

ANEJO Nº 03

Geología y Geotecnia

ÍNDICE:

1	PROPUESTA CAMPAÑA GEOTÉCNICA	1
1.1	OBJETO DEL DOCUMENTO	1
1.2	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	1
1.3	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	1
1.4	ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DE GEOTÉCNIA	3
2	INFORME GEOTÉCNICO	5

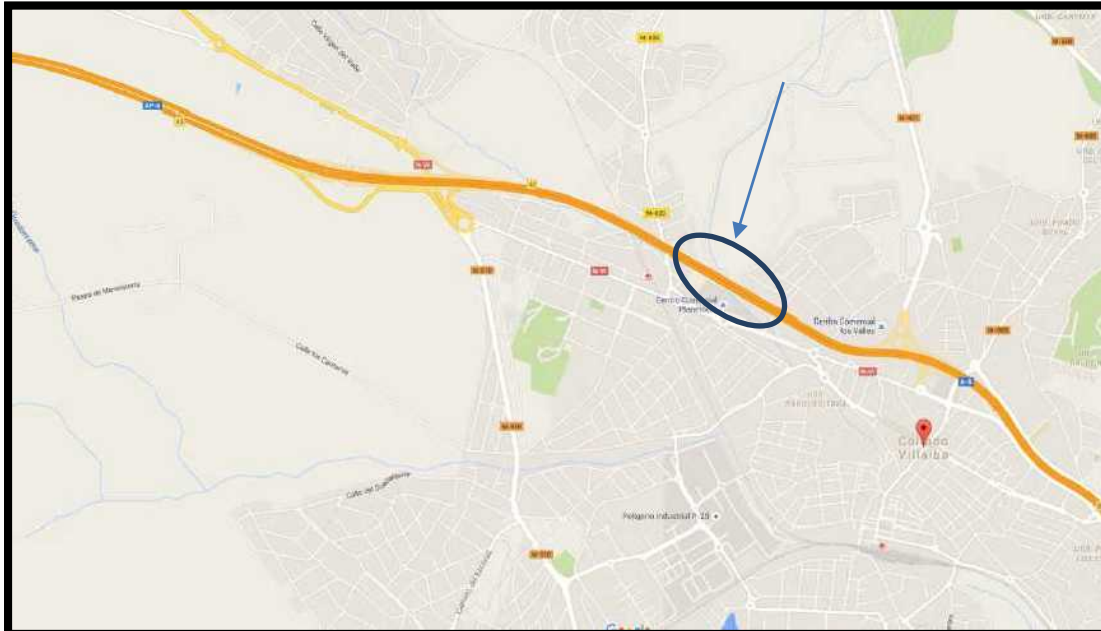
1 PROPUESTA CAMPAÑA GEOTÉCNICA

1.1 OBJETO DEL DOCUMENTO

Dentro del marco del contrato 147/2013, el presente Documento tiene por objeto indicar las necesidades de la campaña geotécnica necesaria para la redacción del “Proyecto Constructivo de la modificación de un emisario de aguas residuales DN1200 en PVC-U en Collada de Villalba”, tal y como se acordó en la reunión de lanzamiento del proyecto en las oficinas del Canal Isabel II el día 30 de Septiembre.

1.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Collado de Villalba. Cruce del Arroyo de la Poveda con la Autovía del Noroeste AP-6

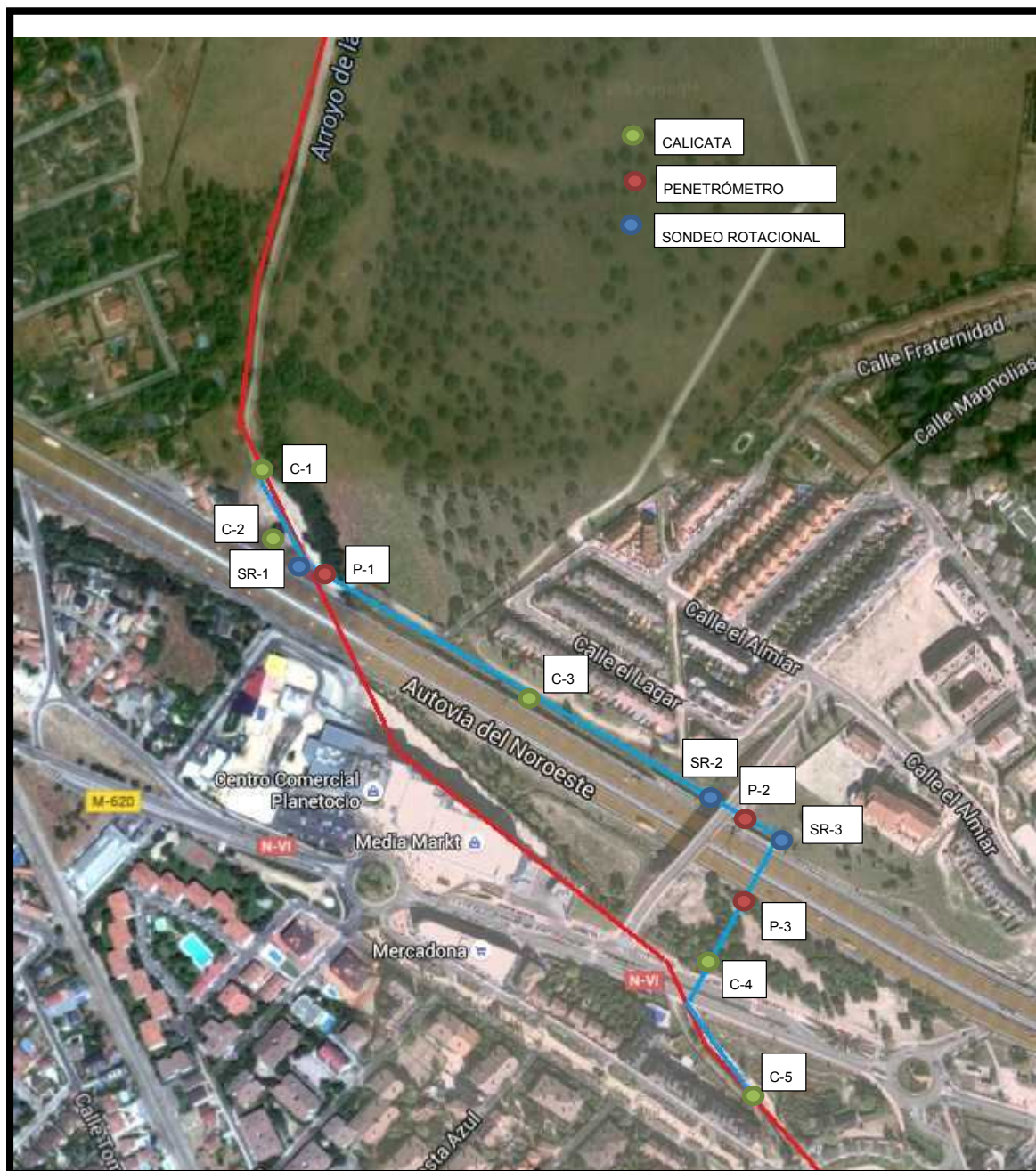


1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Las actuaciones proyectadas, consisten en la construcción de un emisario de diámetro $D=1.200$ mm de PVC-U y la construcción de un nuevo aliviadero. Se realizarán las conexiones a los emisarios existentes con diámetro DN1000 en hormigón y DN800 en PVC-U. Será también objeto del proyecto la sustitución de los tramos de las tuberías de conexión. La de DN1000 se aumentará su diámetro a DN1200 PVC-U. La de DN800 se sustituirá por PVC-U.

El cruce del arroyo de la Poveda se realiza mediante un marco de hormigón prefabricado de sección interior de 800 mm de altura por 1500 mm.

El cruce del paso superior sobre la AP-6 y de la propia AP-6 se realizará mediante hinca con vaina de acero u hormigón armado de diámetro exterior superior al de la conducción de cruce. El cruce de la carretera municipal se realizará también mediante hinca.



1.4 ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DE GEOTÉCNIA

Se ha revisado el trazado de la nueva conducción para la totalidad del tramo y se han identificado las necesidades de geotecnia siguiente:

- En las inmediaciones de las dos hincas:
 - Sondeos a rotación, con recuperación continua de testigo en el pozo de ataque de las dos hincas.
 - Ensayos de penetración estándar para evaluar los parámetros resistentes y deformacionales de los materiales atravesados a la salida de las dos hincas.
- Sondeo a rotación y ensayo de penetración a ambos lados del cruce del arroyo de la Poveda.
- En el tramo objeto del proyecto se ha contemplado 5 calicatas para determinar la litología de la traza con los espesores de los materiales y la presencia de niveles freáticos :
 - 2 calicatas en las dos conexiones a los emisarios existentes (DN800 en PVCU y DN1000 en Hormigón).
 - 1 calicata en la ubicación del nuevo aliviadero
 - 1 calicata en el tramo de tubería entre el cruce del arroyo y el cruce del paso superior sobre la AP-6
 - 1 calicata en el tramo de tubería entre el cruce de la AP-6 y la conexión con el colector existente en DN1000 en hormigón.

Sondeos a rotación:

Sondeo	Hinca	P.K. (Km)	Coordenadas	Profundidad (m)
SR-1	Cruce Arroyo de la Poveda	40,70	X=413933.14 Y=4499177.78 Z=870.92	10
SR-2	Paso superior sobre la AP-6	40,20	X=414238.98 Y=4498998.9 Z=873.83	10
SR-3	AP-6	40,10	X=414311.36 Y=4498952.02 Z=873.78	10

Ensayos de penetración dinámica:

Penetrómetro	Hinca	P.K. (Km)	Coordenadas	Profundidad (m)
P-1	Cruce Arroyo de la Poveda	40,70	X=413940.8 Y=4499173.30 Z=871.22	10
P-2	Paso superior sobre la AP-6	40,20	X=414290.86 Y=4498967.7 Z=874.00	10
P-3	AP-6	40,10	X=414269.5 Y=4498882.62 Z=873.40	10

Calicatas:

Calicata	Hinca	P.K. (Km)	Coordenadas	Profundidad (m)
C-1	Conexión tubería existente DN800 PVC-U	40,85	X=413889.6 Y=4499247.51 Z=873.43	2,5
C-2	Conexión tubería existente DN800 PVC-U	40,85	X=413889.6 Y=4499247.51 Z=873.81	2,5
C-3	Nuevo aliviadero	40,70	X=413928.4 Y=4499180.55 Z=873.11	2,5
C-4	Nuevo emisario DN1200 PVC-U	40,40	X=414104.2 Y=4499073.27 Z=873.49	2,5
C-5	Nuevo emisario DN1200 PVC-U	40,10	X=414242.2 Y=4498837.82 Z=873.96	2,5
C-6	Conexión tubería existente DN1000 Hormigón	40,05	X=414286.8 Y=4498740.94 Z=870.35	2,5

Los trabajos de campo deberán completarse con los ensayos siguientes:

- Ensayo de identificación
- Ensayo de estado natural: densidad seca y humedad natural
- Ensayo de resistencia: Ensayos de corte directo y compresión simple de suelos
- Ensayos de expansividad. Hinchamiento libre en célula edométrica.
- Ensayos de compactación y capacidad soporte. Próctor normal y modificado.
- Ensayos de los componentes secundarios: ensayos de sulfatos en suelos y en aguas. Ensayos de carbonatos y contenido en materia orgánica.
- Medida de la resistividad del terreno.

2 INFORME GEOTÉCNICO

A continuación se incluye el informe geotécnico completo y las conclusiones obtenidas para el trazado de la nueva conducción.



CANAL DE ISABEL II GESTIÓN

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN EMISARIO COLLADO VILLALBA TRAMO B-5. SISTEMA ENDRINAL. (MADRID)

INFORME N° 220812-EG T-2188

Madrid, Marzo de 2016

1.	INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	1
2.	TRABAJOS REALIZADOS.....	6
2.1.	TRABAJOS DE GABINETE E INVESTIGACIÓN.....	6
2.2.	TRABAJOS DE CAMPO	6
2.2.1.	SONDEOS MECÁNICOS	7
2.2.2.	ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA TIPO D.P.S.H.....	10
3.	ENSAYOS DE LABORATORIO	12
3.1.	HUMEDAD Y DENSIDAD.....	12
3.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	13
3.3.	LÍMITES DE ATTERBERG.....	13
3.4.	COMPRESIÓN SIMPLE.....	13
3.5.	HINCHAMIENTO LAMBE.....	14
3.6.	ANÁLISIS QUÍMICOS	14
4.	MARCO GEOLÓGICO	17
5.	ESTRATIGRAFÍA.....	21
6.	HIDROGEOLOGÍA	23
7.	AFECCIÓN SÍSMICA.....	25
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	26
8.1.	ALIVIADERO E HINCA 0.....	26
	ESTABILIDAD DE TALUDES.....	28
	ANÁLISIS SOBRE LOS CONDICIONANTES HIDROGEOLÓGICOS.....	29
	ESCAVABILIDAD.....	31
	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD	31
8.2.	HINCA I.....	32
	ESTABILIDAD DE TALUDES.....	34
	ANÁLISIS SOBRE LOS CONDICIONANTES HIDROGEOLÓGICOS.....	35
	ESCAVABILIDAD.....	36
	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD	37
8.3.	HINCA II.....	38
	ESTABILIDAD DE TALUDES.....	40
	ANÁLISIS SOBRE LOS CONDICIONANTES HIDROGEOLÓGICOS.....	41
	ESCAVABILIDAD.....	43
	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD	43
8.4.	MODELIZACIÓN DE SECCIÓN TIPO DEL COLECTOR PARA CADA HINCA	45
8.5.	PAUTAS CONSTRUCTIVAS PARA LA EJECUCIÓN DE LOS POZOS DE HINCA.....	57
8.6.	HORMIGONES	59



PLANOS

PLANO 1: Planta de situación y Perfil Geológico – Geotécnico Hoja 1

PLANO 2: Planta de situación y Perfil Geológico – Geotécnico Hoja 2

PLANO 3: Planta de situación y Perfil Geológico – Geotécnico Hoja 3

PLANO 4: Planta de situación y Perfil Geológico – Geotécnico Hoja 4

ANEXOS

ANEXO I: SONDEOS MECÁNICOS

ANEXO II: ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA TIPO D.P.S.H.

ANEXO III: ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO IV: ESTUDIO DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El objeto del presente estudio es definir los parámetros geotécnicos del terreno, para el proyecto de construcción del emisario Collado Villalba **Figura 1.a.**

Por la documentación facilitada, se ha proyectado la construcción de un emisario de diámetro $D=1.200$ mm de PVC-U y aliviadero. Se realizarán las conexiones a los emisarios existentes con diámetro DN1.000 en hormigón y DN800 en PVC-U. El cruce del arroyo de la Poveda, se realizará mediante un marco de acero de sección interior de 800 mm de altura por 2.000 mm. El cruce del paso superior sobre la AP-6 y de la propia AP-6 se realizará, mediante Hincas u hormigón armado de diámetro exterior superior al de la conducción de cruce.

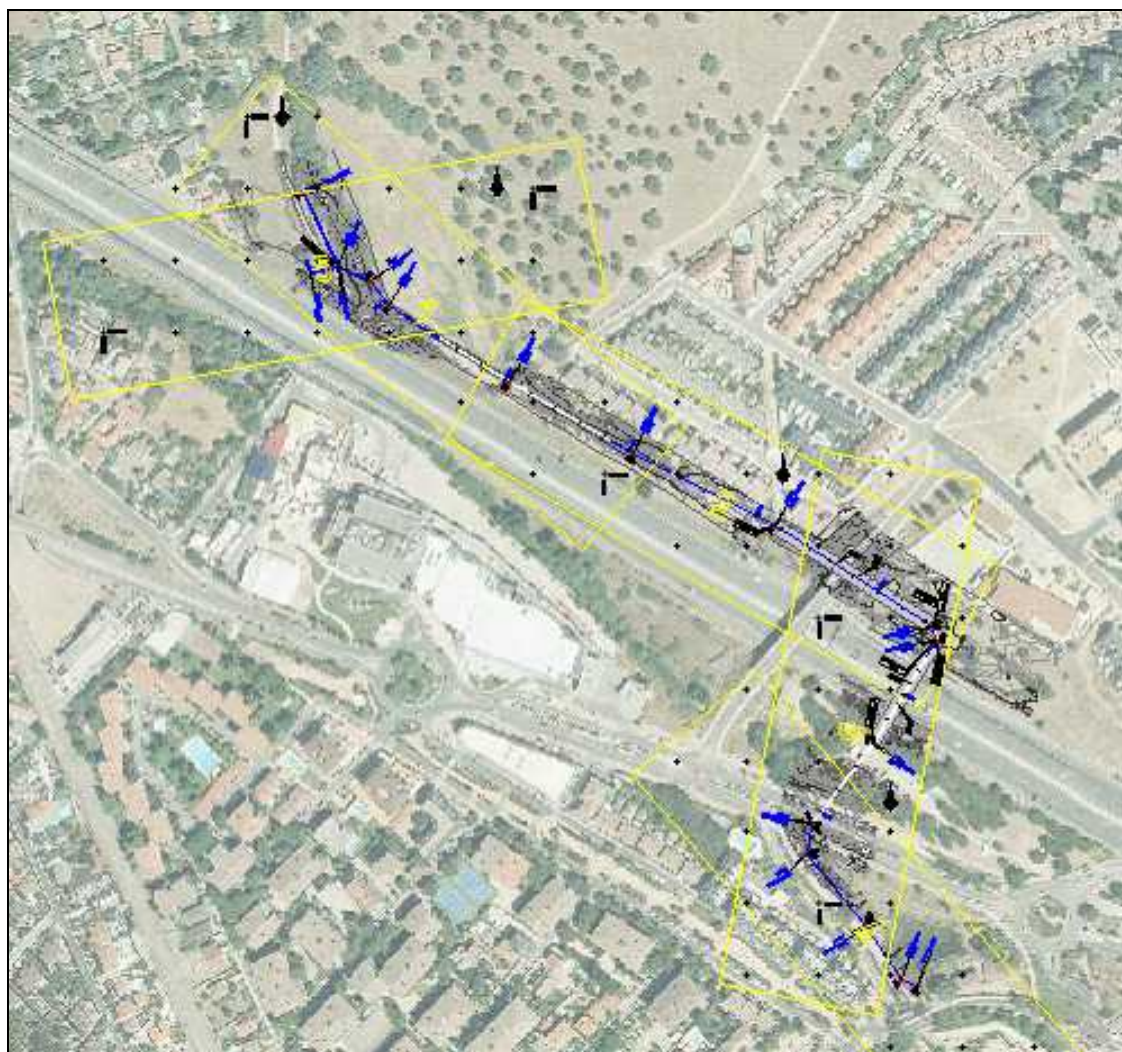


Figura 1.a.: Trazado proyectado

Con objeto de conocer los parámetros geotécnicos del terreno, el Canal de Isabel II, solicita a SGS, los siguientes trabajos:

- En la zona del paso bajo el arroyo de la Poveda, en torno al P.K. 0+000 realización de un sondeo y ensayos de penetración dinámica continua tipo D.P.S.H.. En este punto se ha proyectado también la construcción del aliviadero. La conducción, se ha proyectado aproximadamente bajo la topografía actual a 2,9 m.



- En la zona de la Hinca n 1 (bajo el paso superior sobre la AP-6 se ha realizado un sondeo en la zona del pozo de ataque y un penetro en la zona de salida. La profundidad de apoyo del colector en esta zona se sitúa aproximadamente a 4,80 m bajo la topografía en la zona de ubicación del pozo de ataque.



- La hinka nº 2 es la que se realizará bajo la AP-6 realizándose un sondeo en la zona de ataque y un ensayo de penetración de dinámica continua en la zona de salida. La clave del colector se situará a una profundidad aproximada de 3,7 m de la cota de la calzada.



- En el resto del trazado, ante la imposibilidad de disposición inmediata de retroexcavadora, se ha completado el estudio con ensayos de penetración dinámica continua tipo D.P.S.H., hasta alcanzar la profundidad de rechazo.

La localización de las prospecciones, así como la topografía del trazado en estudio, facilitada por el cliente, queda reflejada en el **Plano 1** de situación de trabajos de campo, que se adjunta al final de la memoria. Las coordenadas planimétricas X, Y y Z han sido tomadas con GPS, modelo GPSmap 76CSx (Datum ED-50), tomando como base la información topográfica facilitada por el cliente.

Para tener un mayor conocimiento del área de estudio, se han consultado las fotografías aéreas de diversos años, evaluando así la evolución morfológica del trazado, en los puntos en los que se han realizado los sondeos, coincidiendo con las hincas.





SONDEO SM-1 K.M. 0+000	
 <p>FOTO AÉREA 1956</p>	 <p>FOTO AÉREA 1975</p>
 <p>FOTO AÉREA 2001</p>	 <p>FOTO AÉREA 2006</p>



FOTO AÉREA 2009



FOTO AÉREA 2014

ZONA FINAL DEL TRAMO



FOTO AÉREA 1956

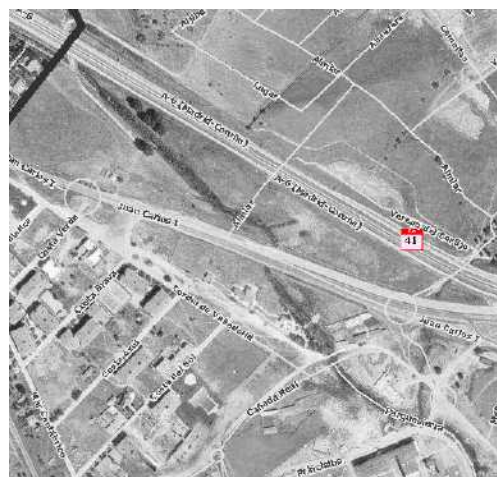


FOTO AÉREA 1975



FOTO AÉREA 2001



FOTO AÉREA 2006



FOTO AÉREA 2009



FOTO AÉREA 2014

De las fotografías se deduce:

En la zona del paso bajo el Arroyo de la Poveda, no se observan cambios orográficos muy significativos, salvo los propios de la dinámica fluvial del arroyo, lo que hace prevér la presencia de depósitos aluviales en la zona.

En la zona de la hincia bajo el paso elevado y la AP-6 se observan movimientos de tierra en la zona más proxima a la autovia, pudiendo en esa zona aflorar rellenos.

Al final del tramo, se observa la circualación de un arroyo que ha sido canalizado, y que es la continuación del arroyo de la Poveda, por lo que en esta zona es probable la presencia de depósitos cuaternarios aluviales, pudiendo haberse depositado gravas.

En las páginas siguientes se detallan las investigaciones de campo, gabinete y laboratorio efectuadas para conocer las características del terreno, incluyéndose en el último capítulo de esta memoria nuestras conclusiones y recomendaciones.

2. TRABAJOS REALIZADOS

2.1. TRABAJOS DE GABINETE E INVESTIGACIÓN

Previo a los trabajos de campo se consultó la siguiente bibliografía y documentación para establecer antecedentes de la zona y tener un mayor conocimiento de la misma tanto geológico, hidrológico como geotécnico:

- I.T.G.E. “Mapa Geológico 1:50.000 Hoja 533 (San Lorenzo del Escorial).
- IGME: “Mapa Hidrogeológico de España 1:200.000 n° 45 (Madrid)”.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES TURISMO Y COMUNICACIONES (1.985): “Síntesis geotécnica de los suelos de Madrid y su Alfoz”.
- IGME (1986): “Estabilidad de taludes en las formaciones blandas de la Comunidad de Madrid”.
- I.T.G.E. (1984) “ATLAS GEOCIENTÍFICO del Medio Natural de la Comunidad de Madrid”.

2.2. TRABAJOS DE CAMPO

Los trabajos han consistido en la realización de una campaña de sondeos mecánicos a rotación con extracción de testigo continuo. Dichos ensayos “in situ” se encuentran referenciados a cotas topográficas absolutas, basados en el plano topográfico facilitado por el cliente.

La distribución de los puntos en el campo se ha realizado en base a la solicitud del cliente y las necesidades de proyecto.

A continuación, adjuntamos un cuadro (**Cuadro 2.2 I**) resumen, donde se incluyen los trabajos de campo realizados, con las cotas de inicio, la profundidad final prospectada, las formaciones geológicas atravesadas y la fecha de ejecución de los mismos:

PROSPECCIÓN		P.K.	COTA ABSOLUTA DE INICIO (m)	PROFUNDIDAD PROSPECTADA (m)	COTA ABSOLUTA ALCANZADA (m)	FORMACIÓN GEOLÓGICA	FECHA
SONDEOS	S-1	Paso bajo Arroyo de la Poveda (0+016)	873,40	10,00	863,40	Cuaternario y Hercínico	1/02/2016
	S-2	(0+440) Hincia 1	873,70	7,65	866,05	Cuaternario y Hercínico	02/02/2016

PROSPECCIÓN	P.K.	COTA ABSOLUTA DE INICIO (m)	PROFUNDIDAD PROSPECTADA (m)	COTA ABSOLUTA ALCANZADA (m)	FORMACIÓN GEOLÓGICA	FECHA
S-3	(0+544) Hinca 2	874,00	8,95	865,05	Cuaternario y Hercínico	04/02/2016

Cuadro 2.2.I: Cuadro resumen

Se han realizado un total de tres (3) sondeos mecánicos a rotación con extracción de testigo continuo en los puntos solicitados por el cliente, coincidiendo con los pozos de ataque de las hincas y paso bajo Arroyo.

2.2.1. SONDEOS MECÁNICOS

Para investigar las características geotécnicas del terreno se han efectuado tres (3) sondeos mecánicos a rotación con extracción de testigo continuo, mediante los cuales se han perforado un total de 26,60 m.l.

Los sondeos se abordaron con equipo de sondeos modelo Canarias 250 montado sobre camión. Las perforaciones se han realizado a rotación, con baterías simples y dobles de diámetros 101 y 86 mm, empleándose coronas de vidia y diamante.

La localización de los sondeos en el terreno figura en el **Plano 1**.

A continuación, en el (**Cuadro 2.2.1.I**) se detallan las profundidades y cotas alcanzadas en los sondeos, así como el espesor y cota inferior de los rellenos y/o suelos flojos detectados en cada uno de ellos:

SONDEOS	PROFUNDIDAD (m)	COTAS ABSOLUTAS DE INICIO	COTAS ABSOLUTAS ALCANZADAS	ESPESOR DE RELLENOS Y/O SUELO FLOJO (m)	COTA INFERIOR DEL NIVEL DE RELLENOS Y/O SUELOS FLOJOS
S-1	10,00	873,40	863,40	3,00	870,40
S-2	7,65	873,70	866,05	2,00	871,70
S-3	8,95	874,00	865,05	2,00	872,00

Cuadro 2.2.1.I: Potencias del nivel de rellenos o suelos flojos.

Es importante destacar, que en el seno de este nivel, durante las perforaciones, fue preciso revestir los sondeos, por desmoronamiento de las paredes.

Ensayos In Situ

En el interior de los sondeos a medida que avanzaba la perforación, se efectuaron un total de cinco (5) ensayos de penetración estándar (S.P.T.), estando condicionado la realización de los mismos a la naturaleza del terreno, realizándose muchos de ellos con puntaza ciega, por la presencia de fragmentos de roca y roca natural. Así mismo se tomaron tres (3) muestras inalteradas no recuperándose muestra por obtenerse rechazo temprano. Se

tomó un único testigo de roca, ya que la roca aflora intensamente fracturada, con testigos inferiores en todos los casos inferiores a 10 cm, lo que le confiere un RQD del 0%.

En los gráficos del Anexo I, se muestran las columnas litológicas de los sondeos, en los que figuran las descripciones de las capas atravesadas en el subsuelo, muestras tomadas, niveles de agua detectados, y ensayos S.P.T. realizados.

El ensayo de penetración estándar consiste en la hincada de muestras en el terreno mediante golpeo, en tres tramos de 15 cm, contabilizando el número de golpes que corresponde a cada penetración parcial y hasta una longitud total de 45 cm, según la norma UNE-EN ISO 22476-3. Las características del ensayo se observan en la **Figura 2.2.1.a**.

La maza con la que se proporciona la hincada, tiene un peso de 63,5 kg, y se deja caer desde una altura de 76 cm.

Se denomina número de resistencia a la penetración estándar N_{SPT} , a la suma de los golpes ($N=N_2/15 \text{ cm} + N_3/15 \text{ cm}$), necesarios para la hincada de los dos últimos tramos.

Se considera finalizado el ensayo cuando se alcanzan los 50 golpes durante la penetración de asiento o bien en cualquiera de los dos intervalos de 15 cm, denominándose en el registro la penetración alcanzada y el símbolo R (rechazo).

Mediante el ensayo SPT, se pretende estimar “in situ” la compacidad relativa de un suelo arenoso. Se trata de un ensayo especialmente indicado para terrenos arenosos; su empleo en suelos arcillosos y limosos presenta mayor dificultad de interpretación.

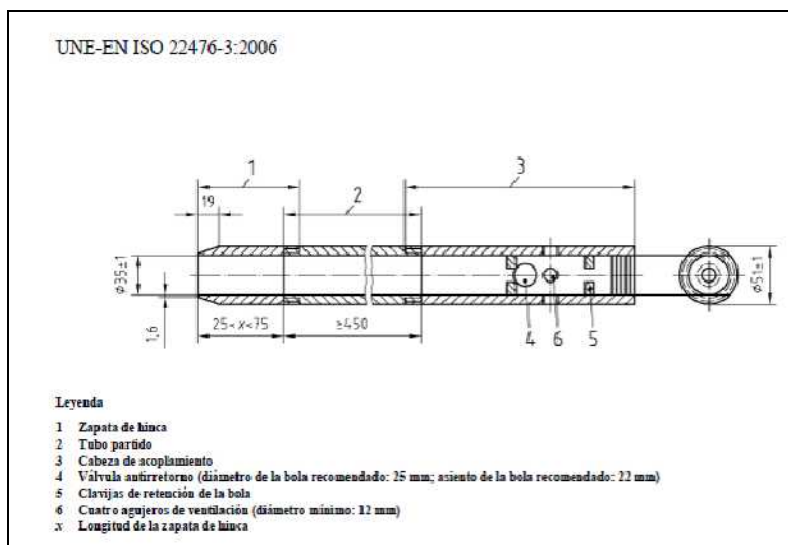


Figura 2.2.1.a: Características del ensayo de penetración estándar

En el siguiente **cuadro 2.2.1.II** se detallan los ensayos S.P.T. realizados y las profundidades a las que se tomaron las muestras inalteradas, así como muestras del testigo de perforación en el caso de rocas, con indicación de la clase de suelo en cuyo seno se ha efectuado cada uno de ellos, habiéndose considerado como rechazo (R) los valores de golpes superiores a 50 en los ensayos de penetración dinámica estándar (S.P.T.).

SONDEOS	Muestras y ensayos "in situ"						
	MI/TP			SPT			
	Prof (m)	Golpeo	Litología	Prof (m)	Golpeo	N ₃₀	Litología
S-1				3,00-3,60	13/11/15/49	26	HJ
	4,50-4,60 (MI)*	R	HJ				
S-2				7,70-7,71	R	R	HJ
				2,00-2,60	12/12/10/39	22	Qal
S-3	3,50-3,57 (MI)	R	HGr				
				2,40-2,68	20/R	R	Qx
S-3				4,00-4,01	R	R	HJ
	4,70-4,71 (MI)	R	HGr				

Qx: relleno. Qal: aluvial. HGr: Hercínico Granito. HJ: Hercínico Jabre.

Cuadro 2.2.1.II: Cuadro resumen de ensayos in situ.

En la zona de ubicación del sondeo S-1 (paso bajo el Arroyo de la Poveda), se ha observado un posible nivel de relleno superficial, no evidenciado por los valores de los ensayos de penetración estándar, que reflejan una alta compacidad, dada la alta presencia de cantos, sino más bien por la testificación de visu y los antecedentes, sí como la resistencia a la perforación. En este sondeo no se ha detectado la roca sana, hasta la profundidad investigada.

El sondeo S-2 (Hinca n° 1) Paso superior AP-6, se ha detectado en superficie un nivel de posiblemente depósitos cuaternarios de compacidad media.

En la zona de emplazamiento del sondeo S-3 (Hinca n° 2) bajo AP-6, no se obtienen resultados de S.P.T. en superficie, posiblemente condicionado por la presencia de fragmentos de roca sueltos.

Nivel freático

Durante la ejecución de los sondeos mecánicos se realizaron medidas de los niveles de agua, así como días posteriores a la finalización de las perforaciones, siendo las profundidades las indicadas en la siguiente tabla:

SONDEO	Prof (m) durante la ejecución del sondeo	Profundidad (m) (05/02/2016)
S-1	4,20	2,63
S-2	3,20	1,80
S-3	4,20	Sondeo en ejecución

Cuadro 2.2.1.III: Cuadro resumen profundidad niveles de agua

2.2.2. ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA TIPO D.P.S.H.

Se han realizado seis (6) ensayos de penetración dinámica continua tipo D.S.P.H., hasta alcanzar la profundidad de rechazo, sustituyendo alguno de ellos a las catas inicialmente proyectadas.

La distribución de los ensayos de penetración dinámica se refleja en el **Plano 1**, Croquis de situación de los trabajos de campo y perfil geológico-geotécnico.

El ensayo de penetración dinámica consiste en la hinca en el terreno de una puntaza metálica de sección cuadrada, que se encuentra unida a un varillaje, mediante golpeo continuo por medio de una maza que se deja caer desde una altura determinada. Se realiza según las Normas UNE.

En nuestro caso, los ensayos realizados fueron de tipo D.P.S.H., que se llevaron a cabo con un equipo automático que permite golpear la varilla con una maza de 63,5 kg, desde una altura de caída de 76 cm. La puntaza se acopla a una varilla de 32 mm de diámetro, sujeta mediante rosca. Simultáneamente se va anotando el número de golpes necesarios para introducir el varillaje a profundidades sucesivas de 20 cm.

Se considera finalizado el ensayo cuando el número de golpes para hincar 20 cm (N_{20}) es superior a 100 o cuando las tres últimas tandas de golpeo son superiores a 75 golpes cada una de ellas (Rechazo).

En el Cuadro 2.2.2.I se especifica las cotas de inicio de los ensayos de penetración realizados, profundidad de rechazo, así como el espesor del suelo de compacidad floja detectado.

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA (D.P.S.H.)	COTA ABSOLUTA DE BOCA (m.s.n.m.)	Profundidad de rechazo (m)	COTA ABSOLUTA DE RECHAZO (m.s.n.m.)	Espesor de suelo flojo/medio (m) $N_{20} < 15$ golpes	COTA ABSOLUTA DE TECHO DE RELLENO O SUELO FLOJO (m.s.n.m.)
PD-1	872,50	2,40	870,10	1,80	870,70
PD-2	873,90	2,20	871,70	1,80	872,10
PD-3	873,20	1,60	871,60	0,60	872,60
PD-4	873,20	3,40	869,80	3,00	870,20
PD-5	873,00	3,40	869,60	2,00	871,00
PD-6	870,10	1,80	868,30	0,80	869,30

Cuadro 2.2.2.I: Cuadro resumen del ensayo de penetración dinámica continua

Los valores de los golpes del ensayo de penetración dinámica indican la presencia de un relleno o suelo flojo superficial con una potencia comprendida entre 0,60 y 3,00 m, desde la cota de inicio de los ensayos.

Con el conjunto de resultados de los ensayos de penetración dinámica continua, se ha realizado una comparativa mediante superposición de resultados, que se refleja en la siguiente figura (**Figura 2.2.2.a**).

