1 | 459.625 | 4.509.263 | 459.652 | 4.509.400 |
| TE-2 | 459.603 | 4.509.271 | 459.630 | 4.509.408 |

Los dos (2) **perfiles de Tomografía Eléctrica** se han realizado de 140 m de longitud, con 3,5 m de separación entre electrodos, siendo todos dispositivos de 42 electrodos. Con esta configuración, se ha obtenido una **profundidad de investigación de a 23 m** aproximadamente en el tercio central de los perfiles.

El equipo empleado para este trabajo ha sido un terrámetro de corriente continua de baja frecuencia, fabricado por la compañía ABEM, modelo SAS-1000, de altas prestaciones y fiabilidad, con el que se ha empleado un dispositivo Wenner para dos cables como aparece en la fotografía anterior. Este dispositivo se considera ideal para el tipo de estudio que se ha llevado a cabo.



Figura 3.1.-Terrámetro SAS-1000 de ABEM empleado en la campaña de campo.

El voltaje inyectado en cada medida ha sido de 400 V. Con el objeto de tener un buen control de la calidad de los datos se ha realizado una monitorización en tiempo real sobre el terreno del error de cada medida (desviación estándar), impidiendo aceptar errores mayores del 1% entre dos medidas consecutivas. La corrección de topografía se efectuó utilizando una malla distorsionada (Loke, 2000).

Para la interpretación de los datos obtenidos en campo se ha empleado el programa **RES2DINV**, que efectúa la inversión completa 2D (y no la simple deconvolución iterativa de las pseudo-secciones) de perfiles eléctricos de superficie para los diferentes dispositivos de medidas (dipolo-dipolo, polo-dipolo, Wenner, polo-polo, etc.). El programa utiliza el método de los elementos finitos (FEM) en dos dimensiones para obtener un modelo de la respuesta eléctrica del subsuelo (Loke & Barker, 1996).

El algoritmo iterativo de inversión se basa en la minimización del error cuadrático medio entre los datos de campo y los datos simulados mediante el FEM, según el método propuesto por Sasaki (1994).

El resultado es la obtención en forma de sección de la resistividad real de los diferentes materiales y su profundidad. La bondad del modelo se estima mediante el valor RMS (error cuadrático medio) que expresa la diferencia porcentual entre el modelo final calculado y el medido in situ.

4. INTERPRETACIÓN Y RESULTADOS.

Tras el procesado los datos obtenidos en campo se lleva a cabo una interpretación de los mismos, ya que no se contaba con datos de las investigaciones directas la interpretación de los perfiles se ha apoyado en la bibliografía consultada y las observaciones tomadas en campo durante la ejecución de los perfiles.

Una vez procesados los perfiles de Tomografía Eléctrica, se obtiene una representación en perfil bidimensional de las resistividades que ofrecen los diferentes materiales existentes en profundidad, dando los límites entre cada uno de ellos (Ver **Anejo I: Perfiles Geoeléctricos Interpretados**).

Teniendo en cuenta las observaciones de la geología de los desmontes próximos al depósito (Ver Figura 4.1) y la interpretación de la tomografía, se han caracterizado los siguientes niveles:

- **Suelo Vegetal (SV):** Este nivel superficial está constituido por arcillas limosas con gravas y restos vegetales. Su espesor varía entre 0,5 y 1 m. Se caracteriza por unos valores de resistividad heterogéneos aunque bajos en general (< 20 ohm.m)
- **Gravas (GA):** A continuación se detecta un nivel de gravas de entre 4 y 8 m de espesor. Este nivel está constituido por gravas y cantos poligénicos en una matriz areno-arcillosa y con pasadas de arenas finas. Se caracteriza por una subida en los valores de resistividad del terreno (entre 20 y 300 ohm.m).
- **Arcosas (AR):** Bajo la capa de gravas aparece un potente nivel constituido por Arcosas, es decir arenas con un gran contenido en feldespato. Se trata de arenas limo-arcillosas y arcillas arenosas con algunos niveles o lentejones de gravas. Sus valores de resistividad varían entre 10 y 60 ohm.m, llegando hasta los 300 ohm.m cuando aparecen lentejones de gravas.

En la siguiente imagen se puede ver un desmonte cercano a la futura ubicación de los nuevos depósitos de agua donde se observan los diferentes niveles litológicos que se han caracterizado mediante la tomografía eléctrica.



Figura 4.1.-Vista de un desmonte cercano donde se distinguen los niveles litológicos diferenciados en los perfiles de Tomografía Eléctrica.

En el Anejo I se pueden observar los perfiles de Tomografía Eléctrica interpretados, y representados a escala 1H:1V para facilitar su comprensión y medidas.

5. CONCLUSIONES.

El objetivo del presente informe geofísico ha consistido en caracterizar la estructura y la estratigrafía del terreno en la futura ubicación de un depósito de agua. Para ello se han realizado dos (2) perfiles de Tomografía Eléctrica, centrados en cada uno de los dos vasos del Depósito.

La interpretación de los perfiles eléctricos, junto con las observaciones geológicas de los desmontes cercanos, ha permitido obtener un modelo estratigráfico del terreno distinguiendo los siguientes niveles:

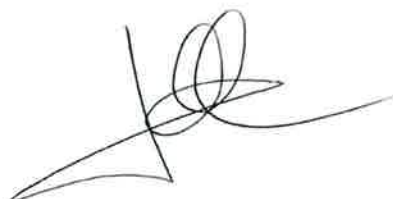
- **Suelo Vegetal (SV):** Nivel superficial de espesor menor de 1 m constituido por arcillas y gravas. Se caracteriza por unos valores de resistividad heterogéneos aunque en general menores de 20 ohm.m.
- **Gravas (GA):** A continuación aparece un nivel de gravas de entre 4 y 8 m de espesor. Este nivel está constituido por gravas y cantos poligénicos en una matriz areno-arcillosa y con pasadas de arenas finas. Se caracteriza por un marcado ascenso en los valores de resistividad del terreno (entre 20 y 300 ohm.m).
- **Arcosas (AR):** Bajo la capa de gravas aparece un potente nivel constituido por arenas feldespáticas. Se trata de arenas limo-arcillosas y arcillas arenosas con algunos niveles o lentejones de gravas. Sus valores de resistividad varían entre 10 y 60 ohm.m, llegando hasta los 300 ohm.m cuando aparecen lentejones de gravas.

Los resultados de los perfiles de Tomografía Eléctrica permiten confirmar una homogeneidad geológica en la parcela de estudio, formada por depósitos sedimentarios compuestos por gravas, arenas y arcillas. Dentro de estos depósitos sedimentarios los valores de resistividad varían, dependiendo fundamentalmente del tamaño de grano de los depósitos. Así las arcillas y limos con menor contenido en gravas son menos resistivas que los niveles formados por gravas.

Este estudio consta de diez (10) páginas numeradas de la uno (1) a la diez (10) dos (2) anejos y un (1) plano.

Madrid, a 23 de Septiembre de 2016

Fdo.:



Joaquín Dorronsoro Pérez
Licenciado en Cc. Geológicas



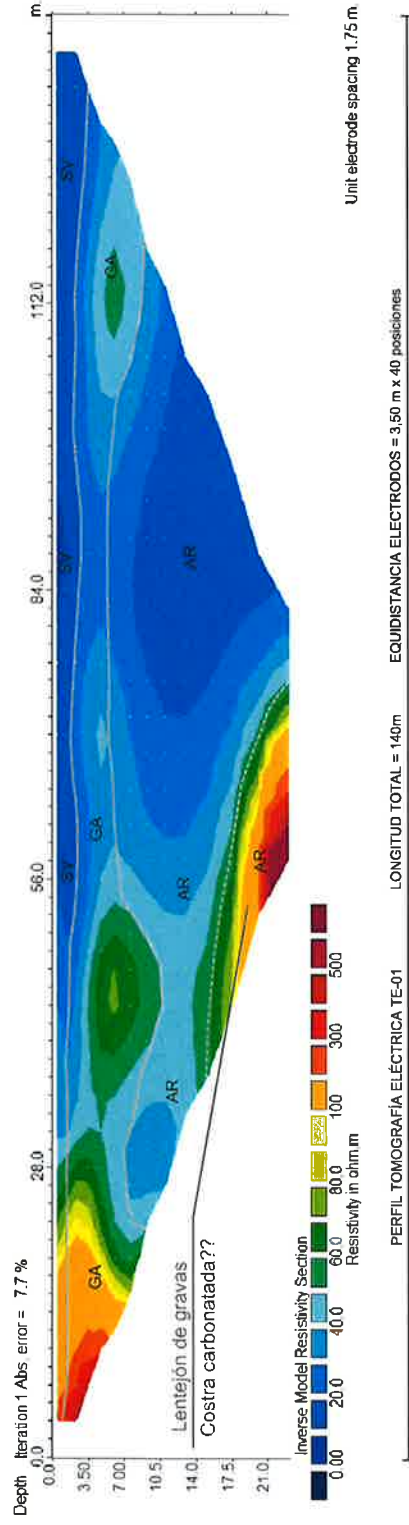
Itziar Pérez Santisteban
Doctora en Cc. Geológicas

Este informe es propiedad intelectual de Orbis Terrarium y, salvo para los fines para los que fue contratado por el Cliente, no podrá ser utilizado o reproducido sin autorización expresa de Orbis Terrarium.

ANEJO I: PERFILES DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA INTERPRETADOS

SW

NE

**LEYENDA:**

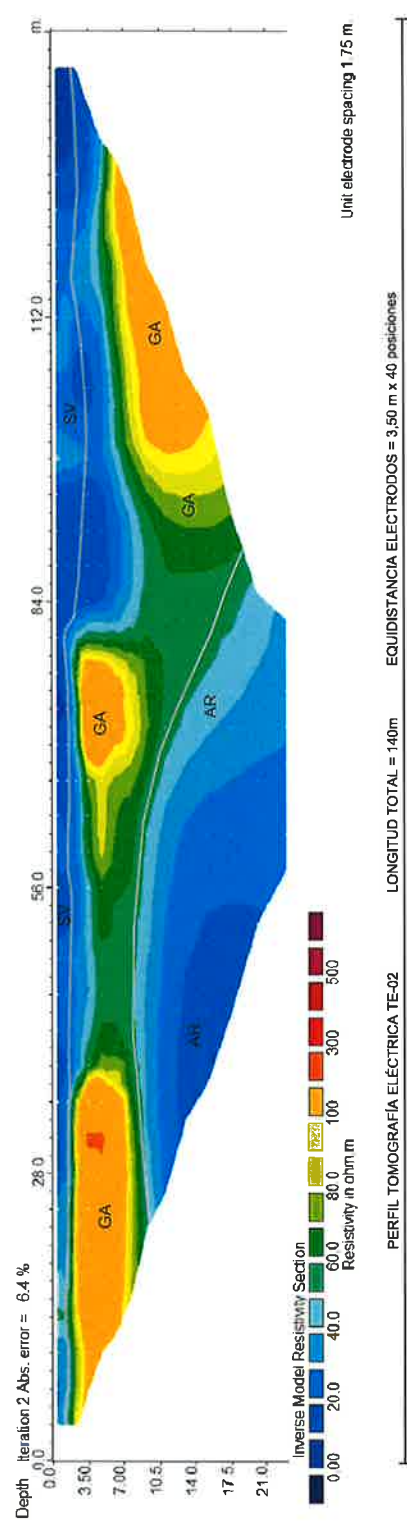
SV: Suelo Vegetal. Arcillas limosas con gravas y restos vegetales.

GA: Gravas y cantos poligénicos en matriz areno-arcillosa y con pasadas de arenas finas.

AR: Arcosas. Arenas limo-arcillosas y arcillas arenosas con algunos niveles y lentejones de gravas.

SW

NE



CLIENTE

Canal
de Sabe II gestión

CONSULTOR

Orbis
terram

PROYECTO

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA COLECTOR Y DEPÓSITO
NUEVO DE TALAMANCA DE JARAMA (MADRID)

ESCALA

E.: 1/500
ORIGINAL A3

FECHA:

SEP. 16

PLANO

PERFILES TE-01 Y TE-02
INTERPRETACIÓN GEOELÉCTRICA

FOLIO Nº

A1.02

Hoja 1 de 1

ANEJO II: REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Fotografía 1.: Vista del centro del perfil TE-01.



Fotografía 2.: Vista desde el centro al inicio del perfil TE-01.



Fotografía 3.: Vista desde el centro al final del perfil TE-01.



Fotografía 4.: Vista del centro del perfil TE-02.