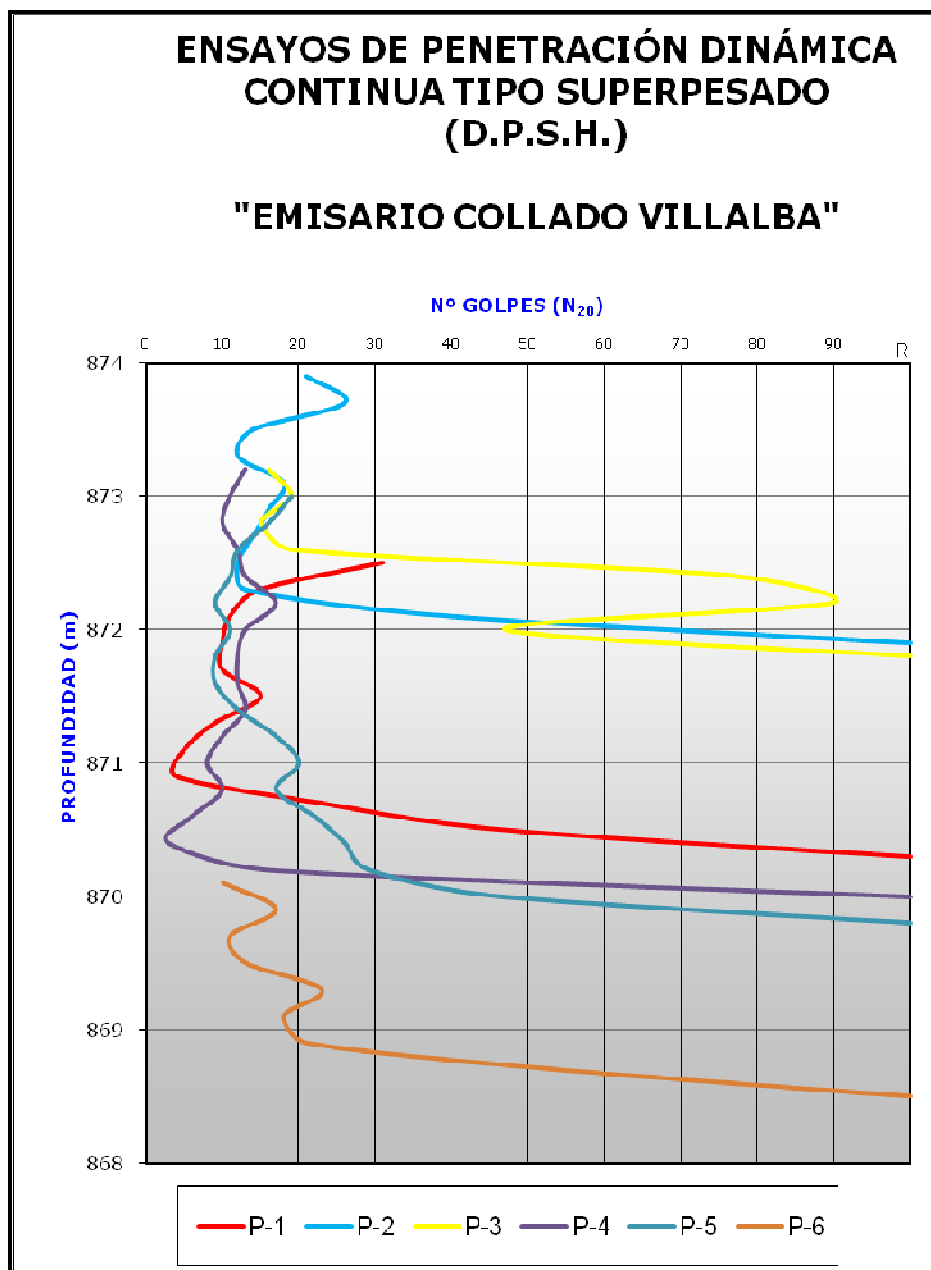


Figura 2.2.2.a: Figura de superposición de resultados de ensayos de penetración

3. ENSAYOS DE LABORATORIO

En las muestras recogidas del testigo de perforación, se han realizado una serie de ensayos en el laboratorio TSM, colaborador de SGS y oficialmente acreditado por la Comunidad de Madrid S./R.D. 1230/89.

Estos ensayos están encaminados a la identificación y clasificación, así como a la determinación de las características resistentes de los materiales, potenciales expansivos y determinación del contenido en elementos químicos agresivos al hormigón. El número y tipo de ensayos de laboratorio ha estado condicionado a la toma de muestras dadas las características del terreno.

Se realizaron los siguientes ensayos, cuyos resultados se resumen en el **Cuadro 3.I** adjunto al final de este apartado, así como en el cuadro que precede a las hojas de ensayos de laboratorio, en el **Anexo III**.

TIPO DE ENSAYO

NÚMERO

Ensayos de caracterización

- Determinación de la humedad natural	3
- Determinación de la densidad aparente y seca	3
- Determinación de los límites de Atterberg	3
- Granulometría por tamizado	3

Ensayos mecánicos

- Resistencia a compresión simple en roca	1
---	---

Ensayos de hinchamiento

- Hinchamiento Lambe	1
----------------------------	---

Ensayos químicos

- Contenido de sulfatos solubles en muestra de suelo	1
- Contenido de materia orgánica	1
- Agresividad del agua al hormigón (EHE)	2

3.1. HUMEDAD Y DENSIDAD

La humedad (W) de un suelo es la masa que pierde el suelo al secarlo (masa de agua que contiene) dividido por la masa del suelo seco hasta peso constante a una temperatura comprendida entre 105° y 110° C. Se expresa en tanto por ciento.

Por otro lado, se determina en laboratorio la densidad aparente (γ_{ap}) correspondiente a la mezcla de partículas sólidas, agua y aire que contiene el

suelo en unas condiciones naturales determinadas. Viene expresada en g/cm^3 como el cociente entre la masa por unidad de volumen.

En el **Cuadro 3.I** presentada al final de este apartado de ensayos de laboratorio, se resumen los resultados obtenidos, así como en el **Anexo III**. Los valores de humedad obtenidos están comprendidos entre el 3,5 y 8,8%. La densidad seca está comprendida entre 1,87 y 2,13 g/cm^3 , y la densidad aparente está comprendida entre 2,03 y 2,22 g/cm^3 .

3.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Tienen por finalidad determinar los porcentajes, en peso de grava, arena y finos (limo y arcilla) que entran en la composición del suelo que se estudia.

Se han realizado un total de tres (3) análisis granulométricos en las muestras recogidas del testigo de perforación. Se registra un porcentaje que pasa por el tamiz #200 comprendido entre 16,4 y 24,9 %. El porcentaje que pasa por el tamiz #4 está comprendido entre el 79 y 97,8%.

Los valores se indican en el **Cuadro 3.I**.

3.3. LÍMITES DE ATTERBERG

Se trata de un ensayo de identificación, cuya determinación permite conocer las propiedades plásticas de la fracción fina de un suelo.

Se determina el límite líquido, (W_L) y el límite plástico (W_P). El índice de plasticidad (I_P), se obtiene de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. Cuanto mayor es el índice de plasticidad de un suelo, menor es su permeabilidad.

Se han realizado tres (3) ensayos de plasticidad, cuyos resultados se incluyen en el (Cuadro 3.I).

Dos de las muestras ensayadas no presentan plasticidad, mientras que la tercera presenta una “plasticidad baja”, con un valor de W_L de 29,1%, de W_P 22,1% y un índice de plasticidad I_P de 7.

3.4. COMPRESIÓN SIMPLE

El ensayo tiene como objeto medir la resistencia a compresión uniaxial de una probeta de roca.

Se ha realizado un (1) ensayo de compresión uniaxial en roca. En el Cuadro 3.I, y en el Anexo III, se indican el valor que ha sido de 53.842 MPa en la muestra del sondeo S-3 siendo el único testigo recuperado con una longitud superior a 10 cm.

3.5. HINCHAMIENTO LAMBE

El ensayo tiene como objetivo valorar el cambio de volumen que experimenta una probeta de suelo compacto, en unas condiciones establecidas, al ser sometido a variaciones en su contenido de humedad. Es un ensayo cualitativo.

El cambio de volumen potencial- expansividad de un suelo se encuadra en uno de los siguientes grupos: No crítico, Marginal, Crítico y Muy crítico. La pertenencia a un tipo u otro depende del índice de hinchamiento.

El resultado obtenido, como era de esperar por el contenido de finos y los límites de Atterberg, ha resultado no crítico.

3.6. ANÁLISIS QUÍMICOS

El objetivo es detectar la presencia de ión SO_4^{2-} , y poder definir así la agresividad del suelo al hormigón.

Se ha realizado un (1) análisis cuantitativos de sulfatos en muestras de suelo, obteniéndose una concentración de SO_4^{2-} de 250.

A continuación se adjuntan los resultados de las muestras de agua:

Muestra S-1

Parámetro	Resultado	Débil	Medio	Fuerte
APARIENCIA	Turbia			
OLOR (muestra no tratada)	Estancada			
OLOR (muestra tratada)	-			
VALOR DEL pH*(UNE 83952:2008)	7.03	6.5 - 5.5	5.5 - 4.5	< 4.5
MAGNESIO (Mg^{2+}), en mg/l (UNE 83955:2008)	10.7	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
AMONIO (NH_4^+), en mg/l (UNE 83954:2008)	< 1.0	15 - 30	30 - 60	> 60
SULFATO (SO_4^{2-}), en mg/l (UNE 83956:2008)	41	200 - 600	600 - 3000	> 3000
DIÓXIDO LIBRE (CO_2), en mg/l† (UNE-EN 13577:2008)	4.4	15 - 40	40 - 100	> 100
RESIDUO SECO, en mg/l (UNE 83957:2008)	298	150 - 75	75 - 50	< 50
La evaluación del agua se basará en el valor que se considera en el grado más elevado de la categoría de agresividad, incluso si este valor representa sólo uno de los parámetros. Cuando dos o más valores estén por encima del cuantil superior de una categoría particular o en el cuantil inferior en el caso del pH, el agua se asignará al nivel más elevado (excepto en el agua de mar o de lluvia)				
*Estos ensayos se realizan el día de recepción de la muestra. **Tabla 8.2.3.b Clasificación de la agresividad química.				

Muestra S-3

Parámetro	Resultado	Débil	Medio	Fuerte
APARIENCIA	Clara			
OLOR (muestra no tratada)	No			
OLOR (muestra tratada)	-			
VALOR DEL pH [*] (UNE 83952:2008)	6.79	6.5 - 5.5	5.5 - 4.5	< 4.5
MAGNESIO (Mg ²⁺), en mg/l (UNE 83955:2008)	32.1	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
AMONIO (NH ₄ ⁺), en mg/l (UNE 83954:2008)	< 1.0	15 - 30	30 - 60	> 60
SULFATO (SO ₄ ²⁻), en mg/l (UNE 83956:2008)	54	200 - 600	600 - 3000	> 3000
DIÓXIDO LIBRE (CO ₂), en mg/l [*] (UNE-EN 13577:2008)	27.3	15 - 40	40 - 100	> 100
RESIDUO SECO, en mg/l (UNE 83957:2008)	434	150 - 75	75 - 50	< 50
<p>La evaluación del agua se basará en el valor que se considera en el grado más elevado de la categoría de agresividad, incluso si este valor representa sólo uno de los parámetros. Cuando dos o más valores estén por encima del cuantil superior de una categoría particular o en el cuantil inferior en el caso del pH, el agua se asignará al nivel más elevado (excepto en el agua de mar o de lluvia)</p> <p>[*]Estos ensayos se realizan el día de recepción de la muestra. ^{**}Tabla 8.2.3.b Clasificación de la agresividad química.</p>				

En el apartado de hormigones del capítulo 8, se define el ambiente agresivo.

Muestra ensayada	Tipo de muestra	Humedad, en %	Densidad seca, en g/cm³	Densidad húmeda, en g/cm³	Peso específico, en g/cm³	Granulometría en % que pasa						Límites de Atterberg			Edómetro muestra saturada (índice de poros inicial e ₀)	Presión de hinchamiento, en kPa	Índice de colapso I, en %	Compresión uniaxial, en MPa	Expansividad Lambé	Compresión Simple		Triaxial o Corte Directo			Ensayos Químicos				
						63 mm	20 mm	5 mm	2 mm	0.40 mm	0.08 mm	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad						Tensión, en kg/cm²	Deformación, en %	Tipo de Triaxial o Corte	Ángulo de Rozamiento	Cohesión, en kg/cm²	Agresividad EHE	Sulfatos Cuantitativos (SO ₄ ²⁻), en mg/kg	Ácidos Baumann-Gutty, en ml/kg	Materia Orgánica, en %	Carbonatos, en %
SM-1 3.00-3.60	SPT	8.8	2.043	2.223		100.0	87.3	79.0	68.4	38.2	16.4	N.P.	N.P.	N.P.															
SM-1 Agua	A																							*					
SM-2 2.00-2.60	SPT	8.7	1.869	2.032		100.0	100.0	83.7	72.4	49.0	24.9	29.1	22.1	7.0															
SM-3 2.40-2.68	SPT	3.5	2.134	2.208		100.0	100.0	97.8	88.1	46.6	17.8	N.P.	N.P.	N.P.					No Crítico							250		0.60	
SM-3 5.35-5.41	TR																												
SM-3 Agua	A																							*					

Cuadro 3.I: Resumen de ensayos de laboratorio.

S.U.C.S: GW: Grava bien gradada. GP: Grava mal gradada. GM: Grava limosa. GC: Grava arcillosa. SW: Arena bien gradada. SP: Arena mal gradada. SM: Arena limosa. SC: Arena arcillosa. ML: Limo baja plasticidad. CL: Arcilla baja plasticidad. OL: Limo orgánico/arcilla limosa orgánica de baja plasticidad. MH: Limo alta plasticidad. CH: Arcilla alta plasticidad. OH: Limo orgánico/arcilla limosa orgánica de alta plasticidad. P: Turbas y suelos altamente orgánicos. LAMBE: NC: No crítico. M: Marginal. C: Crítico. MC: Muy crítico.

4. MARCO GEOLÓGICO

GEOLOGIA REGIONAL:

Los antecedentes geológicos de la zona de estudio, se encuentran recogidos en la Hoja Geológica de la Serie Magna N° 533 de San Lorenzo del Escorial, escala 1:50.000.

Bajo el punto de vista estructural, la región objeto de estudio pertenece a la unidad denominada meseta, que se extiende desde Galicia hasta Sierra Morena.

La meseta es un zócalo Hercínico dislocado por los movimientos alpinos, constituido en las zonas elevadas por la Cordillera Central al Norte de Madrid, y los Montes de Toledo al Sur, correspondiendo las zonas bajas a las Depresiones Terciarias del Duero y del Tajo.

Los macizos Hercínicos situados al Norte de Madrid están integrados por las Sierras de Guadarrama y Somosierra. Estas Sierras pertenecen al Sistema o Cordillera Central de dirección E.NE – W.SW, que se extiende entre el Sistema Ibérico y Portugal.

El complejo cristalino de la Sierra de Guadarrama está compuesto por bloques potentes levantados, pequeñas fosas interiores y plataformas marginales.

En la parte oriental de la Sierra de Guadarrama, el gneis emerge entre el granito, constituyendo el macizo de Abantos y prolongándose hacia San Martín de Valdeiglesias. Aflora también en el borde la Sierra entre Valdemorillo y Villanueva del Pardillo.

Estos terrenos gnéisicos están caracterizados por un mismo metamorfismo regional, más profundo en el Guadarrama occidental y más superficial en el Guadarrama oriental.

Todas estas formaciones metamórficas, han sido plegadas y metamorfizadas con anterioridad a la ubicación de los macizos graníticos, extendiendo dos hechos que confirman esto: en primer lugar, existe una discordancia entre los macizos graníticos y las direcciones que muestran las estructuras metamórficas. El otro hecho es la existencia de un metamorfismo de contacto debido al emplazamiento de las masas graníticas en el conjunto metamórfico.

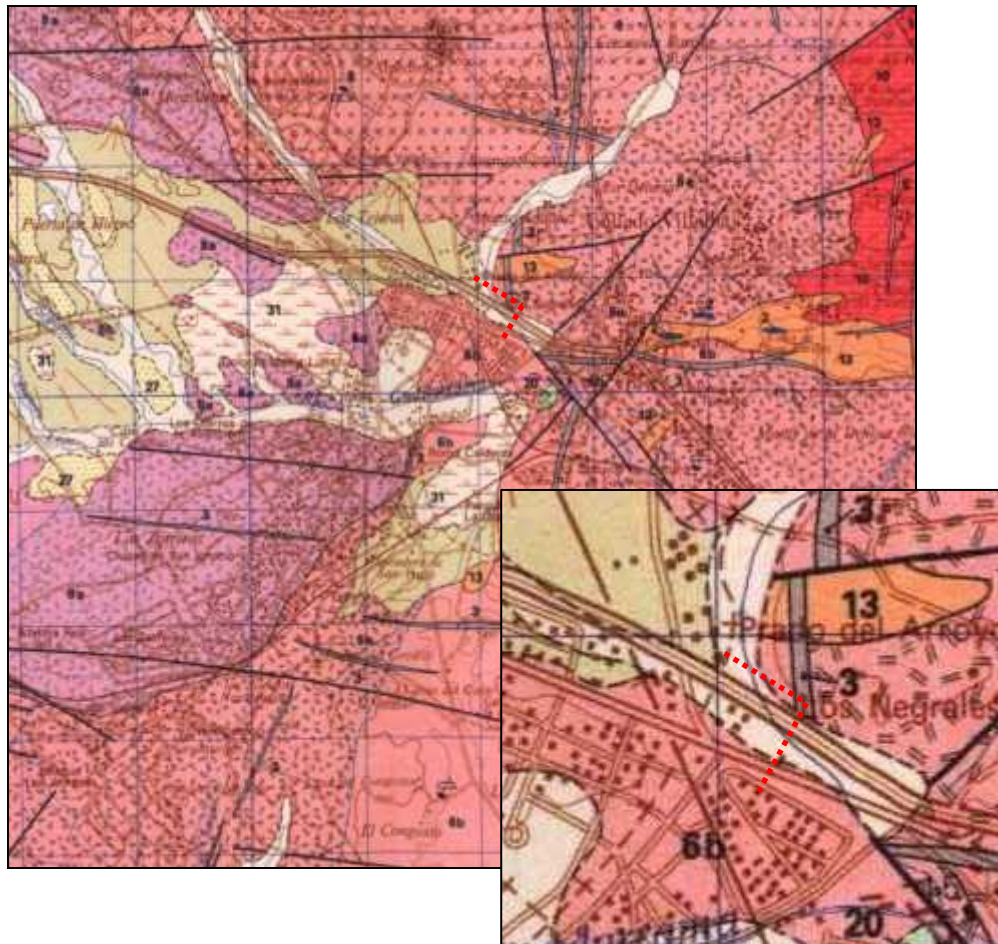
Por otra parte las rocas graníticas predominan fundamentalmente en la vertiente meridional de la Sierra de Guadarrama, distinguiéndose varias zonas con macizos graníticos:

- Macizo granítico de la Cabrera: se localiza al sur de Somosierra, siendo un Plutón discordante con las direcciones del metamorfismo regional. En este macizo predominan las rocas graníticas de tipo granodiorítico y adamellitico.

- Macizo granítico de la Pedriza: se trata de un inmenso batolito situado en el centro de la Sierra de Guadarrama y que se extiende hasta la frontera portuguesa. Las partes más altas del paisaje están ocupadas por los granitos más aluminosos, existiendo frecuentemente granitos con dos clases de micas. En las partes más bajas afloran generalmente las granodioritas y las adamellitas.
- Macizo granítico de Navalafuente: se encuentra situado al sur del macizo de la Cabrera, del que forma parte, estando separado de él por una banda de gneis glandular y migmatítico de unos dos kilómetros.

GEOLOGÍA LOCAL:

La hoja del Magna n° 533 (San Lorenzo del Escorial), se recoge la geología del trazado de estudio.



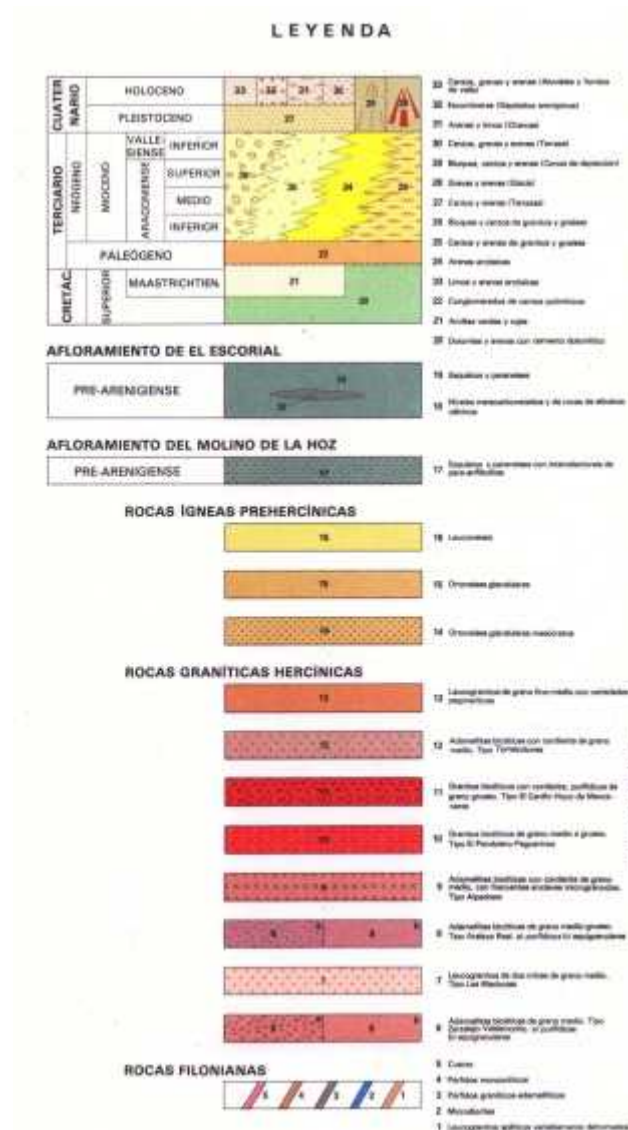
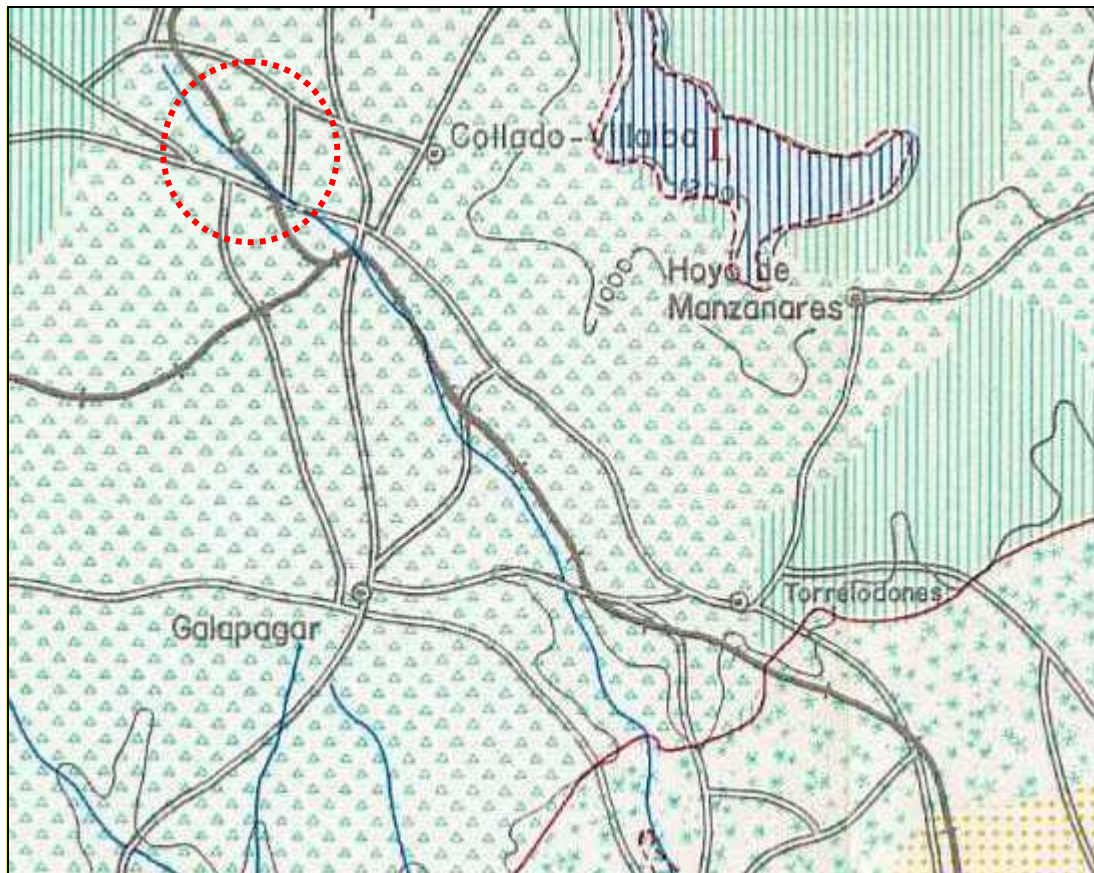


Figura 4.a: Detalle de la hoja del Magna 533 (San Lorenzo del Escorial).

En la zona del inicio del tramo afloran aluviales y fondos de valle, con cantos gravas y arenas. Bajo el nivel de depósitos cuaternarios, afloran adamellitas biotíticas de grano medio, Tipo Zarzalejo – Valdemorillo porfídicas al norte de la A-6 y equigranulares al S.

El mapa geotécnico que incluye el trazado es la hoja n° 45 (Madrid), en la que se observa que los materiales que atraviesa la traza se clasifican como aceptables para las condiciones constructivas, con posibles problemas litológicos y geomorfológicos (ver leyenda).



CONDICIONES CONSTRUCTIVAS ACEPTABLES			
	Problemas de tipo Geomorfológico		Problemas de tipo Geomorfológico, Hidrológico y Geotécnico (p.d.)
	Problemas de tipo Litológico y Geomorfológico		Problemas de tipo Litológico, Geomorfológico y Geotécnico (p.d.)
	Problemas de tipo Geomorfológico y Geotécnico (p.d.)		Problemas de tipo Litológico, Hidrológico y Geotécnico (p.d.)

Figura 4.e: Detalle del mapa geotécnico Madrid nº 45 (1:200.000)

5. ESTRATIGRAFÍA

La secuencia litoestratigráfica presente en la parcela objeto de estudio, ha confirmado los antecedentes geológicos de la zona y se define según las zonas de ubicación de los sondeos.

En base a los sondeos realizados, ha sido establecida la siguiente distribución del terreno detectado en el subsuelo (ver columnas litológicas de sondeos en **Anexo I**, y los perfiles geológico – geotécnicos) según zonas de hinca.

HINCA 0 (Sondeo S-1)

NIVEL 1: Suelo de alteración edáfica y rellenos (Cuaternario: Q_x)

En el sondeo S-1 se ha detectado la presencia de un posible relleno antrópico, con un suelo de alteración edáfica suprayacente, hasta una profundidad de 1,1 m.

Los ensayos de penetración dinámica continua realizados en el seno de este nivel, revelan una baja compacidad con un valor de N₃₀ inferior a 15 golpes.

NIVEL 2: Arenas limosas (Cuaternario Aluviales:QAI)

Subyacente al nivel anterior, desde una profundidad de 1,10 m se ha detectado la presencia de unas arenas limosas de color beige, con presencia de gravilla de tamaño milimétrico. Este nivel presenta una potencia en el punto investigado de 1,90 m desde la cota de inicio del sondeo.

NIVEL 3: Arenas grano medio (Hercínico Jabre:HJ)

Desde una profundidad de 3,00 m hasta el final del sondeo, se ha detectado la presencia de unas arenas de grano medio con un bajo contenido en finos, y presencia de fragmentos de roca granítica. Este nivel es el resultado de la alteración del granito subyacente, con un grado de alteración V, siendo de color grisáceo hasta una profundidad de 5,60 m por alteración de granito leucocrático, para pasar después a un jabre de color rojizo por un alto porcentaje de plagioclasa.

HINCA 2 (Sondeo S-2)

NIVEL 1: Suelo de alteración edáfica (Cuaternario: Q_x)

Como primer nivel detectado se observa la presencia de un horizonte de alteración edáfica, con una potencia de 0,60 m, de naturaleza areno – limosa y presencia de restos vegetales. A muro del nivel se observa la presencia de fragmentos de roca granítica inmersa en una matriz limosa.

NIVEL 2: Arenas limosas (Cuaternario Aluviales:QAI)

Subyacente al nivel anterior, se ha detectado la presencia de unas arenas limosas de color beige, con presencia de gravilla de tamaño milimétrico. Este nivel presenta una potencia en el punto investigado de 1,90 m desde la cota de inicio del sondeo, hasta la profundidad de 2,60 m.

NIVEL 3: Arenas grano medio (Hercínico Jabre:HJ)

Intercalado entre los granitos de alteración IV, se ha detectado la presencia de una arenas de grano medio con un bajo en contenido en finos, y presencia de fragmentos de roca granítica. Este nivel es el resultado de la alteración del granito subyacente, con un grado de alteración V, se intercala con niveles menos alterados y presenta una potencia comprendida entre 0,20 y 0,30 m.

NIVEL 4: Granito (Hercínico Jabre:HJ)

Subyacente al nivel de depósitos aluviales se ha detectado la presencia de un granito leucocrático altamente fracturado, sin presencia de testigos superiores a 10 cm, lo que le confiere un RQD de cero y por tanto mala calidad. Este nivel se ha detectado hasta el final del sondeo.

HINCA 3 (Sondeo S-3)

NIVEL 1: Suelo de alteración edáfica (Cuaternario: Q_x)

En el sondeo se ha detectado como primer nivel la presencia de un horizonte de alteración edáfica, con una potencia de 0,60 m, de naturaleza areno – limosa y presencia de restos vegetales.

NIVEL 2: Arenas limosas (Cuaternario Aluviales:QAI)

Subyacente al nivel anterior, se ha detectado la presencia de unas arenas limosas de color beige, con presencia de gravilla de tamaño milimétrico. Este nivel presenta una potencia en el punto investigado de 1,80 m desde la cota de inicio del sondeo, hasta la profundidad de 2,40 m, encontrándose a muro un nivel de fragmentos de roca inmersa en una matriz limosa.

NIVEL 3: Arenas grano medio (Hercínico Jabre:HJ)

Subyacente al nivel anterior, se ha detectado la presencia de una arenas de grano medio con un bajo en contenido en finos, y presencia de fragmentos de roca granítica. Este nivel es el resultado de la alteración del granito subyacente, con un grado de alteración V. Este nivel presenta una potencia de 1,70 m, hasta una profundidad de 4,70 m.

NIVEL 4: Granito (Hercínico Jabre:HJ)

Bajo el horizonte de alteración V del granito, se ha detectado la presencia de un granito leucocrático altamente fracturado, con la única presencia de un fragmento de longitud 10 cm, lo que le confiere un RQD de cero en general, salvo en el tramo de 5,30 a 5,90, con un RQD del 27 %. Al final del sondeo el grado de fracturación es muy muy alto, posible zona de falla. Este nivel se ha detectado hasta el final del sondeo.

6. HIDROGEOLOGÍA

HIDROGEOLOGÍA LOCAL

El área de estudio se localiza dentro del Complejo Ígneo Metamórfico, del mapa Hidrogeológico hoja n° 45 (Madrid). Corresponde a formaciones porosas y fisuradas ocasionalmente con acuíferos aislados de interés local.

En la siguiente figura se adjunta un detalle del mapa hidrogeológico de la zona de estudio.

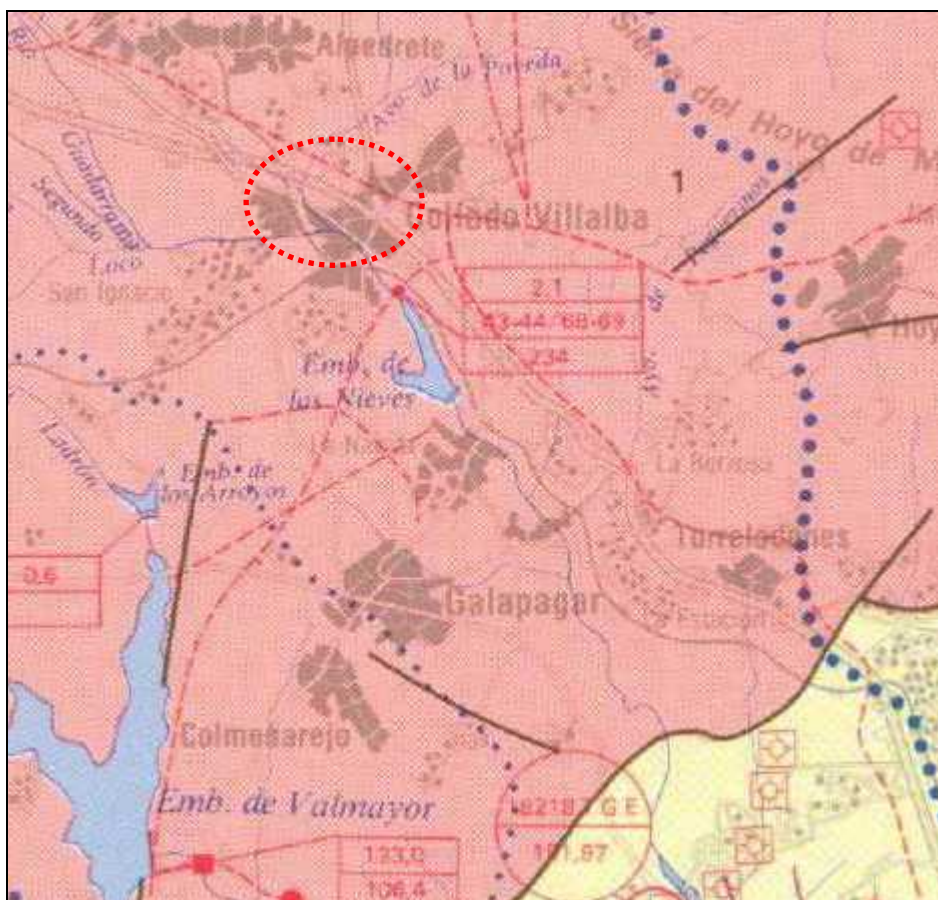


Figura 6.a: Detalle del mapa Hidrogeológico Madrid n° 45 (1:200.000)

Los niveles superficiales presentan una mayor permeabilidad, sin embargo, el alto grado de fracturación le confiere a los niveles inferiores una permeabilidad también alta.

Durante la ejecución de los sondeos se detectó la presencia de niveles de agua a las siguientes profundidades:

SONDEO	Profundidad del nivel freático durante la ejecución del sondeo	Profundidad (m) (05/02/2016)	Profundidad (m) (24/02/2016)
S-1	4,20	2,63	2,65
S-2	3,20	1,80	2,90
S-3	4,20	Sondeo en ejecución	1,70

7. AFECCIÓN SÍSMICA

La Comunidad de Madrid se encuentra en mapa de peligrosidad sísmica de la NCSR con una aceleración sísmica básica inferior a $0,04g$, siendo g la aceleración de la gravedad, por lo que presenta unas afecciones sísmicas bajas; encontrándose exento de aplicación de la norma la edificación proyectada, ya que se englobaría en el grupo de construcciones de importancia normal con aceleración sísmica inferior a $0,04g$.