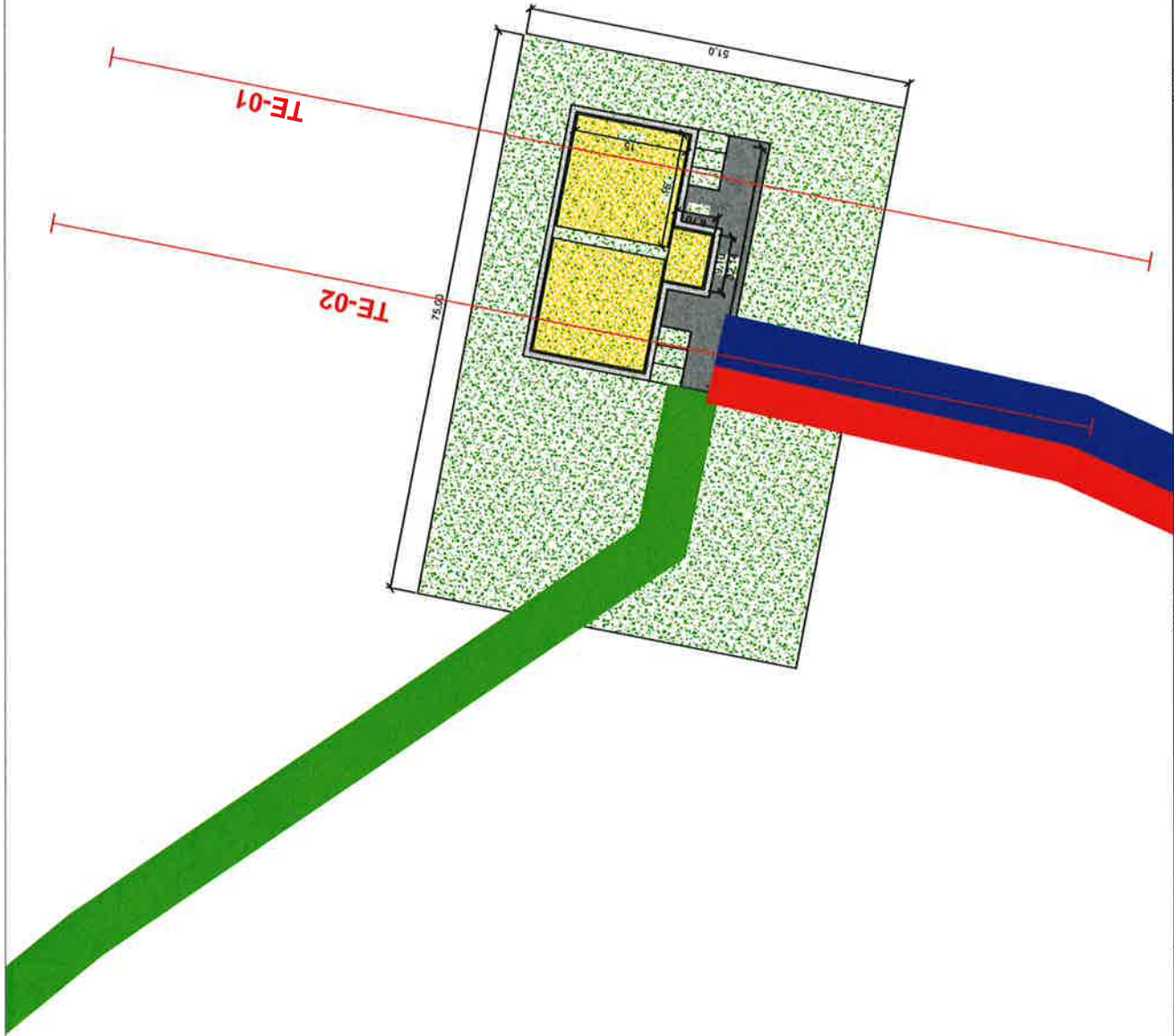
Fotografía 5.: Vista desde el centro al inicio del perfil TE-02.



Fotografía 6.: Vista desde el centro al final del perfil TE-02.

PLANOS

PLANO 1: PLANTA DE SITUACIÓN DE LAS INVESTIGACIONES



LEYENDA

Perfil de Tomografía Eléctrica

| | | | | | | | |
|--|-------------------------------|--|----------------------------|------------------------------|---|------------------------------|----------------------|
| <p>CLIENTE</p> <p>Canal de gestión</p> | <p>CONSULTOR</p> <p>Orbis</p> | <p>PROYECTO</p> <p>ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA COLECTOR Y DEPÓSITO NUEVO DE TALAMANCA DE JARAMA (MADRID)</p> | <p>ESCALA</p> <p>1/800</p> | <p>FECHA</p> <p>SEP-2016</p> | <p>NOMBRE DEL PLANO</p> <p>PLANTA DE SITUACIÓN DE LAS INVESTIGACIONES</p> | <p>PLANO Nº</p> <p>A1-01</p> | <p>Página 1 de 1</p> |
|--|-------------------------------|--|----------------------------|------------------------------|---|------------------------------|----------------------|

APÉNDICE 4: PENETRÓMETROS DINÁMICOS PANDA2

Reconocimiento de suelos con penetrometro dinamico a energía variable

Documento : Z:\Departamentos\Tecnico\00 PROYECTOS\16053 Conducción Talamanca del Jarama (CYII)\Trabajo\CÁLCULO

Sitio : TAL

Sondaje : P-1

Cota : 0,00 m

Prof. pre-perforación : 0,000 m

Sección : 4 cm²

Prof. Napa : Indeterminada

Masa : Martillo Panda 2

Cond. de interrupción : Rechaz

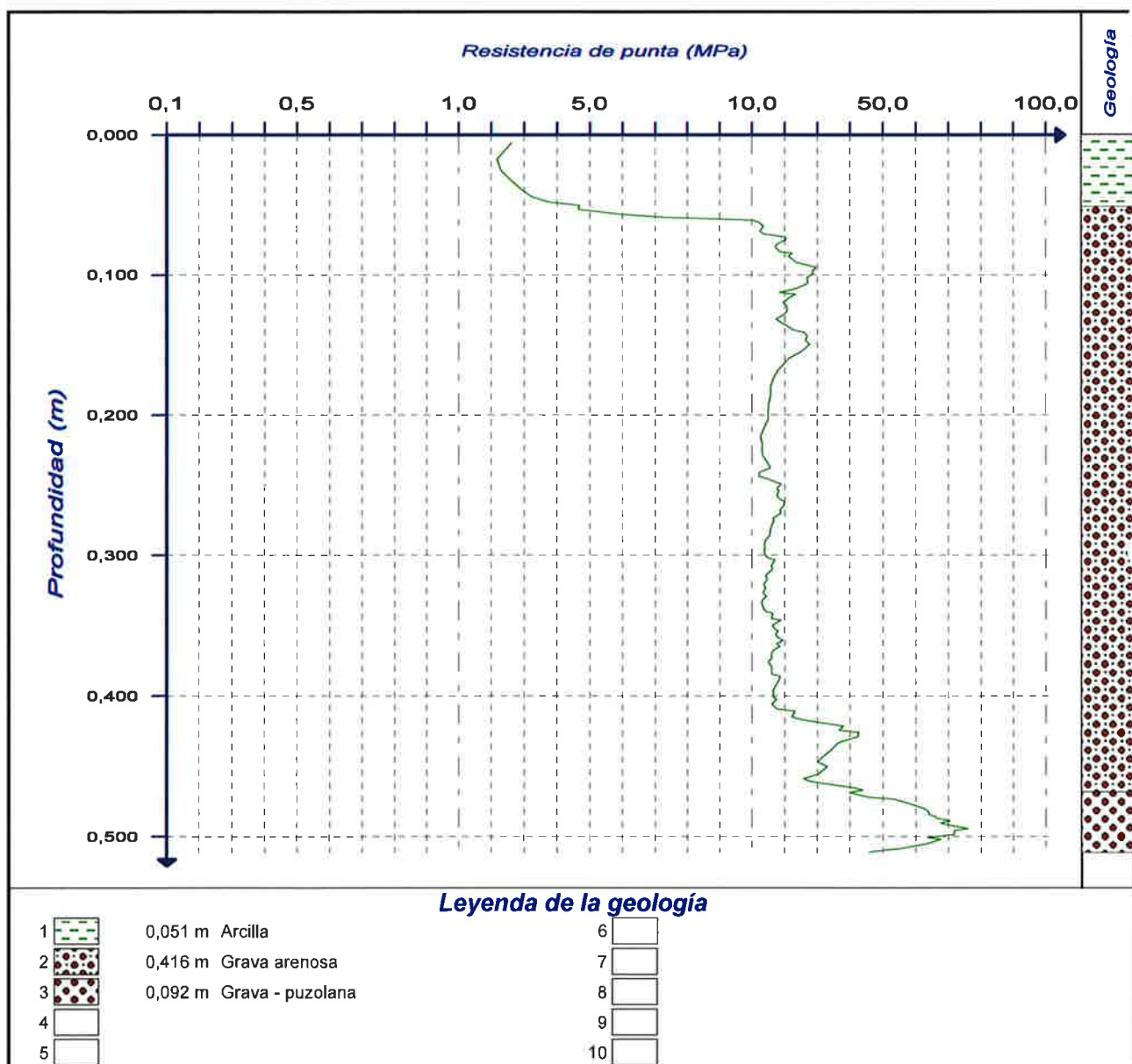
Fecha : 16/09/2016

Hora : 9:28:00

Operador : npd

Organismo :

Comentarios :



Reconocimiento de suelos con penetrometro dinamico a energía variable

Documento : Z:\Departamentos\Tecnico\00 PROYECTOS\16053 Conducción Talamanca del Jarama (CYII)\Trabajo\CÁLCULO

Sitio : TAL

Sondaje : P-2B

Cota : 0,00 m

Prof. pre-perforación : 0,000 m

Sección : 4 cm²

Prof. Napa : Indeterminada

Masa : Martillo Panda 2

Cond. de interrupción : Rechaz

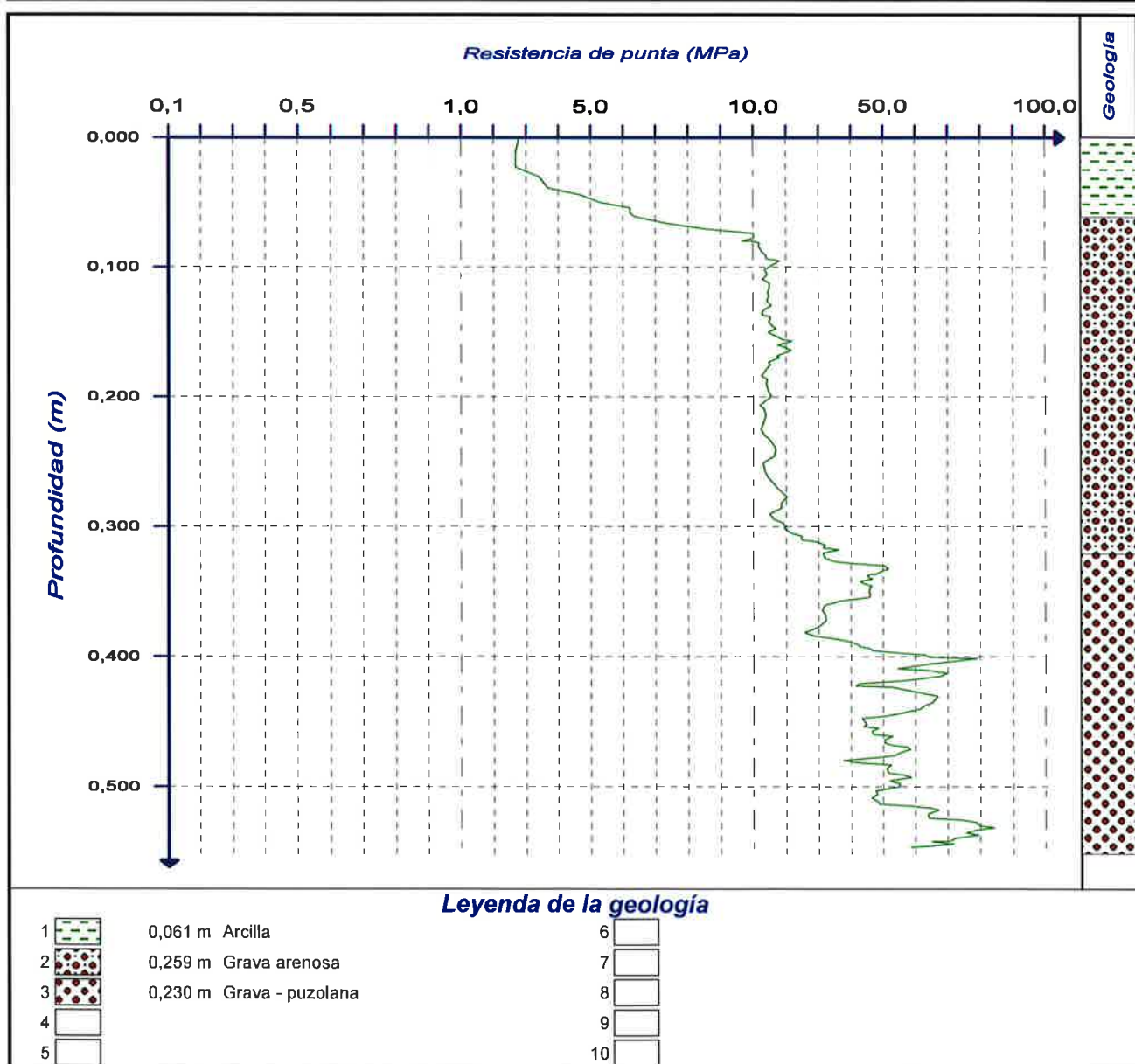
Fecha : 16/09/2016

Hora : 9:00:00

Operador : npd

Organismo :

Comentarios :



APÉNDICE 5: PLACAS DINÁMICAS



Dynamic load plate test

Determine of dynamic deformation modulus according TP BF-StB, part B8.3

Device: LWD ZFG3000

Manufacturer: Zorn Instruments

CYII Gestión

Measuring time 16.09.2016 10:40:48

Device number 6705

Talamanca de Jarama

Device type 300 mm/10 kg

0

Card number 0

Superface

Sunny

JDP

Required minimum quantil 0.00 MN/m²

| | | Deflection [mm] | | | | | |
|----|---------------------|-----------------|-------|-------|-----------|-------------------------|---------|
| | | Single value | | | Av. value | | |
| no | Measuring time | s1 | s2 | s3 | s | Evd | Remarks |
| 73 | 16.09.2016 10:40:48 | 1.231 | 1.125 | 1.057 | 1.138 | 19.77 MN/m ² | |
| 74 | 16.09.2016 11:20:00 | 0.432 | 0.399 | 0.385 | 0.405 | 55.56 MN/m ² | |

Arithmetic average of spot check X_m (Evd): 37.67 MN/m²Standard deviation s (Evd): 25.31 MN/m²Variation coefficient v (Evd): 67.19 %

Quality number 1.49

The test ($Q > 0,88$) is accepted



Dynamic load plate test

Determine of dynamic deformation modulus according TP BF-StB, part B8.3

Device: LWD ZFG3000

Manufacturer: Zorn Instruments

CYII Gestión

Measuring time 16.09.2016 10:40:48

Device number 6705

Talamanca de Jarama

Device type 300 mm/10 kg

Check number 73

0
Superface
Sunny
JDP

Card number 0

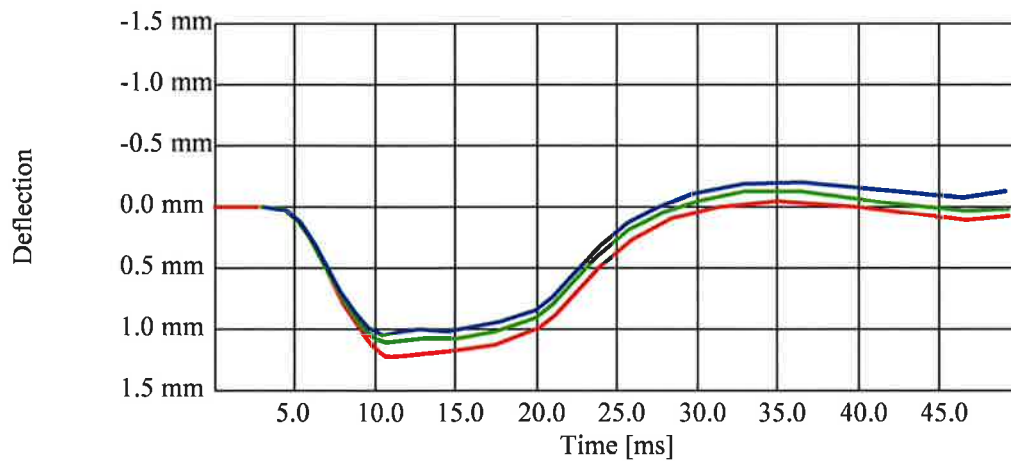
Result

| No. | Velocity v[mm/s] | Deflection s[mm] |
|-----|---------------------|---------------------|
| 1 | 304.2 | 1.231 |
| 2 | 291.4 | 1.125 |
| 3 | 284.5 | 1.057 |
| Ø | 293.4 | 1.138 |

s/v 3.879 ms

Evd 19.77 MN/m²

Deflection graph



Remarks

Signature



Dynamic load plate test

Determine of dynamic deformation modulus according TP BF-StB, part B8.3

Device: LWD ZFG3000

Manufacturer: Zorn Instruments

CYII Gestión

Measuring time 16.09.2016 11:20:00

Device number 6705

Talamanca de Jarama

Device type 300 mm/10 kg

Check number 74

0
Superface
Sunny
JDP

Card number 0

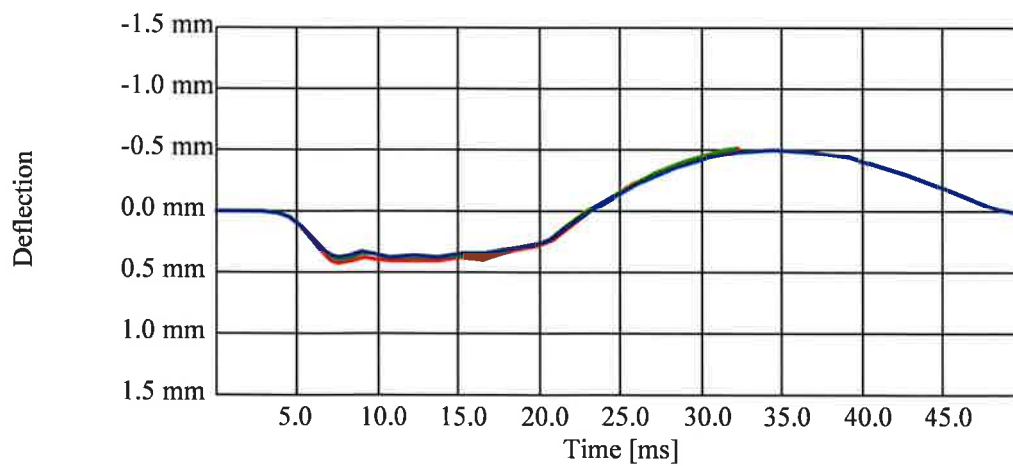
Result

| No. | Velocity v[mm/s] | Deflection s[mm] |
|-----|---------------------|---------------------|
| 1 | 187.5 | 0.432 |
| 2 | 176.5 | 0.399 |
| 3 | 172.2 | 0.385 |
| Ø | 178.7 | 0.405 |

s/v 2.266 ms

Evd 55.56 MN/m²

Deflection graph



Remarks

Signature

APÉNDICE 6: ENSAYOS DE LABORATORIO

ORBIS TERRARUM PROJECTS

LABORATORIO DE GEOTECNIA, MATERIALES, ROCAS ORNAMENTALES Y RESTAURACIÓN

Nº REGISTRO DECLARACIÓN RESPONSABLE: MAD-L-057

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

| | |
|--------------------------|---------------------------------|
| Nº TRABAJO: | 16053 |
| CLIENTE: | CANAL DE ISABEL II |
| DENOMINACIÓN: | CONDUCCIÓN TALAMANCA DEL JARAMA |
| FECHA DE INFORME: | 20/09/2016 |

1. CLIENTE:

CANAL DE ISABEL II

2. MUESTRAS RECIBIDAS

Con fecha 3 de Agosto y 12 de Septiembre se recibieron 15 muestras de suelos en el Laboratorio.

| IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS | NUMÉRO DE REGISTRO |
|--------------------------------|--------------------|
| CC-1 MB-1 (0,80-1,00) | 16-822 |
| CC-1 MB-2 (1,70-1,90) | 16-823 |
| CC-2 MB-1 (1,60-1,80) | 16-824 |
| CC-3 MB-1 (1,20-1,40) | 16-825 |
| CC-3 MB-2 (1,70-1,90) | 16-826 |
| CC-4 MB-1 (0,20-0,40) | 16-827 |
| CC-4 MB-2 (1,80-2,00) | 16-828 |
| CC-5 MB-1 (1,00-1,20) | 16-829 |
| CC-5 MB-2 (2,00-2,20) | 16-830 |
| CC-6 MB-1 (0,30-0,50) | 16-831 |
| CC-6 MB-2 (2,00-2,20) | 16-832 |
| S-1 SPT 1.50 – 1.61 | 16-857 |
| S-1 MA 2.00 – 2.70 | 16-858 |
| S-2 SPT 2.00 – 2.05 | 16-859 |
| S-2 MA 2.20 – 2.80 | 16-860 |

3. ENSAYOS SOLICITADOS Y NORMATIVA UTILIZADA

Se han solicitado, por parte del Peticionario, los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométrico según UNE 103.101, de las muestras de referencia 16-823, 16-824, 16-826, 16-828, 16-829, 16-832, 16-858, 16-860.
- Límites de Atterberg, según UNE 103.103 y 103.104 de las muestras de referencia 16-823, 16-824, 16-826, 16-828, 16-829, 16-832, 16-858, 16-860.
- Ensayo de proctor normal según UNE 103.501 de la muestra de referencia 16-829.
- Contenido en sulfatos según UNE 103.201, de las muestras de referencia 16-858 y 16-860.
- Contenido en yeso soluble según UNE 103.206 de la muestra de referencia 16-860.
- Determinación de la Acidez Baumann-Gully según UNE – EN 16502:15 de las muestras de referencia 16-858 y 16-860.
- Ensayo de corte directo según norma UNE 103.401 de las muestras de referencia 16-858 y 16-860.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación se adjuntan los resultados obtenidos.



Nº PROYECTO: 16053
PROYECTO: CONDUCCIÓN TALAMANCA DE JARAMA
CLIENTE: CANAL ISABEL II
FECHA: 12/09/2016

TABLA RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS

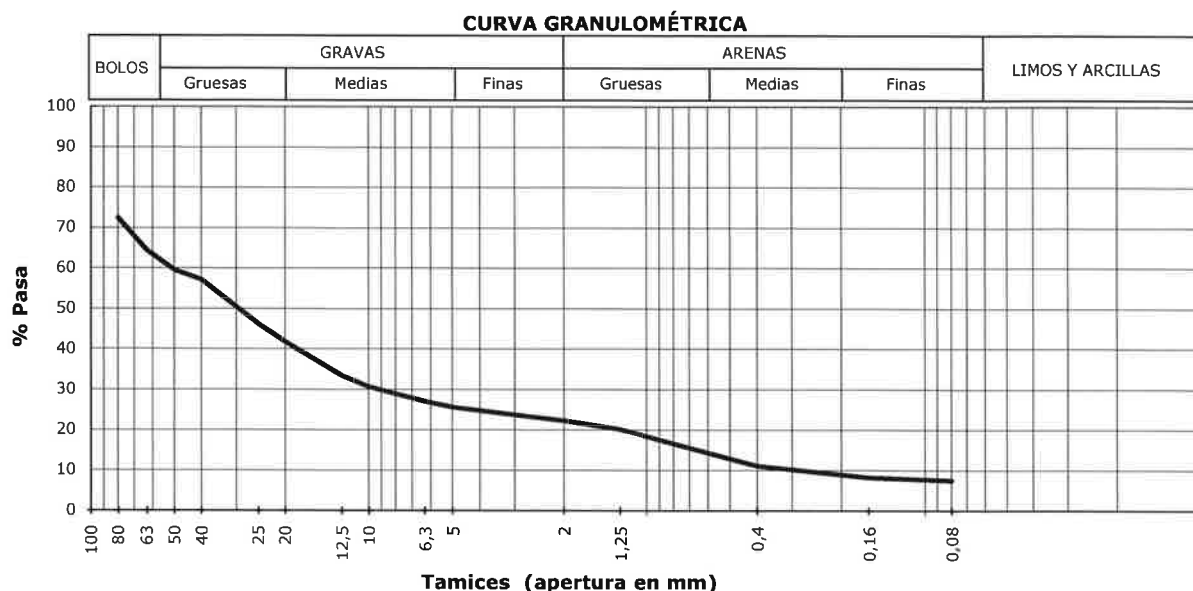
| Muestra | | Tipo | Humedad (%) | Densidad seca (g/cm³) | Densidad aparente (g/cm³) | Granulometría por tamizado (% que pasa) | | | | | | | Límites de Atterberg | | | Corte directo CD | | Ensayos químicos | | | | | | | | Proctor Normal | | CBR | | |
|---------|-------------|------|-------------|-----------------------|---------------------------|---|----------|---------|---------|---------|---------|----------|----------------------|----------|------------|------------------|----|----------------------|------------------------|--------------------|-----------|-------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------|-------------------------|-----|--|--|
| | | | | | | 63,00 mm | 20,00 mm | 5,00 mm | 2,00 mm | 0,42 mm | 0,08 mm | L.L. (%) | L.P. (%) | I.P. (%) | C (kg/cm²) | φ (°) | pH | Materia orgánica (%) | Carbonatos (CaCO₃) (%) | Sales solubles (%) | Yesos (%) | Sulfatos solubles (SO₄ mg/kg) | Acidez Baumann-Gully | Densidad max (g/cm³) | Humedad óptima (%) | Indice CBR 100 | Hinchamiento maximo (%) | | | |
| CC-1 | (1,70-1,90) | MB-2 | | | | 64,4 | 41,8 | 25,6 | 22,3 | 11,1 | 7,6 | 34,2 | 15,2 | 19,0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CC-2 | (1,60-1,80) | MB-1 | | | | 77,9 | 46,7 | 31,5 | 27,5 | 15,4 | 9,0 | 21,1 | 11,9 | 8,2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CC-3 | (1,70-1,90) | MB-2 | | | | 85,4 | 60,6 | 47,4 | 45,1 | 38,4 | 28,1 | 27,4 | 11,9 | 15,5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CC-4 | (1,80-2,00) | MB-2 | | | | 100,0 | 100,0 | 93,8 | 88,6 | 79,7 | 70,0 | 49,9 | 21,8 | 28,1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CC-5 | (1,00-1,20) | MB-1 | | | | 100,0 | 100,0 | 98,0 | 96,2 | 82,2 | 59,7 | 30,2 | 13,4 | 16,8 | | | | | | | | | 1,76 | 12,3 | | | | | | |
| CC-6 | (2,00-2,20) | MB-2 | | | | 75,0 | 50,0 | 31,2 | 30,6 | 10,1 | 6,1 | 21,9 | 11,4 | 10,5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S-1 | 2,00 - 2,70 | MA | | | | 100,0 | 54,7 | 41,3 | 33,0 | 20,0 | 12,5 | 18,5 | 15,2 | 3,3 | 0,33 | 32,6 | | | | | | | | | 409,1 | 28 | | | | |
| S-2 | 2,20 - 2,80 | MA | | | | 100,0 | 82,1 | 50,9 | 40,3 | 26,3 | 16,0 | 17,9 | 15,7 | 2,1 | 0,54 | 33,0 | | | | | | | | | 0,06 | 512,4 | 36 | | | |