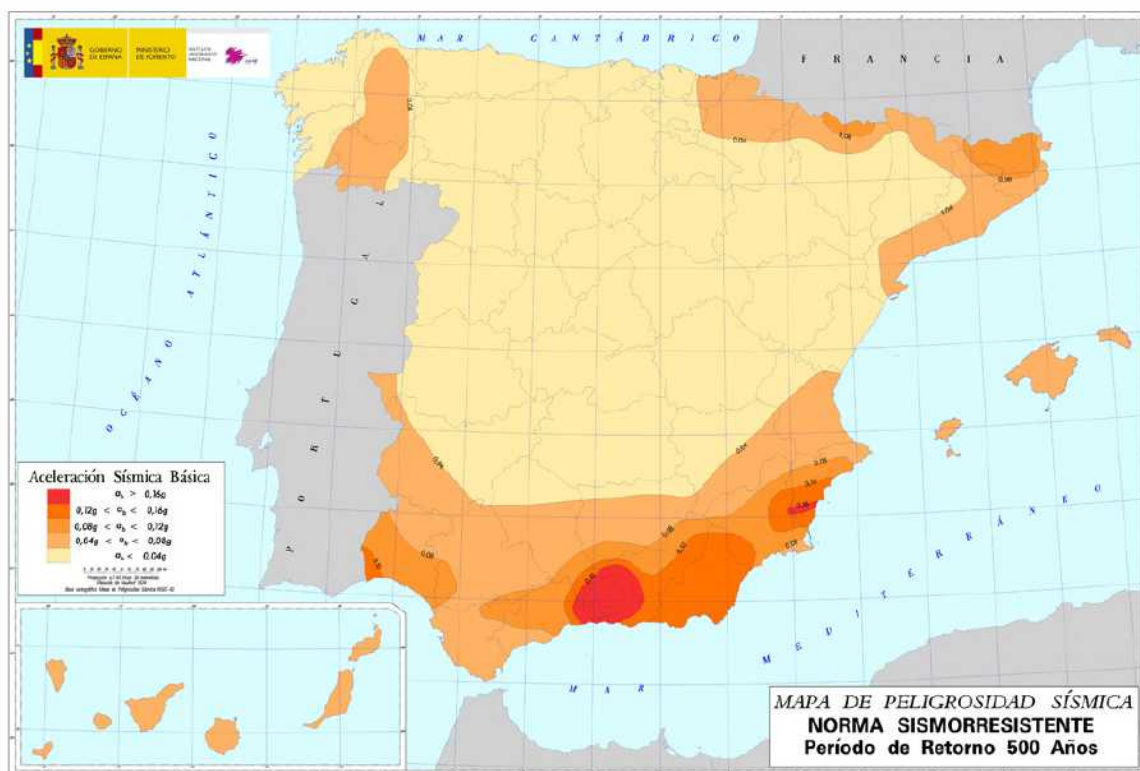


Figura 7.a: Mapa Sísmico de la Norma Sismorresistente

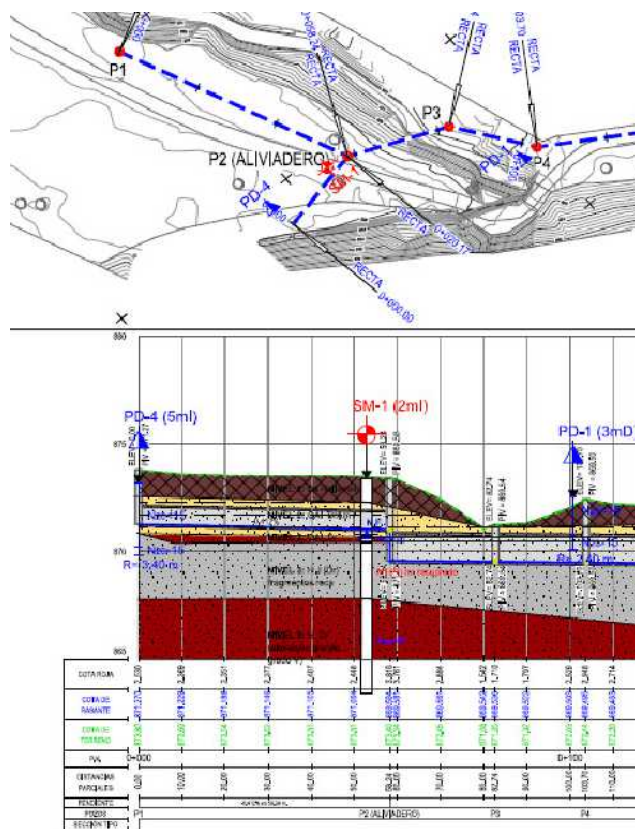
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Canal de Isabel II, ha adjudicado a SGS Tecnos, S.A., la realización de un estudio geotécnico para el proyecto de construcción del emisario Collado Villalba, tramo B-5, en el que se van a realizar tres hincas de un colector de 1200 mm, que se estudian de forma individual a continuación.

8.1. ALIVIADERO E HINCA 0

En el Pk 0+058, se ha proyectado la construcción de un aliviadero y una hinca bajo el Arroyo de la Poveda, según la documentación facilitada, a la cota 869,584 m.s.n.m., a cuya profundidad aflora el nivel de arenas de grano medio Jabre.

En el tramo previo la cota es 871,20 m.s.n.m., profundidad a la que aflora el nivel 2 de depósitos aluviales (sondeo S-1), formados por arenas limosas de grano fino con presencia de niveles de gravilla.



Se ha calculado la tensión admisible del terreno según los valores del ensayo de penetración dinámica continua tipo D.P.S.H., utilizando la formula de hınca de los holandeses:

$$Rd = \frac{M^2 \times h}{(P + M) \times S \times e} \quad Re = 0,7 \times Rd \quad \sigma_{ad} = \frac{Re}{20 \times 3}$$

Rd = resistencia dinámica en punta

Re = resistencia estática en punta

M = Peso de la maza (63,5 Kg)

h = 75 cm

P = peso de la carga de la maza (6,5 Kg/m)

S = superficie de la puntaza (20 cm²)

e = 20/N20

Aplicando la fórmula anteriormente indicada se obtienen los siguientes valores de tensión admisible en el ensayo y a la profundidad de golpeo.

PD-4					TENSION ADMISIBLE (kp/cm²)
PROFUNDIDAD (m)					
DE	HASTA	GOLPES	Rp	Re	
0.00	0,2	13	0,00	0,00	0,00
0.20	0,4	11	125,97	88,18	1,47
0.40	0,6	10	112,37	78,66	1,31
0.60	0,8	12	132,37	92,66	1,54
0.80	1	13	140,81	98,57	1,64
1.00	1,2	17	180,87	126,61	2,11
1.20	1,4	13	135,90	95,13	1,59
1.40	1,6	12	123,30	86,31	1,44
1.60	1,8	12	121,23	84,86	1,41
1.80	2	13	129,15	90,41	1,51
2.00	2,2	10	97,73	68,41	1,14
2.20	2,4	8	76,93	53,85	0,90
2.40	2,6	10	94,65	66,25	1,10
2.60	2,8	6	55,91	39,13	0,65
2.80	3	3	27,53	19,27	0,32
3.00	3,2	16	144,59	101,22	1,69
3.20	3,4	100	890,30	623,21	10,39

A la cota de apoyo del aliviadero, la tensión admisible del terreno esté en torno a 1,00 kp/cm².

A continuación se calcula los asentamientos generados para la tensión admisible recomendada, para ello, nos basamos en el método empírico propuesto por Burland y Burbridge (1985) para suelos granulares:

$$S_i = f_l \cdot f_s \cdot \sigma_{ad} \cdot B^{0,7} \cdot I_c$$

Donde

- S_i =asiento medio al final de la construcción, en mm.
- f_s =coeficiente que tiene en cuenta la forma de zapata o pozo.
- f_l =factor de corrección que tiene en cuenta la existencia de una capa rígida por debajo de la zapata a profundidad $H_s \leq Z_l$, donde Z_l es la profundidad de influencia de la zapata o pozo.
- q' =tensión efectiva aplicada en la base de cimentación (kN/m^2).
- B =ancho de pozo (m).
- I_c =Índice de compresibilidad, en función del N_{spt} en la zona de influencia de la base de pozo.

$$f_s = [(1,25 \cdot L/B) / (L/B + 0,25)]^2$$

$$f_l = H_s / Z_l [2 - H_s / Z_l]$$

$$I_c = 1,7 / N_{med}^{1,4}$$

El factor de corrección f_l no se tendrá en consideración en este caso, al no conocer la existencia de una capa rígida por debajo de la capa de terreno analizado.

Sustituyendo en la expresión inicial, para un valor de $N_{SPT}=15$ golpes (valor más desfavorable estimado con los valores de N_{20}), obtenemos:

$$S_i = 6,17 \text{ mm}$$

(Verifica que el asiento máximo es $< 2,5 \text{ cm}$)

ESTABILIDAD DE TALUDES

Se incluyen en este apartado aquellos aspectos relacionados con los diseños de excavación más estables, de acuerdo con los parámetros geotécnicos obtenidos para los litotipos estudiados.

Para la construcción del aliviadero, se ha proyectado una excavación de unos 2,45 m como máximo, estando el perfil estratigráfico formado por el nivel 1 (rellenos) con una potencia de 1,10 m y el nivel 2 (depósitos aluviales) hasta el final de la excavación.

Los parámetros geotécnicos estimados para cada nivel son:

RELLENOS ANTRÓPICOS

- Cohesión $c=0 - 0,005 \text{ kp/cm}^2$
- Ángulo de rozamiento interno $\phi = 25^\circ - 28^\circ$
- Módulo de deformación = 5 - 8 MPa
- Coeficiente de balasto horizontal = 2000 t/m^3

DEPÓSITOS ALUVIALES

- Cohesión $c=0,01 - 0,03 \text{ kp/cm}^2$
- Ángulo de rozamiento interno $\phi=27^\circ - 30^\circ$
- Módulo de deformación= 7 - 15 MPa
- Coeficiente de balasto horizontal= 5000 t/m³

Se estudio la estabilidad de taludes a través del programa SLIDE, del software Rocscience.

ANÁLISIS SOBRE LOS CONDICIONANTES HIDROGEOLÓGICOS

A continuación se adjunta en el **Cuadro 8.1.I**, las cotas de emplazamiento del colector facilitadas por el cliente, con los niveles de agua medidos en el sondeo S-1, para evaluar la influencia de los mismos a la futura construcción, tanto en el aliviadero como en la hinc.

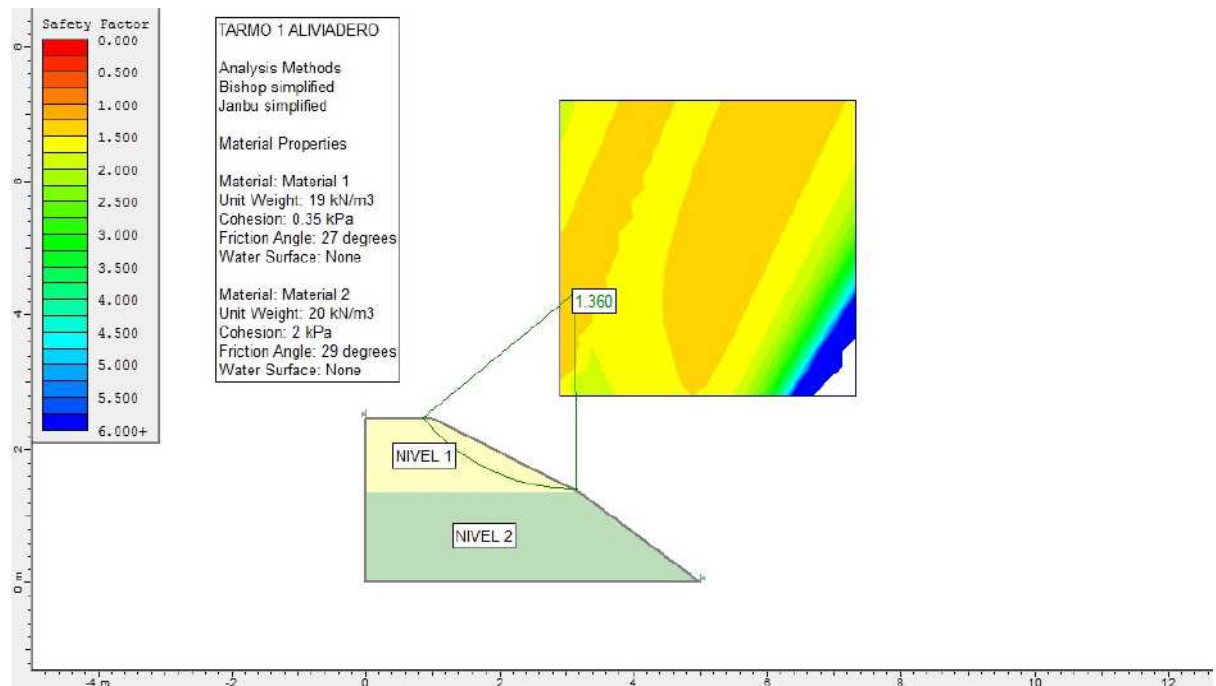
SONDEOS	COTA ABSOLUTA MEDIA DEL NIVEL DE AGUA (m.s.n.m.)	COTA BASE ALIVIADERO (m.s.n.m.)	COTA BASE HINCA (m.s.n.m.)	PROFUNDIDAD DEL NIVEL DE AGUAS RESPECTO AL COLECTOR (m)
S-1	870,75	871,27	869,58	+1,17

Cuadro 8.1.I: Medidas de los niveles de aguas.

El agua se ha detectado a cota superior a la del colector, por lo que se prevé que suponga un problema constructivo en el trazado y se recomienda realizar una medida de los niveles de agua en fechas previas al comienzo de la obra. En el caso del Aliviadero el nivel de aguas se sitúa aproximadamente 0,52 m, aunque no se descarta que puedan producirse fluctuaciones que le afecte.

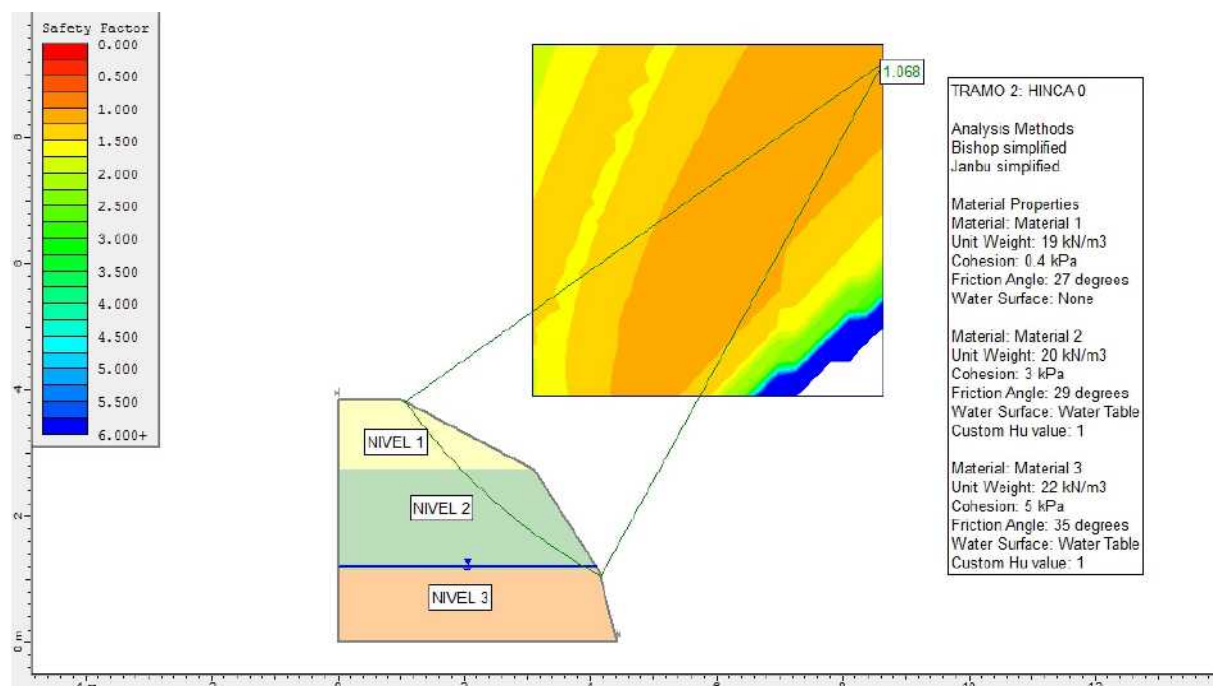
Sin embargo, entre los PK 0+000 y 0+058 el nivel de aguas se situará bajo la excavación.

A continuación, se adjunta los resultados del estudio de estabilidad, estimando una pendiente 2H:1V en el nivel de rellenos y 3H:4V en nivel de depósitos aluviales:



En la zona del ALIVIADERO, según información facilitada por el Director de proyecto, la excavación alcanzará una altura media de 2,45 m. Para las inclinaciones recomendadas, se obtiene una factor de seguridad F.S.>1 válido para taludes temporales.

A continuación, se adjunta los resultados del estudio de estabilidad en la zona de la hinca bajo el Arroyo de la Poveda, estimando una pendiente 2H:1V en el nivel de rellenos y 3H:4V en nivel de depósitos aluviales, y una inclinación de 1H:4V en nivel de jabre, con una altura de excavación media de 3,80 m.



Con las pendientes recomendadas, el factor de seguridad es superior a 1, y por tanto válido para situaciones estables, no obstante se recomienda tomar medidas de seguridad en excavaciones superiores a 3,00 m.

Para la construcción del pozo de ataque se evaluará la posibilidad de cerramiento mediante tablestacas que dados los valores de N_{30} mínimos de 26 golpes, a la cota de la clave en la hinca, quizá resulte complicado, pudiendo ejecutarse el cerramiento mediante pantalla de pilotes secantes dada la presencia del agua.

ESCAVABILIDAD

La excavabilidad del terreno se define como la capacidad para ser arrancado por diferentes medios. A efectos de la excavabilidad, el PG-3 define tres tipos:

- Excavabilidad en roca: Comprenderá la correspondiente a todos las masas de roca, depósitos estratificados y la de todos aquellos materiales que presenten características de roca maciza, cementados tan sólidamente, que únicamente puedan ser excavados utilizando explosivos.
- Excavabilidad en terreno de tránsito: Comprenderá la correspondiente a materiales constituidos por rocas descompuestas, tierras muy compactas y todos aquellos que para su excavación no sea necesario el empleo de explosivos y sea necesario la utilización de escarificadores profundos pesados.
- Excavación en tierra: Comprenderá la correspondiente a todos los materiales no incluidos en los apartados anteriores.

Por lo observado en la prospección realizada en campo, podemos clasificar los materiales presentes en superficie como RIPABLES, hasta una la profundidad de excavación proyectada.

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

Para los terrenos detectados en el punto de estudio, se estiman los siguientes coeficientes de permeabilidad, según la bibliografía existente. Figuras 8.1.a y 8.1.b.

Permeabilidad m/día	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10	10^2	10^3	10^4
Clasificación	Impermeables			Poco permeable		Algo permeable		Permeable		Muy permeable	
Clasificación del acuífero	Acuífero			Acuífero		Acuífero pobre		Acuífero de regular a bueno		Acuífero excelente	
Tipo de materiales	Arcilla compacta Pizarra Granito			Limo arenoso Limo Arcilla limosa		Arena fina Arena limosa Caliza fracturada		Arena limpia Grava y arena Arena fina		Grava limpia	

Figura 8.1.a: Clasificación de terrenos por la permeabilidad (Custodio-Llamas, 1983)

Tabla D.28. Valores orientativos del coeficiente de Permeabilidad

Tipo de suelo	k_z (m/s)
Grava limpia	$> 10^{-2}$
Arena limpia y mezcla de grava y arena limpia	$10^{-2} - 10^{-5}$
Arena fina, limo, mezclas de arenas, limos y arcillas	$10^{-5} - 10^{-9}$
Arcilla	$< 10^{-9}$

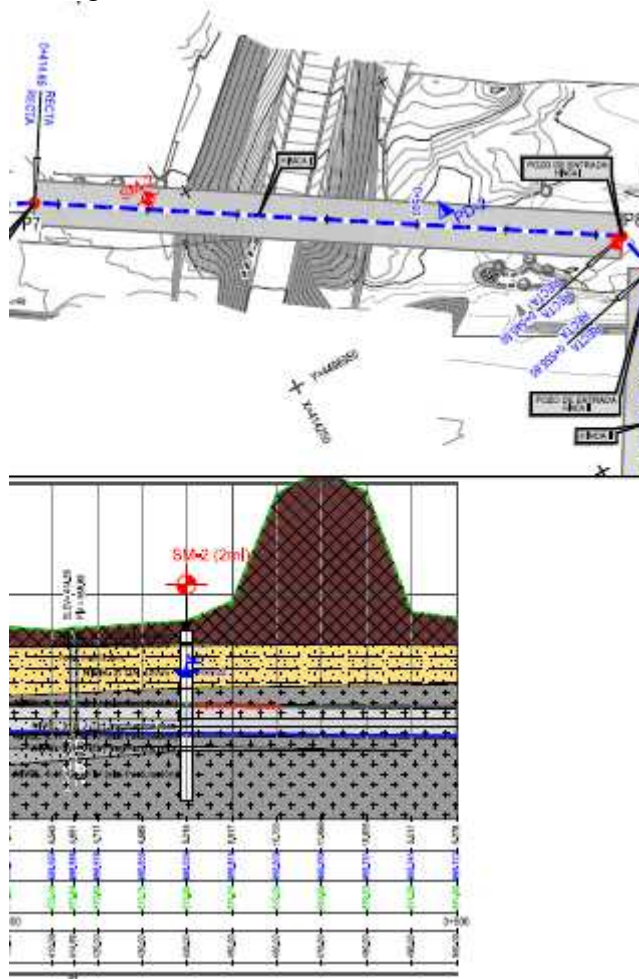
Figura 8.1.b: Valores orientativos del coeficiente de permeabilidad

Por lo que se podría asignar los siguientes coeficientes de permeabilidad:

Relleno y Aluviales: $k_z = 10^{-2} - 10^{-5}$ m/s.

8.2. HINCA I

La Hincia I, se realizará entre los PK 0+415 y 0+547, con una longitud de 131 ml, a la cota topográfica media 868, 8 m.s.n.m.. A dicha profundidad aflora en nivel 3 y 4 intercalado, estando el nivel 4 altamente fracturado y presentando un RQD en general del 0%.



Para cumplir los requisitos de la Demarcación de Carreteras, la generatriz superior del colector deberá situarse al menos 1,5 diámetros (diámetro

exterior) empotrado en el sustrato firme, definido por la Demarcación de Carreteras como aquel con índice $N_{SPT} > 10$ golpes. A la cota de apoyo se cumple dicha condición.

Se ha calculado la tensión admisible del terreno según los valores del ensayo de penetración dinámica continua tipo D.P.S.H., utilizando la formula de hincas de los holandeses:

$$R_d = \frac{M^2 \cdot xh}{(P + M) \cdot xSx e} \quad Re = 0,7 \cdot xR_d \quad \sigma_{ad} = \frac{Re}{20 \cdot x3}$$

R_d = resistencia dinámica en punta

Re = resistencia estática en punta

M = Peso de la maza (63,5 Kg)

h = 75 cm

P = peso de la carga de la maza (6,5 Kg/m)

S = superficie de la puntaza (20 cm²)

e = 20/N20

Aplicando la fórmula anteriormente indicada se obtienen los siguientes valores de tensión admisible en el ensayo y a la profundidad de golpeo.

PD-2					TENSION ADMISIBLE (kp/cm²)
PROFUNDIDAD (m)		GOLPES	Rp		
DE	HASTA		Re		
0.00	0,2	21	0,00	0,00	0,00
0.20	0,4	26	297,75	208,42	3,47
0.40	0,6	14	157,32	110,13	1,84
0.60	0,8	12	132,37	92,66	1,54
0.80	1	18	194,97	136,48	2,27
1.00	1,2	16	170,23	119,16	1,99
1.20	1,4	14	146,36	102,45	1,71
1.40	1,6	12	123,30	86,31	1,44
1.60	1,8	13	131,33	91,93	1,53
1.80	2	40	397,40	278,18	4,64
2.00	2,2	100	977.31	684.12	11,40

El rechazo del ensayo, se ha obtenido por encima de la cota de apoyo.

La tensión admisible del terreno a la cota de apoyo es superior a 3,00 kp/cm².

A continuación se calcula los asentamientos generados para la tensión admisible recomendada, para ello, nos basamos en el método empírico propuesto por Burland y Burbridge (1985) para suelos granulares:

$$S_i = f_l \cdot f_s \cdot \sigma_{ad} \cdot B^{0.7} \cdot I_c$$

Donde

- S_i =asiento medio al final de la construcción, en mm.
- f_s =coeficiente que tiene en cuenta la forma de zapata o pozo.
- f_l =factor de corrección que tiene en cuenta la existencia de una capa rígida por debajo de la zapata a profundidad $H_s \leq Z_l$, donde Z_l es la profundidad de influencia de la zapata o pozo.
- q' =tensión efectiva aplicada en la base de cimentación (kN/m^2).
- B =ancho de pozo (m).
- I_c =Índice de compresibilidad, en función del N_{spt} en la zona de influencia de la base de pozo.

$$f_s = [(1,25 \cdot L/B) / (L/B + 0,25)]^2$$

$$f_l = H_s / Z_l [2 - H_s / Z_l]$$

$$I_c = 1,7 / N_{med}^{1,4}$$

El factor de corrección f_l no se tendrá en consideración en este caso, al no conocer la existencia de una capa rígida por debajo de la capa de terreno analizado.

Sustituyendo en la expresión inicial, para un valor de $N_{SPT}=35$ golpes (valor más conservador y por corregido por la presencia de niveles de aguas), obtenemos:

$$S_i = 5,35 \text{ mm}$$

(Verifica que el asiento máximo es $< 2,5 \text{ cm}$)

ESTABILIDAD DE TALUDES

Se incluyen en este apartado aquellos aspectos relacionados con los diseños de excavación más estables, de acuerdo con los parámetros geotécnicos obtenidos para los litotipos estudiados.

En la zona de la hincia I, se ha previsto una excavación de 4,75 m (868,888 m.s.n.m.) en la zona de ataque y de 5,39 m (868,632 m.s.n.m.) en la zona de salida. El perfil estratigráfico en la zona de afección es el siguiente:

NIVEL 1: Suelo de alteración edáfica y rellenos antrópicos con una potencia máxima de 0,70 m (873,00 m.s.n.m.).

NIVEL 2: Depósitos aluviales, se ha detectado hasta una profundidad máxima de 2,60 m (871,10 m.s.n.m.)

NIVEL 3 Y 4: Jabre de alteración del sustrato rocoso con niveles de roca granítica con un grado de alteración de IV, altamente fracturado con un RQD del 0% en general. Este nivel se ha detectado hasta el final de la excavación.

Los parámetros geotécnicos estimados para cada nivel son:

RELLENOS ANTRÓPICOS

- Cohesión $c=0 - 0,005 \text{ kp/cm}^2$
- Ángulo de rozamiento interno $\phi = 25^\circ - 28^\circ$
- Módulo de deformación= 5 - 8 MPa
- Coeficiente de balasto horizontal= 2000 t/m³

DEPÓSITOS ALUVIALES

- Cohesión $c=0,01 - 0,03 \text{ kp/cm}^2$
- Ángulo de rozamiento interno $\phi = 27^\circ - 30^\circ$
- Módulo de deformación= 7 - 15 MPa
- Coeficiente de balasto horizontal= 5000 t/m³

JABRE

- Cohesión $c=0,05 \text{ kp/cm}^2$
- Ángulo de rozamiento interno $\phi = 35^\circ$
- Módulo de deformación= 50 - 120 MPa
- Coeficiente de balasto horizontal= 15.000 Y 20.000 t/m³

ANÁLISIS SOBRE LOS CONDICIONANTES HIDROGEOLÓGICOS

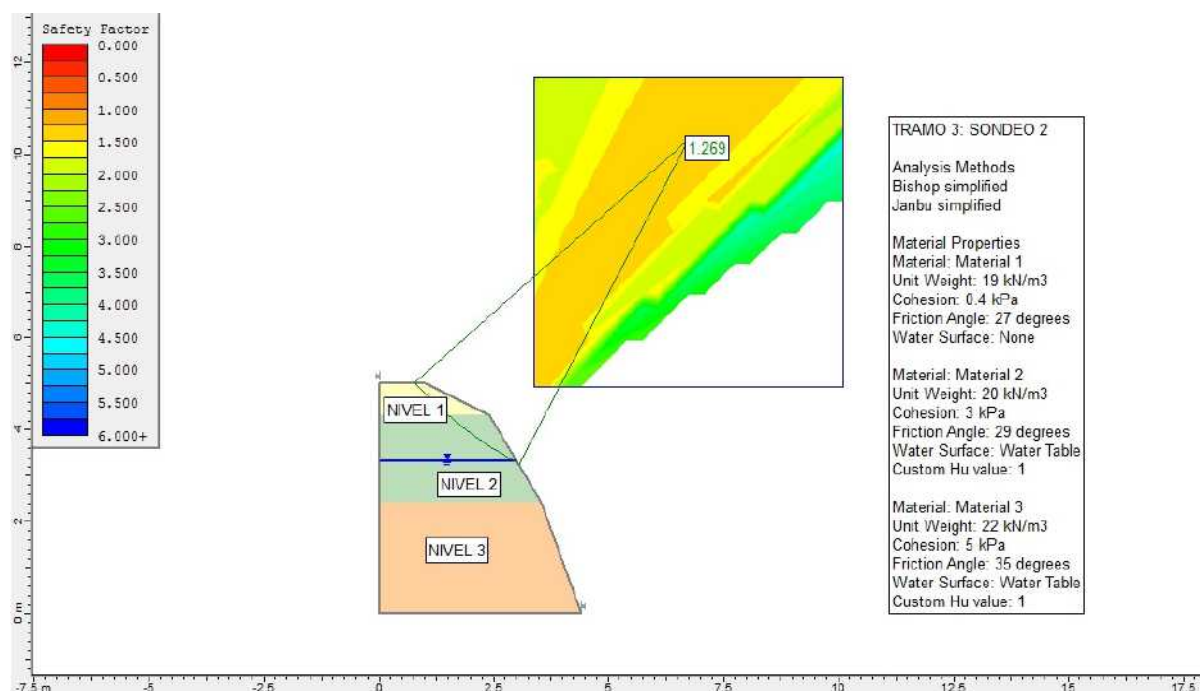
A continuación se adjunta en el **Cuadro 8.2.I**, las cotas de emplazamiento del colector facilitadas por el cliente, con los niveles de agua medidos en el sondeo S-2 y S-3, para evaluar la influencia de los mismos a la futura construcción, tanto en el aliviadero como en la hinca.

SONDEOS	COTA ABSOLUTA MEDIA DEL NIVEL DE AGUA (m.s.n.m.)	COTA BASE HINCA (m.s.n.m.)	PROFUNDIDAD DEL NIVEL DE AGUAS RESPECTO AL COLECTOR (m)
S-2	872,00	868,888	+3,112
S-3	871,10	868,632	+2,468

Cuadro 8.1.I: Medidas de los niveles de aguas.

El agua se ha detectado a cota superior a la del colector, por lo que se prevé que suponga un problema constructivo en el trazado y se recomienda realizar una medida de los niveles de agua en fechas previas al comienzo de la obra.

A continuación, se adjunta los resultados del estudio de estabilidad en la zona de la hinca bajo el paso superior (S-2), estimando una pendiente 2H:1V en el nivel de rellenos y 3H:4V en nivel de depósitos aluviales, y una inclinación de 1H:4V en nivel de jabre y granito altamente fracturado, con una altura de excavación en torno a 5,00 m.



Según se observa en la figura, el factor de seguridad es superior a 1, válido para situaciones temporales, no obstante para excavaciones superiores a 3,00 m se recomienda tomar medidas de seguridad y contención.

Para la construcción del pozo de ataque se descarta la posibilidad de excavación al amparo de tablestacas, por los valores de N_{30} superiores a 35 golpes, por lo que la opción alternativa sería un cerramiento mediante pantalla de pilotes secantes dada la presencia del agua.

ESCAVABILIDAD

La excavabilidad del terreno se define como la capacidad para ser arrancado por diferentes medios. A efectos de la excavabilidad, el PG-3 define tres tipos:

- Excavabilidad en roca: Comprenderá la correspondiente a todos las masas de roca, depósitos estratificados y la de todos aquellos materiales que presenten características de roca maciza, cementados tan sólidamente, que únicamente puedan ser excavados utilizando explosivos.
- Excavabilidad en terreno de tránsito: Comprenderá la correspondiente a materiales constituidos por rocas descompuestas, tierras muy compactas y todos aquellos que para su excavación no sea necesario el empleo de explosivos y sea necesario la utilización de escarificadores profundos pesados.
- Excavación en tierra: Comprenderá la correspondiente a todos los materiales no incluidos en los apartados anteriores.

Por lo observado en la prospección realizada en campo, podemos clasificar los materiales presentes en superficie como RIPABLES, hasta una

la profundidad de 2,60 m. Subyacente a estos materiales, encontraríamos la roca alterada del perfil de alteración, por lo que pertenecería a la excavación en terreno de tránsito, utilizándose BULLDOZER Y RETROEXCAVADORAS (RADIALES), alternando con materiales que podrían incluirse en el grupo de excavabilidad en roca por lo que son necesarios VOLADURAS y/o martillos pesados u otros escarificadores profundos pesados.

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

Para los terrenos detectados en el punto de estudio, se estiman los siguientes coeficientes de permeabilidad, según la bibliografía existente. Figuras 8.2.a y 8.2.b.

Permeabilidad m/día	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10	10^2	10^3	10^4
Clasificación	Impermeables		Poco permeable	Algo permeable		Permeable		Muy permeable		
Clasificación del acuífero	Acuífero		Acuífero	Acuífero pobre		Acuífero de regular a bueno		Acuífero excelente		
Tipo de materiales	Arcilla compacta Pizarra Granito		Limo arenoso Limo Arcilla limosa	Arena fina Arena limosa Caliza fracturada		Arena limpia Grava y arena Arena fina		Grava limpia		

Figura 8.2.a: Clasificación de terrenos por la permeabilidad (Custodio-Llamas, 1983)

Tabla D.28. Valores orientativos del coeficiente de Permeabilidad

Tipo de suelo	k_z (m/s)
Grava limpia	$> 10^{-2}$
Arena limpia y mezcla de grava y arena limpia	$10^{-2} - 10^{-5}$
Arena fina, limo, mezclas de arenas, limos y arcillas	$10^{-5} - 10^{-9}$
Arcilla	$< 10^{-9}$

Figura 8.2.b: Valores orientativos del coeficiente de permeabilidad

Por lo que se podría asignar los siguientes coeficientes de permeabilidad:

Relleno y Aluviales: $k_z = 10^{-2} - 10^{-5}$ m/s.

Jabre y Granito altamente fracturado: $k_z = 10^{-5}$ m/s.

Según bibliografía, el grado de abrasividad de los granitos, según el índice Cerchar, se puede clasificar como abrasiva y altamente abrasiva, con un valor comprendido entre 4,00 y mayor de 4,50.