Nº PROYECTO: **16053**
 PROYECTO: **CONDUCCION TALAMANCA DEL JARAMA**
 CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
 REFERENCIA: **16823**
 FECHA ENSAYO: **09/08/2016**

REF. CLIENTE: **CC-1 MB-2**
 COTA: **1,70 - 1,90**



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. UNE 103-101:95



| Tamiz (mm) | 100 | 80 | 63 | 50 | 40 | 25 | 20 | 12,5 | 10 | 6,3 | 5 | 2 | 1,25 | 0,4 | 0,16 | 0,08 |
|------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| % Pasa | 100,0 | 72,5 | 64,4 | 59,6 | 57,2 | 46,2 | 41,8 | 33,4 | 30,7 | 27,0 | 25,6 | 22,3 | 20,2 | 11,1 | 8,3 | 7,6 |

| Fracción | % contenido | Parámetros adicionales |
|--|----------------|---|
| Bolos (>60,00 mm): | 35,60 % | D₆₀ 51,12 |
| Gravas (60,00 - 2,00 mm): | 42,11 % | D₁₀ 9,27 |
| Arenas (2,00 - 0,08 mm): | 14,73 % | Coefficiente de uniformidad (Cu): 166,62 |
| Limos y arcillas (<0,08 mm): | 7,56 % | |

Observaciones:

Grava y gravilla redondeada con arena limosa marrón rojiza y algo de arcilla

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada

Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

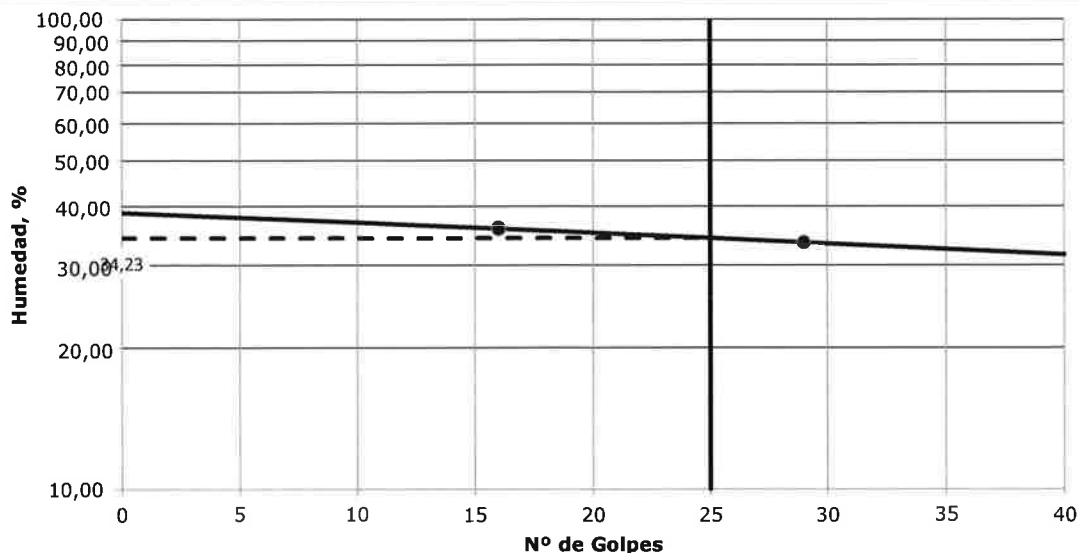
F-10.01.06

Nº PROYECTO: **16053**
 PROYECTO: **CONDUCCIÓN TALAMANCA DEL JARAMA**
 CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
 REFERENCIA: **16823** REF. CLIENTE: **CC-1 MB-2**
 FECHA ENSAYO: **09/08/2016** COTA: **1,70 - 1,90**



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG. UNE 103-103:94 Y UNE 103-104:94

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE UN SUELO. UNE 103-103:94



| | | |
|---------------|----------|----------|
| Prueba: | 1 | 2 |
| Nº de golpes: | 16 | 29 |
| Humedad (%): | 35,9 | 33,5 |

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO. UNE 103-104:93

Humedad (%): 15,2

RESULTADOS DEL ENSAYO

| | | |
|-----------------------------|-------------|----------|
| Límite Líquido (LL): | 34,2 | % |
| Límite Plástico (LP): | 15,2 | % |
| Índice de Plasticidad (IP): | 19,0 | % |

Observaciones:

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada
 Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

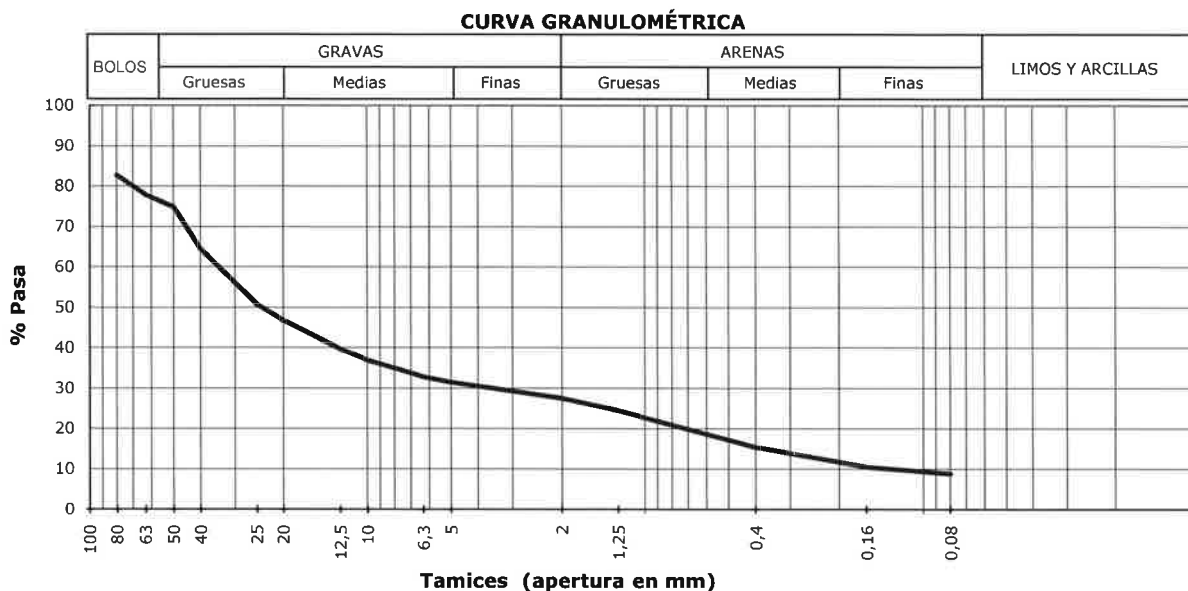
F-10.01.06

Nº PROYECTO: **16053**
 PROYECTO: **CONDUCCION TALAMANCA DEL JARAMA**
 CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
 REFERENCIA: **16824**
 FECHA ENSAYO: **09/08/2016**

REF. CLIENTE: **CC-2 MB-1**
 COTA: **1,60 - 1,80**



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. UNE 103-101:95



| Tamiz (mm) | 100 | 80 | 63 | 50 | 40 | 25 | 20 | 12,5 | 10 | 6,3 | 5 | 2 | 1,25 | 0,4 | 0,16 | 0,08 |
|------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| % Pasa | 100,0 | 82,7 | 77,9 | 74,9 | 64,4 | 50,7 | 46,7 | 39,6 | 37,0 | 32,8 | 31,5 | 27,5 | 24,4 | 15,4 | 10,6 | 9,0 |

| Fracción | % contenido |
|------------------------------|-------------|
| Bolos (>60,00 mm): | 22,10 % |
| Gravas (60,00 - 2,00 mm): | 50,42 % |
| Arenas (2,00 - 0,08 mm): | 18,53 % |
| Limos y arcillas (<0,08 mm): | 8,96 % |

| Parámetros adicionales |
|--|
| D ₆₀ 35,21 |
| D ₁₀ 3,89 |
| Coefficiente de uniformidad (Cu): 266,98 |

Observaciones:

Grava y gravilla redondeada con arena limo- arcillosa marrón

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada

Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

F-10.01.06

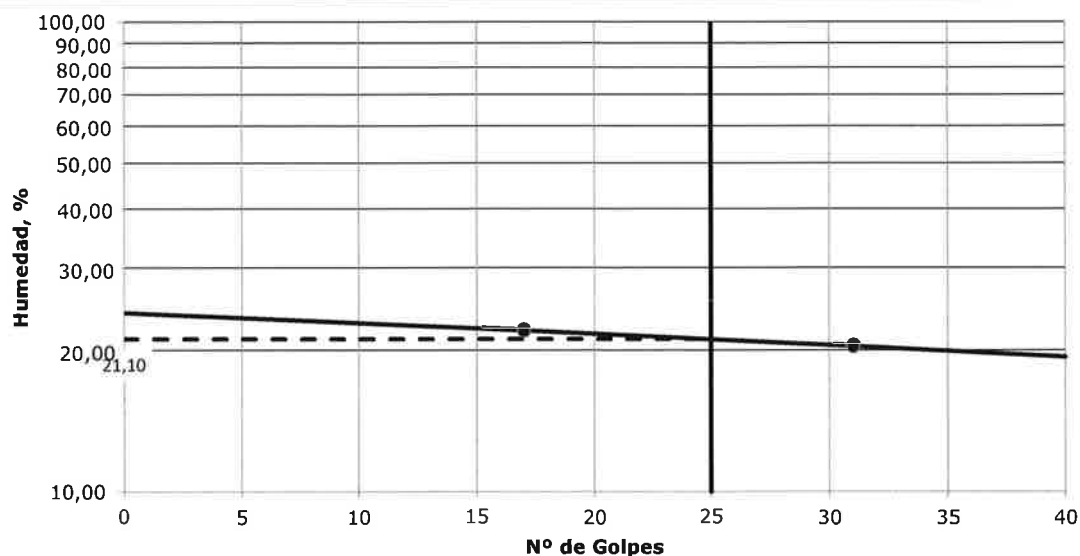
Nº PROYECTO: **16053**
 PROYECTO: **CONDUCCIÓN TALAMANCA DEL JARAMA**
 CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
 REFERENCIA: **16824**
 FECHA ENSAYO: **09/08/2016**

REF. CLIENTE: **CC-2 MB-1**
 COTA: **1,60 - 1,80**



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG. UNE 103-103:94 Y UNE 103-104:94

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE UN SUELO. UNE 103-103:94



| | | |
|---------------|----------|----------|
| Prueba: | 1 | 2 |
| Nº de golpes: | 17 | 31 |
| Humedad (%): | 22,0 | 20,4 |

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO. UNE 103-104:93

Humedad (%): 11,9

RESULTADOS DEL ENSAYO

Límite Líquido (LL): 21,1 %
Límite Plástico (LP): 11,9 %
Índice de Plasticidad (IP): 9,2 %

Observaciones:

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada
 Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

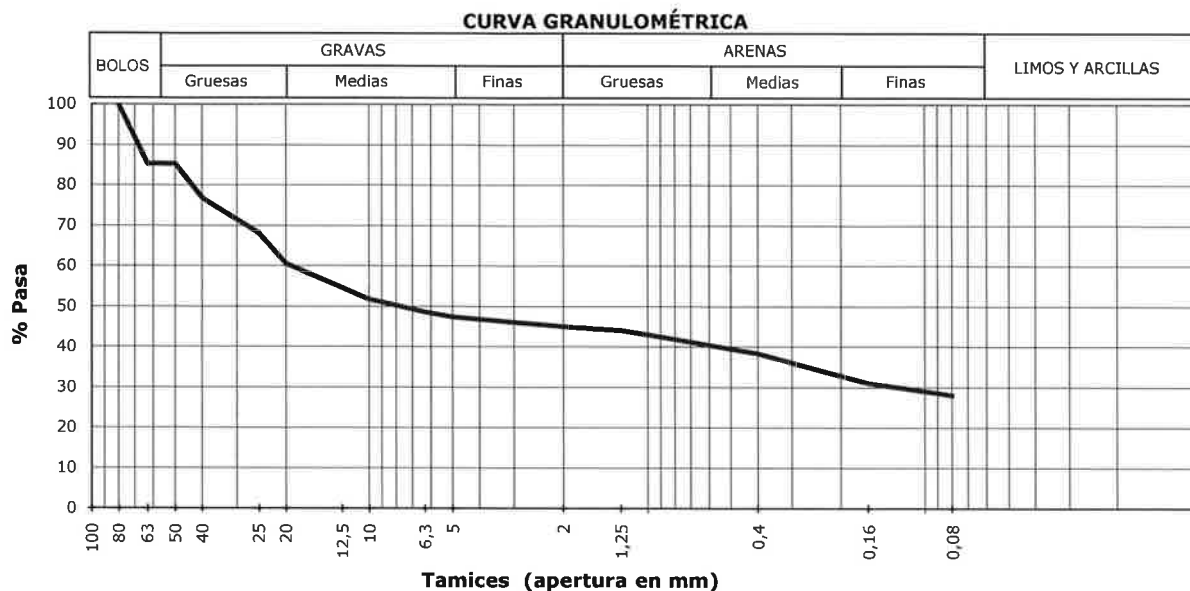
F-10.01.06

Nº PROYECTO: **16053**
 PROYECTO: **CONDUCCION TALAMANCA DEL JARAMA**
 CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
 REFERENCIA: **16826**
 FECHA ENSAYO: **09/08/2016**

REF. CLIENTE: **CC-3 MB-2**
 COTA: **1,70 - 1,90**



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. UNE 103-101:95



| Tamiz (mm) | 100 | 80 | 63 | 50 | 40 | 25 | 20 | 12,5 | 10 | 6,3 | 5 | 2 | 1,25 | 0,4 | 0,16 | 0,08 |
|------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| % Pasa | 100,0 | 100,0 | 85,4 | 85,4 | 76,9 | 68,1 | 60,6 | 54,6 | 51,8 | 48,6 | 47,4 | 45,1 | 44,1 | 38,4 | 31,1 | 28,1 |

| <u>Fracción</u> | <u>% contenido</u> | <u>Parámetros adicionales</u> |
|--|--------------------|--|
| Bolos (>60,00 mm): | 14,60 % | D₆₀ 19,21 |
| Gravas (60,00 - 2,00 mm): | 40,29 % | D₁₀ 0,13 |
| Arenas (2,00 - 0,08 mm): | 17,02 % | Coefficiente de uniformidad (Cu): |
| Limos y arcillas (<0,08 mm): | 28,09 % | |

Observaciones:

Grava y gravilla redondeada con arcilla arenosa marrón verdosa con alguna zona blanquecina

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada

Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

F-10.01.06

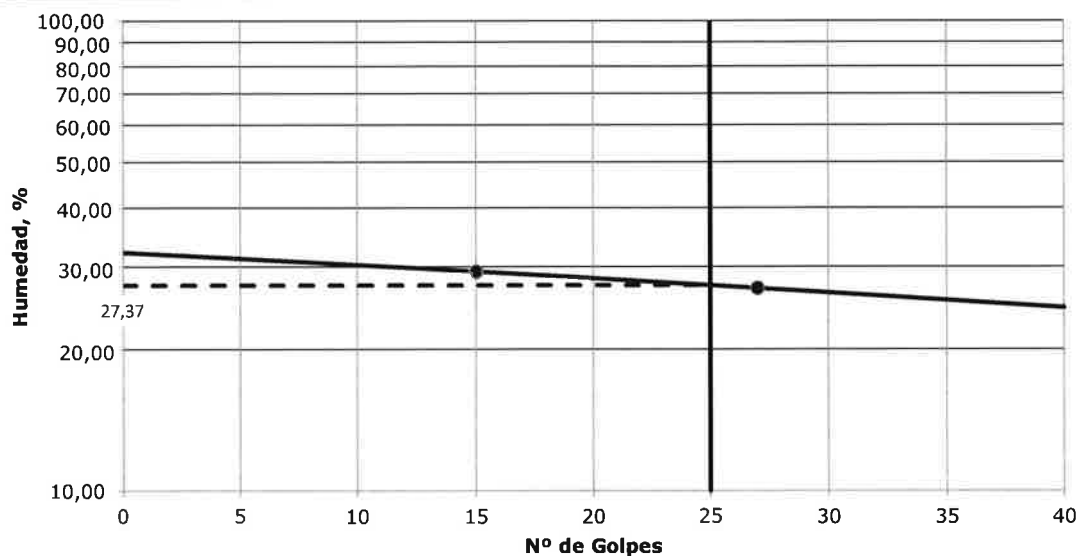
Nº PROYECTO: **16053**
 PROYECTO: **CONDUCCIÓN TALAMANCA DEL JARAMA**
 CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
 REFERENCIA: **16826**
 FECHA ENSAYO: **09/08/2016**

REF. CLIENTE: **CC-3 MB-1**
 COTA: **1,70 - 1,90**



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG. UNE 103-103:94 Y UNE 103-104:94

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE UN SUELO. UNE 103-103:94



| | | |
|---------------|----------|----------|
| Prueba: | 1 | 2 |
| Nº de golpes: | 15 | 27 |
| Humedad (%): | 29,3 | 27,0 |

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO. UNE 103-104:93

Humedad (%): 11,9

RESULTADOS DEL ENSAYO

Límite Líquido (LL): 27,4 %
Límite Plástico (LP): 11,9 %
Índice de Plasticidad (IP): 15,5 %

Observaciones:

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada
 Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

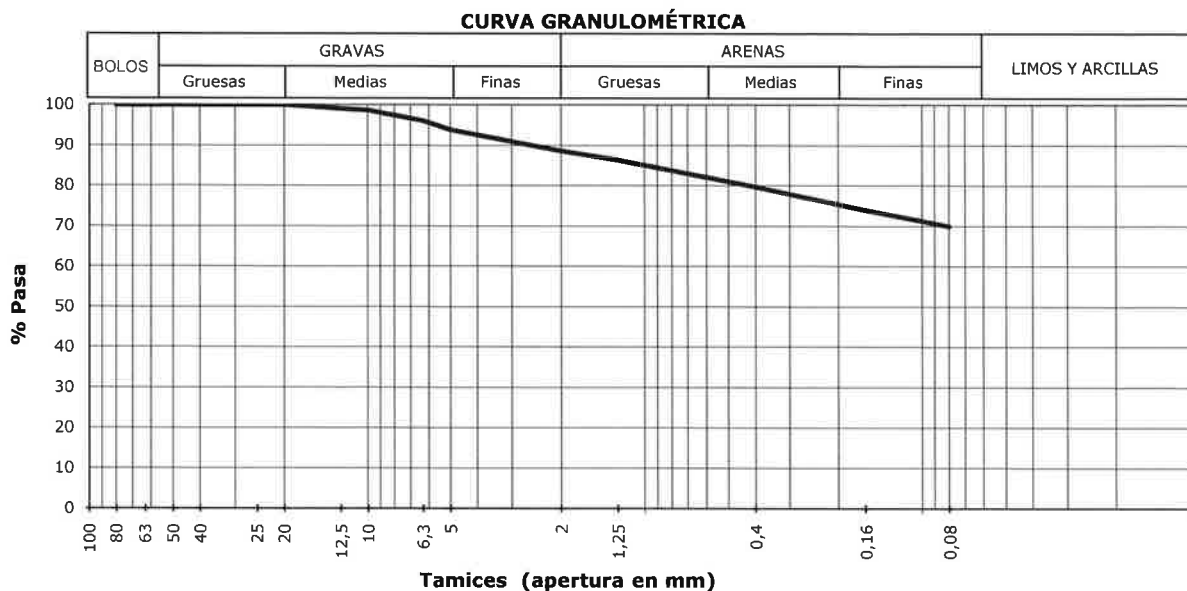
F-10.01.06

Nº PROYECTO: **16053**
 PROYECTO: **CONDUCCION TALAMANCA DEL JARAMA**
 CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
 REFERENCIA: **16828**
 FECHA ENSAYO: **09/08/2016**

REF. CLIENTE: **CC-4 MB-2**
 COTA: **1,80 - 2,00**



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. UNE 103-101:95



| Tamiz (mm) | 100 | 80 | 63 | 50 | 40 | 25 | 20 | 12,5 | 10 | 6,3 | 5 | 2 | 1,25 | 0,4 | 0,16 | 0,08 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| % Pasa | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 99,1 | 98,6 | 96,0 | 93,8 | 88,6 | 86,4 | 79,7 | 74,0 | 70,0 |

| Fracción | % contenido | |
|--|--------------|----------|
| Bolos (>60,00 mm): | 0,00 | % |
| Gravas (60,00 - 2,00 mm): | 11,40 | % |
| Arenas (2,00 - 0,08 mm): | 18,59 | % |
| Limos y arcillas (<0,08 mm): | 70,00 | % |

Parámetros adicionales

D₆₀

D₁₀

Coefficiente de uniformidad (Cu):

Observaciones:

Arcilla arenosa marrón con algún fragmento de gravilla

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada

Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

F-10.01.06

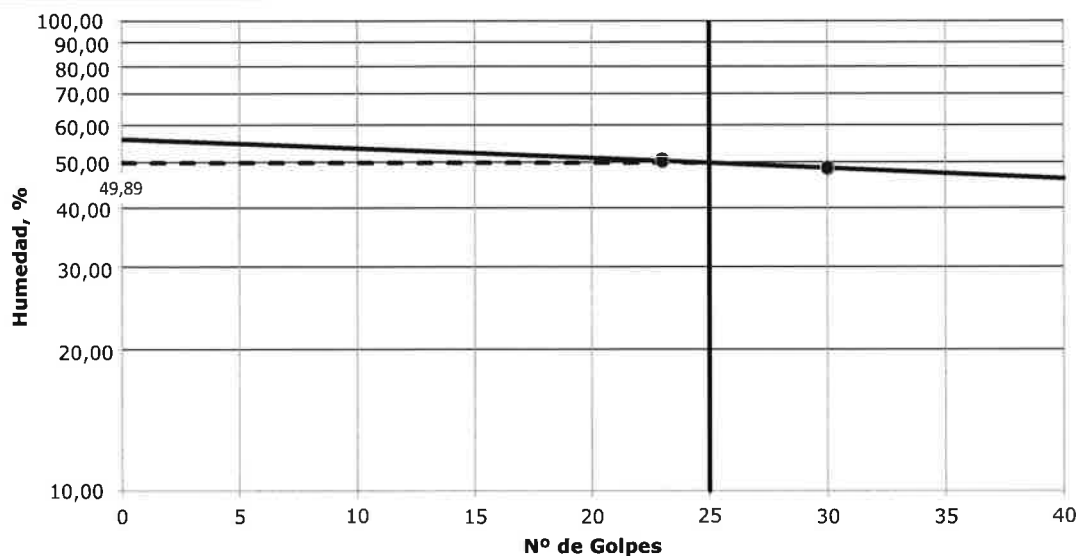
Nº PROYECTO: **16053**
 PROYECTO: **CONDUCCIÓN TALAMANCA DEL JARAMA**
 CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
 REFERENCIA: **16828**
 FECHA ENSAYO: **09/08/2016**

REF. CLIENTE: **CC-4 MB-2**
 COTA: **1,80 - 2,00**



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG. UNE 103-103:94 Y UNE 103-104:94

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE UN SUELO. UNE 103-103:94



| | | |
|---------------|----------|----------|
| Prueba: | 1 | 2 |
| Nº de golpes: | 23 | 30 |
| Humedad (%): | 50,4 | 48,7 |

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO. UNE 103-104:93

Humedad (%): 21,8

RESULTADOS DEL ENSAYO

| | | |
|-----------------------------|-------------|----------|
| Límite Líquido (LL): | 49,9 | % |
| Límite Plástico (LP): | 21,8 | % |
| Índice de Plasticidad (IP): | 28,1 | % |

Observaciones:

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada
 Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

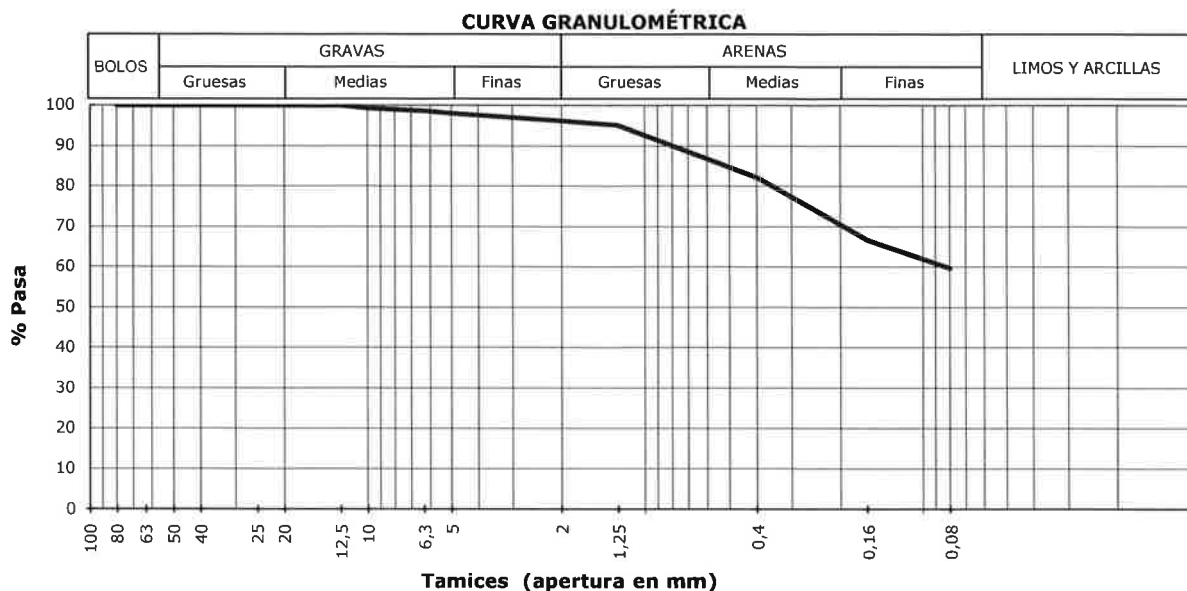
F-10.01.06

Nº PROYECTO: **16053**
 PROYECTO: **CONDUCCION TALAMANCA DEL JARAMA**
 CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
 REFERENCIA: **16829**
 FECHA ENSAYO: **09/08/2016**