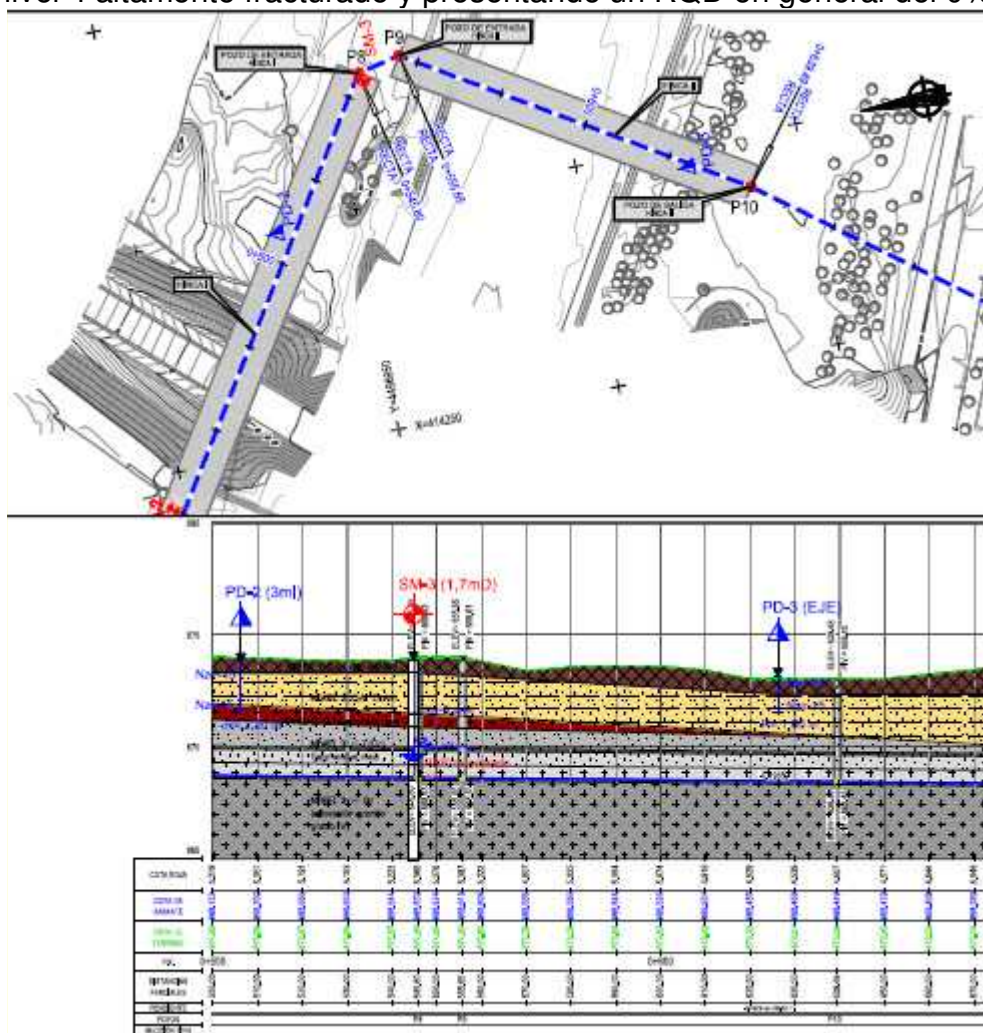
CLASIFICACION	INDICE DE CERCHAR	TIPO DE ROCA
Extremadamente abrasiva	>4,5	Gneis, pegmatita, granito
Altamente abrasiva	4,25 — 4,5	Anfibolita, granito
Abrasiva	4,0 — 4,25	Granito, gneis, esquistos, piroxenita, arenisca Darleg Dale
Moderadamente abrasiva	3,5 — 4,0	Arenisca
Abrasividad media	2,5 — 3,5	Gneis, granito californiano, dolerita
Poco abrasiva	1,2 — 2,5	Arenisca Portland
Muy poco abrasiva	<1,2	Caliza

Figura 8.2.c: Índice Cerchar

8.3. HINCA II

La Hincia II, se realizará entre los PK 0+555 y 0+639, con una longitud de 84,5 ml, a la cota topográfica media 868, 8 m.s.n.m.. Para el estudio de las propiedades geotécnicas se ha realizado un sondeo (SM-3) en la zona de ubicación del pozo de ataque y un ensayo de penetración dinámica continua en la zona del pozo de salida.

A la profundidad de apoyo aflora en nivel 3 y 4 intercalado, estando el nivel 4 altamente fracturado y presentando un RQD en general del 0%.



Para cumplir los requisitos de la Demarcación de Carreteras, la generatriz superior del colector deberá situarse al menos 1,5 diámetros (diámetro exterior) empotrado en el sustrato firme, definido por la Demarcación de Carreteras como aquel con índice $N_{SPT} > 10$ golpes. A la cota de apoyo se cumple dicha condición.

Se ha calculado la tensión admisible del terreno según los valores del ensayo de penetración dinámica continua tipo D.P.S.H., utilizando la formula de hincas de los holandeses:

$$Rd = \frac{M^2 \times h}{(P + M) \times S \times e} \quad Re = 0,7 \times Rd \quad \sigma_{ad} = \frac{Re}{20 \times 3}$$

Rd = resistencia dinámica en punta

Re = resistencia estática en punta

M = Peso de la maza (63,5 Kg)

h = 75 cm

P = peso de la carga de la maza (6,5 Kg/m)

S = superficie de la puntaza (20 cm²)

e = 20/N20

Aplicando la fórmula anteriormente indicada se obtienen los siguientes valores de tensión admisible en el ensayo y a la profundidad de golpeo.

PD-3					TENSION ADMISIBLE (kp/cm²)
PROFUNDIDAD (m)					
DE	HASTA	GOLPES	Rp	Re	
0.00	0,2	16	0,00	0,00	0,00
0.20	0,4	19	217,58	152,31	2,54
0.40	0,6	15	168,56	117,99	1,97
0.60	0,8	19	209,58	146,71	2,45
0.80	1	77	834,03	583,82	9,73
1.00	1,2	90	957,56	670,29	11,17
1.20	1,4	47	491,35	343,94	5,73
1.40	1,6	100	1027,52	719,26	11,99

El rechazo del ensayo, se ha obtenido por encima de la cota de apoyo.

La tensión admisible del terreno a la cota de apoyo es superior a 3,00 kp/cm².

A continuación se calcula los asientos generados para la tensión admisible recomendada, para ello, nos basamos en el método empírico propuesto por Burland y Burbridge (1985) para suelos granulares:

$$S_i = f_l \cdot f_s \cdot \sigma_{ad} \cdot B^{0,7} \cdot I_c$$

Donde

- S_i =asiento medio al final de la construcción, en mm.
- f_s =coeficiente que tiene en cuenta la forma de zapata o pozo.
- f_l =factor de corrección que tiene en cuenta la existencia de una capa rígida por debajo de la zapata a profundidad $H_s \leq Z_l$, donde Z_l es la profundidad de influencia de la zapata o pozo.
- q' =tensión efectiva aplicada en la base de cimentación (kN/m^2).
- B =ancho de pozo (m).
- I_c =Índice de compresibilidad, en función del N_{spt} en la zona de influencia de la base de pozo.

$$f_s = [(1,25 \cdot L/B) / (L/B + 0,25)]^2$$

$$f_l = H_s / Z_l [2 - H_s / Z_l]$$

$$I_c = 1,7 / N_{med}^{1,4}$$

El factor de corrección f_l no se tendrá en consideración en este caso, al no conocer la existencia de una capa rígida por debajo de la capa de terreno analizado.

Sustituyendo en la expresión inicial, para un valor de $N_{SPT}=35$ golpes (valor más conservador y por corregido por la presencia de niveles de aguas), obtenemos:

$$S_i = 5,35 \text{ mm}$$

(Verifica que el asiento máximo es $< 2,5 \text{ cm}$)

ESTABILIDAD DE TALUDES

Se incluyen en este apartado aquellos aspectos relacionados con los diseños de excavación más estables, de acuerdo con los parámetros geotécnicos obtenidos para los litotipos estudiados.

En la zona de la hincia II, se ha previsto una excavación de 5,368 m (868,632 m.s.n.m.) en la zona de ataque y de 4,607 m (868,449 m.s.n.m.) en la zona de salida. El perfil estratigráfico en la zona de afección es el siguiente:

NIVEL 1: Suelo de alteración edáfica y rellenos antrópicos con una potencia máxima de 0,60 m (873,40 m.s.n.m.).

NIVEL 2: Depósitos aluviales, se ha detectado hasta una profundidad máxima de 2,40 m (871,60 m.s.n.m.)

NIVEL 3 Y 4: Jabre de alteración del sustrato rocoso con niveles de roca granítica con un grado de alteración de IV, altamente fracturado con un RQD

del 0% en general. Este nivel se ha detectado subyacente al nivel anterior y hasta el final de la excavación.

Los parámetros geotécnicos estimados para cada nivel son:

RELLENOS ANTRÓPICOS

- Cohesión $c=0 - 0,005 \text{ kp/cm}^2$
- Ángulo de rozamiento interno $\phi=25^\circ - 28^\circ$
- Módulo de deformación= 5 - 8 MPa
- Coeficiente de balasto horizontal= 2000 t/m³

DEPÓSITOS ALUVIALES

- Cohesión $c=0,01 - 0,03 \text{ kp/cm}^2$
- Ángulo de rozamiento interno $\phi=27^\circ - 30^\circ$
- Módulo de deformación= 7 - 15 MPa
- Coeficiente de balasto horizontal= 5000 t/m³

JABRE

- Cohesión $c=0,05 \text{ kp/cm}^2$
- Ángulo de rozamiento interno $\phi=35^\circ$
- Módulo de deformación= 50 - 120 MPa
- Coeficiente de balasto horizontal= 15.000 Y 20.000 t/m³

No se han encontrado estaciones geomécnicas para hacer un levantamiento de la familia de fisuras y poder realizar un estudio de estabilidad de taludes en roca, y considerando el alto grado de fracturación se ha estudiado la estabilidad de este nivel asumiéndolo a un suelo. Los taludes recomendados para el nivel 4 serán válidos si el diaclasado es favorable a la estabilidad, es decir, opuesto el buzamiento a la pendiente del talud.

ANÁLISIS SOBRE LOS CONDICIONANTES HIDROGEOLÓGICOS

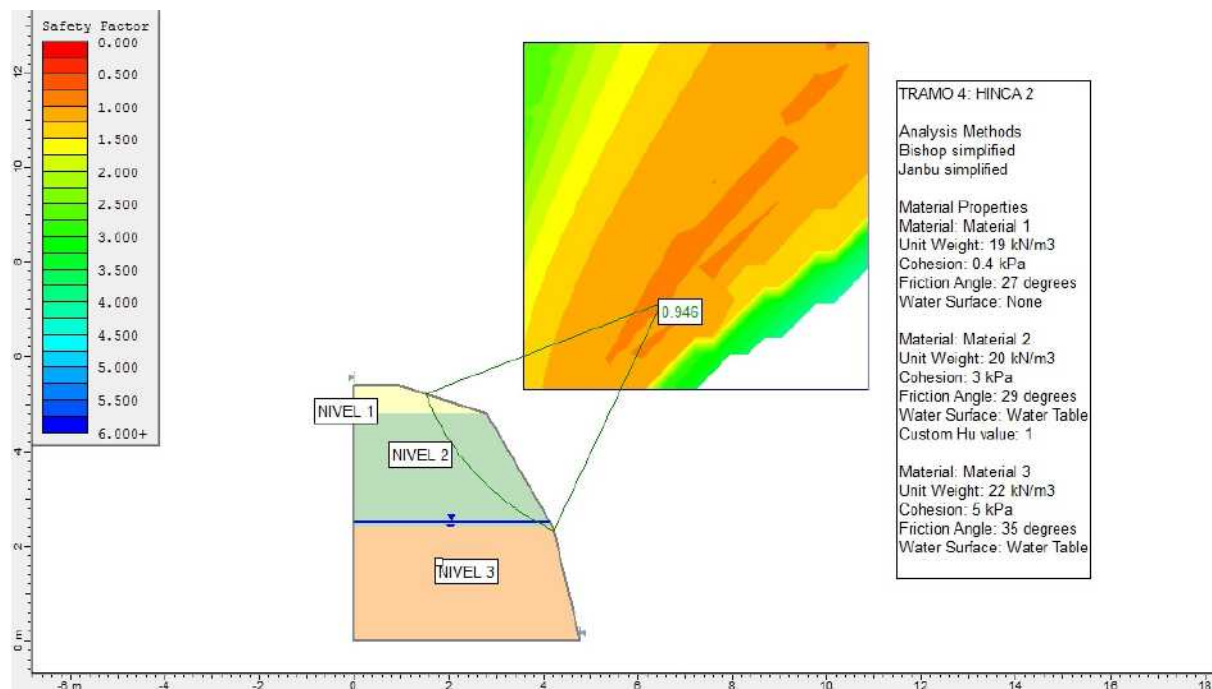
A continuación se adjunta en el **Cuadro 8.2.I**, las cotas de emplazamiento del colector facilitadas por el cliente, con los niveles de agua medidos en el sondeo S-3, para evaluar la influencia de los mismos a la futura construcción:

SONDEOS	COTA ABSOLUTA MEDIA DEL NIVEL DE AGUA (m.s.n.m.)	COTA BASE HINCA (m.s.n.m.)	PROFUNDIDAD DEL NIVEL DE AGUAS RESPECTO AL COLECTOR (m)
S-3	871,10	868,632	+2,468

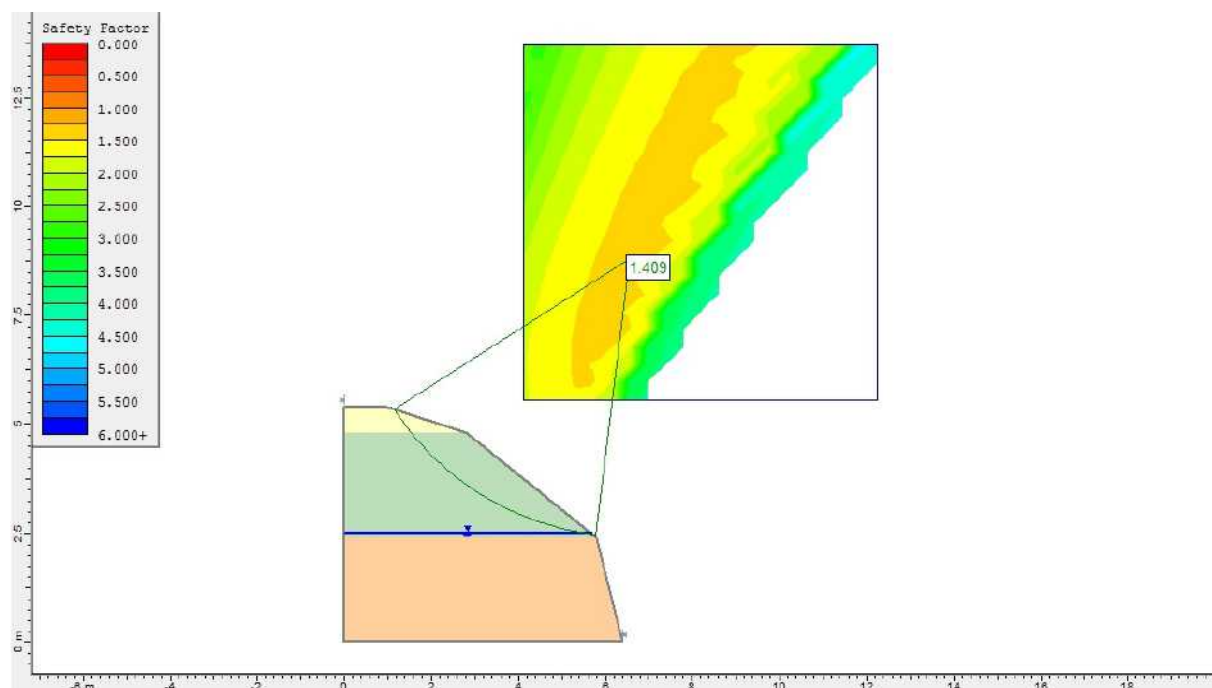
Cuadro 8.1.I: Medidas de los niveles de aguas.

El agua se ha detectado a cota superior a la del colector, por lo que se prevé que suponga un problema constructivo en el trazado y se recomienda realizar una medida de los niveles de agua en fechas previas al comienzo de la obra.

A continuación, se adjunta los resultados del estudio de estabilidad en la zona de la hinca bajo la A-6 (S-3), estimando una pendiente 2H:1V en el nivel de rellenos y 3H:4V en nivel de depósitos aluviales, y una inclinación de 1H:4V en nivel de jabre y granito altamente fracturado, con una altura de excavación en torno a 5,00 m.



Dado que el factor de seguridad obtenido es inferior a 1, se ha hecho el estudio para una pendiente de 2H:1V también el nivel de depósitos aluviales, obteniéndose un factor de seguridad en este caso superior a 1, válido para situaciones temporales.



Para la construcción del pozo de ataque se descarta la posibilidad de excavación al amparo de tablestacas, por los valores de N_{30} superiores a 35 golpes, con presencia de niveles rocosos, por lo que la opción alternativa sería un cerramiento mediante pantalla de pilotes secantes dada la presencia del agua.

ESCAVABILIDAD

La excavabilidad del terreno se define como la capacidad para ser arrancado por diferentes medios. A efectos de la excavabilidad, el PG-3 define tres tipos:

- Excavabilidad en roca: Comprenderá la correspondiente a todos las masas de roca, depósitos estratificados y la de todos aquellos materiales que presenten características de roca maciza, cementados tan sólidamente, que únicamente puedan ser excavados utilizando explosivos.
- Excavabilidad en terreno de tránsito: Comprenderá la correspondiente a materiales constituidos por rocas descompuestas, tierras muy compactas y todos aquellos que para su excavación no sea necesario el empleo de explosivos y sea necesario la utilización de escarificadores profundos pesados.
- Excavación en tierra: Comprenderá la correspondiente a todos los materiales no incluidos en los apartados anteriores.

Por lo observado en la prospección realizada en campo, podemos clasificar los materiales presentes en superficie como RIPABLES, hasta una la profundidad de 3,00 m. Subyacente a estos materiales, encontraríamos la roca alterada del perfil de alteración, por lo que pertenecería a la excavación en terreno de tránsito, utilizándose BULLDOZER Y RETROEXCAVADORAS (RADIALES), alternando con materiales que podrían incluirse en el grupo de excavabilidad en roca por lo que son necesarios VOLADURAS y/o martillos pesados u otros escarificadores profundos pesados.

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

Para los terrenos detectados en el punto de estudio, se estiman los siguientes coeficientes de permeabilidad, según la bibliografía existente. Figuras 8.3.a y 8.3.b.

Permeabilidad m/día	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10	10^2	10^3	10^4
Clasificación	Impermeables		Poco permeable		Algo permeable		Permeable		Muy permeable		
Clasificación del acuífero	Acuífero		Acuífero		Acuífero pobre		Acuífero de regular a bueno		Acuífero excelente		
Tipo de materiales	Arcilla compacta Pizarra Granito		Limo arenoso Limo Arcilla limosa		Arena fina Arena limosa Caliza fracturada		Arena limpia Grava y arena Arena fina		Grava limpia		

Figura 8.3.a: Clasificación de terrenos por la permeabilidad (Custodio-Llamas, 1983)

Tabla D.28. Valores orientativos del coeficiente de Permeabilidad

Tipo de suelo	k_z (m/s)
Grava limpia	$> 10^{-2}$
Arena limpia y mezcla de grava y arena limpia	$10^{-2} - 10^{-5}$
Arena fina, limo, mezclas de arenas, limos y arcillas	$10^{-5} - 10^{-9}$
Arcilla	$< 10^{-9}$

Figura 8.3.b: Valores orientativos del coeficiente de permeabilidad

Por lo que se podría asignar los siguientes coeficientes de permeabilidad:

Relleno y Aluviales: $k_z = 10^{-2} - 10^{-5}$ m/s.

Jabre y Granito altamente fracturado: $k_z = 10^{-5}$ m/s.

Según bibliografía, el grado de abrasividad de los granitos, según el índice Cerchar, se puede clasificar como abrasiva y altamente abrasiva, con un valor comprendido entre 4,00 y mayor de 4,50.

CLASIFICACION	INDICE DE CERCHAR	TIPO DE ROCA
Extremadamente abrasiva	$> 4,5$	Gneis, pegmatita, granito
Altamente abrasiva	$4,25 - 4,5$	Anfibolita, granito
Abrasiva	$4,0 - 4,25$	Granito, gneis, esquistos, piroxenita, arenisca Darleg Dale
Moderadamente abrasiva	$3,5 - 4,0$	Arenisca
Abrasividad media	$2,5 - 3,5$	Gneis, granito californiano, dolerita
Poco abrasiva	$1,2 - 2,5$	Arenisca Portland
Muy poco abrasiva	$< 1,2$	Caliza

Figura 8.2.c: Índice Cerchar

8.4. MODELIZACIÓN DE SECCIÓN TIPO DEL COLECTOR PARA CADA HINCA

8.4.1 Hinca I. Entre el P7 (PK 0+415) y el P8 (PK 0+547)

Como ya se ha descrito en el punto 8.2, la hinca entre los mencionados pozos pasará bajo el paso superior de la AP-6. Desde el Pozo 8 (en sentido ascendente) se procederá a la hinca del colector. La longitud total del tramo es de 131 m.

Se estudiará la sección transversal de la entrada al P7 (PK 0+415), puesto que ahí se tiene la distancia mínima desde la cara exterior del tubo a la superficie del terreno, siendo igual a 2.4 m. A esta sección se la ha denominado 1. También se ha analizado el paso de la hinca bajo el punto de altura máxima del terraplén (PK 0+470); a esta sección se la ha denominado 2.

A partir de la información geotécnica expuesta en el punto 8.2 el perfil estratigráfico en la zona está formado por las siguientes formaciones:

NIVEL 1: Suelo de alteración edáfica y rellenos antrópicos con una potencia máxima de 0,70 m (873,00 m.s.n.m.).

NIVEL 2: Depósitos aluviales, se ha detectado hasta una profundidad máxima de 2,60 m (871,10 m.s.n.m.)

NIVEL 3 Y 4: Jabre de alteración del sustrato rocoso con niveles de roca granítica con un grado de alteración de IV, altamente fracturado con un RQD del 0% en general. Este nivel se ha detectado hasta el final de la excavación.

RELLENOS ANTRÓPICOS

- Cohesión $c = 0$
- Ángulo de rozamiento interno $\varphi = 27^\circ$
- Módulo de deformación = 5000 kPa

DEPÓSITOS ALUVIALES

- Cohesión $c = 0$
- Ángulo de rozamiento interno $\varphi = 28^\circ$
- Módulo de deformación = 10000 kPa

JABRE

- Cohesión $c = 5$ kPa
- Ángulo de rozamiento interno $\varphi = 35^\circ$
- Módulo de deformación = 70000 kPa

El nivel freático se encuentra a 3.2 m de profundidad (aproximadamente a la cota de la clave del colector, tanto en la Sección 1, como en la Sección 2).

Para el estudio de los movimientos producidos por la hincia se ha elaborado un modelo en diferencias finitas con el programa comercial FLAC3D (versión 3.1). La malla del modelo elaborado, junto con el sistema de ejes cartesianos, se muestra en las Figuras 8.4.1 y 8.4.2.

Las condiciones de contorno aplicadas son las siguientes:

- Plano $x = -10$ m (superficie lateral). Movimientos impedidos en dirección 'x'.
- Plano $x = 10$ m (superficie lateral). Movimientos impedidos en dirección 'x'.
- Todos los movimientos impedidos en la dirección y.
- Plano $z = -3$ m (superficie inferior). Todos los movimientos impedidos.

Para la modelización de las unidades geotécnicas que forman el terreno se ha empleado el modelo elasto-plástico de Mohr-Coulomb. Los parámetros empleados para las mismas son los enumerados anteriormente.

La posición del nivel freático es la que se muestra en la Figura 8.4.3.

En cuanto a la tubería de hormigón que forma el colector, se ha optado por el modelo elástico-lineal y se han utilizado los siguientes parámetros:

- $\gamma_{ap} = 25.0$ kN/m³
- $E = 30,000$ MPa
- $\nu = 0.20$

El firme del paso superior sobre la AP-6 se ha modelizado por medio de un elemento estructural tipo lámina (ver Figura 8.4.4), de comportamiento elástico-lineal, de 0.3 m de espesor, y con las propiedades mecánicas de una mezcla bituminosa:

- $\gamma_{ap} = 23.0$ kN/m³
- $E = 5,000,000$ kPa
- $\nu = 0.45$

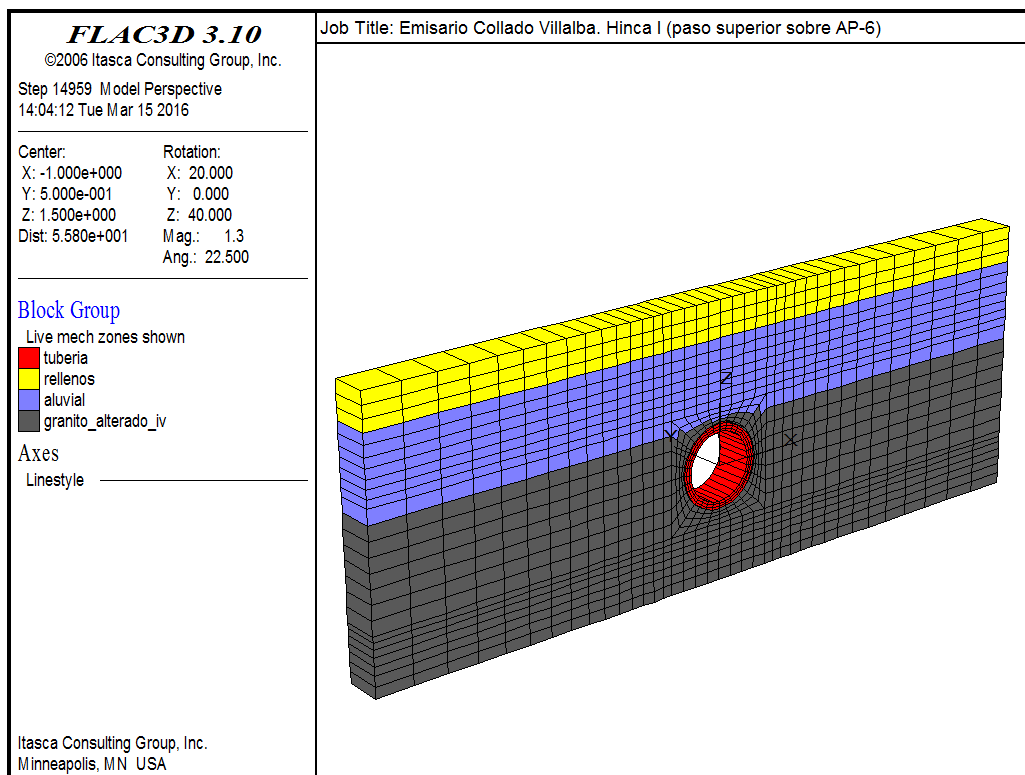


Figura 8.4.1. Malla empleada para los cálculos. Sección 1 (PK 0+415).

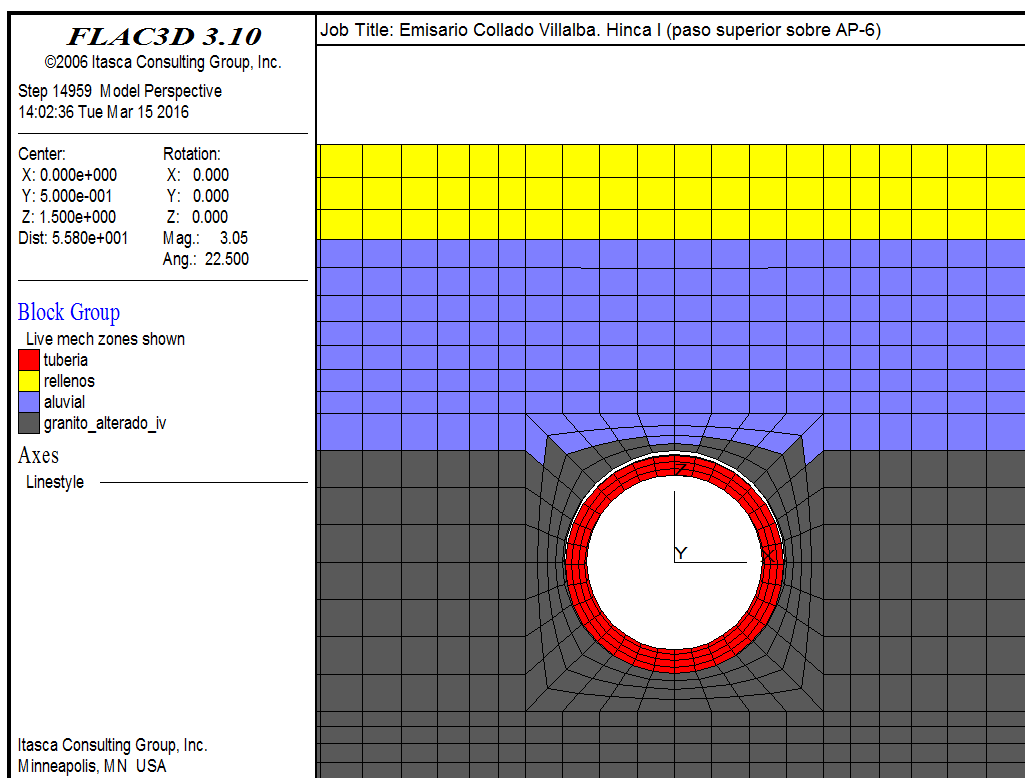


Figura 8.4.2. Malla empleada para los cálculos. Detalle de la zona del colector. Sección 1.

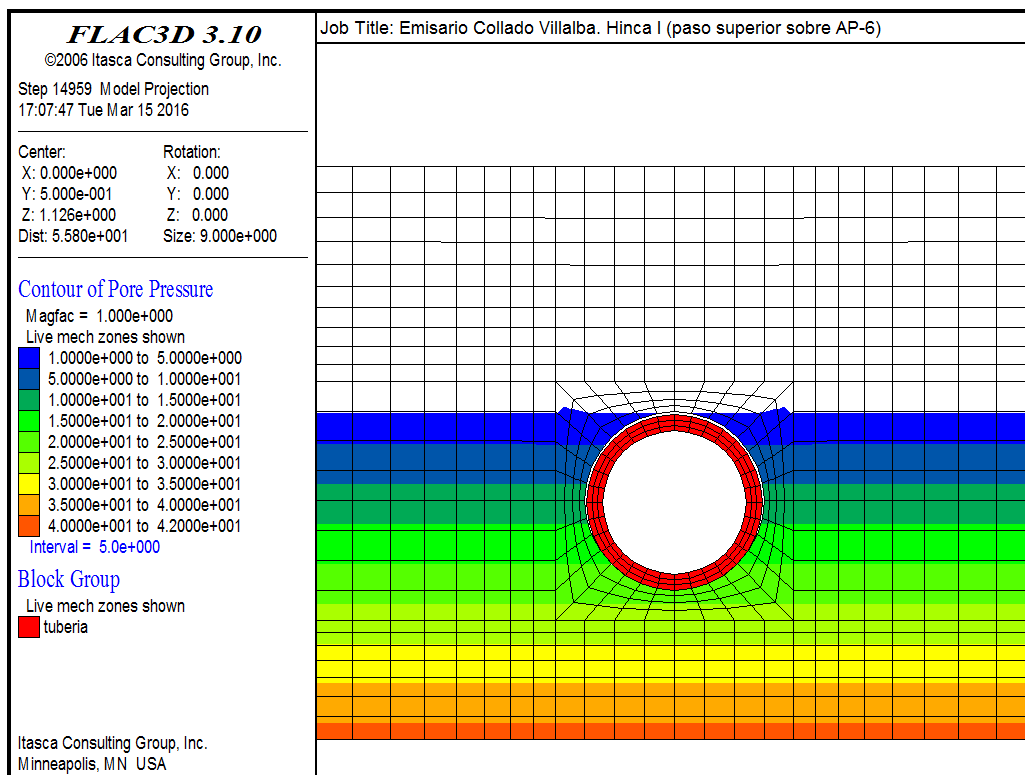


Figura 8.4.3. Posición del nivel freático en la Sección 1.

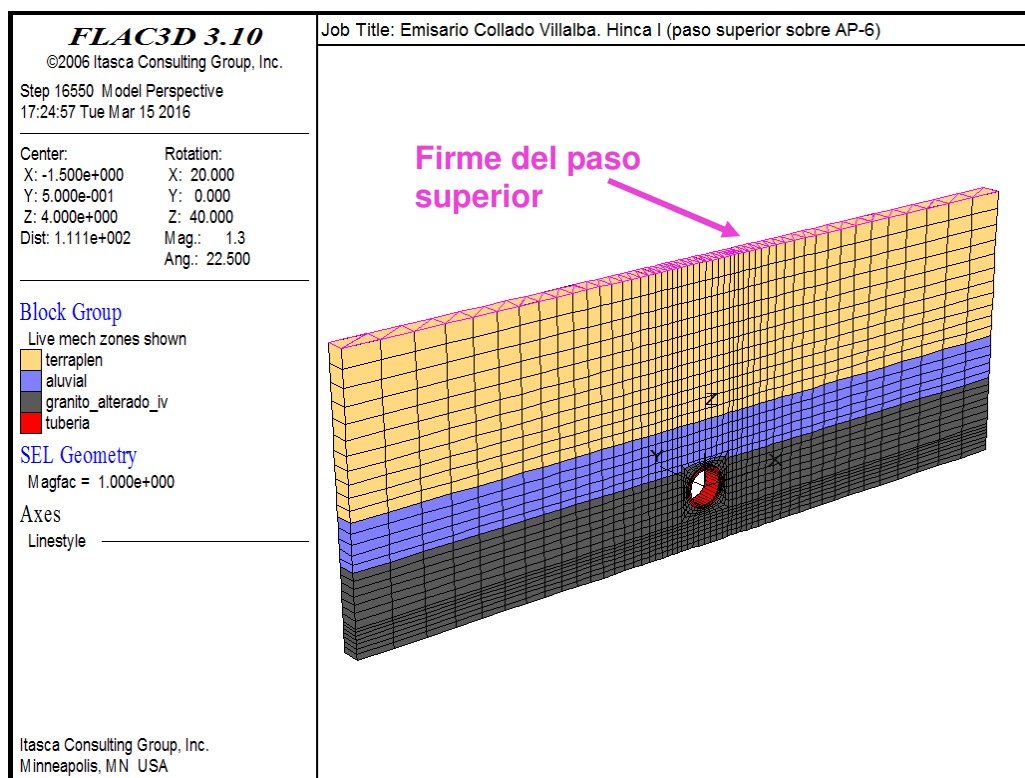


Figura 8.4.4. Malla empleada para los cálculos. Sección 2, en el punto de mayor altura del terraplén (PK 0+470).

En el proceso de cálculo se ha reproducido la siguiente secuencia de operaciones:

- Fase 0: Obtención del estado de tensiones *in situ* del terreno, el existente antes de realizar la hinca.

Una vez alcanzado el estado de equilibrio mecánico para los pesos específicos, posición del nivel freático y condiciones de contorno aplicadas, se inicializan a cero todos los movimientos del modelo. De esta forma se aprecian mejor los asientos que produce la hinca.

- Fase 1: Hinca del colector.

Como la excavación del túnel se realizará por medio de una tuneladora, habrá una sobre-excavación (o gap) entre los tubos empujados y el terreno excavado, como se aprecia en la Figura 8.4.2. Este gap facilita el empuje de los tubos, al disminuir el rozamiento entre los mismos y el terreno. Al existir este gap no se considera necesario introducir en el modelo ninguna fase anterior al estado final aquí analizado, puesto que el terreno puede relajarse y moverse libremente hacia los tubos y rellenar el gap, como ocurre en la realidad. Con una técnica de tunelación en la que el sostenimiento se "pegara" al terreno (hormigón proyectado, sostenimientos hormigonados *in situ*, etc.) sí sería necesario introducir una fase previa que tuviera en cuenta la longitud de túnel que está excavada pero sin revestir, donde el suelo puede deformarse aún hacia el agujero excavado. Se considera que el gap es igual a 5 cm.

Los contornos de movimientos del terreno obtenidos a partir del modelo descrito se han representado en las Figuras 8.4.5 y 8.4.6.

En la Sección 1 (PK 0+415), se observa que los asientos máximos experimentados en la superficie del terreno son inferiores a 3 mm. En la Sección 2 (PK 0+470), los asientos máximos experimentados por el firme del paso superior son inferiores a 4 mm por lo que no se producirán daños en el mismo ni se afectará a su normal funcionamiento.

Las Figuras 8.4.7 y 8.4.8 muestran, respectivamente, los perfiles los asientos en la superficie del terreno para las Secciones 1 y 2. Los movimientos máximos en la superficie son iguales, respectivamente, a 2.1 mm y 2.6 mm.