REF. CLIENTE: **CC-5 MB-1**
 COTA: **1,00 - 1,20**



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. UNE 103-101:95



| Tamiz (mm) | 100 | 80 | 63 | 50 | 40 | 25 | 20 | 12,5 | 10 | 6,3 | 5 | 2 | 1,25 | 0,4 | 0,16 | 0,08 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| % Pasa | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 99,3 | 98,7 | 98,0 | 96,2 | 95,1 | 82,2 | 66,7 | 59,7 |

| Fracción | % contenido | Parámetros adicionales |
|------------------------------|-------------|-----------------------------------|
| Bolos (>60,00 mm): | 0,00 % | D ₆₀ 0,08 |
| Gravas (60,00 - 2,00 mm): | 3,79 % | D ₁₀ |
| Arenas (2,00 - 0,08 mm): | 36,50 % | Coefficiente de uniformidad (Cu): |
| Limos y arcillas (<0,08 mm): | 59,71 % | |

Observaciones:

Arcilla arenosa marrón con algún fragmento de gravilla

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada

Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

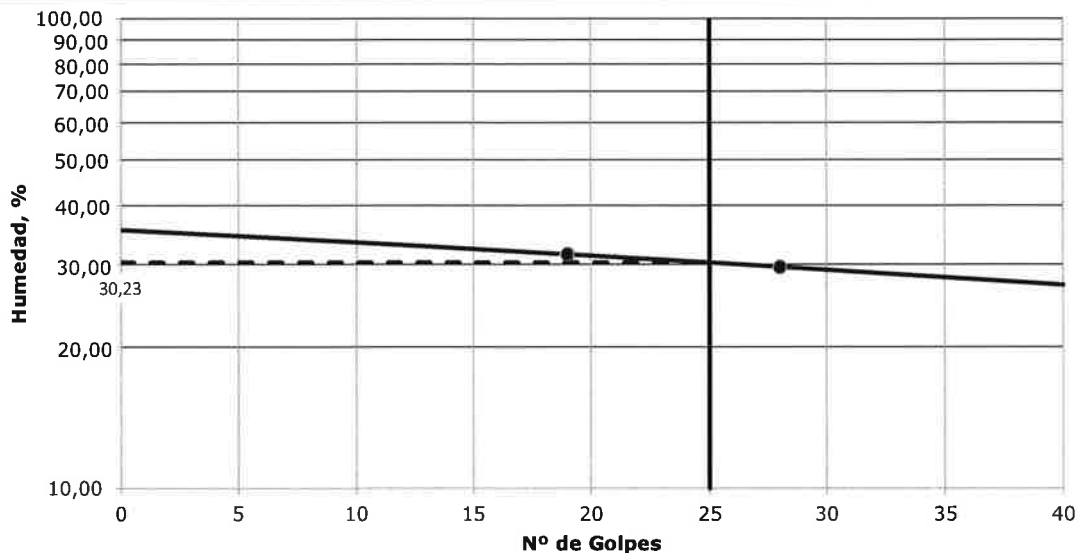
F-10.01.06

Nº PROYECTO: **16053**
 PROYECTO: **CONDUCCIÓN TALAMANCA DEL JARAMA**
 CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
 REFERENCIA: **16829**
 FECHA ENSAYO: **09/08/2016**
 REF. CLIENTE: **CC-5 MB-1**
 COTA: **1,00 - 1,20**



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG. UNE 103-103:94 Y UNE 103-104:94

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE UN SUELO. UNE 103-103:94



| | | |
|---------------|----------|----------|
| Prueba: | 1 | 2 |
| Nº de golpes: | 19 | 28 |
| Humedad (%): | 31,5 | 29,6 |

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO. UNE 103-104:93

Humedad (%): 13,4

RESULTADOS DEL ENSAYO

| | | |
|-----------------------------|-------------|----------|
| Límite Líquido (LL): | 30,2 | % |
| Límite Plástico (LP): | 13,4 | % |
| Índice de Plasticidad (IP): | 16,8 | % |

Observaciones:

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada
 Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

F-10.01.06

Nº PROYECTO: **16053**
 PROYECTO: **CONDUCCION TALAMANCA DEL JARAMA**
 CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
 REFERENCIA: **16829**
 FECHA ENSAYO: **09/08/2016**

REF. CLIENTE: **CC-5 MB-1**
 COTA: **1,00 - 1,20**



ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR NORMAL. UNE 103-500:94

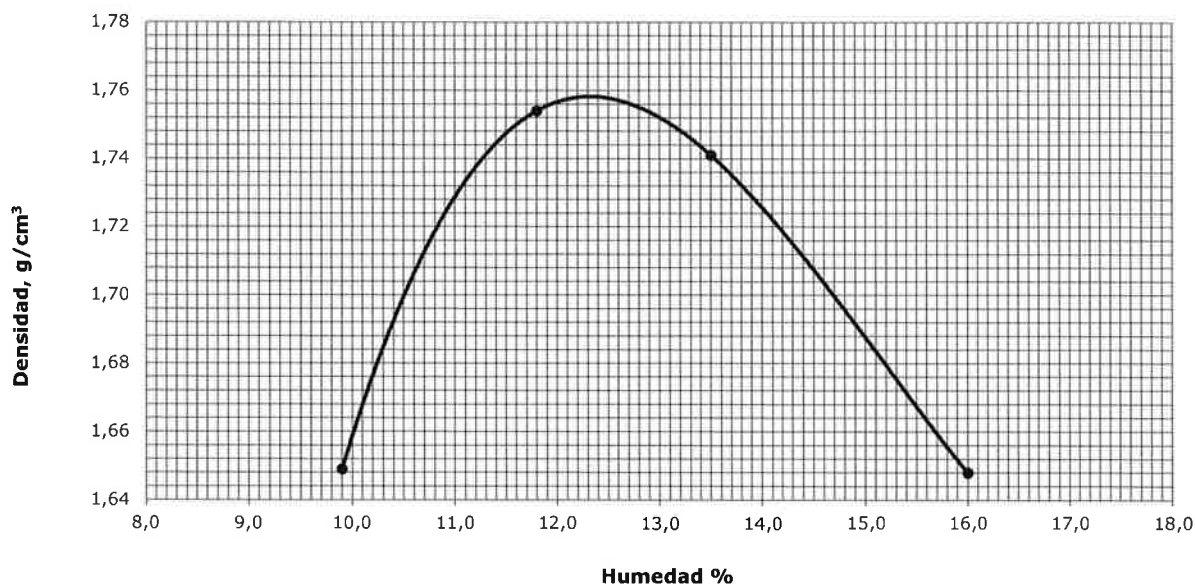
CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO

| | | | |
|---------------------------------------|-------|-----------------------------------|----|
| Volumen del molde (cm ³): | 1.000 | Número de capas: | 3 |
| Altura de caída (mm): | 305 | Número de golpes por capa: | 26 |
| Peso de la maza (kg): | 2,500 | Material retenido tamiz 20mm (%): | - |

DATOS DEL ENSAYO

| Punto | 1 | 2 | 3 | 4 | |
|--------------------------------|-------|-------|------|-------|--|
| Humedad (%) | 11,80 | 13,50 | 9,90 | 16,00 | |
| Densidad (gr/cm ³) | 1,75 | 1,74 | 1,65 | 1,65 | |

GRÁFICO DEL ENSAYO



RESULTADOS DEL ENSAYO

| | | |
|---------------------------|------|-------------------|
| Densidad Máxima | 1,76 | g/cm ³ |
| Humedad Óptima | 10,3 | % |
| Densidad Máxima Corregida | - | g/cm ³ |
| Humedad Óptima Corregida | - | % |

Observaciones:

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada
 Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

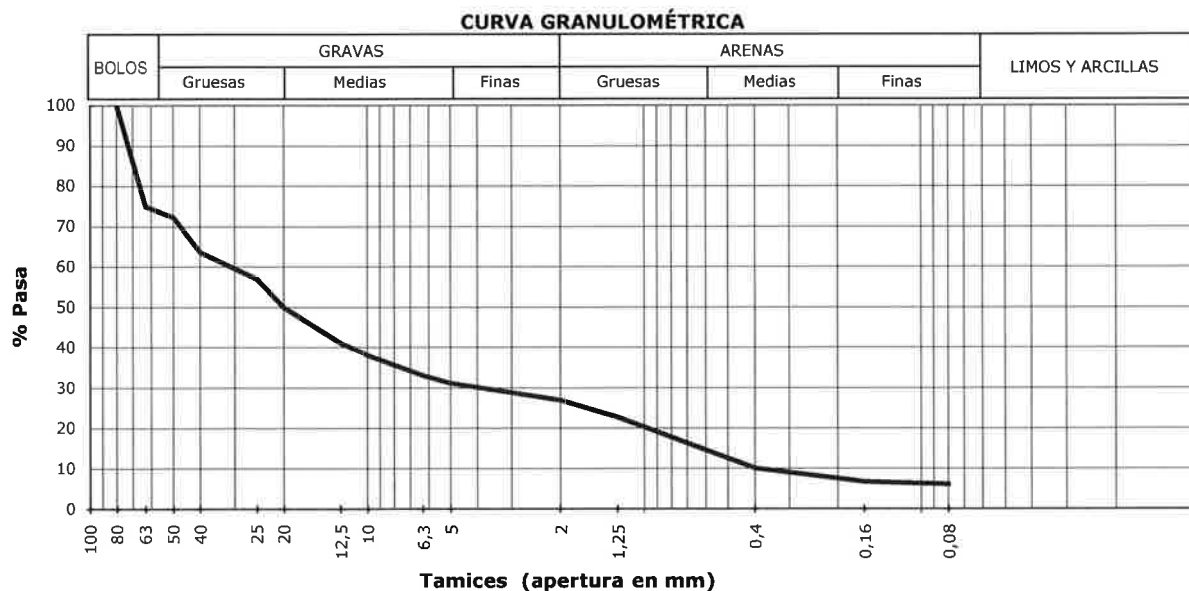
F-10.01.06

Nº PROYECTO: **16053**
 PROYECTO: **CONDUCCION TALAMANCA DEL JARAMA**
 CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
 REFERENCIA: **16832**
 FECHA ENSAYO: **09/08/2016**

REF. CLIENTE: **CC-6 MB-2**
 COTA: **2,00 - 2,20**



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. UNE 103-101:95



| Tamiz (mm) | 100 | 80 | 63 | 50 | 40 | 25 | 20 | 12,5 | 10 | 6,3 | 5 | 2 | 1,25 | 0,4 | 0,16 | 0,08 |
|------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| % Pasa | 100,0 | 100,0 | 75,0 | 72,3 | 63,7 | 57,0 | 50,0 | 41,1 | 38,1 | 33,0 | 31,2 | 27,0 | 22,7 | 10,1 | 6,8 | 6,1 |

| <u>Fracción</u> | <u>% contenido</u> |
|--|--------------------|
| Bolos (>60,00 mm): | 25,00 % |
| Gravas (60,00 - 2,00 mm): | 48,00 % |
| Arenas (2,00 - 0,08 mm): | 20,88 % |
| Limos y arcillas (<0,08 mm): | 6,11 % |

| <u>Parámetros adicionales</u> | |
|--|--------------|
| D₆₀ | 31,69 |
| D₁₀ | 4,16 |
| Coefficiente de uniformidad (Cu): | 80,22 |

Observaciones:

Grava y gravilla redondeada con arena limo arcillosa marrón

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada

Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarium.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