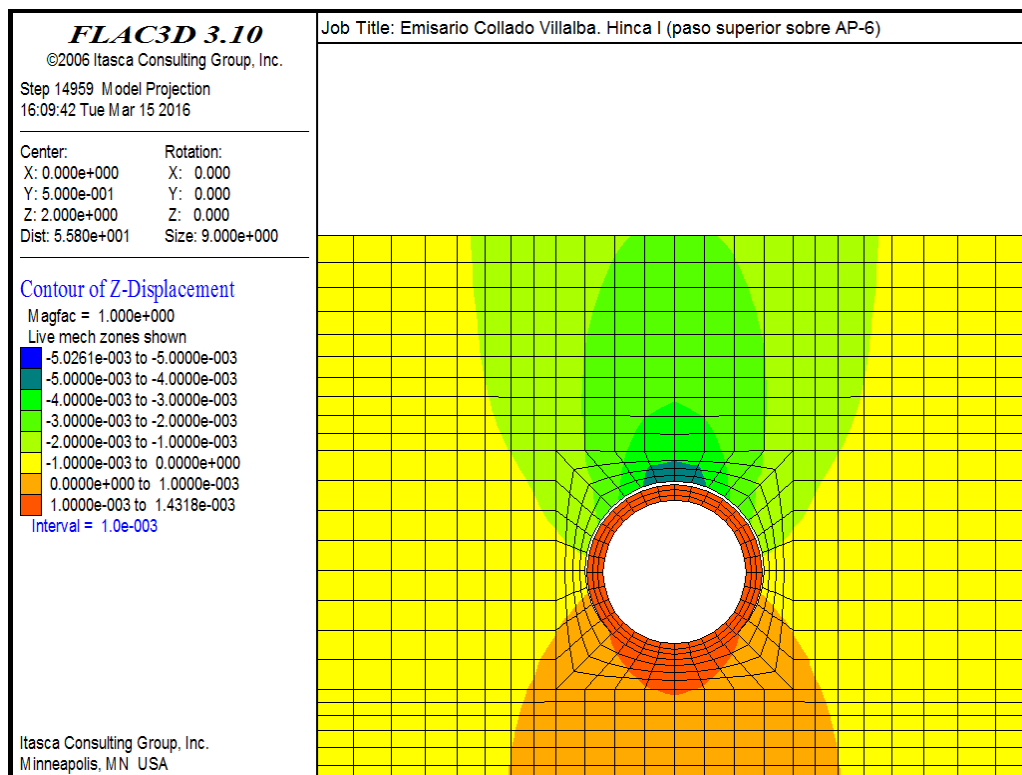


Figura 8.4.5. Contornos de movimientos del terreno al finalizar la Hincia I bajo el paso superior.
Sección 1. Valores en metros.

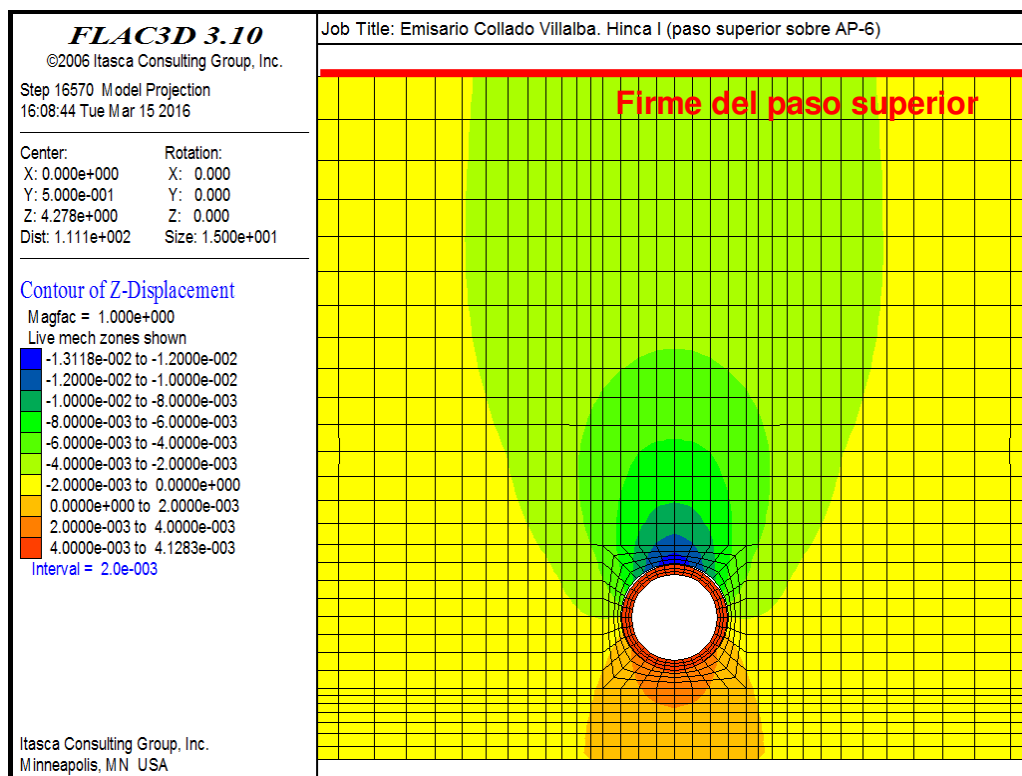


Figura 8.4.6. Contornos de movimientos del terreno al finalizar la Hincia I bajo el paso superior.
Sección 2. Valores en metros.

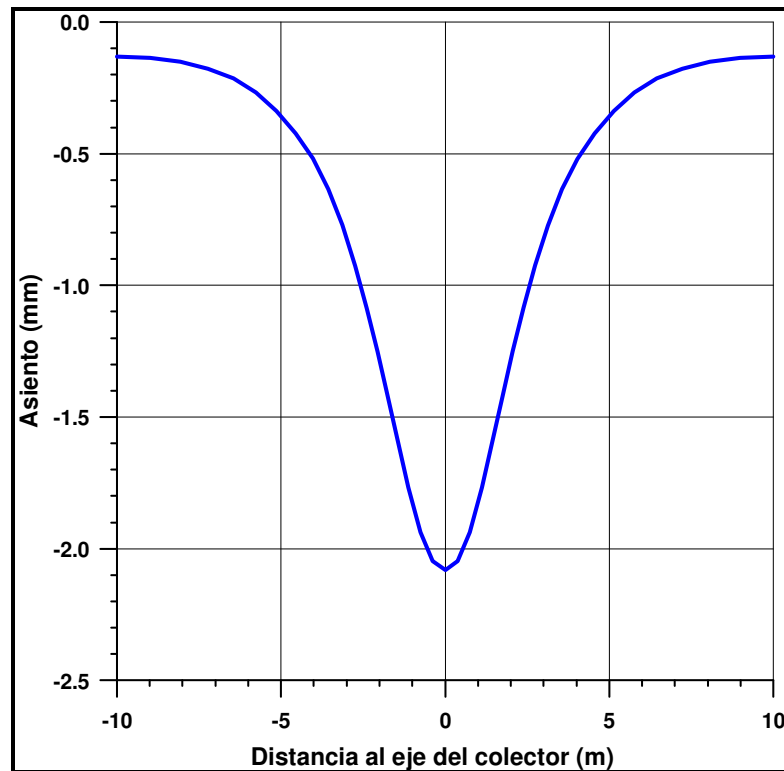


Figura 8.4.7. Perfil transversal de asientos en la Sección 1 (PK 0+415).

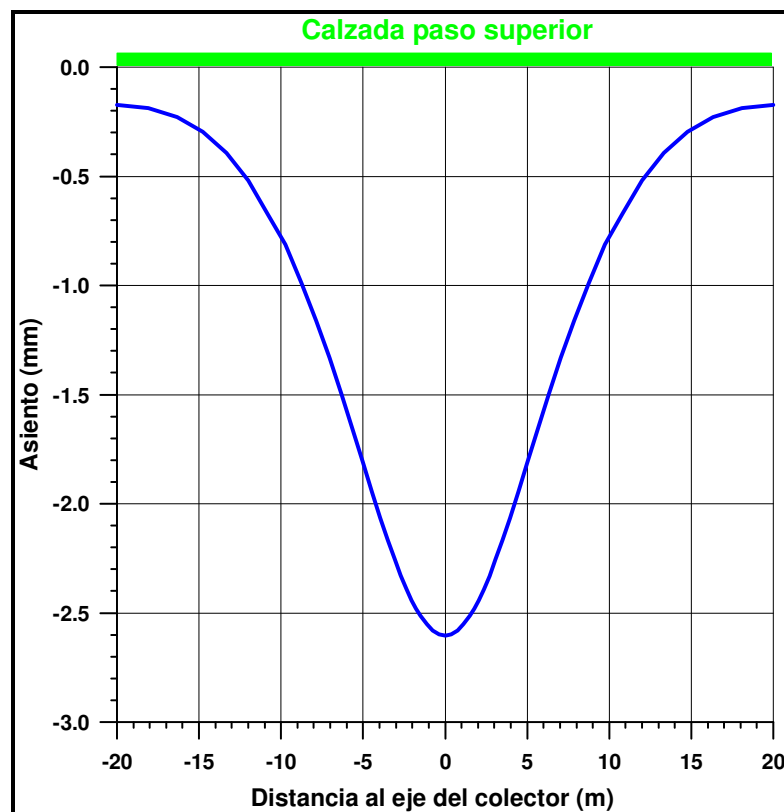


Figura 8.4.8. Perfil transversal de asientos en la Sección 2 (PK 0+470).

8.4.2 Hinca II. Entre el P9 (PK 0+555) y el P10 (PK 0+639)

Como ya se ha descrito en el punto 8.3, la hinca entre los mencionados pozos pasará bajo la AP-6. Desde el Pozo 9 se procederá a la hinca del colector. La longitud total del tramo es de 84 m.

Se estudiará la sección transversal de la entrada al P10 (PK 0+639), puesto que ahí se tiene la distancia mínima desde la cara exterior del tubo a la superficie del terreno, siendo igual a 2.9 m.

A partir de la información geotécnica expuesta en el punto 8.3 el perfil estratigráfico en la zona está formado por las siguientes formaciones:

NIVEL 1: Suelo de alteración edáfica y rellenos antrópicos con una potencia máxima de 0,60 m (873,40 m.s.n.m.).

NIVEL 2: Depósitos aluviales, se ha detectado hasta una profundidad máxima de 2,40 m (871,60 m.s.n.m.)

NIVEL 3 Y 4: Jabre de alteración del sustrato rocoso con niveles de roca granítica con un grado de alteración de IV, altamente fracturado con un RQD

RELLENOS ANTRÓPICOS

- Cohesión $c = 0$
- Ángulo de rozamiento interno $\varphi = 27^\circ$
- Módulo de deformación = 5000 kPa

DEPÓSITOS ALUVIALES

- Cohesión $c = 0$
- Ángulo de rozamiento interno $\varphi = 28^\circ$
- Módulo de deformación = 10000 kPa

JABRE

- Cohesión $c = 5$ kPa
- Ángulo de rozamiento interno $\varphi = 35^\circ$
- Módulo de deformación = 70000 kPa

El nivel freático se encuentra a 4.2 m de profundidad (ligeramente por debajo de la cota de la clave del colector).

Para el estudio de los movimientos producidos por la hinca se ha elaborado un modelo numérico similar al descrito en el punto 8.4.1 para la Hinca 1. La malla

del modelo elaborado, junto con el sistema de ejes cartesianos, se muestra en la Figura 8.4.9.

Las condiciones de contorno aplicadas son las siguientes:

- Plano $x = -10$ m (superficie lateral). Movimientos impedidos en dirección 'x'.
- Plano $x = 10$ m (superficie lateral). Movimientos impedidos en dirección 'x'.
- Todos los movimientos impedidos en la dirección y.
- Plano $z = -3$ m (superficie inferior). Todos los movimientos impedidos.

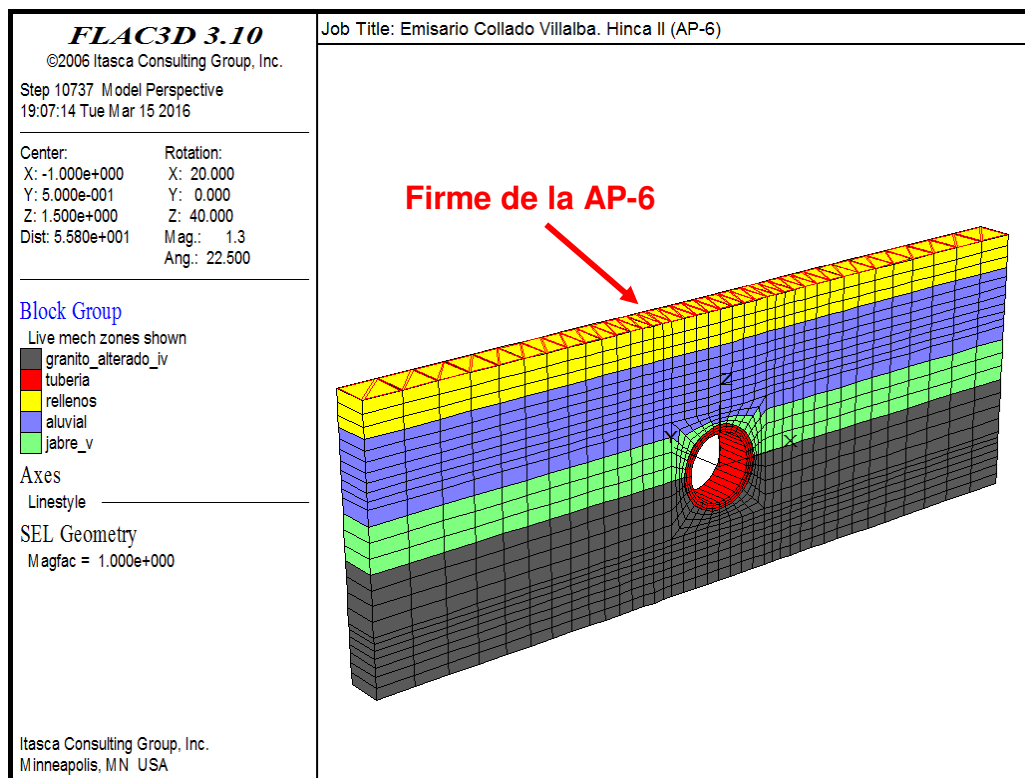


Figura 8.4.9. Malla empleada para los cálculos de la Hinca II. PK 0+639.

Para la modelización de las unidades geotécnicas que forman el terreno se ha empleado el modelo elasto-plástico de Mohr-Coulomb. Los parámetros empleados para las mismas son los enumerados anteriormente.

La posición del nivel freático es la que se muestra en la Figura 8.4.10.

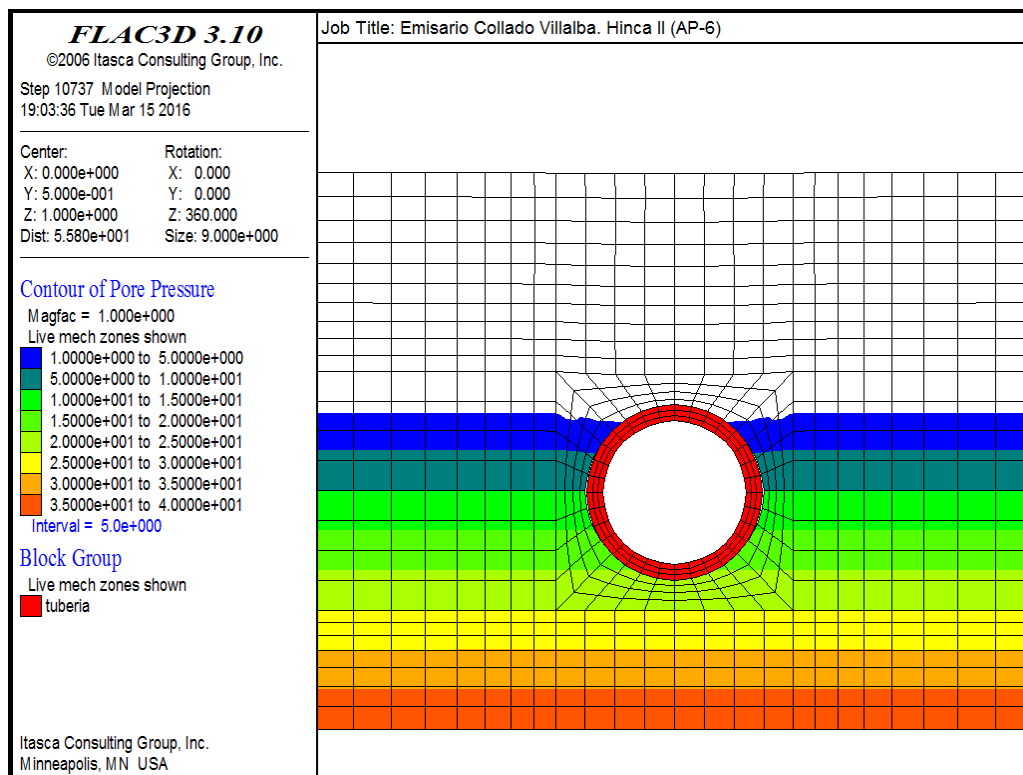


Figura 8.4.10. Posición del nivel freático en la Hinca II.

En cuanto a la tubería de hormigón que forma el colector, se ha optado por el modelo elástico-lineal y se han utilizado los siguientes parámetros:

- $\gamma_{ap} = 25.0 \text{ kN/m}^3$
- $E = 30,000 \text{ MPa}$
- $\nu = 0.20$

El firme de la AP-6 se ha modelizado por medio de un elemento estructural tipo lámina (ver Figura 8.4.9), de comportamiento elástico-lineal, de 0.5 m de espesor, y con las propiedades mecánicas de una mezcla bituminosa:

- $\gamma_{ap} = 23.0 \text{ kN/m}^3$
- $E = 5,000,000 \text{ kPa}$
- $\nu = 0.45$

El proceso constructivo reproducido en el modelo numérico es el mismo que el descrito en el punto 8.4.1 para la Hinca I.

Los contornos de movimientos del terreno obtenidos a partir del modelo descrito se han representado en la Figura 8.4.11.

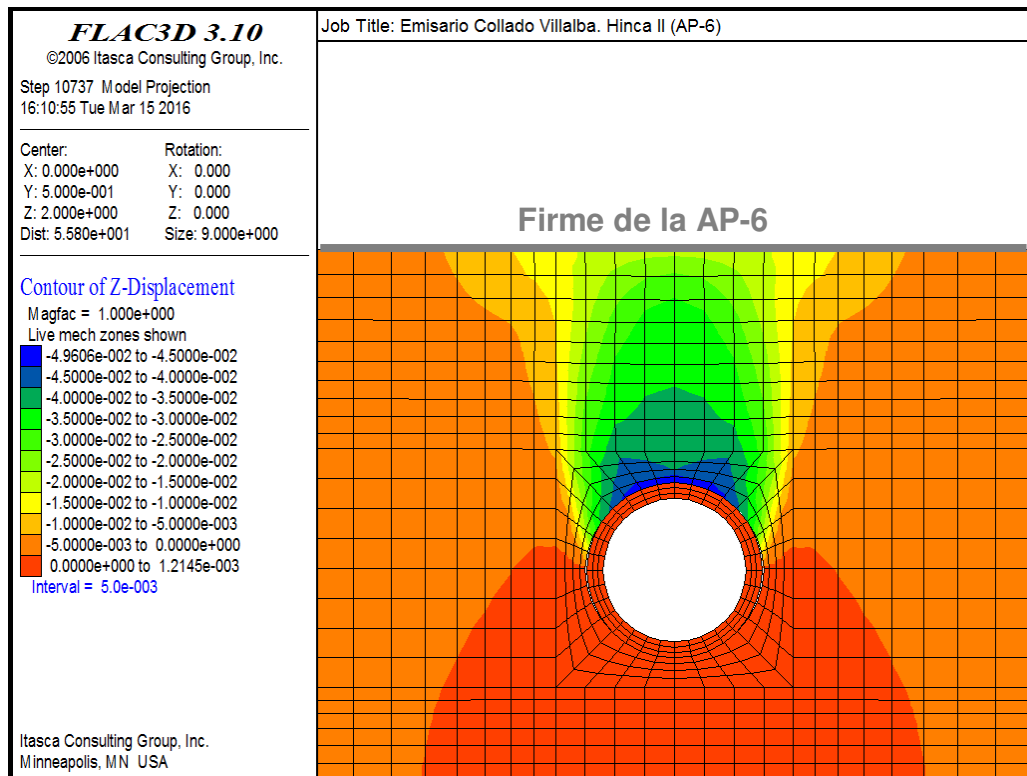


Figura 8.4.11. Contornos de movimientos del terreno al finalizar la Hincia II bajo la AP-6.
Valores en metros.

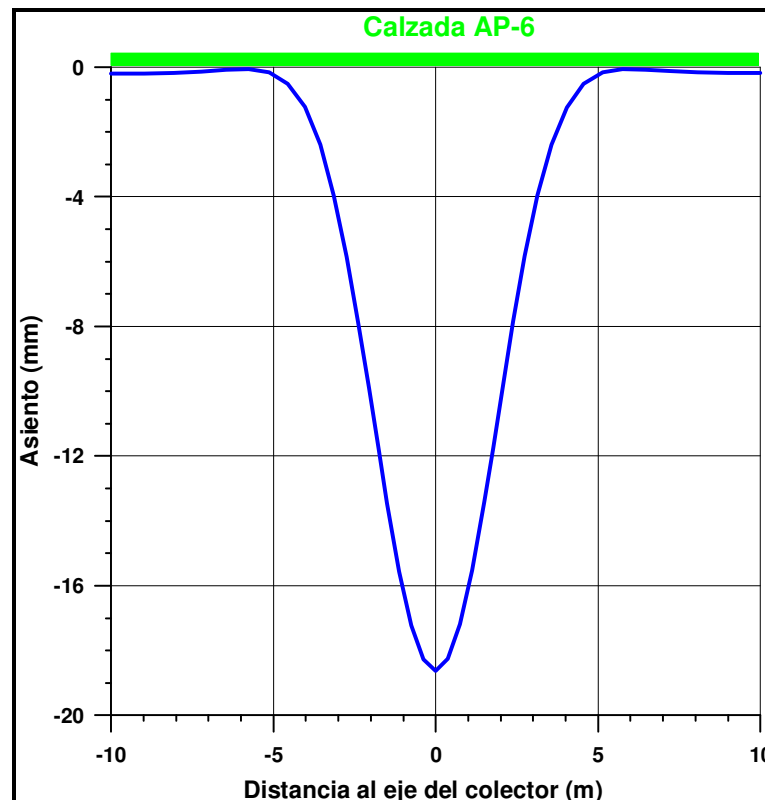


Figura 8.4.12. Perfil transversal de asientos en la Sección 2 (PK 0+470).

Se observa que en la sección analizada los asientos máximos experimentados en la superficie del terreno son inferiores a 20 mm por lo que no se producirán daños en el mismo ni se afectará a su normal funcionamiento. Puede verse que el terreno cierra completamente el gap existente sobre el colector (el asiento en este punto es de 50 mm). Esto se debe al poco espesor de jabre sobre la clave, y el resto de cobertera está formado por materiales poco competentes sin cohesión.

La Figura 8.4.12 muestra el perfil de asientos en la calzada de la AP-9 cuando se ha finalizado la hinca. El movimiento máximo es igual a **18 mm.**

8.5. PAUTAS CONSTRUCTIVAS PARA LA EJECUCIÓN DE LOS POZOS DE HINCA

En ausencia de agua y dependiendo de la cohesión del terreno, este tipo de pozos se ejecuta habitualmente en Madrid mediante pantallas discontinuas de pilotes, dejando separaciones entre caras de pilotes del orden de unos 30 cm; sin embargo, y como ocurre en los casos estudiados la presencia de agua, resulta un condicionante, por lo que la pantalla debe ser de pilotes secantes. Aunque en función de las características del terreno, de los condicionantes económicos y los resultados de los estudios realizados en cada caso concreto, son frecuentes igualmente la ejecución de sistemas de contención flexible y excavaciones a cielo abierto tomando medidas oportunas según el coeficiente de seguridad.

Para el caso de *pantallas de pilotes*, en principio no se suele sellar el espacio entre pilotes, aunque esto podría ser necesario si se producen desprendimientos de terreno o el pozo va a estar abierto mucho tiempo. Suele aplicarse gunita sobre un mallazo fijado a los pilotes.

En unos casos se recurre a pozos circulares para aprovechar el efecto de forma, si bien es necesario luego crear un plano interior con hormigón como placa de reacción de los gatos e igualmente recortar los pilotes opuestos para que la cabeza perforadora ataque contra una superficie sensiblemente plana.

Algo más sencilla es la solución rectangular en planta, aunque se requieren marcos de arriostramiento. También es necesario un elemento plano de reparto para evitar cargar directamente contra los pilotes, aunque en este caso puede ser un marco metálico.

Lógicamente los pilotes frontales no deben llevar armadura en la parte en la que va a pasar la cabeza perforadora.

En caso de ejecutar los pozos de ataque y salida con *excavaciones a cielo abierto*, se ha comprobado la estabilidad de los taludes, que se indican de forma individualizada en cada zona, con factores de seguridad superiores a 1,5, estables en condiciones permanentes, sin embargo, en el caso de hacer taludes más verticalizados es preciso tomar medidas de seguridad, como instalación de cables y mallas metálicas de doble o triple torsión, fijados o anclados a la ladera para la estabilización de zonas muy fracturadas y suelos con poca cohesión. Para pozos de registro, se deben tomar las medidas de estabilización, hasta la construcción de un sistema de contención permanente.

El caso de las tablestacas en presencia de sustrato rocoso, existen diferentes medidas constructivas para la construcción de las mismas, como el uso de broca, cuyo diámetro debe adaptarse a las condiciones del terreno, o la realización de una perforación previa, de tal forma que a medida que se retira el material de la perforación, se debe reemplazar después de la instalación de la tablestaca con material granular o grout, en el caso de sustrato rocoso, con objeto de evitar mayores desplazamientos del muro terminado. No obstante,

con valores de N_{30} superiores a 30 golpes se suele desestimar la opción de tablestacas, siendo una decisión a tomar por la Dirección de proyecto.

PAUTAS CONSTRUCTIVAS PARA LA EJECUCIÓN DE LA HINCA DEL COLECTOR

En caso de que se intercepte durante la hinca el sustrato rocoso, como ocurre en la HINCA I y II, esto puede conllevar cierta problemática, principalmente por roturas sucesivas de tubos causadas por acuñamiento de grandes fragmentos de roca (ya fueran lascas desprendidas del techo o bien bloques que ya estaban sueltos). Al respecto indicar que durante la perforación de los sondeos, el avance fue lento en el sustrato rocoso siendo preciso el aporte continuo de agua y coronas de diamante, a pesar de estar la roca altamente alterada y fracturada con un RQD en general del 0%.

Para paliar todo ello se pueden tomar una serie de precauciones y contramedidas, tendentes a prevenir o paliar el riesgo mencionado:

- Tener preparados útiles para reparación de urgencia de posibles roturas locales de los tubos.
- Tener muy bien conservadas las válvulas del circuito de escombros.
- Vigilancia y cuantificación constantes del volumen/naturaleza del material extraído).

En cuanto al método de hinca, la Dirección de Carreteras indica que la perforación deberá realizarse con escudo de frente cerrado, y que no podrán usarse lodos bentoníticos, en las hincas que afecten a carreteras.

A continuación, se presenta una tabla resumen, con los niveles geotécnicos detectados en cada hinca y parámetros geotécnicos:

HINCA	NIVEL GEOTÉCNICO	COHESIÓN (Kp/cm ²)	ÁNGULO DE ROZAMIENTO INT	DENSIDAD HÚMEDA (t/m ³)	COEFICIENTE BALASTO HORIZONTAL (kp/cm ³)	MÓDULO DE DEFORMACIÓN ϵ (MPa)
0	Nivel 3 (Jabre)	0,05	35°	2,2	15.000-20.000	50-120
I	Nivel 3 y 4 (Jabre y granito alterado)	0,05	35°	2,2	15.000-20.000	50-120
II	Nivel 3 y 4 (Jabre y granito alterado)	0,05	35°	2,2	15.000-20.000	50-120

8.6. HORMIGONES

Según la instrucción vigente de la EHE, es recomendable la utilización de cementos sulforresistentes en el hormigón de cimentación siempre que su contenido sea igual o mayor que 3.000 mg/kg en el caso de suelos, es decir, cuando exista una agresividad media.

En la muestra de suelo analizada se ha detectado una concentración de sulfatos solubles comprendida entre 250 mg/Kg, por lo que la muestra de suelo no presentan agresividad al hormigón por contenido en sulfatos.

Con los resultados obtenidos, no es preciso utilizar hormigón con cementos sulforresistentes.

Por otro lado, se han analizado dos muestras de agua, cuyos resultados se adjuntan en las siguientes tablas, que reflejan que el agua presenta agresividad débil por contenido en CO₂ en la muestra recogida del sondeo S-3, por lo que sería preciso un hormigón de ambiente Qa:

SONDEO S-1 (2,60 m)

1. Información general / 2. Información adicional				
Tipo de agua:	Profundidad muestreo:	Descripción del agua:		
Sondeo	2.60	Freática		
Puntos de recogida:	Hora recogida:	Día de recogida de la muestra:		
1	12:00	25/02/2016		
Temperatura del agua en la recogida:	Nivel de agua freática:	Condiciones de envío:		
9.0 °C	2.60	Agua no refrigerada		
Temperatura del agua en la recepción:	Hora recepción:	Día de recepción en laboratorio*:		
9.0 °C	9:00	26/02/2016		
3. Análisis del agua		4. Grado de agresividad**		
Parámetro	Resultado	Débil	Medio	Fuerte
APARIENCIA	Turbia			
OLOR (muestra no tratada)	Estancada			
OLOR (muestra tratada)	-			
VALOR DEL pH*(UNE 83952:2008)	7.03	6.5 - 5.5	5.5 - 4.5	< 4.5
MAGNESIO (Mg ²⁺), en mg/l (UNE 83955:2008)	10.7	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
AMONIO (NH ₄ ⁺), en mg/l (UNE 83954:2008)	< 1.0	15 - 30	30 - 60	> 60
SULFATO (SO ₄ ²⁻), en mg/l (UNE 83956:2008)	41	200 - 600	600 - 3000	> 3000
DIÓXIDO LIBRE (CO ₂), en mg/l* (UNE-EN 13577:2008)	4.4	15 - 40	40 - 100	> 100
RESIDUO SECO, en mg/l (UNE 83957:2008)	298	150 - 75	75 - 50	< 50
La evaluación del agua se basará en el valor que se considera en el grado más elevado de la categoría de agresividad, incluso si este valor representa sólo uno de los parámetros. Cuando dos o más valores estén por encima del cuantil superior de una categoría particular o en el cuantil inferior en el caso del pH, el agua se asignará al nivel más elevado (excepto en el agua de mar o de lluvia)				
*Estos ensayos se realizan el día de recepción de la muestra. **Tabla 8.2.3.b Clasificación de la agresividad química.				
5. Evaluación				
Evaluación	No Agresiva	Débil	Medio	Fuerte
Agresividad del agua	X			
**Marcar el que proceda				

SONDEO S-3 (2,90 m)

1. Información general / 2. Información adicional				
Tipo de agua:	Profundidad muestreo:	Descripción del agua:		
Sondeo	2.90	Freática		
Puntos de recogida:	Hora recogida:	Día de recogida de la muestra:		
1	12:00	25/02/2016		
Temperatura del agua en la recogida:	Nivel de agua freática:	Condiciones de envío:		
9.0 °C	2.90	Agua no refrigerada		
Temperatura del agua en la recepción:	Hora recepción:	Día de recepción en laboratorio*:		
9.0 °C	9:00	26/02/2016		
3. Análisis del agua		4. Grado de agresividad**		
Parámetro	Resultado	Débil	Medio	Fuerte
APARIENCIA	Clara			
OLOR (muestra no tratada)	No			
OLOR (muestra tratada)	-			
VALOR DEL pH*(UNE 83952:2008)	6.79	6.5 - 5.5	5.5 - 4.5	< 4.5
MAGNESIO (Mg ²⁺), en mg/l (UNE 83955:2008)	32.1	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
AMONIO (NH ₄ ⁺), en mg/l (UNE 83954:2008)	< 1.0	15 - 30	30 - 60	> 60
SULFATO (SO ₄ ²⁻), en mg/l (UNE 83956:2008)	54	200 - 600	600 - 3000	> 3000
DIOXIDO LIBRE (CO ₂), en mg/l* (UNE-EN 13577:2008)	27.3	15 - 40	40 - 100	> 100
RESIDUO SECO, en mg/l (UNE 83957:2008)	434	150 - 75	75 - 50	< 50
La evaluación del agua se basará en el valor que se considera en el grado más elevado de la categoría de agresividad, incluso si este valor representa sólo uno de los parámetros. Cuando dos o más valores estén por encima del cuantil superior de una categoría particular o en el cuantil inferior en el caso del pH, el agua se asignará al nivel más elevado (excepto en el agua de mar o de lluvia)				
*Estos ensayos se realizan el día de recepción de la muestra. **Tabla 8.2.3.b Clasificación de la agresividad química.				
5. Evaluación				
Evaluación	No Agresiva	Débil	Medio	Fuerte
Agresividad del agua		X		
**Marcar el que proceda				

NOTA: El reconocimiento del terreno, mediante sondeos, corresponde a prospecciones puntuales, por lo que la aplicación de los resultados y consecuentes recomendaciones y conclusiones al resto de la superficie a construir, solo tendrá validez, si durante las excavaciones se confirman las condiciones geotécnicas identificadas en los apartados anteriores.

Este informe consta de **(61)** páginas ordenadas y numeradas de la 1 a la **(61)**, más anexos.