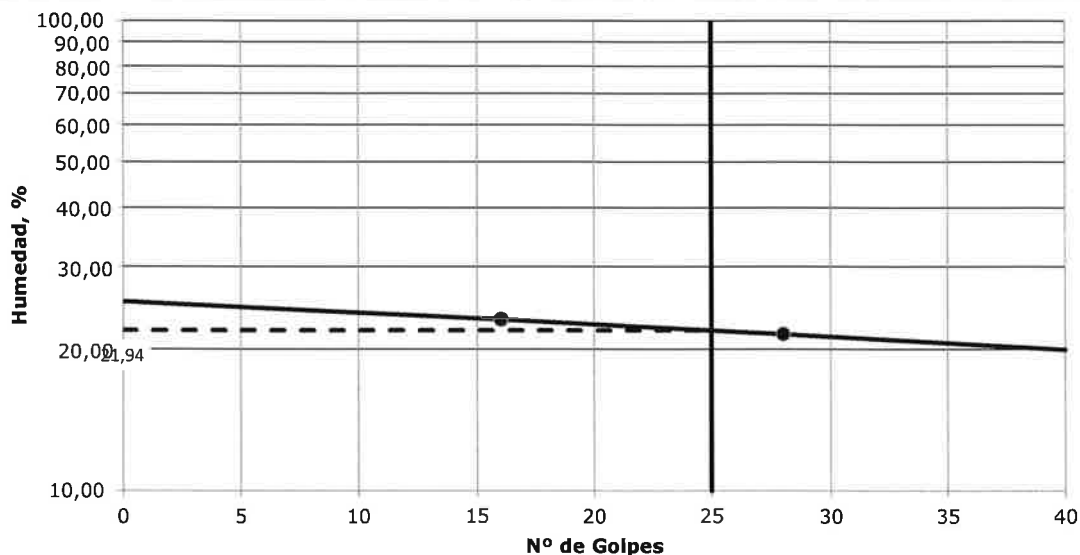
F-10.01.06

Nº PROYECTO: **16053**
 PROYECTO: **CONDUCCIÓN TALAMANCA DEL JARAMA**
 CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
 REFERENCIA: **16832** REF. CLIENTE: **CC-6 MB-2**
 FECHA ENSAYO: **09/08/2016** COTA: **2,00 - 2,20**



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG. UNE 103-103:94 Y UNE 103-104:94

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE UN SUELO. UNE 103-103:94



| | | |
|---------------|----------|----------|
| Prueba: | 1 | 2 |
| Nº de golpes: | 16 | 28 |
| Humedad (%): | 23,1 | 21,5 |

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO. UNE 103-104:93

Humedad (%): 11,4

RESULTADOS DEL ENSAYO

| | | |
|-----------------------------|-------------|----------|
| Límite Líquido (LL): | 21,9 | % |
| Límite Plástico (LP): | 11,4 | % |
| Índice de Plasticidad (IP): | 10,5 | % |

Observaciones:

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada
 Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

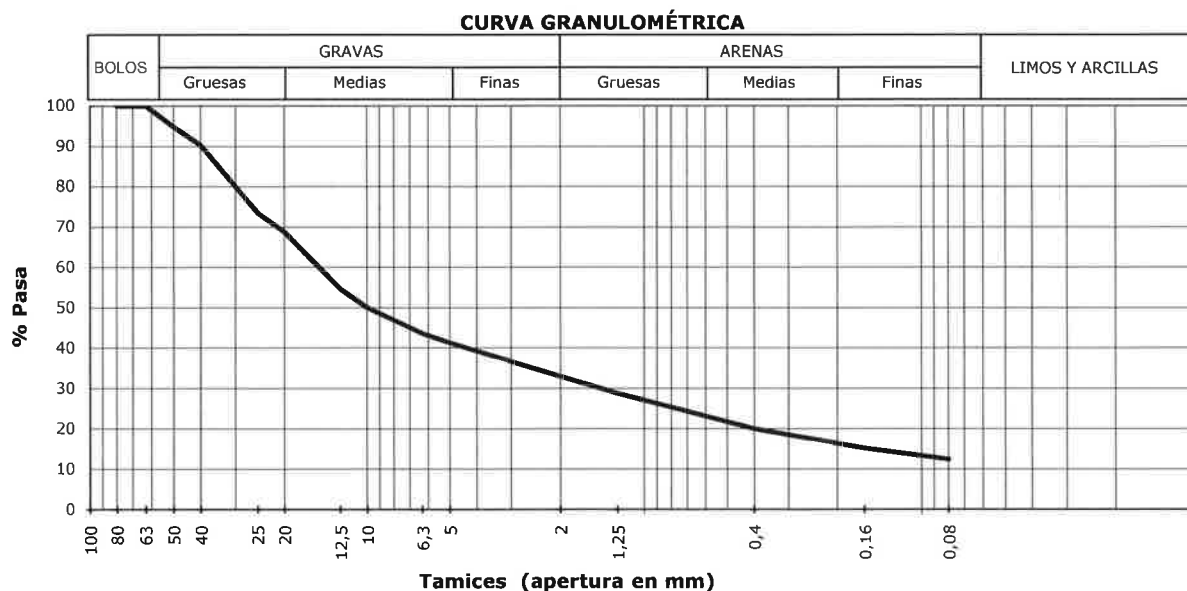
F-10.01.06

Nº PROYECTO: **16053**
 PROYECTO: **CONDUCCIONES TALAMANCA**
 CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
 REFERENCIA: **16858**
 FECHA ENSAYO: **20/09/2016**

REF. CLIENTE: **S-1**
 COTA: **2,00 - 2,70**



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. UNE 103-101:95



| Tamiz (mm) | 100 | 80 | 63 | 50 | 40 | 25 | 20 | 12,5 | 10 | 6,3 | 5 | 2 | 1,25 | 0,4 | 0,16 | 0,08 |
|------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| % Pasa | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 94,9 | 90,3 | 73,5 | 68,8 | 54,7 | 50,0 | 43,6 | 41,3 | 33,0 | 28,8 | 20,0 | 15,2 | 12,5 |

| Fracción | % contenido |
|--|----------------|
| Bolos (>60,00 mm): | 0,00 % |
| Gravas (60,00 - 2,00 mm): | 67,01 % |
| Arenas (2,00 - 0,08 mm): | 20,49 % |
| Limos y arcillas (<0,08 mm): | 12,49 % |

| Parámetros adicionales |
|--|
| D₆₀ 15,34 |
| D₁₀ 1,47 |
| Coefficiente de uniformidad (Cu): |

Observaciones:

GRAVAS CUARCÍTICAS ANGULOSAS EN MATRIZ ARENO- LIMOSA CON ALGO DE ARCILLA

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada

Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

F-10.01.06

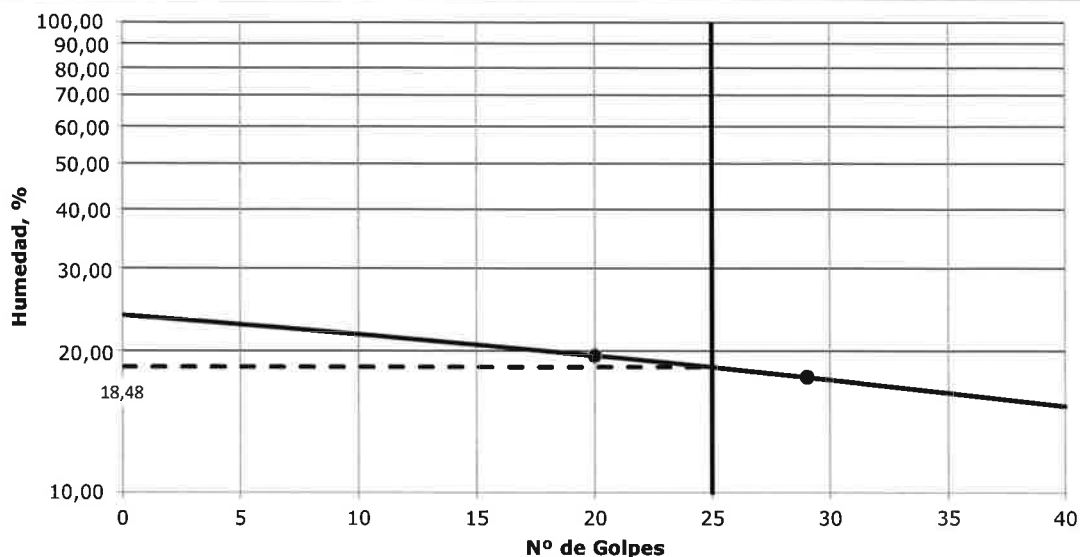
Nº PROYECTO: **16053**
PROYECTO: **CONDUCCIONES TALAMANCA**
CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
REFERENCIA: **16858**
FECHA ENSAYO: **20/09/2016**

REF. CLIENTE: **S-1**
COTA: **2,00 - 2,70**



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG. UNE 103-103:94 Y UNE 103-104:94

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE UN SUELO. UNE 103-103:94



| Prueba: | 1 | 2 |
|---------------|------|------|
| Nº de golpes: | 20 | 29 |
| Humedad (%): | 19,5 | 17,6 |

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO. UNE 103-104:93

Humedad (%): 15,2

RESULTADOS DEL ENSAYO

| | | |
|-----------------------------|------|---|
| Límite Líquido (LL): | 18,5 | % |
| Límite Plástico (LP): | 15,2 | % |
| Índice de Plasticidad (IP): | 3,3 | % |

Observaciones:

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada
Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

F-10.01.06

Nº PROYECTO: **16053**
PROYECTO: **CONDUCCIONES TALAMANCA**
CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
REFERENCIA: **16858**
FECHA ENSAYO: **20/09/2016**

REF. CLIENTE: **S-1**
COTA: **2,00 - 2,70**



DETERMINACIÓN DEL pH DE UN SUELO. UNE-ISO 10390:12

pH:

DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL REDOX

Potencial Redox: mV

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA DE UN SUELO. UNE 103-204:93

Contenido en Materia Orgánica: %

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN CARBONATOS DE UN SUELO. UNE 103-200:93

Contenido en CaCO_3 : %

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN SALES SOLUBLES DE UN SUELO. UNE 103-205:06

Contenido en Sales Solubles: %

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE YESO SOLUBLE DE UN SUELO. UNE 103-206:06

Contenido en $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: %

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN SULFATOS SOLUBLES EN AGUA DE UN SUELO. UNE 103-201:96

Contenido en SO_3 : 0,04 %

Contenido en Ión Sulfato SO_4^{2-} : 512,4 mg/kg

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ÁCIDEZ DE BAUMANN-GULLY. UNE - EN 16502:15

Grado Acidez Baumann-Gully: 36 ml/kg

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN ION CLORURO. MÉTODO VOLHARD

Contenido en Cl^- ml/kg

Observaciones:

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada
Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

F-10.01.06

Nº PROYECTO: **16053**
 PROYECTO: **CONDUCCIONES TALAMANCA**
 CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
 REFERENCIA: **16860**
 FECHA ENSAYO: **20/09/2016**

REF. CLIENTE: **S-2**
 COTA: **2,20 - 2,80**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS. UNE 103-401:98

Tipo de ensayo: Consolidado y drenado (CD)
 Tipo de muestra: Remoldeada

Vel. Rotura: 0,12 mm/min

| | PROBETA 1 | PROBETA 2 | PROBETA 3 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Cargas verticales (kg/cm ²) | 1,00 | 2,00 | 3,00 |
| Humedad inicial (%) | 8,60 | 8,20 | 8,70 |
| Humedad final (%) | 12,10 | 12,40 | 12,50 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 1,98 | 1,98 | 1,98 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2,15 | 2,14 | 2,15 |
| Sección (cm ²) | 19,63 | 19,63 | 19,63 |
| Volumen (cm ³) | 49,09 | 49,09 | 49,09 |
| Desplazamiento horizontal (mm) | 1,17 | 1,24 | 1,09 |
| Tensión normal corregida (kg/cm ²) | 1,03 | 2,06 | 3,08 |
| Tensión normal corregida (kPa) | 101,04 | 202,09 | 302,15 |
| Tensión tangencial corregida (kg/cm ²) | 1,17 | 1,88 | 2,47 |
| Tensión tangencial corregida (kPa) | 114,78 | 184,43 | 242,31 |

INTERPRETACIÓN*

| | |
|--------------------------------|------|
| Cohesión (kg/cm ²) | 0,54 |
| Ángulo de rozamiento (°) | 33,0 |

*La interpretación se realiza por el ajuste de la línea de rotura a partir de los resultados de las 3 probetas ensayadas

GRÁFICOS DEL ENSAYO

CURVAS DE ROTURA

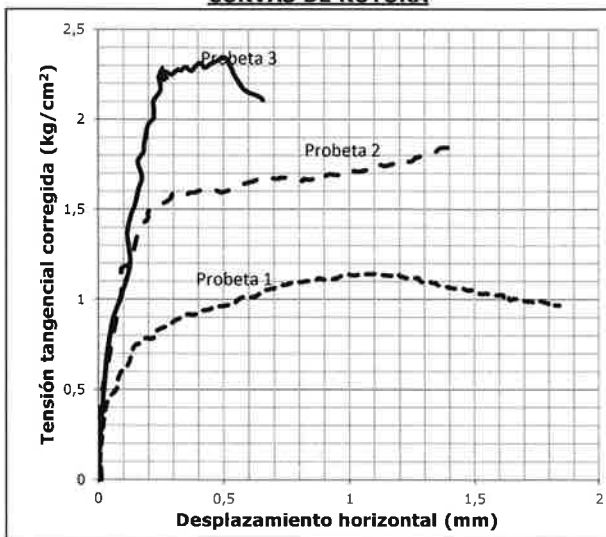
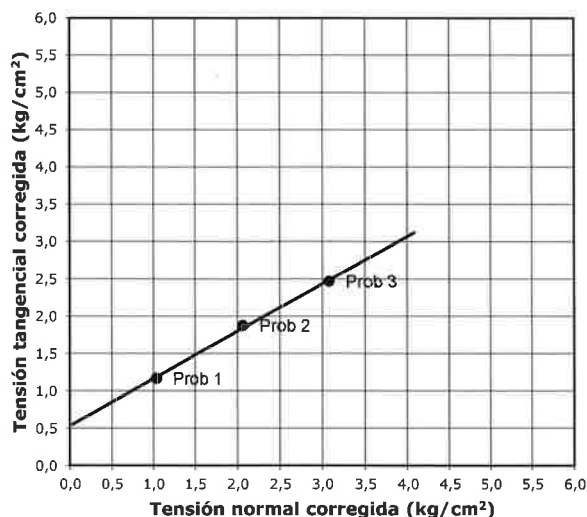