Madrid, Marzo de 2016

Fdo: Estefanía Díaz Fernández
Geóloga
Responsable Departamento de Geotecnia

Fdo.: Luís Medina Rodríguez
Prof. Dr. Ingeniero de Caminos

Fdo: Ramón Vicente Fernández
Dr. Ingeniero de Caminos
Director de Edificación U.R. Madrid

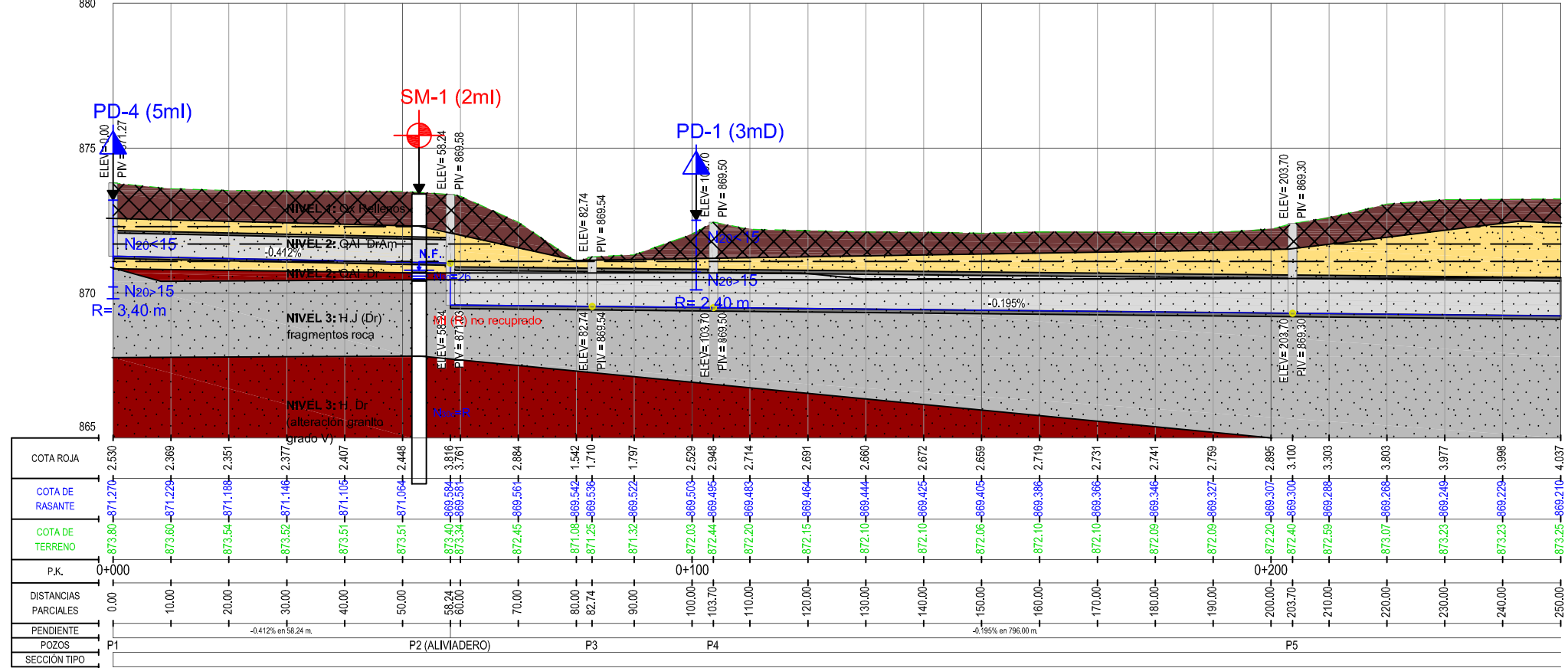


PLANOS

PLANO 1: Planta de situación y Perfil Geológico – Geotécnico Hoja 1



PLANTA
ESCALA 1:1.000



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA HORIZONTAL 1:1.000
ESCALA VERTICAL 1:200

LEYENDA

CUATERNARIO

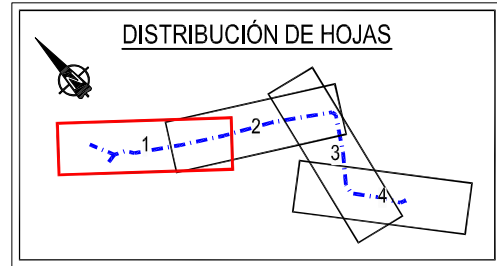
- NIVEL 1: Qx: Suelo de alteración edáfica, relleno antrópico y suelo removilizado
- NIVEL 2: Qal: Aluvial

HERCINIO

- NIVEL 3: H Jabre (alteración de roca grano V (suelo))
- NIVEL 4: H granito altamente fracturado (grado IV)

SÍMBOLOS

- SM-1: Sondeo mecánico
- S-1 (EJE) Sondeo en el eje.
- PD-1: Ensayo de penetración dinámica continua tipo D.P.S.H.
- TR Testigo de roca
- N₅₀ = 60 Golpes del ensayo S.P.T.
- N.F. Nivel Freático
- Ar: Arcillas
- Dr: Arenas
- Am: Limos
- MI Muestra inalterada
- qu Resistencia a compresión simple
- 8mD 8 m a la derecha del eje del Perfil sentido W-E
- J: Jabre
- Gr: Granito



NOTA: EL TERRENO SE CONOCE CON PRECISION EN LOS PUNTOS DE SONDEO. EL PERFIL ES UNA INTERPRETACIÓN RAZONABLE (en los perfiles la estratigrafía no se conoce, se trata de una interpretación)

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN EMISARIO COLLADO VILLALBA.
TRAMO B-5. SISTEMA ENDRINAL.

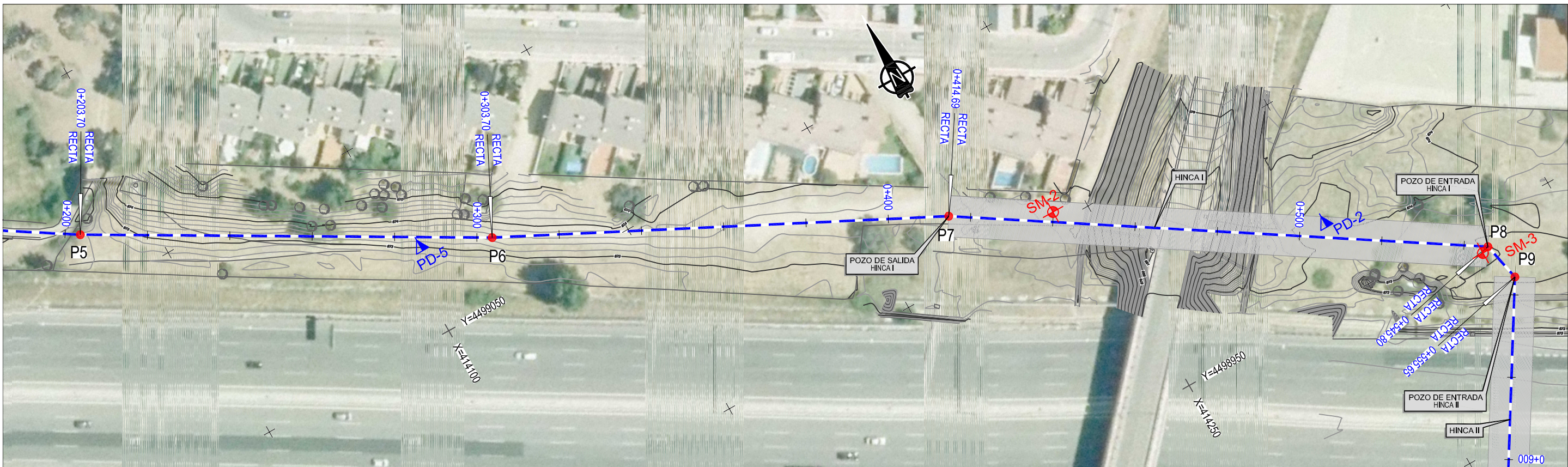
TÍTULO DE PLANO:
PLANTA GENERAL Y PERFILES LONGITUDINALES

FECHA: MARZO 2016

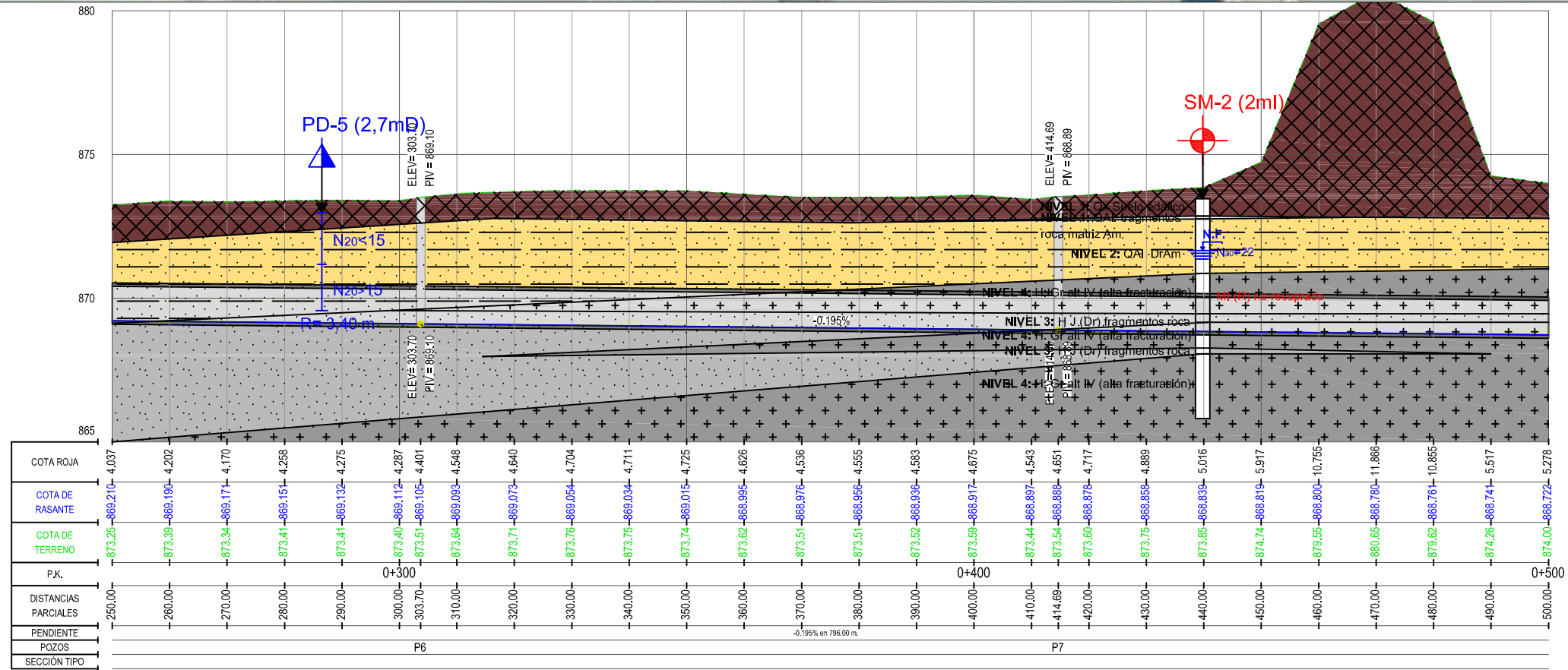
ESCALA:
Original A-3 H: 1:1.000 Y V: 1:200

PLANO
1
HOJA 1 DE 4

PLANO 2: Planta de situación y Perfil Geológico – Geotécnico Hoja 2



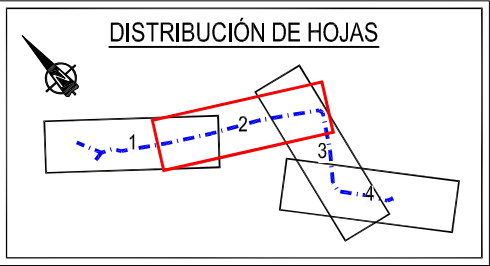
PLANTA
ESCALA 1:1.000





PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA HORIZONTAL 1:1.000
ESCALA VERTICAL 1:200

LEYENDA		SIMBOLOS	
CUATERNARIO			Ar: Arcillas
			J: Jabre
			Dr: Arenas
HERCINICO			Am: Limos

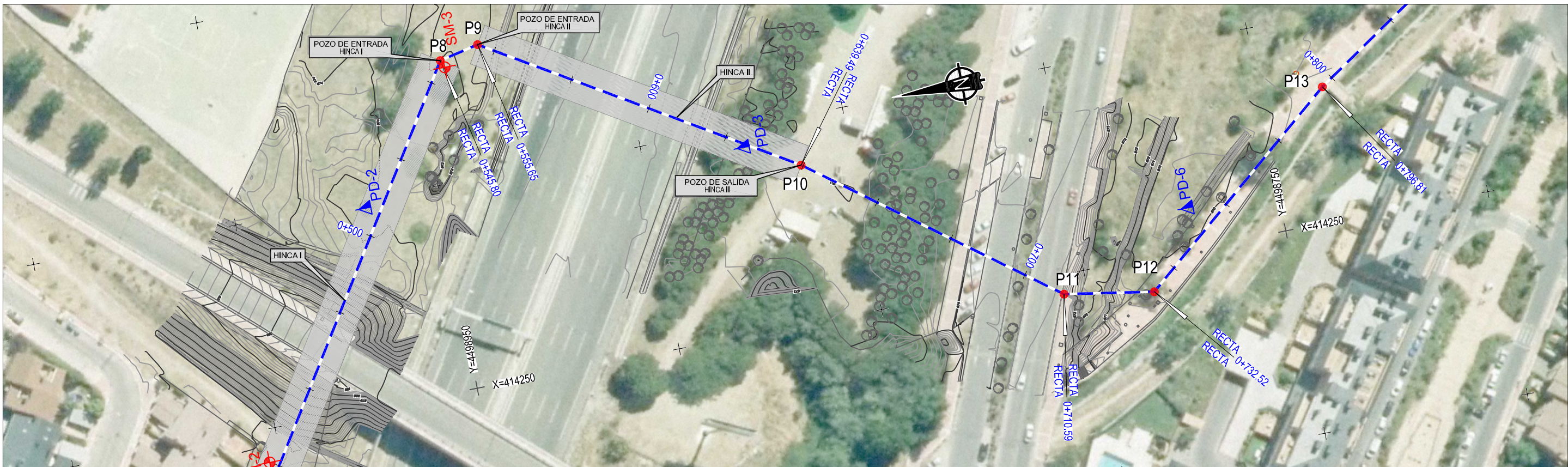
NOTA: EL TERRENO SE CONOCE CON PRECISION EN LOS PUNTOS DE SONDEO. EL PERFIL ES UNA INTERPRETACIÓN RAZONABLE (en los penetros la estratigrafía no se conoce, se trata de una interpretación)



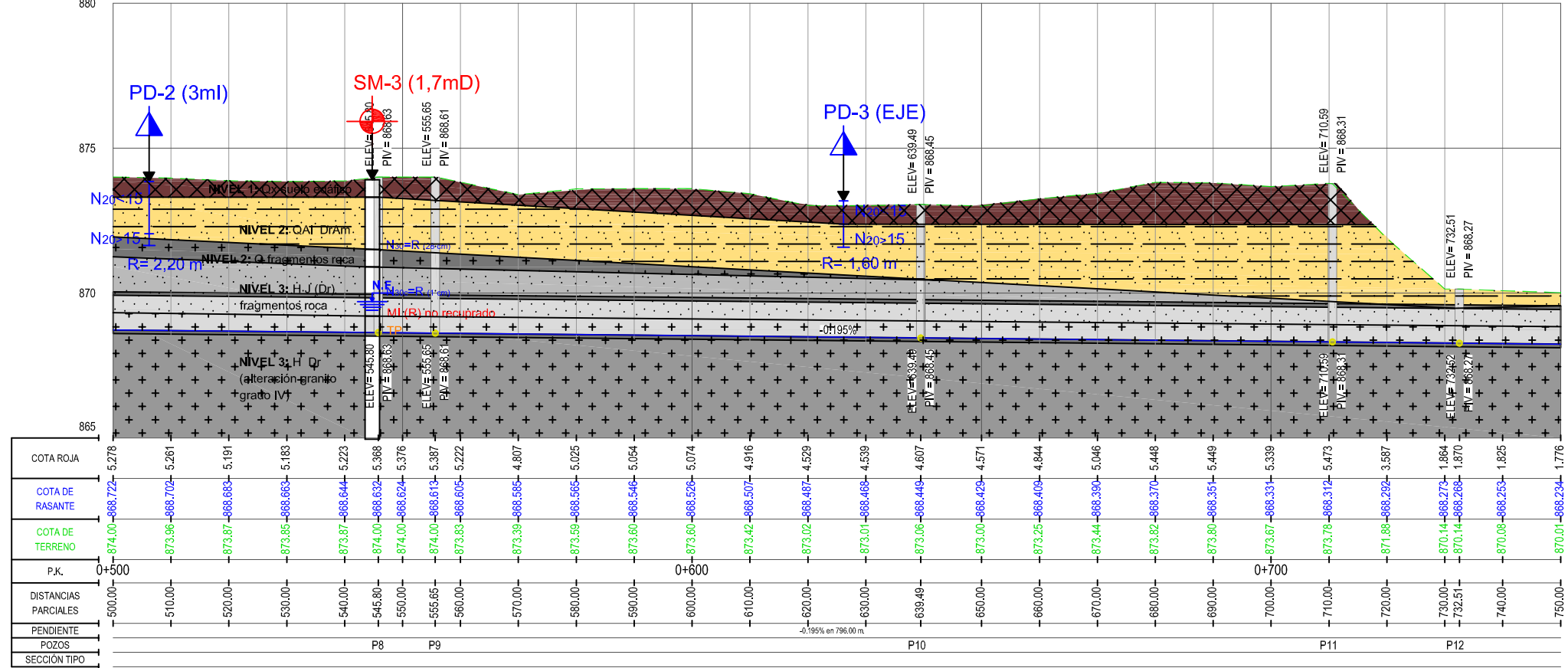
			
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN EMISARIO COLLADO VILLALBA. TRAMO B-5. SISTEMA ENDRINAL.			
TITULO DE PLANO: PLANTA GENERAL Y PERFILES LONGITUDINALES			
FECHA:	MARZO 2016	ESCALA: Original A-3 H: 1:1.000 Y V:1:200	PLANO 2
			HOJA 2 DE 4



PLANO 3: Planta de situación y Perfil Geológico – Geotécnico Hoja 3



PLANTA
ESCALA 1:1.000



PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA HORIZONTAL 1:1.000
ESCALA VERTICAL 1:200

LEYENDA

CUATERNARIO

- NIVEL 1: Qx: Suelo de alteración edáfica, relleno antrópico y suelo removilizado
- NIVEL 2: Qal: Aluvial

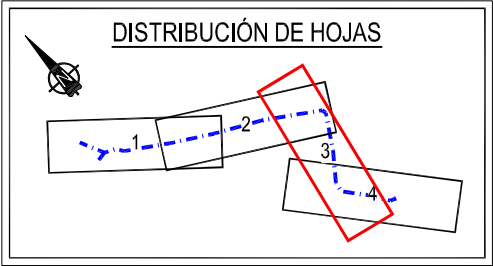
HERCINICO

- NIVEL 3: H Jabre (alteración de roca grano V (suelo))
- NIVEL 4: H granito altamente fracturado (grado IV)

SÍMBOLOS

- SM-1: Sondeo mecánico
- S-1 (EJE) Sondeo en el eje.
- PD-1: Ensayo de penetración dinámica continua tipo D.P.S.H.
- TR Testigo de roca
- N₅₀ = 60 Golpes del ensayo S.P.T.
- N.F. Nivel Freático
- Ar: Arcillas
- Dr: Arenas
- Am: Limos
- MI Muestra inalterada
- qu Resistencia a compresión simple
- 8mD 8 m a la derecha del eje del Perfil sentido W-E
- J: Jabre
- Gr: Granito

NOTA: EL TERRENO SE CONOCE CON PRECISIÓN EN LOS PUNTOS DE SONDEO. EL PERFIL ES UNA INTERPRETACIÓN RAZONABLE (en los penetros la estratigrafía no se conoce, se trata de una interpretación)



PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN EMISARIO COLLADO VILLALBA.
TRAMO B-5. SISTEMA ENDRINAL.

TITULO DE PLANO:
PLANTA GENERAL Y PERFILES LONGITUDINALES

FECHA: MARZO 2016

ESCALA:
Original A-3 H: 1:1.000 Y V: 1:200

PLANO
3
HOJA 3 DE 4



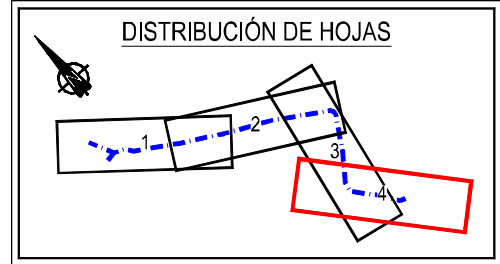
PLANO 4: Planta de situación y Perfil Geológico – Geotécnico Hoja 4

PLANTA
ESCALA 1:1.000

PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA HORIZONTAL 1:1.000
ESCALA VERTICAL 1:200

- LEYENDA**
- CUATERNARIO**
- NIVEL 1: Qx: Suelo de alteración edáfica, relleno antrópico y suelo removilizado
 - NIVEL 2: Qal: Aluvial
- HERCINICO**
- NIVEL 3: H Jabre (alteración de roca grano V (suelo))
 - NIVEL 4: H granito altamente fracturado (grado IV)

- SÍMBOLOS**
- SM-1: Sondeo mecánico
 - S-1 (EJE) Sondeo en el eje.
 - PD-1: Ensayo de penetración dinámica continua tipo D.P.S.H.
 - TR Testigo de roca
 - N₆₀ = 60 Golpes del ensayo S.P.T.
 - N.F. Nivel Freático
 - Ar: Arcillas
 - Dr: Arenas
 - Am: Limos
 - MI Muestra inalterada
 - qu Resistencia a compresión simple
 - 8mD 8 m a la derecha del eje del Perfil sentido W-E
 - J: Jabre
 - Gr: Granito



Canal de Isabel II gestión **SGS**

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN EMISARIO COLLADO VILLALBA. TRAMO B-5. SISTEMA ENDRINAL.

TÍTULO DE PLANO:
PLANTA GENERAL Y PERFILES LONGITUDINALES

FECHA: MARZO 2016

ESCALA: Original A-3 H: 1:1.000 Y V: 1:200

PLANO
4
HOJA 4 DE 4

NOTA: EL TERRENO SE CONOCE CON PRECISIÓN EN LOS PUNTOS DE SONDEO. EL PERFIL ES UNA INTERPRETACIÓN RAZONABLE (en los penetros la estratigrafía no se conoce, se trata de una interpretación)



ANEXOS

ANEXO I: SONDEOS MECÁNICOS

SONDEO MECÁNICO: SM-1 0+020

FECHA INICIO: 1/02/2016
FECHA FINAL: 02/02/2016

SUPERVISOR: Estefanía Díaz Fdez
SONDISTA: Andrés Cordero
EQUIPO DE PEPENTROSONDA
PERFORACIÓN: CANARIAS 250

COORDENADAS

X: 414019
Y: 4499402
Z: 873,40

SITUACIÓN

P.K. TRAZADO: 0+016
DISTANCIA AL EJE: 2m Izquierda (sentido W-E)
INCLINACIÓN: 90

DATOS PROPIETARIO DE LA PARCELA:

Propiedad privada, datos en poder del Canal de Isabel II,
permiso solicitado por el Canal.
Otros datos:

TIPO DE PROPIEDAD:

☒ Particular
☐ Pública

☐ Empresa
☐ Otros

ESTADO DE LA PETICIÓN

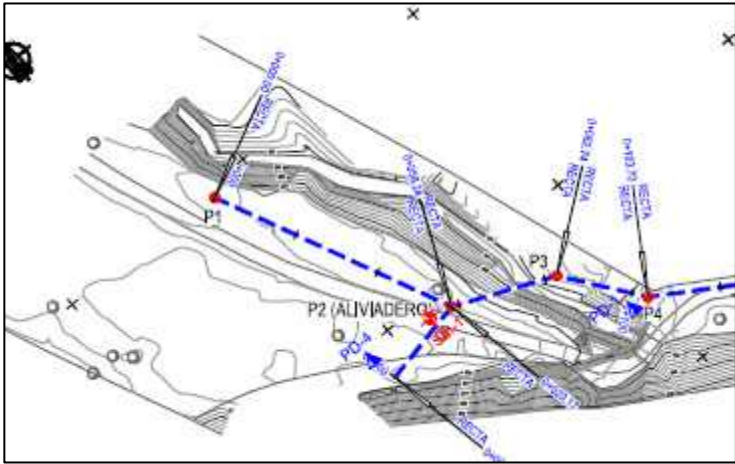
☒ Concedido
☐ En trámite

☐ Denegado
☐ No contesta

TIPO DE AUTORIZACIÓN

☐ Verbal
☒ Escrito

Página 1



PLANO DE SITUACIÓN Y FOTO AÉREA



VISTA DURANTE LA EJECUCIÓN
DEL SONDEO MECÁNICO.



VISTA TRAS LA REALIZACIÓN DEL SONDEO Y TAPA
METÁLICA

LECTURAS DE NIVELES DE AGUA EN EL SONDEO			
FECHA MEDIDA	HORA MEDIDA	PROF. NIVEL (m)	OBSERVACIONES
01/02/2016	12:00	4,20 m	Durante la ejecución del sondeo
05/02/2016	12:30	2,63 m	
24/02/2016	16:30	2,65 m	

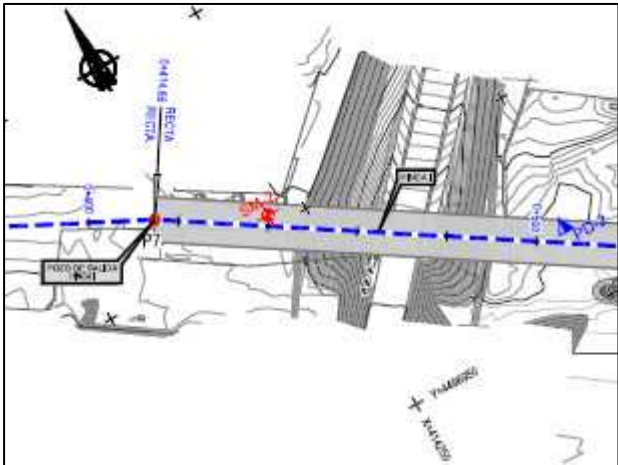
FOTOS CAJAS DE SONDEOS





[illegible]

SONDEO MECÁNICO: SM-2 0+440	FECHA INICIO: 02/02/2016 FECHA FINAL: 04/02/2016	SUPERVISOR: SONDISTA: EQUIPO DE PERFORACIÓN:	Estefanía Díaz Fdez Andrés Cordero PEPENTROSONDA CANARIAS 250	COORDENADAS X: 414352 Y: 4499209 Z: 873,70	SITUACIÓN P.K. TRAZADO: 0+440 DISTANCIA AL EJE: 2 m Izquierda (sentido W-E) INCLINACIÓN: 90
DATOS PROPIETARIO DE LA PARCELA: Ayuntamiento de Collado Villalba Otros datos:	TIPO DE PROPIEDAD: <input type="checkbox"/> Particular <input checked="" type="checkbox"/> Pública	<input type="checkbox"/> Empresa <input type="checkbox"/> Otros	ESTADO DE LA PETICIÓN <input checked="" type="checkbox"/> Concedido <input type="checkbox"/> En trámite	<input type="checkbox"/> Denegado <input type="checkbox"/> No contesta	TIPO DE AUTORIZACIÓN <input type="checkbox"/> Verbal <input checked="" type="checkbox"/> Escrito



PLANO DE SITUACIÓN Y FOTO AÉREA



VISTA DURANTE LA EJECUCIÓN
DEL SONDEO MECÁNICO.

LECTURAS DE NIVELES DE AGUA EN EL SONDEO			
FECHA MEDIDA	HORA MEDIDA	PROF. NIVEL (m)	OBSERVACIONES
02/02/2016	15:00	3,20 m	Durante la ejecución del sondeo
05/02/2016	12:45	1,80 m	
24/02/2016	17:15	1,70 m	



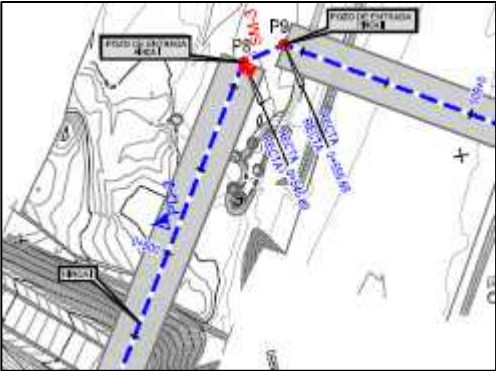
VISTA TRAS LA REALIZACIÓN DEL SONDEO Y TAPA
METÁLICA

FOTOS CAJAS DE SONDEOS





SONDEO MECÁNICO: SM-3 0+544	FECHA INICIO: 04/02/2016 FECHA FINAL: 05/02/2016	SUPERVISOR: SONDISTA: EQUIPO DE PERFORACIÓN:	Estefanía Díaz Fdez Andrés Cordero PEPENTROSONDA CANARIAS 250	COORDENADAS X: 414352 Y: 4499209 Z: 873,70	SITUACIÓN	
					P.K. TRAZADO:	0+544
					DISTANCIA AL EJE:	1,7 m Derecha (sentido W-E)
					INCLINACIÓN:	90
DATOS PROPIETARIO DE LA PARCELA:		TIPO DE PROPIEDAD:		ESTADO DE LA PETICIÓN		TIPO DE AUTORIZACIÓN
Demarcación de Carreteras		<input type="checkbox"/> Particular		<input checked="" type="checkbox"/> Concedido		<input type="checkbox"/> Verbal
Abertis Autopistas		<input type="checkbox"/> Empresa		<input type="checkbox"/> Denegado		Página 1
Otros datos:		<input type="checkbox"/> Otros		<input type="checkbox"/> No contesta		
		<input checked="" type="checkbox"/> Pública		<input type="checkbox"/> En trámite		<input checked="" type="checkbox"/> Escrito



PLANO DE SITUACIÓN Y FOTO AÉREA



VISTA DURANTE LA EJECUCIÓN
DEL SONDEO MECÁNICO.



TAPA METÁLICA

LECTURAS DE NIVELES DE AGUA EN EL SONDEO			
FECHA MEDIDA	HORA MEDIDA	PROF. NIVEL (m)	OBSERVACIONES
04/02/2016	14:00	4,20 m	Durante la ejecución del sondeo
24/02/2014	17:15	2,90 m	

FOTOS CAJAS DE SONDEOS

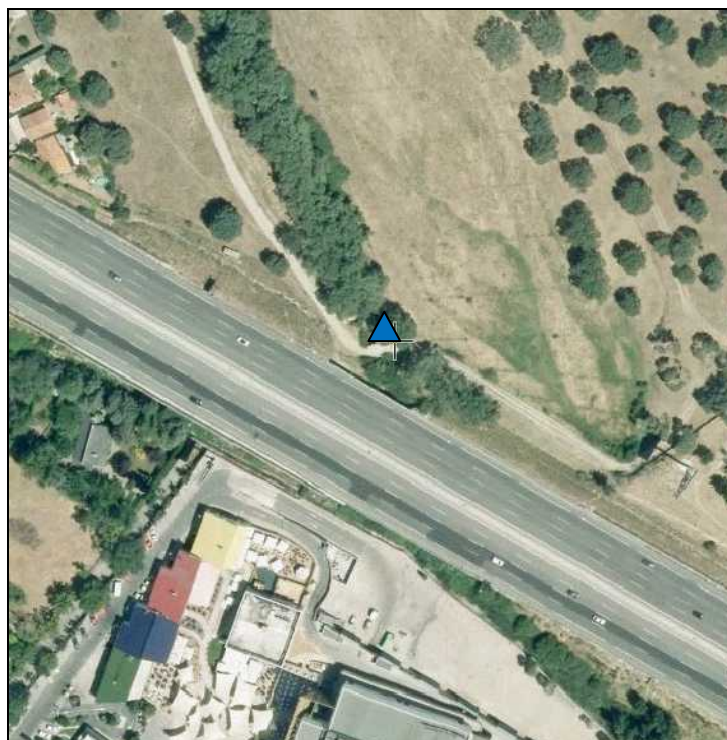






**ANEXO II: ENSAYOS DE PENETRACIIÓN DINÁMICA CONTINUA TIPO
D.P.S.H.**

Ref Informe: 220812-EG T-2188 ENSAYO DE PENETRACIÓN P-1



Queda prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización

Los resultados de este informe afectan únicamente a las muestras ensayadas.

CLIENTE: **CANAL DE ISABEL II GESTIÓN**

EXPEDIENTE Nº **T-2188**

TRABAJO: **MODIFICACIÓN DE TRAMO COLECTOR COLLADO VILLALBA**

Hoja Nº **1 de 1**

ENSAYO Nº: **P-1**

X: 414055 Y: 4499374 Z: 872,50

FECHA: **1/02/2016**

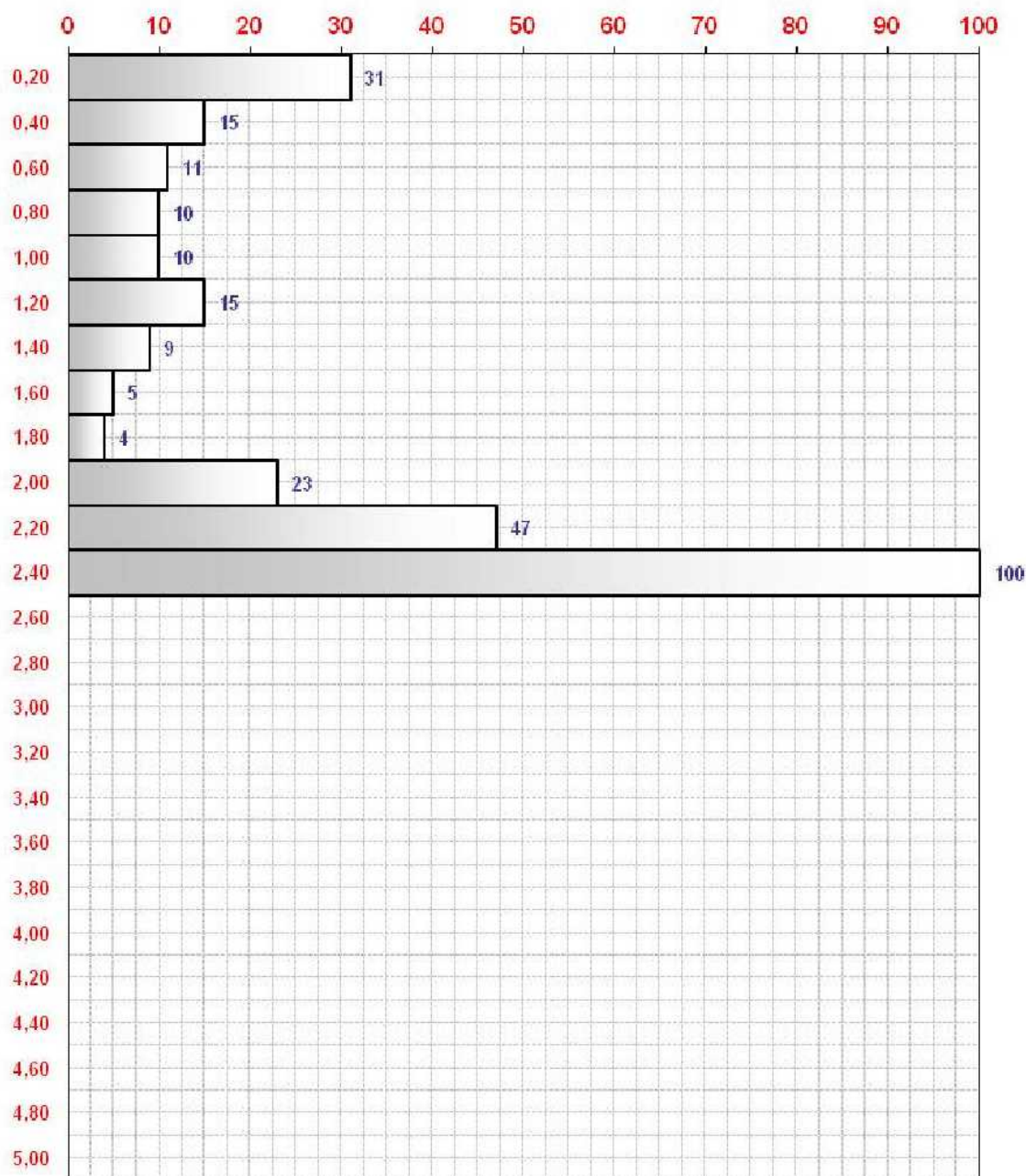
Altura de caída: **760±10 mm.**
 Peso maza: **63,5±0,5 kg**

Puntaza: **Cónica, Ø50,5±0,5 mm**

Nº DE GOLPES (N₂₀)

GRÁFICO DE PENETRACIÓN

PROFUNDIDAD (m)

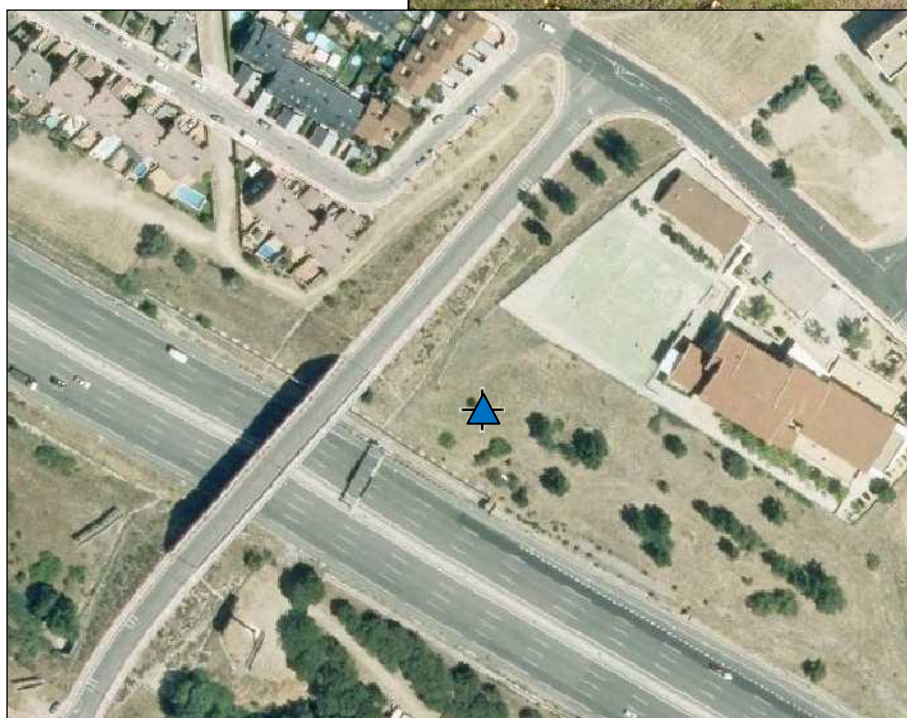


Ensayo realizado por: **EDUARDO BELINCHÓN**
 Supervisado por: **ESTEFANÍA DÍAZ**

COTA DE RECHAZO: 2,40 m.
PROF. NIVEL DE AGUAS DETECTADO: -1,60 m

SGS Tecnos, S.A.