GRÁFICO DE TENSIONES



Observaciones:

LAS PROBETAS SE REMOLDEARON CON UNA DENSIDAD DE 2,15 g/cc Y HUMEDAD DEL 8 % APROXIMADAMENTE

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada

Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

F-10.01.06

Nº PROYECTO: **16053**
 PROYECTO: **CONDUCCIONES TALAMANCA**
 CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
 REFERENCIA: **16858**
 FECHA ENSAYO: **20/09/2016**

REF. CLIENTE: **S-1**
 COTA: **2,00 - 2,70**



ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS. UNE 103-401:98

Tipo de ensayo: Consolidado y drenado (CD)
 Tipo de muestra: Remoldeada

Vel. Rotura: 0,12 mm/min

| | PROBETA 1 | PROBETA 2 | PROBETA 3 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Cargas verticales (kg/cm ²) | 1,00 | 2,00 | 3,00 |
| Humedad inicial (%) | 7,90 | 8,10 | 8,00 |
| Humedad final (%) | 11,70 | 12,80 | 11,50 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2,00 | 1,98 | 2,01 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2,16 | 2,14 | 2,17 |
| Sección (cm ²) | 19,63 | 19,63 | 19,63 |
| Volumen (cm ³) | 49,09 | 49,09 | 49,09 |
| Desplazamiento horizontal (mm) | 0,50 | 0,41 | 0,35 |
| Tensión normal corregida (kg/cm ²) | 1,01 | 2,02 | 3,03 |
| Tensión normal corregida (kPa) | 99,08 | 198,16 | 297,24 |
| Tensión tangencial corregida (kg/cm ²) | 0,97 | 1,61 | 2,25 |
| Tensión tangencial corregida (kPa) | 95,16 | 157,94 | 220,73 |

| | | |
|------------------------|-------------------------------------|-------------|
| INTERPRETACIÓN* | Cohesión (kg/cm²) | 0,33 |
| | Ángulo de rozamiento (°) | 32,6 |

*La interpretación se realiza por el ajuste de la línea de rotura a partir de los resultados de las 3 probetas ensayadas

GRÁFICOS DEL ENSAYO

CURVAS DE ROTURA

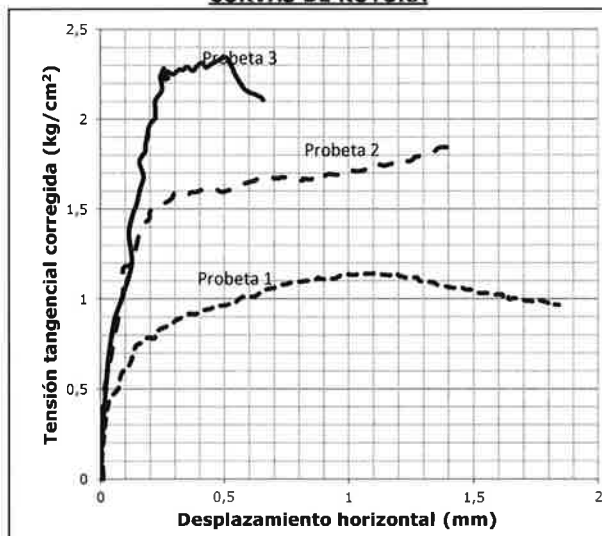
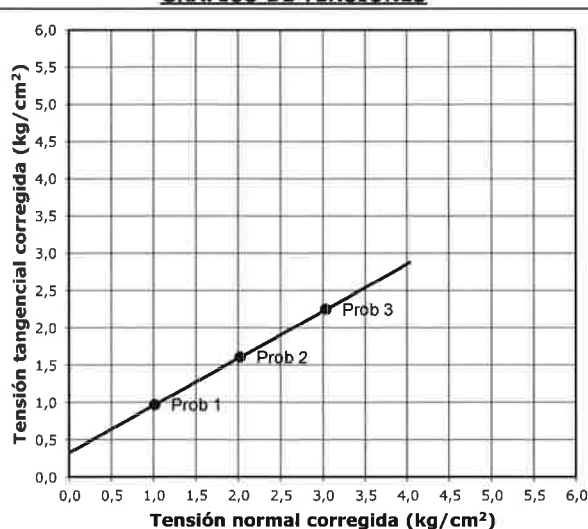


GRÁFICO DE TENSIONES



Observaciones:

LAS PROBETAS SE REMOLDEARON CON UNA DENSIDAD DE 2,15 g/cc Y HUMEDAD DEL 8 % APROXIMADAMENTE

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada

Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

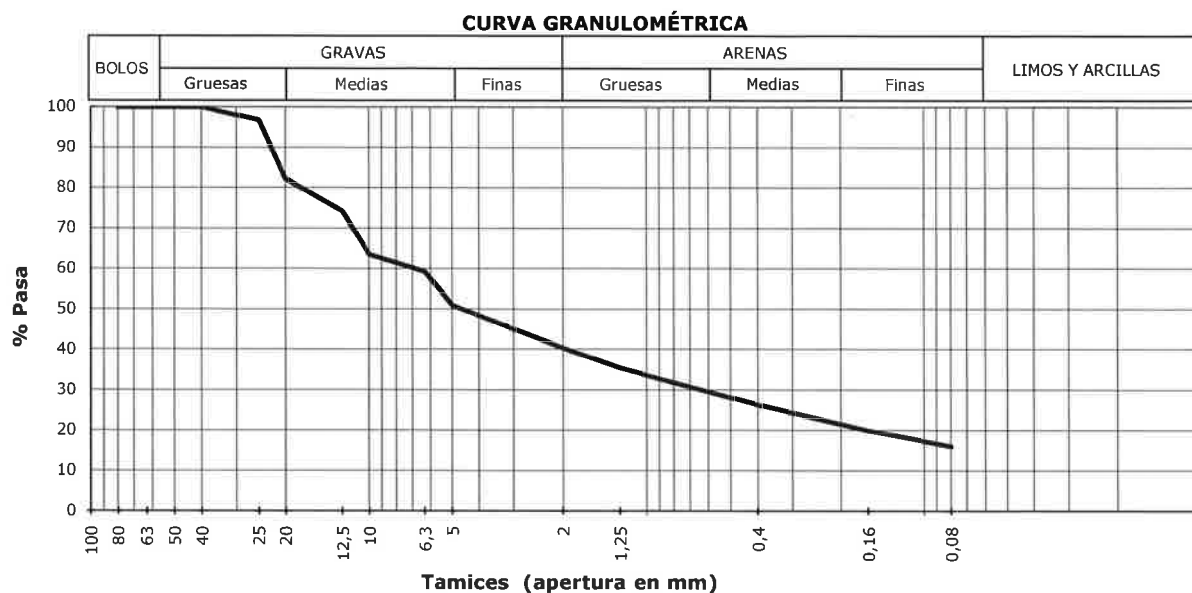
F-10.01.06

Nº PROYECTO: **16053**
 PROYECTO: **CONDUCCIONES TALAMANCA**
 CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
 REFERENCIA: **16860**
 FECHA ENSAYO: **20/09/2016**

REF. CLIENTE: **S-2**
 COTA: **2,20 - 2,80**



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. UNE 103-101:95



| Tamiz (mm) | 100 | 80 | 63 | 50 | 40 | 25 | 20 | 12,5 | 10 | 6,3 | 5 | 2 | 1,25 | 0,4 | 0,16 | 0,08 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| % Pasa | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 96,7 | 82,1 | 74,1 | 63,6 | 59,3 | 50,9 | 40,3 | 35,3 | 26,3 | 19,9 | 16,0 |

| Fracción | % contenido | Parámetros adicionales |
|------------------------------|-------------|-----------------------------------|
| Bolos (>60,00 mm): | 0,00 % | D ₆₀ 6,93 |
| Gravas (60,00 - 2,00 mm): | 59,69 % | D ₁₀ 0,75 |
| Arenas (2,00 - 0,08 mm): | 24,27 % | Coefficiente de uniformidad (Cu): |
| Limos y arcillas (<0,08 mm): | 16,04 % | |

Observaciones:

GRAVAS CUARCÍTICAS ANGULOSAS EN MATRIZ ARENO- LIMOSA CON ALGO DE ARCILLA

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada

Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

F-10.01.06

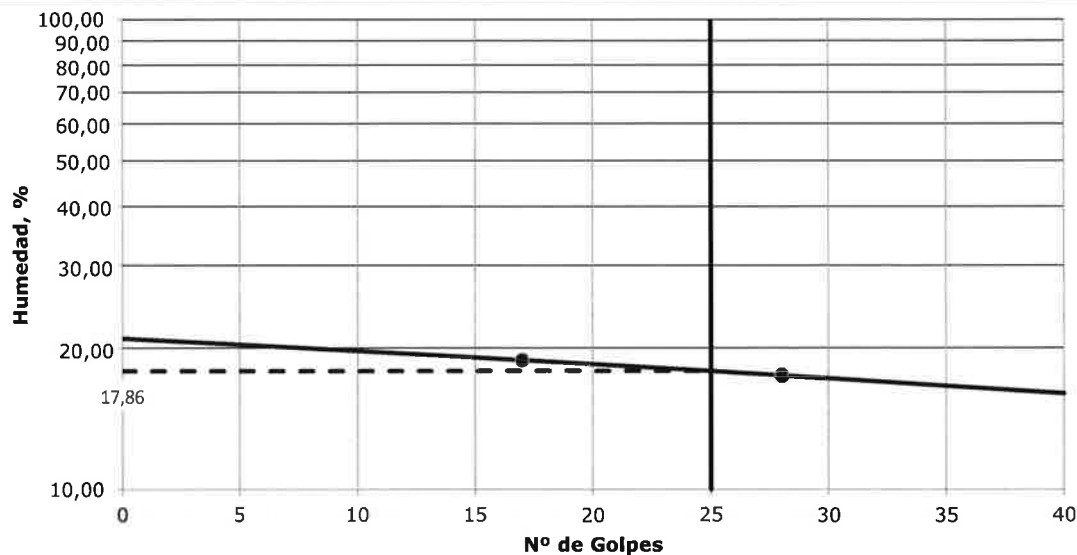
Nº PROYECTO: **16053**
PROYECTO: **CONDUCCIONES TALAMANCA**
CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
REFERENCIA: **16860**
FECHA ENSAYO: **20/09/2016**

REF. CLIENTE: **S-2**
COTA: **2,20 - 2,80**



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG. UNE 103-103:94 Y UNE 103-104:94

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE UN SUELO. UNE 103-103:94



| | | |
|---------------|----------|----------|
| Prueba: | 1 | 2 |
| Nº de golpes: | 17 | 28 |
| Humedad (%): | 18,8 | 17,5 |

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO. UNE 103-104:93

Humedad (%): 15,7

RESULTADOS DEL ENSAYO

| | | |
|-----------------------------|-------------|----------|
| Límite Líquido (LL): | 17,9 | % |
| Límite Plástico (LP): | 15,7 | % |
| Índice de Plasticidad (IP): | 2,1 | % |

Observaciones:

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada
Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

F-10.01.06

Nº PROYECTO: **16053**
PROYECTO: **CONDUCCIONES TALAMANCA**
CLIENTE: **CANAL ISABEL II**
REFERENCIA: **16860**
FECHA ENSAYO: **20/09/2016**
REF. CLIENTE: **S-12**
COTA: **2,20 - 2,80**



DETERMINACIÓN DEL pH DE UN SUELO. UNE-ISO 10390:12

pH:

DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL REDOX

Potencial Redox: mV

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA DE UN SUELO. UNE 103-204:93

Contenido en Materia Orgánica: %

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN CARBONATOS DE UN SUELO. UNE 103-200:93

Contenido en CaCO_3 : %

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN SALES SOLUBLES DE UN SUELO. UNE 103-205:06

Contenido en Sales Solubles: %

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE YESO SOLUBLE DE UN SUELO. UNE 103-206:06

Contenido en $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: 0,06 %

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN SULFATOS SOLUBLES EN AGUA DE UN SUELO. UNE 103-201:96

Contenido en SO_3 : 0,03 %

Contenido en Ión Sulfato SO_4^{2-} : 409,1 mg/kg

DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ÁCIDEZ DE BAUMANN-GULLY. UNE - EN 16502:15

Grado Acidez Baumann-Gully: 28 ml/kg

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN ION CLORURO. MÉTODO VOLHARD

Contenido en Cl^- : ml/kg

Observaciones:

Los resultados contenidos en este Acta sólo afectan a la muestra ensayada
Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización por escrito de Orbis Terrarum.

Jefe de Laboratorio

Fdo. José Alberto López Chinarro

Técnico de Laboratorio

Fdo. Miguel Ángel García Aranda

F-10.01.06

Este informe consta de 26 páginas.

Madrid, 20 de Septiembre de 2016

Fdo.:



J. Alberto López Chinarro

Jefe de laboratorio