ENSAYO DE PENETRACIÓN P-2



Queda prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización

Los resultados de este informe afectan únicamente a las muestras ensayadas.

CLIENTE: **CANAL DE ISABEL II GESTIÓN**

EXPEDIENTE Nº **T-2188**

TRABAJO: **MODIFICACIÓN DE TRAMO COLECTOR COLLADO VILLALBA**

Hoja Nº **1 de 1**

ENSAYO Nº: **P-2**

X: 414409 Y: 4499174 Z: 873,90

FECHA: **1/02/2016**

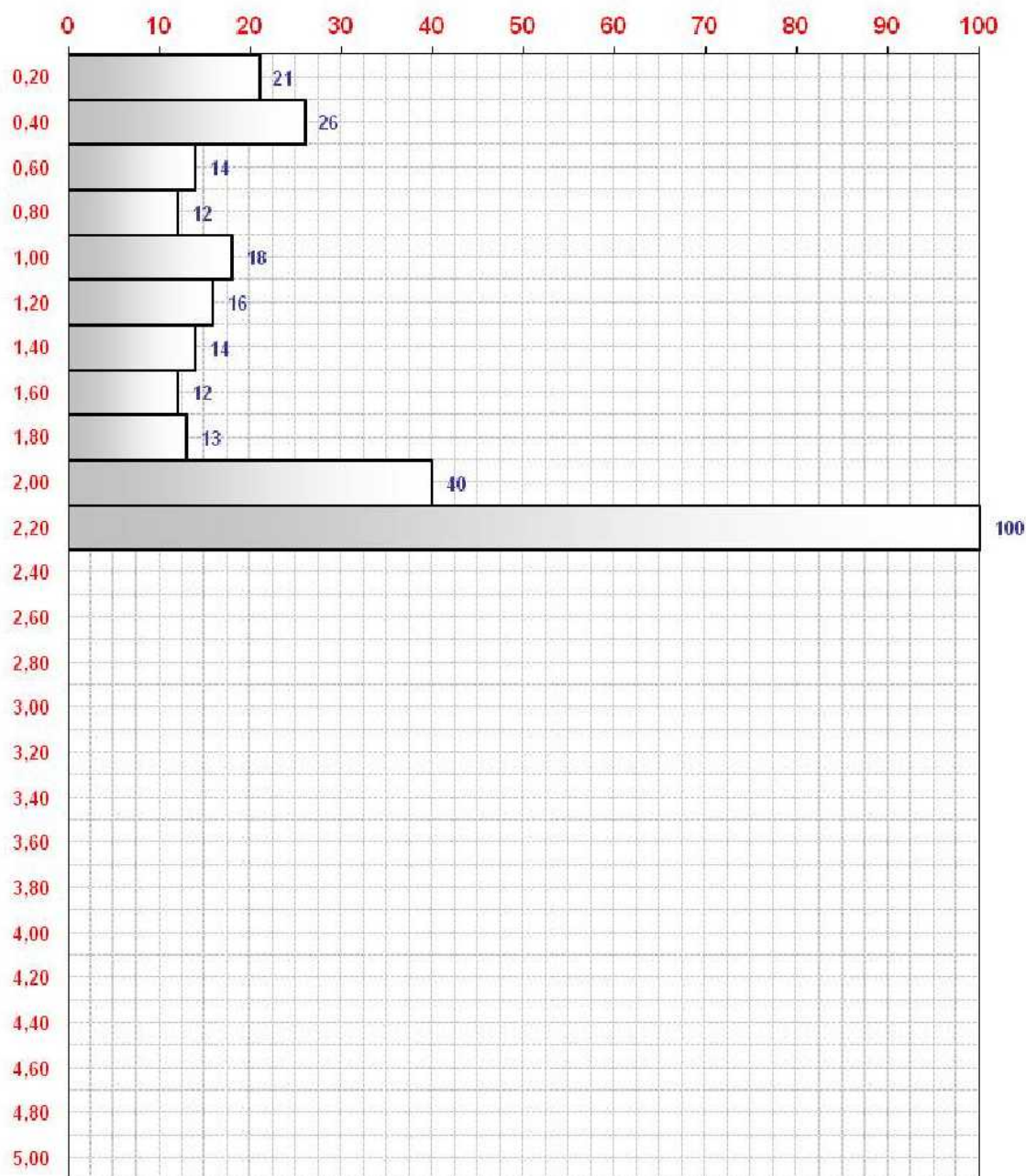
Altura de caída: **760±10 mm.**
 Peso maza: **63,5±0,5 kg**

Puntaza: **Cónica, Ø50,5±0,5 mm**

Nº DE GOLPES (N₂₀)

GRÁFICO DE PENETRACIÓN

PROFUNDIDAD (m)

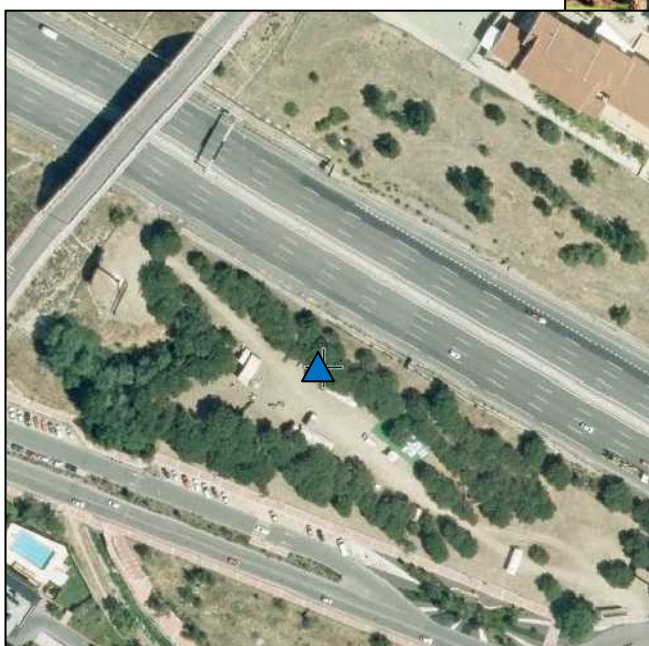
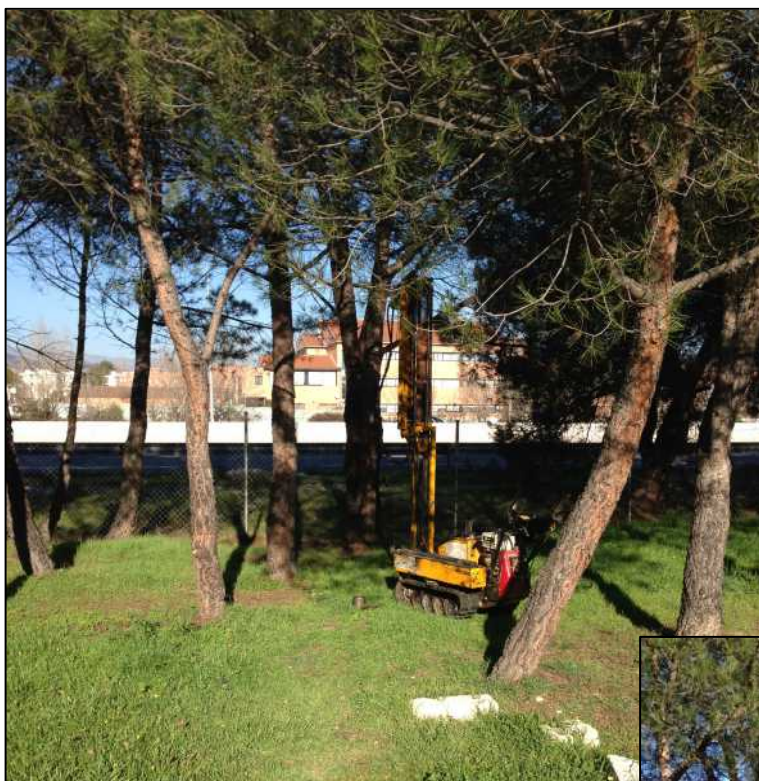


Ensayo realizado por: **EDUARDO BELINCHÓN**
 Supervisado por: **ESTEFANÍA DÍAZ**

COTA DE RECHAZO: 2,20 m.
PROF. NIVEL DE AGUAS DETECTADO: -1,60 m

SGS Tecnos, S.A.

ENSAYO DE PENETRACIÓN P-3



Queda prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización

Los resultados de este informe afectan únicamente a las muestras ensayadas.

CLIENTE: CANAL DE ISABEL II GESTIÓN

EXPEDIENTE Nº T-2188

TRABAJO: MODIFICACIÓN DE TRAMO COLECTOR COLLADO VILLALBA

Hoja Nº 1 de 1

ENSAYO Nº: P-3

X: 414405 Y: 4499081 Z: 873,20

FECHA: 1/02/2016

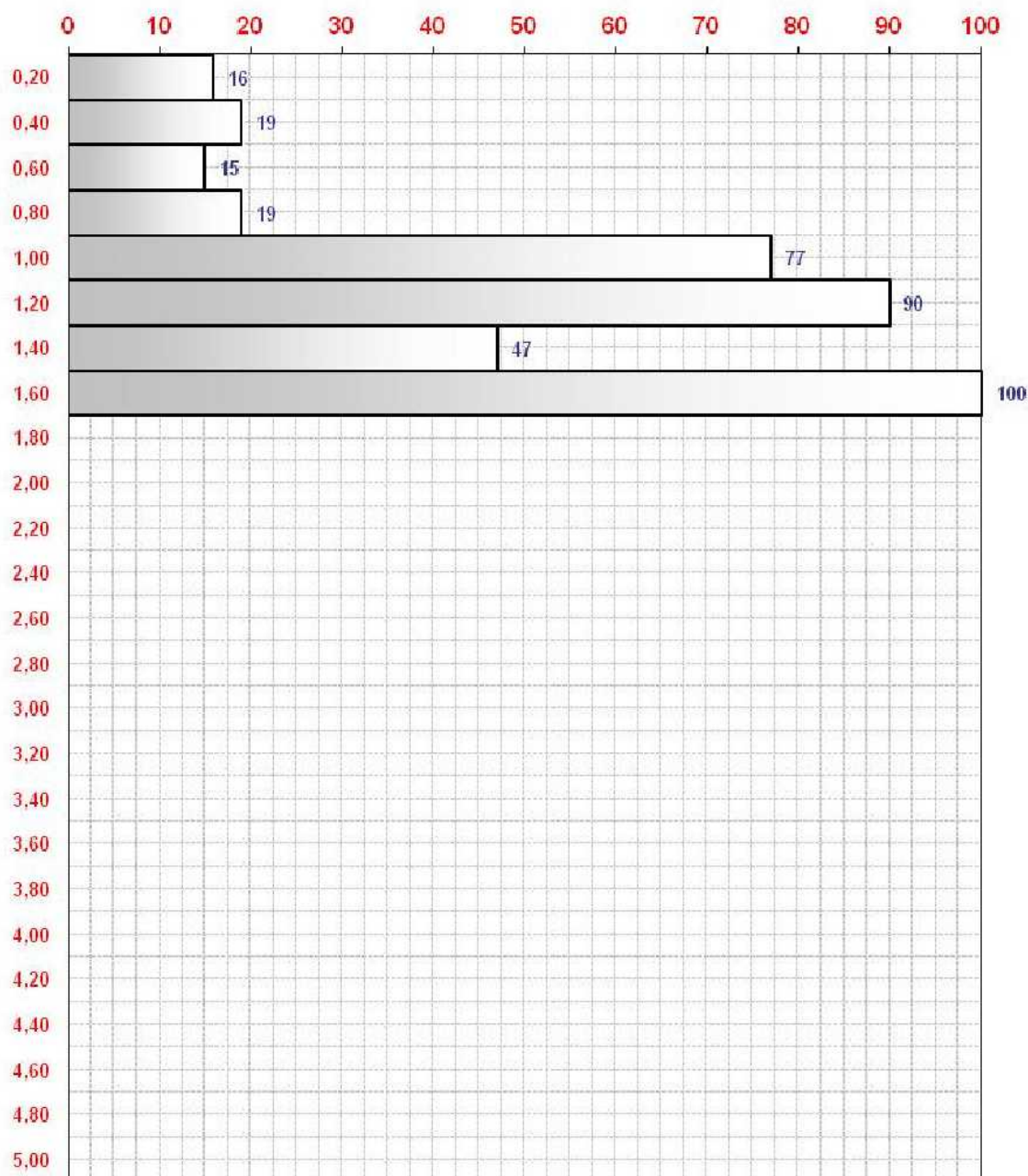
Altura de caída: 760 ± 10 mm.
Peso maza: $63,5 \pm 0,5$ kg

Puntaza: Cónica, $\Phi 50,5 \pm 0,5$ mm

Nº DE GOLPES (N_{20})

GRÁFICO DE PENETRACIÓN

PROFUNDIDAD (m)

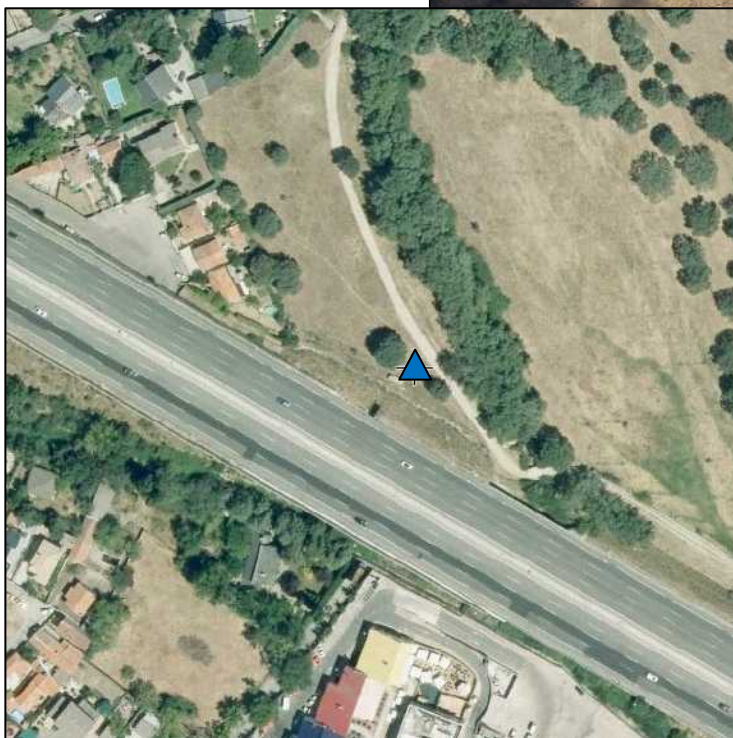


Ensayo realizado por: EDUARDO BELINCHÓN
Supervisado por: ESTEFANÍA DÍAZ

COTA DE RECHAZO: 1,60 m.
PROF. NIVEL DE AGUAS DETECTADO: -

SGS Tecnos, S.A.

ENSAYO DE PENETRACIÓN P-4



Queda prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización

Los resultados de este informe afectan únicamente a las muestras ensayadas.

CLIENTE: CANAL DE ISABEL II GESTIÓN

EXPEDIENTE Nº T-2188

TRABAJO: MODIFICACIÓN DE TRAMO COLECTOR COLLADO VILLALBA

Hoja Nº 1 de 1

ENSAYO Nº: P-4

X: 414003 Y: 4499403 Z: 873,20

FECHA: 1/02/2016

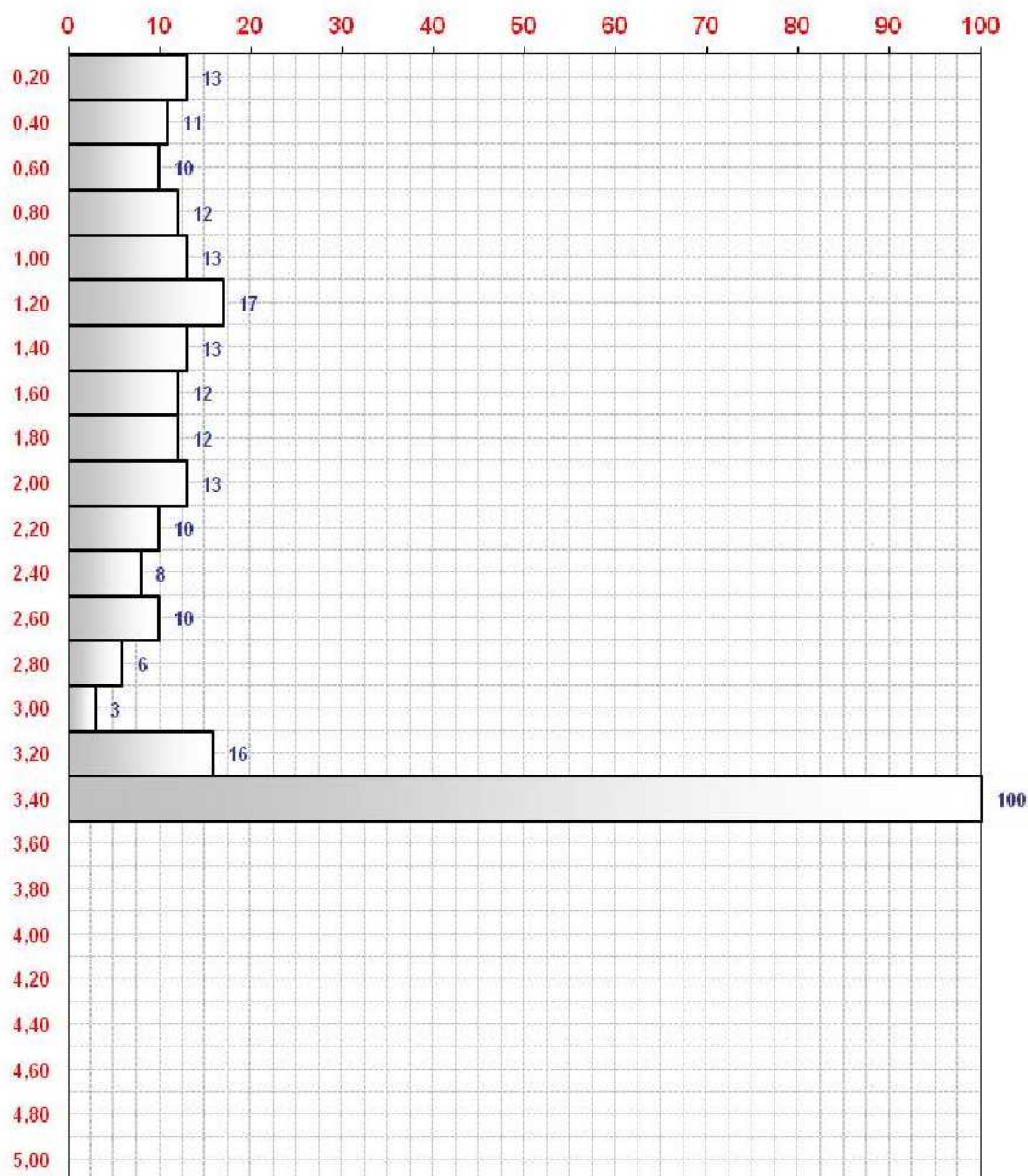
Altura de caída: 760 ± 10 mm.
Peso maza: $63,5 \pm 0,5$ kg

Puntaza: Cónica, $\Phi 50,5 \pm 0,5$ mm

Nº DE GOLPES (N_{20})

GRÁFICO DE PENETRACIÓN

PROFUNDIDAD (m)

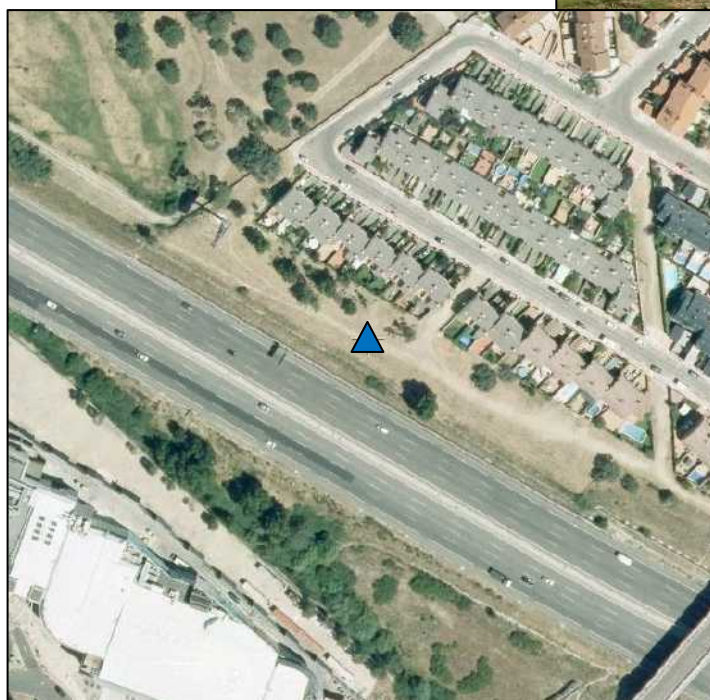


Ensayo realizado por: **EDUARDO BELINCHÓN**
Supervisado por: **ESTEFANÍA DÍAZ**

COTA DE RECHAZO: 3,40 m.
PROF. NIVEL DE AGUAS DETECTADO: -

SGS Tecnos, S.A.

ENSAYO DE PENETRACIÓN P-5



Queda prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización

Los resultados de este informe afectan únicamente a las muestras ensayadas.

CLIENTE: **CANAL DE ISABEL II GESTIÓN**

EXPEDIENTE Nº **T-2188**

TRABAJO: **MODIFICACIÓN DE TRAMO COLECTOR COLLADO VILLALBA**

Hoja Nº **1 de 1**

ENSAYO Nº: **P-5**

X: 414214 Y: 4498277 Z: 873,00

FECHA: **1/02/2016**

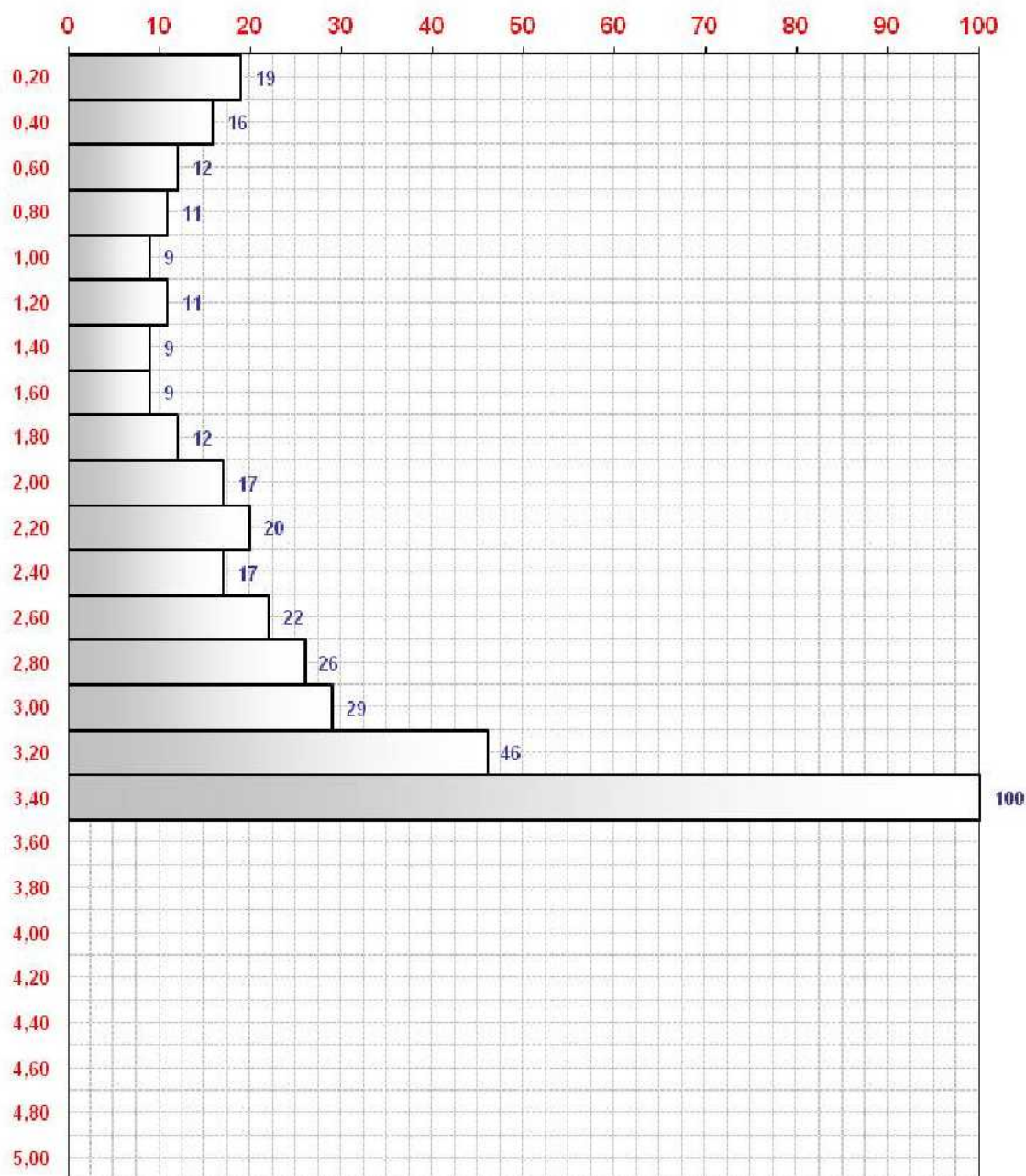
Altura de caída: **760±10 mm.**
 Peso maza: **63,5±0,5 kg**

Puntaza: **Cónica, Ø50,5±0,5 mm**

Nº DE GOLPES (N₂₀)

GRÁFICO DE PENETRACIÓN

PROFUNDIDAD (m)



Ensayo realizado por: **EDUARDO BELINCHÓN**
 Supervisado por: **ESTEFANÍA DÍAZ**

COTA DE RECHAZO: 3,40 m.
PROF. NIVEL DE AGUAS DETECTADO: -

SGS Tecnos, S.A.

ENSAYO DE PENETRACIÓN P-6



Queda prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización

Los resultados de este informe afectan únicamente a las muestras ensayadas.

CLIENTE: CANAL DE ISABEL II GESTIÓN

EXPEDIENTE Nº T-2188

TRABAJO: MODIFICACIÓN DE TRAMO COLECTOR COLLADO VILLALBA

Hoja Nº 1 de 1

ENSAYO Nº: P-6

X: 414363 Y: 4498988 Z: 870,10

FECHA: 1/02/2016

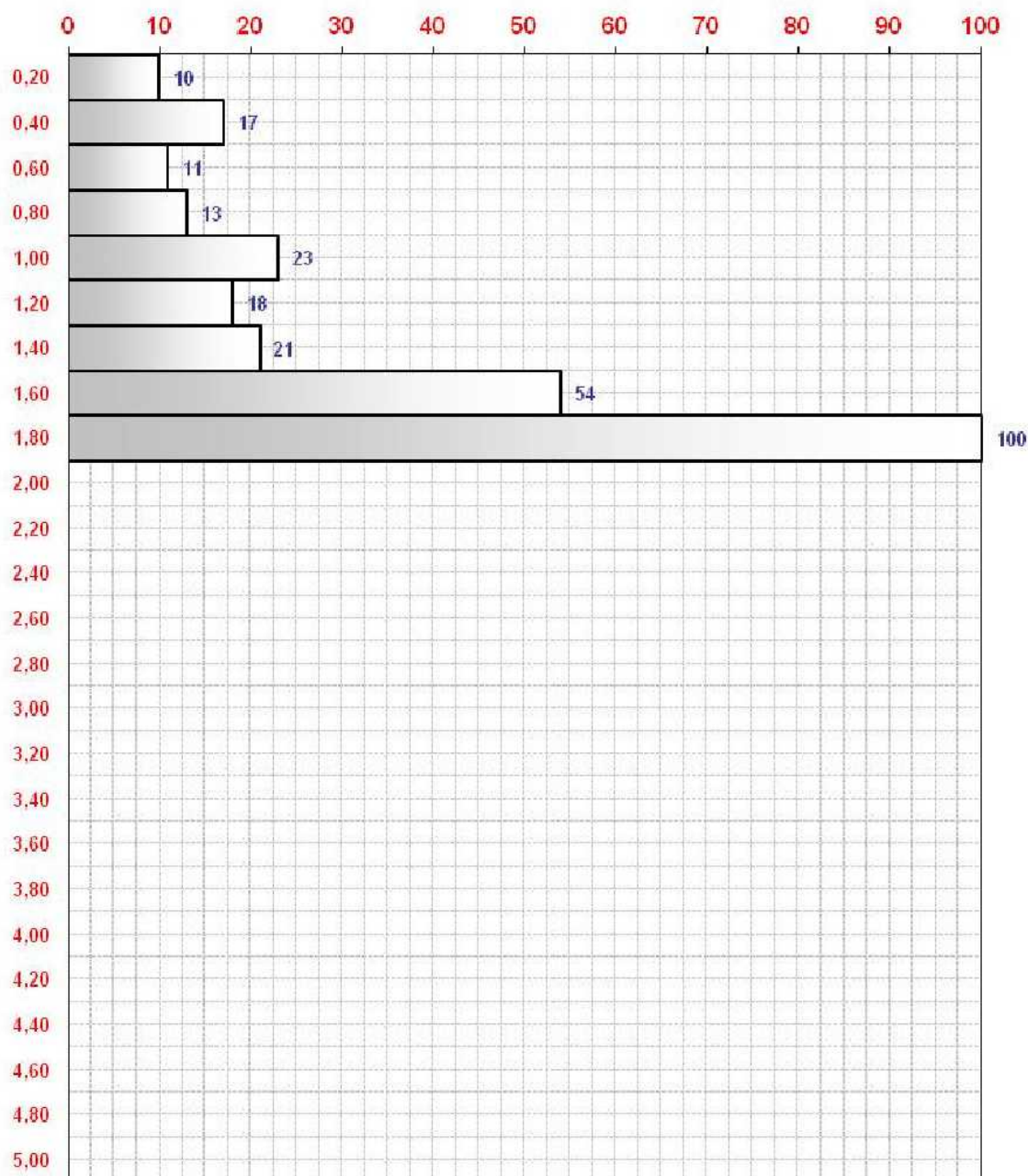
Altura de caída: 760 ± 10 mm.
Peso maza: $63,5 \pm 0,5$ kg

Puntaza: Cónica, $\Phi 50,5 \pm 0,5$ mm

Nº DE GOLPES (N_{20})

GRÁFICO DE PENETRACIÓN

PROFUNDIDAD (m)



Ensayo realizado por: EDUARDO BELINCHÓN
Supervisado por: ESTEFANÍA DÍAZ

COTA DE RECHAZO: 1,80 m.
PROF. NIVEL DE AGUAS DETECTADO: -

SGS Tecnos, S.A.

ANEXO III: ENSAYOS DE LABORATORIO



RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CLIENTE: **SGS TECNOS, S.A.**

OBRA: **T-2188 E.G. Colector Collado Villalba**

Nº OBRA: **2016033**

FECHA INFORME: **1 de marzo de 2016**

LABORATORIO ACREDITADO POR LA COMUNIDAD DE MADRID PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN EDIFICACIÓN Y OBRA CIVIL

Área de ensayos de laboratorio de geotecnia (GTL) Nº 03267GTL08:

- C.2. Ensayos básicos (GTL.b)
 - Identificación y estado de suelos.*
 - Resistencia y deformación de suelos.*
 - Agresividad de aguas y suelos.*
- C.3.1. Ensayos complementarios primero (GTL.c1)
 - Resistencia y deformación de rocas.*
 - Compactaciones.*
- C.3.2. Ensayos complementarios segundo (GTL.c2)
 - Determinación del módulo de elasticidad (Young) y del coeficiente de Poisson*
 - Resistencia a la carga puntual*
- C.3.3. Ensayos complementarios tercero (GTL.c3)
 - Parámetros resistentes de una muestra de suelo en el equipo Triaxial.*

*Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo establecidos en la norma de calidad
UNE-EN ISO/IEC 17025:2005*



SGS TECNOS, S.A.

C/ Trespaderne nº 29 - Edif. Barajas 1
28042 - MADRID

Nº OBRA: 2016033

OBRA: T-2188 E.G. Colector Collado Villalba

1. ANTECEDENTES

Los días 16 y 26 de febrero de 2016 se recibe en el laboratorio Tecnología del suelo y materiales, S.L. la petición de ensayos de la citada obra, que se compone de tres muestras SPT de suelo, un testigo de roca y dos muestras de agua recibidas en condiciones ambientales.

La denominación de las muestras y los ensayos realizados vienen indicados por el peticionario.

2. ENSAYOS REALIZADOS

- 2.1. Determinación de la humedad de un suelo, según norma UNE 103-300:93
- 2.2. Determinación de la densidad de un suelo, según norma UNE 103-301:94
- 2.3. Análisis granulométrico de suelos por tamizado, según norma UNE 103-101:95
- 2.4. Determinación de los límites de Atterberg, según normas UNE 103-103:94 y UNE 103-104:93
- 2.5. Determinación de la expansividad de un suelo en el aparato Lambe, según norma UNE 103600:96
- 2.6. Determinación de la rotura a compresión uniaxial de testigo de roca, según norma UNE 22950-1:90
- 2.7. Determinación cuantitativa de sulfatos en suelos, según EHE 2008 y norma UNE 83963:2008
- 2.8. Determinación del contenido de material orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico, según normas UNE 103204: 93 y UNE 103204:93 (erratum)
- 2.9. Método para determinar la agresividad de las aguas al hormigón. Incluye los siguientes ensayos: valor pH (UNE 83952:2008), magnesio (Mg^{2+}) (UNE 83955:2008), amonio (NH_4^+) (UNE 83954:2008), sulfatos (SO_4^{2-}) (UNE 83956:2008), dióxido de carbono libre (CO_2) (UNE-EN 13577:2008) y residuo seco (UNE 83957:2008). Los ensayos se clasifican según la instrucción EHE 2008.



C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375 881
www.laboratoriotsm.es

Tecnología del suelo y materiales, S. L.
LABORATORIO GEOTÉCNICO

3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

Laboratorio acreditado en
geotecnia (n° 03267GTL08)

Nº Obra: **2016033**Cliente: **SGS TECNOS, S.A.**

Obra: T-2188 E.G. Colector Collado Villalba

Muestra: SM-1 3.00-3.60 SPT

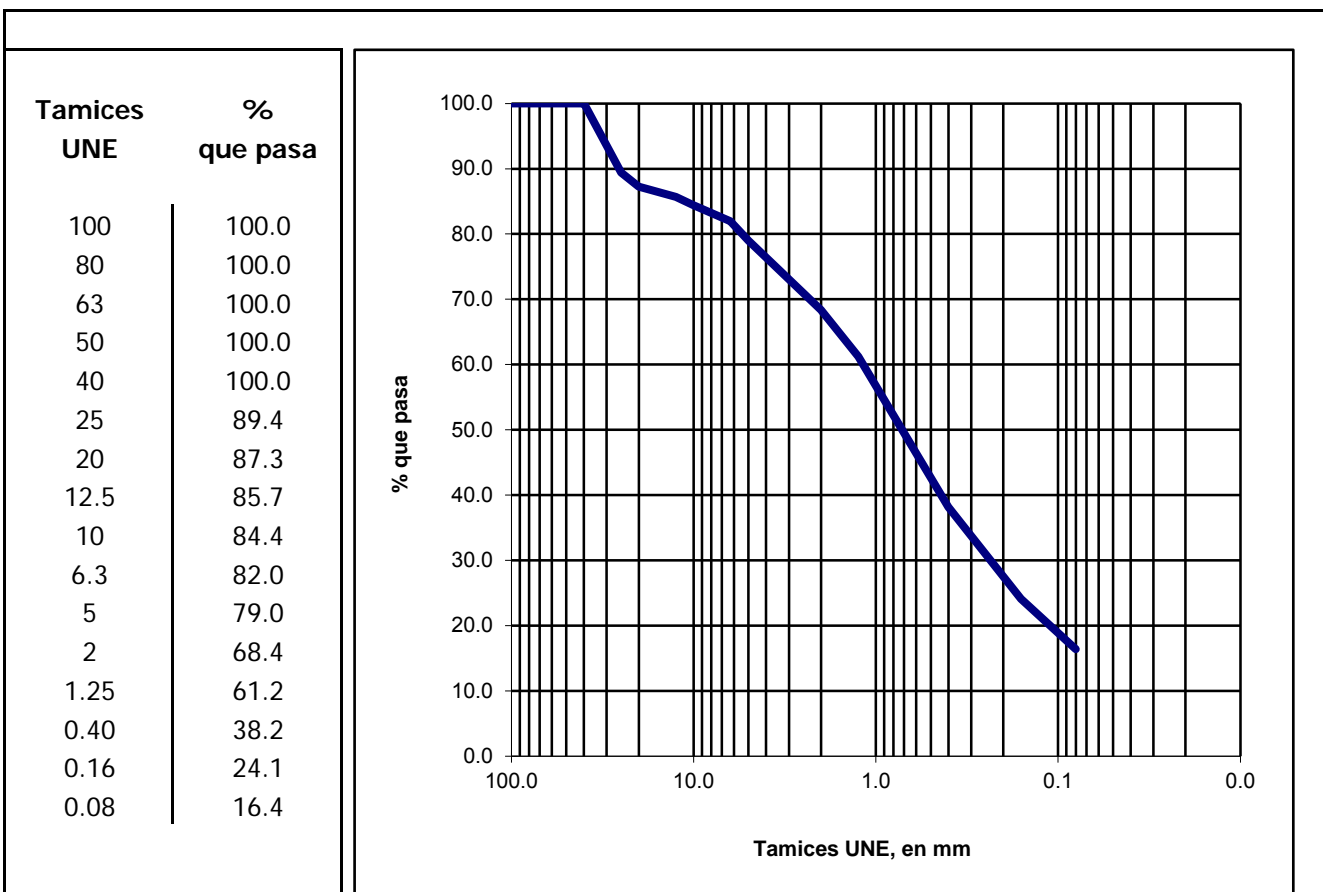
Fecha: 19 de febrero de 2016



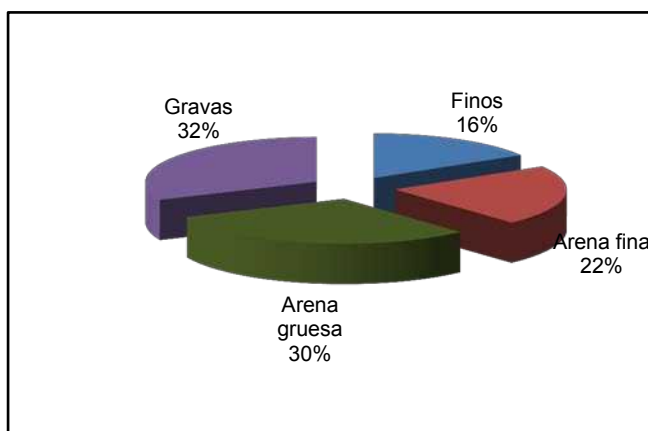
C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es

Tecnología del suelo y materiales, S. L.
LABORATORIO GEOTÉCNICO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Clasificación geotécnica	% que pasa
Finos	16.4
Arena fina	21.8
Arena gruesa	30.2
Gravas	31.6



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GGT-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.
El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

**Tecnología del suelo
y materiales, S. L.**

Página 6 de 16
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2016033**Cliente: **SGS TECNOS, S.A.**

Obra: T-2188 E.G. Colector Collado Villalba

Muestra: SM-2 2.00-2.60 SPT

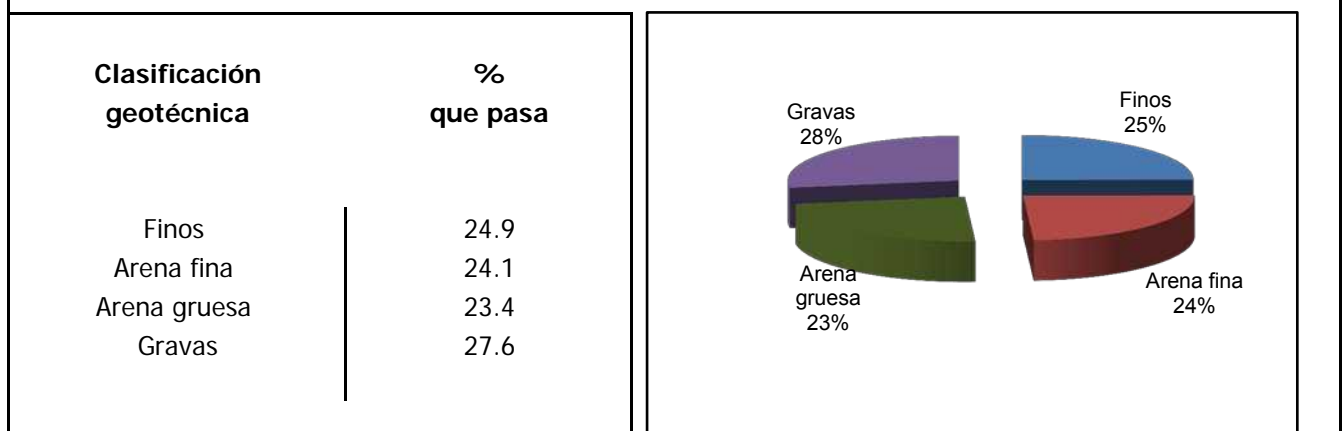
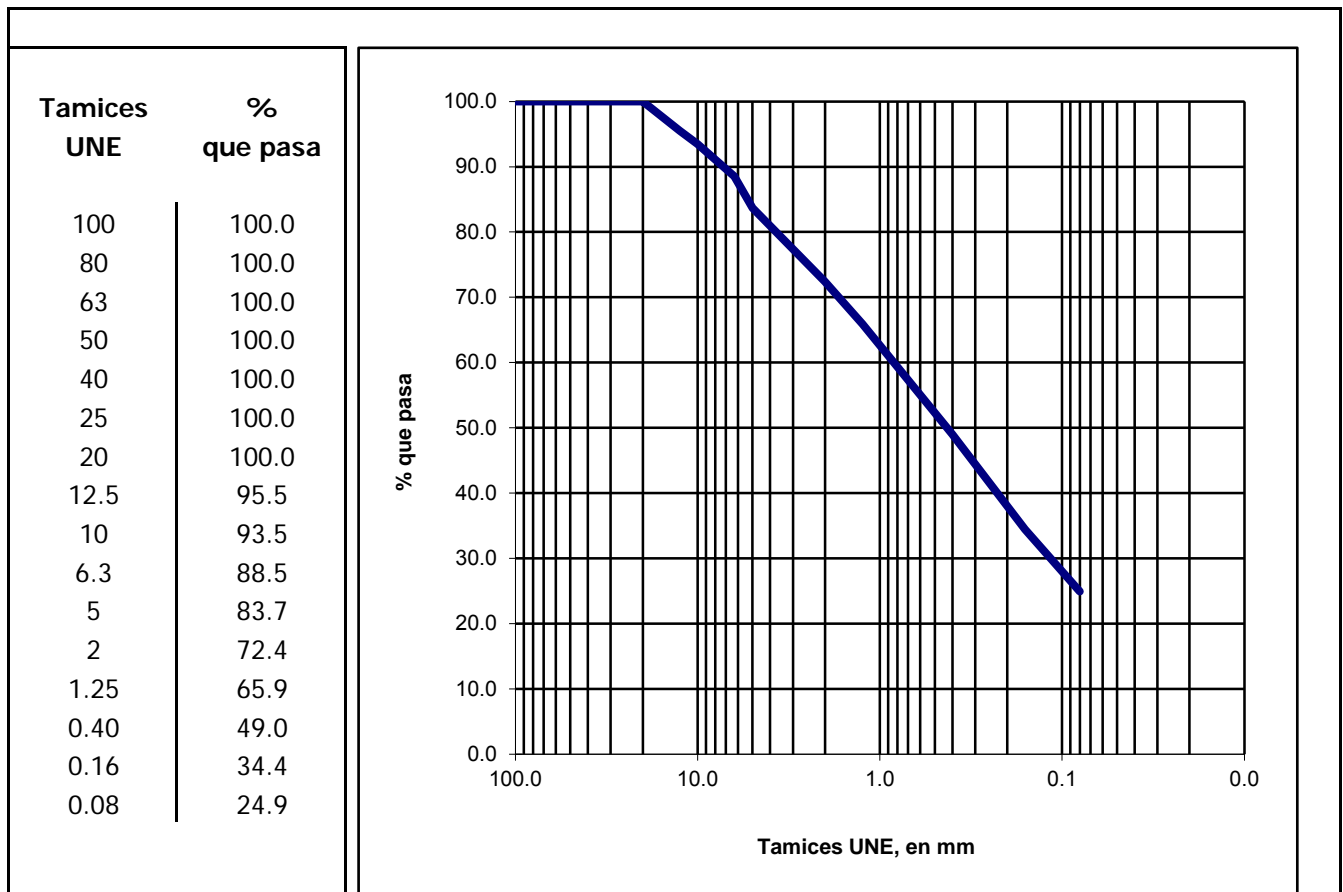
Fecha: 19 de febrero de 2016



C/ Oporto, nº 11
Polígono Europolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es

Tecnología del suelo y materiales, S. L.
LABORATORIO GEOTÉCNICO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GGT-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.
El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

**Tecnología del suelo
y materiales, S. L.**

Página 7 de 16
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2016033**Cliente: **SGS TECNOS, S.A.**

Obra: T-2188 E.G. Colector Collado Villalba

Muestra: SM-3 2.40-2.68 SPT

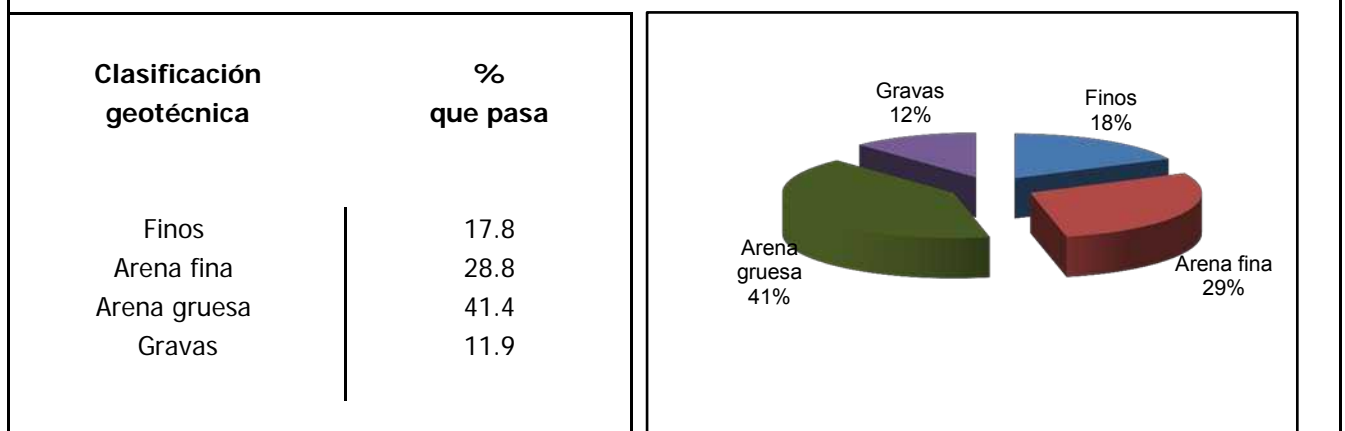
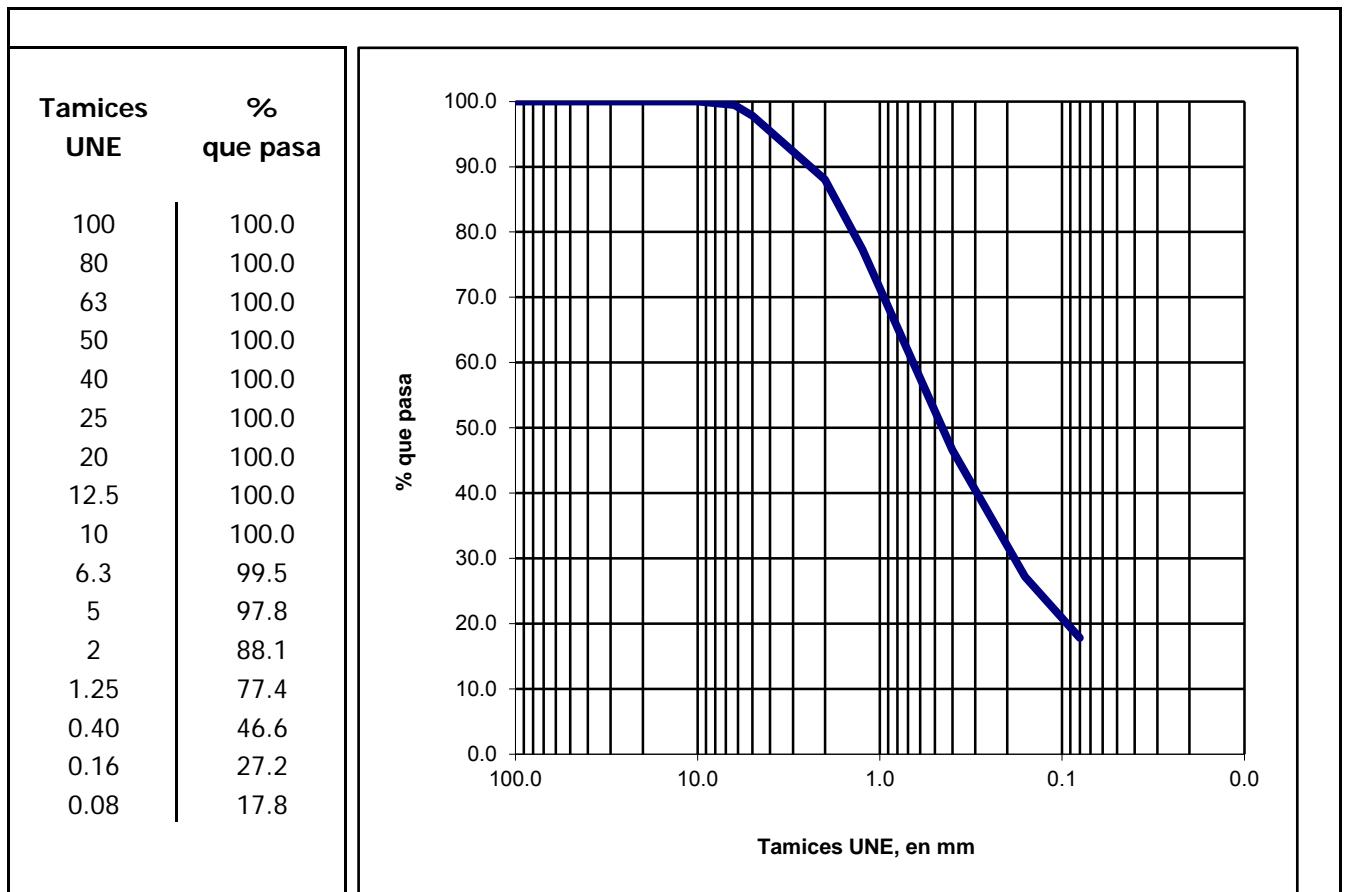
Fecha: 19 de febrero de 2016



C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es

Tecnología del suelo y materiales, S. L.
LABORATORIO GEOTÉCNICO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GGT-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.
El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

**Tecnología del suelo
y materiales, S. L.**

Página 8 de 16
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2016033**Cliente: **SGS TECNOS, S.A.**

Obra: T-2188 E.G. Colector Collado Villalba

Muestra: SM-2 2.00-2.60 SPT

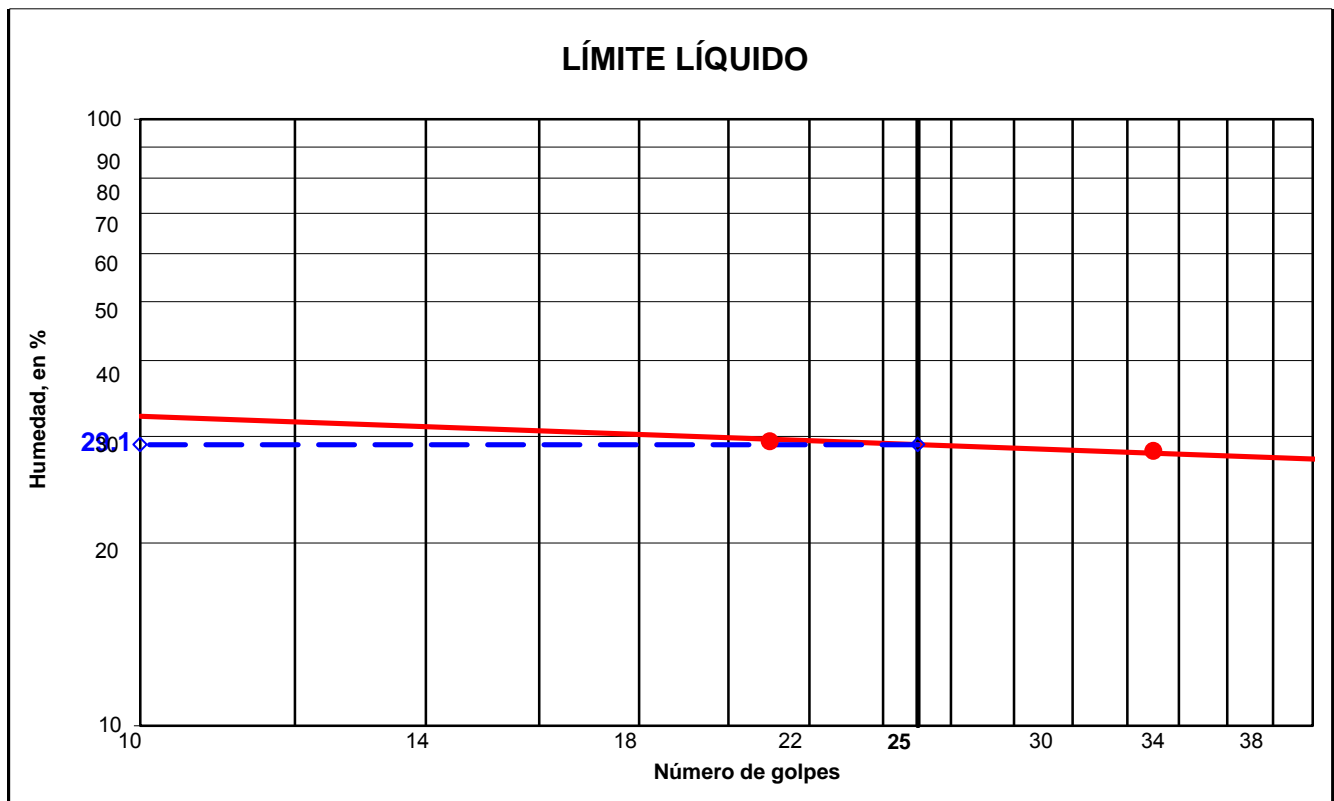
Fecha: 19 de febrero de 2016



C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es

Tecnología del suelo y materiales, S. L.
LABORATORIO GEOTÉCNICO

LÍMITES DE ATTERBERG: UNE 103-103: 94 Y UNE 103-104: 93



Determinación del límite líquido, según norma UNE 103-103:94

Número de golpes:	21	33
Humedad, en %:	29.4	28.4

Determinación del límite plástico, según norma UNE 103-104:93

Humedad, en %:	22.1
----------------	------

RESULTADOS:

Límite líquido:	29.1
Límite plástico:	22.1
Índice de plasticidad	7.0

Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GLA-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.
El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

**Tecnología del suelo
y materiales, S. L.**

Página 9 de 16
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2016033**Cliente: **SGS TECNOS, S.A.**

Obra: T-2188 E.G. Colector Collado Villalba

Muestra: SM-3 2.40-2.68 SPT

Fecha: 19 de febrero de 2016



C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es

Tecnología del suelo y materiales, S. L.
LABORATORIO GEOTÉCNICO

EXPANSIVIDAD DE UN SUELO EN EL APARATO LAMBE UNE 103 600:96

Datos generales del ensayo:

Condiciones de fabricación de la probeta: Suelo seco, 3 capas / 7 golpes por capa

Humedad inicial, en %: 0.3

Humedad final, en %: 16.8

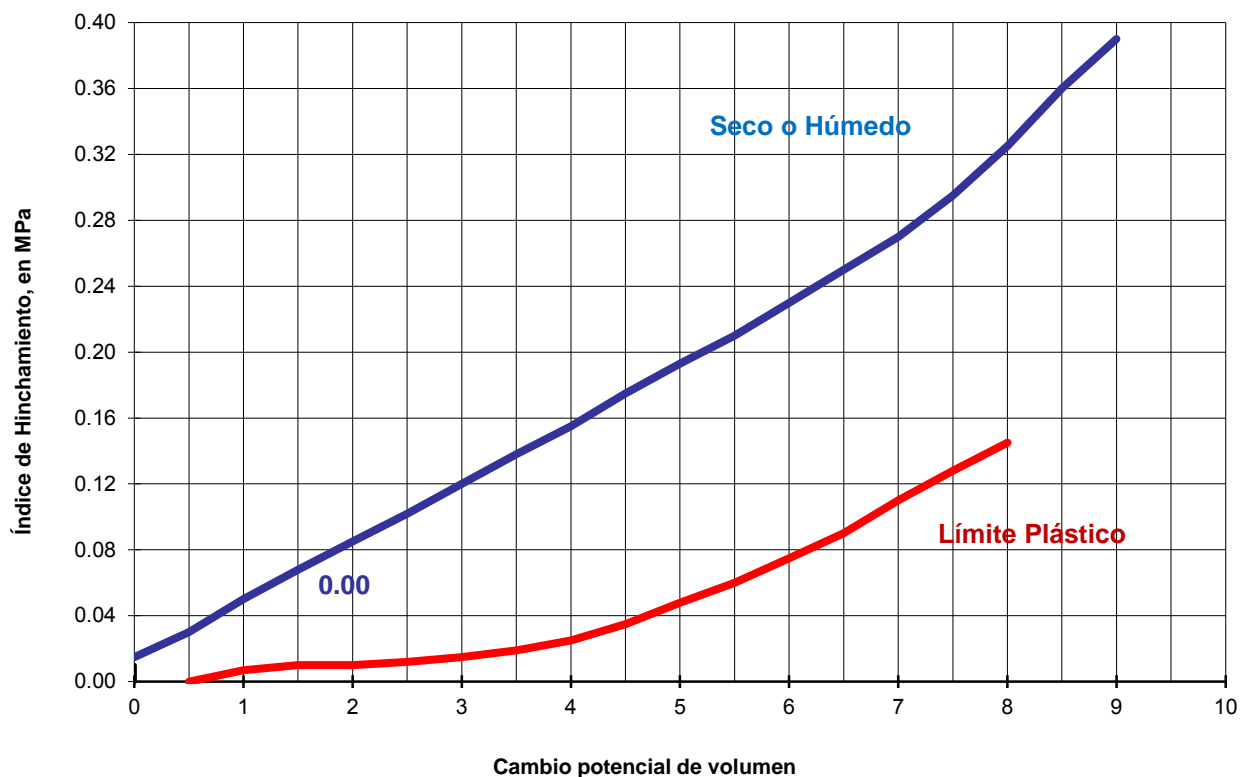
Densidad seca, en g/cm³: 1.837

Resultados del ensayo:

Índice de hinchamiento, en Mpa: **0.01**

Cambio potencial de volumen: **0.00**

Clasificación: ☒ (0-2 no crítico) ☐ (2-4 marginal) ☐ (4-6 crítico) ☐ (>6 muy crítico)



Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.
El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2016033**

Cliente: **SGS TECNOS, S.A.**
 Obra: T-2188 E.G. Colector Collado Villalba
 Muestra: SM-3 5.35-5.41 TR
 Fecha: 23 de febrero de 2016



C/ Oporto, nº 11
 Polígono Európolis
 28232-Las Rozas (Madrid)
 Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es

Tecnología del suelo y materiales, S. L.
 LABORATORIO GEOTÉCNICO

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ROCAS

Parte 1: Resistencia a la compresión uniaxial

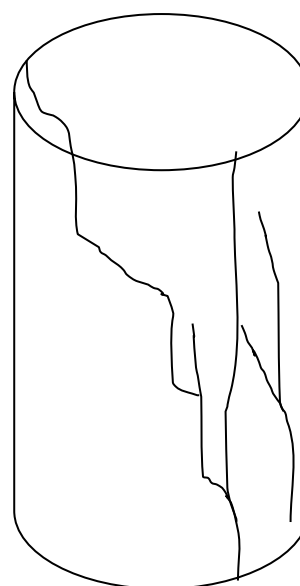
UNE 22950-1:90 Parte 1

DATOS DE LA PROBETA SOMETIDA A ENSAYO

Diámetro, en mm	71.80
Altura, en mm	117.20
Área, en cm ²	40.49
Volumen, en cm ³	474.53
Peso, en g	1 234.98
Densidad aparente, en g/cm ³	2.603
Carga de rotura, en kg (P ₁)	22 222
Carga de rotura total, en kN (P)	218.000
Resistencia a compresión, en kg/cm ²	549.4
Resistencia a compresión, en MPa (s_c)	53.842



Foto de la muestra sometida a ensayo



Forma de rotura de la probeta

Observaciones: La muestra es corta por lo que no se pudo tallar a mayor altura.

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato RCS-02/02

Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.
 El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

**Tecnología del suelo
y materiales, S. L.**

Página 11 de 16
 Laboratorio acreditado en
 geotecnia (nº 03267GTL08)

Página 12 de 16
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Página 14 de 16
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Página 15 de 16
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)



C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375 881
www.laboratoriotsm.es

Tecnología del suelo y materiales, S. L.
LABORATORIO GEOTÉCNICO

El presente informe consta de dieciséis hojas numeradas y selladas.

Madrid, 1 de marzo de 2016

RICARDO PÉREZ SARMIENTO
Responsable de Área GTL

TECNOLOGÍA DEL SUELO Y MATERIALES, S.L.
P.P.

CÉSAR ZAPICO MARTÍN
Director Técnico



ANEXO IV: ESTUDIO DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO



**CAMPAÑA DE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA PARA LA
MEDICIÓN DE LAS RESISTIVIDADES DEL
SUBSUELO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS
VERTICALES (SEV) EN LA LOCALIDAD DE COLLADO
VILLALBA (MADRID).**



MARZO 2016

INDICE

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

ANEXOS

ANEXO I: Localización de puntos de medida de resistividad

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

ANÁLISIS Y GESTIÓN DEL SUBSUELO, S.L. ha realizado, por encargo de SGS, una campaña de prospección geofísica para medir las resistividades del subsuelo mediante Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) en diversos puntos de la localidad de Collado Villalba (Madrid)

El propósito del presente trabajo es determinar las características geoelectricas de las rocas con el fin de obtener datos de resistividades del terreno. Para alcanzar este objetivo se ha empleado la metodología de prospección del subsuelo mediante Sondeos Eléctricos Verticales (SEV).

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



Figura 1: Situación zona de estudio

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se describe a continuación el método prospectivo empleado, los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), para realizar la medición de las resistividades del subsuelo. Se trata de un método prospectivo geoelectrico que analiza los materiales del subsuelo en función de su comportamiento eléctrico, es decir, diferenciador de los mismos en función de su valor de resistividad. Dentro de los diferentes dispositivos de medida, es decir, de las diferentes configuraciones de los electrodos para realizar las mediciones, el dispositivo Wenner es el más recomendable para hacer este tipo de medidas.

2.1.- DISPOSITIVO SIMÉTRICO DE WENNER.

Este dispositivo de medida de datos geoelectricos del subsuelo consta de un circuito establecido entre el terreno y cuatro electrodos: A, B, M y N. Los electrodos A y B son de emisión de corriente mientras que los electrodos M y N son de medición. Para hacer cada una de las medidas, los cuatro electrodos se sitúan dispuestos en línea recta, manteniendo los cuatro electrodos separados a una distancia "a", la cual es la misma entre todos electrodos. Para poder determinar la simetría entre los diferentes electrodos, se debe escoger un punto central de referencia "O" del sistema, este punto también es denominado "punto de exploración", puesto que dependiendo de las condiciones del terreno, la distancia entre los electrodos de emisión, la frecuencia del equipo de medición, etc., este punto llegará a ser el punto de máxima exploración. Es el punto central del dispositivo (en el caso del presente trabajo, es el centro del conjunto de cuatro electrodos).

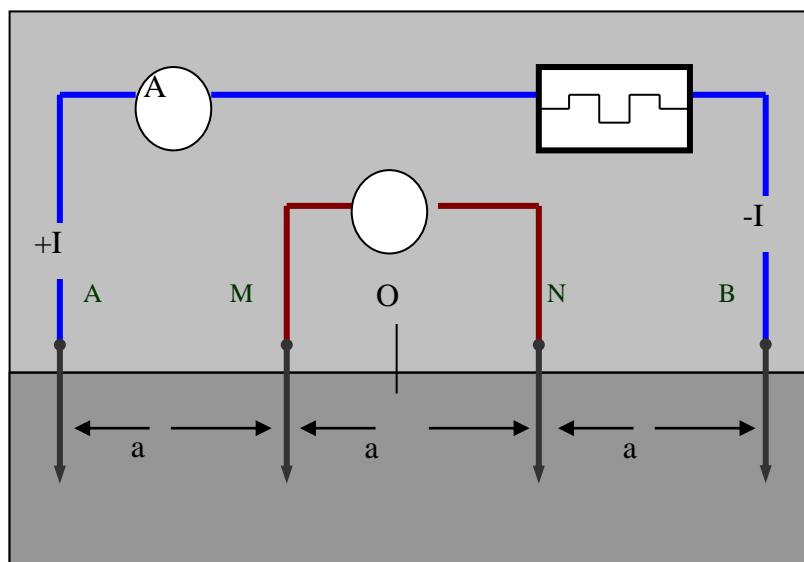


Figura 2. Esquema del dispositivo simétrico de Wenner

Los cuatro electrodos se colocan clavados en el terreno (figura 3), siempre con los electrodos formando una línea recta, a unas distancias previstas que son programadas para alcanzar las profundidades estimadas de interés. En el caso del presente trabajo, la distancia "a" mide diferente en función del SEV dado que las profundidades de medida son distintas según el emplazamiento.

Así "a" mide 2.5 m y 4 m en el SEV-1 mientras que mide 3 m, 4.6 m y 6 m en los SEV-2 y SEV-3.



Figura 3. Vista de los 4 electrodos formando el dispositivo simétrico de Wenner
Cada una de las tres líneas amarillas mide lo mismo y es el parámetro "a".

Los puntos de medida se han realizado junto a los sondeos perforados (ver figura 4).



Figura 4. Dispositivo de medida de resistividades en el punto 1, junto al sondeo.

3. RESULTADOS

Se describen a continuación los resultados principales que se han obtenido con la prospección geofísica del subsuelo mediante SEV, diferenciándolos por cada punto de medición.

3.1.- PUNTO DE MEDIDA 1

Su situación se puede ver en el mapa del Anexo I. Las medidas obtenidas son las siguientes:

SEV-1						
MEDIDA	AB/3 (m)	Profundidad (metros)	V	I	SP	Resistividad (ohm x m)
1	2,5	1,5	15,38	0,56	48,8	428,36
2	4	2,4	13,87	0,91	64,4	385,44

Se observa una progresiva disminución en los valores de resistividad del terreno desde valores de 428 ohm x m hasta valores de 385 ohm x m.

SEV-1	
Profundidad (metros)	Resistividad (ohm x m)
1,5	428,36
2,4	385,44

3.2.- PUNTO DE MEDIDA 2

Su situación se puede ver en el mapa del Anexo I. Las medidas obtenidas son las siguientes:

SEV-2						
MEDIDA	AB/3 (m)	Profundidad (metros)	V	I	SP	Resistividad (ohm x m)
1	3	1,8	11,66	2,84	-8,9	77,29
2	4,6	2,76	13,29	5,43	41	70,79
3	6	3,6	14,58	7,23	-12,9	75,97

Se observa una cierta constancia en los valores de resistividad del terreno entre valores de 71 ohm x m y valores de 77 ohm x m.

SEV-2	
Profundidad (metros)	Resistividad (ohm x m)
1,8	77,29
2,8	70,79
3,6	75,97

3.3.- PUNTO DE MEDIDA 3

Su situación se puede ver en el mapa del Anexo I. Las medidas obtenidas son las siguientes:

SEV-3						
MEDIDA	AB/3 (m)	Profundidad (metros)	V	I	SP	Resistividad (ohm x m)
1	3	1,8	12,10	1,87	29,2	121,73
2	4,6	2,76	13,97	3,10	80,7	130,08
3	6	3,6	13,34	3,38	95,9	149,01

Se observa un incremento en los valores de resistividad del terreno desde valores de 121 ohm x m hasta valores de 149 ohm x m.

SEV-3	
Profundidad (metros)	Resistividad (ohm x m)
1,8	121,73
2,8	130,08
3,6	149,01




Fdo./ Enrique Aracil Ávila
 Doctor en Ciencias Geológicas
 Colegiado nº 4722
 Director de AGS

ANÁLISIS Y GESTIÓN DEL SUBSUELO, S.L.
 En Pozuelo de Alarcón (Madrid), 1 de marzo de 2016



CAMPAÑA DE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA PARA LA MEDICIÓN DE RESISTIVIDADES DEL SUBSUELO MEDIANTE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV) EN LA LOCALIDAD DE COLLADO VILLALBA (MADRID).

ANEXOS



ANEXO I

Localización de puntos de medida de resistividad



Localización general de los 3 puntos de medida



Localización punto de medida 1



Punto de medida 1



Localización punto de medida 2



Punto de medida 2



Localización punto de medida 3



Punto de medida 3