

ANEJO Nº 3
ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

ÍNDICE

1.- GEOLOGÍA	1
1.1.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.- ANTECEDENTES	1
1.3.- MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.....	3
1.3.1.- GEOLOGÍA REGIONAL	3
1.3.2.- GEOLOGÍA LOCAL	4
1.3.3.- HIDROGEOLOGÍA	6
1.3.4.- RECORRIDO GEOLÓGICO	6
1.3.5.- SISMICIDAD	10
2.- GEOTECNIA	11
2.1.- TRABAJOS DE CAMPO	11
2.1.1.- SONDEOS MECÁNICOS	12
2.1.2.- ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA TIPO D.P.S.H.	14
2.2.- ENSAYOS DE LABORATORIO	15
2.2.1.- HUMEDAD Y DENSIDAD.....	16
2.2.2.- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	17
2.2.3.- LÍMITES DE ATTERBERG	17
2.2.4.- COMPRESIÓN SIMPLE	19
2.2.5.- PRESIÓN MÁXIMA DE HINCHAMIENTO.....	19
2.2.6.- CORTE DIRECTO	19
2.2.7.- ANÁLISIS QUÍMICOS.....	20
2.3.- ESTRATIGRAFÍA.....	22
2.4.- ESTABILIDAD DE TALUDES.....	25
2.5.- EXCAVABILIDAD	26
2.6.- APROVECHAMIENTO DE MATERIALES	27
2.7.- TENSIÓN ADMISIBLE DEL TERRENO.....	28
2.8.- HORMIGONES.....	33
3.- ANEXO I	34

1.- GEOLOGÍA

1.1.- INTRODUCCIÓN

En este punto se presentan los resultados del estudio geológico realizado para el proyecto de “Proyecto de Agua de riego con Agua Reutilizable en Algete”, el cual ha sido realizado por la empresa SGS.

El objeto del presente estudio, es definir, con la mayor exactitud posible, las diferentes unidades geológicas afectadas, junto con las condiciones hidrogeológicas, geomorfológicas y tectónicas de la zona estudiada, para, a partir de ellas, determinar las unidades geotécnicas, así como la estabilidad de las zanjas.

La información que se ha pretendido conseguir con el estudio geológico se resume a continuación.

- Características geológicas regionales.
- Estructura geológica, tipos de materiales y su distribución.
- Aspectos geomorfológicos que pudieran afectar al comportamiento de las obras.
- Aspectos hidrogeológicos que pudieran afectar al comportamiento de las obras.
- Información acerca de la excavabilidad de los materiales y su aprovechamiento en rellenos.
- Aspectos de riesgos geológicos que pudieran afectar al comportamiento de las obras.

1.2.- ANTECEDENTES

Como información adicional para la realización de este estudio, el Canal de Isabel II aportó dos informes geotécnicos realizados en la zona.

El primero de ellos denominado Asistencia técnica para la realización de los trabajos geotécnicos del proyecto de “conexión con el 2º anillo y red de distribución de Algete”, realizado por TECNIA, clave: G12001, y fecha de Abril 2012. En este se realizaron un total de dos (2) sondeos, nueve (9) ensayos de penetración dinámica y nueve (9) calicatas.

El segundo estudio, denominado Informe Geotécnico para la EDAR de Algete II y colectores Algete (Madrid), realizado por ARCE, con registro R01-14268, y fecha 31/07/2007. En este se realizaron un total de dos (2) sondeos y tres (3) ensayos de penetración dinámica

Para la realización del estudio, se planteó una campaña de campo consistente en la realización de un (1) sondeo mecánico, dos (2) sondeos cortos en sustitución de sendas calicatas, y tres (3) ensayos de penetración dinámica tipo DPSH, a lo largo del trazado del colector, y como complemento a dos informes geotécnicos previos de la zona, relativos a dos obras de conducción cuyo trazado es casi coincidente con el de algunas de las conducciones del proyecto actual.

Adicionalmente se han efectuado tres itinerarios por diversos tramos del trazado del colector, con objeto de realizar una caracterización del terreno a lo largo de la misma, y así poder aportar una mayor cantidad de información que facilite la realización de los trabajos de instalación de la conducción.

Además, se ha consultado la siguiente documentación:

- I.T.G.E. “Mapa Geológico 1:50.000 Hoja 534 (Colmenar Viejo).
- I.T.G.E. “Mapa Geológico 1:50.000 Hoja 535 (Algete).
- IGME: “Mapa Hidrogeológico de España 1:200.000 nº 45 (5-6) (Madrid)”.
- IGME: “Mapa geotécnico Madrid 45, 1:200.000”.
- 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 GEOCIÉNTÍFICO del Medio Natural de la Comunidad de Madrid”.
- Asistencia técnica para la realización de los trabajos geotécnicos del proyecto de “Conexión con el 2ª anillo y red de distribución de Algete”, realizado por la empresa TECNIA con referencia G12001 y fecha de Abril del 2012.

- Informe geotécnico para la EDAR de Algete II y colectores Algete (Madrid) realizado por la empresa ARCE con referencia R01-14268 y fecha de 31/07/07.

1.3.- MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Los antecedentes geológicos de la zona de estudio, se encuentran recogidos en las Hojas Geológicas de la Serie Magna Nº 535 Algete, y Nº 534 Colmenar Viejo, ambos escala 1:50.000.

1.3.1.- GEOLOGÍA REGIONAL

El término de Algete se sitúa en el sector centro oriental de la cuenca Meso- Terciaria del Tajo, dentro de la provincia de Madrid, en la zona de transición de las facies de borde a centro de la cuenca.

El relieve que caracteriza esta área es poco accidentado, destacando una zona central con elevaciones más suaves que dejan entre sí amplios valles, y un sector sureste donde la topografía es más abrupta con cotas que oscilan entre 926 y 600 m.

El límite norte de esta zona esta constituido por las estribaciones meridionales del sector nororiental del Sistema Central.

Desde el punto de vista geomorfológico general destacan los siguientes elementos: las altiplanicies de los páramos calcáreos y de piedemonte de la raña y los relieves escalonados de las terrazas dejadas por los ríos Henares, Torote, Camarmilla y Jarama, junto con el sistema de glacis instalado en la cuesta que separa las terrazas de campiña del Henares del páramo calizo de la Alcarria meridional.

En cuanto a la estratigrafía, en la zona de Algete se diferencian dos dominios fundamentales. El primero de ellos constituidos por materiales neógenos, que incluyen las Arcosas blanquecinas del Jarama, Arcillas, limos y arenas de la margen izquierda del Jarama, Arenas de las Facies Madrid, Conglomerados, areniscas y arenas de las Facies Alcalá, Areniscas y margas yesíferas de las Facies Blancas, Conglomerados y areniscas de la red fluvial intramiocena, Calizas de los Páramos, Arcosas de Uceda y por último los ortoconglomerados de piedemonte de la Raña.

El segundo está formado por materiales cuaternarios de los grandes sistemas de terrazas de los ríos Henares y Jarama, y en menor cuantía el Torote y Camarmilla, y los glacis compuestos de la cuesta del páramo de la Alcarria.

1.3.2.- GEOLÓGÍA LOCAL

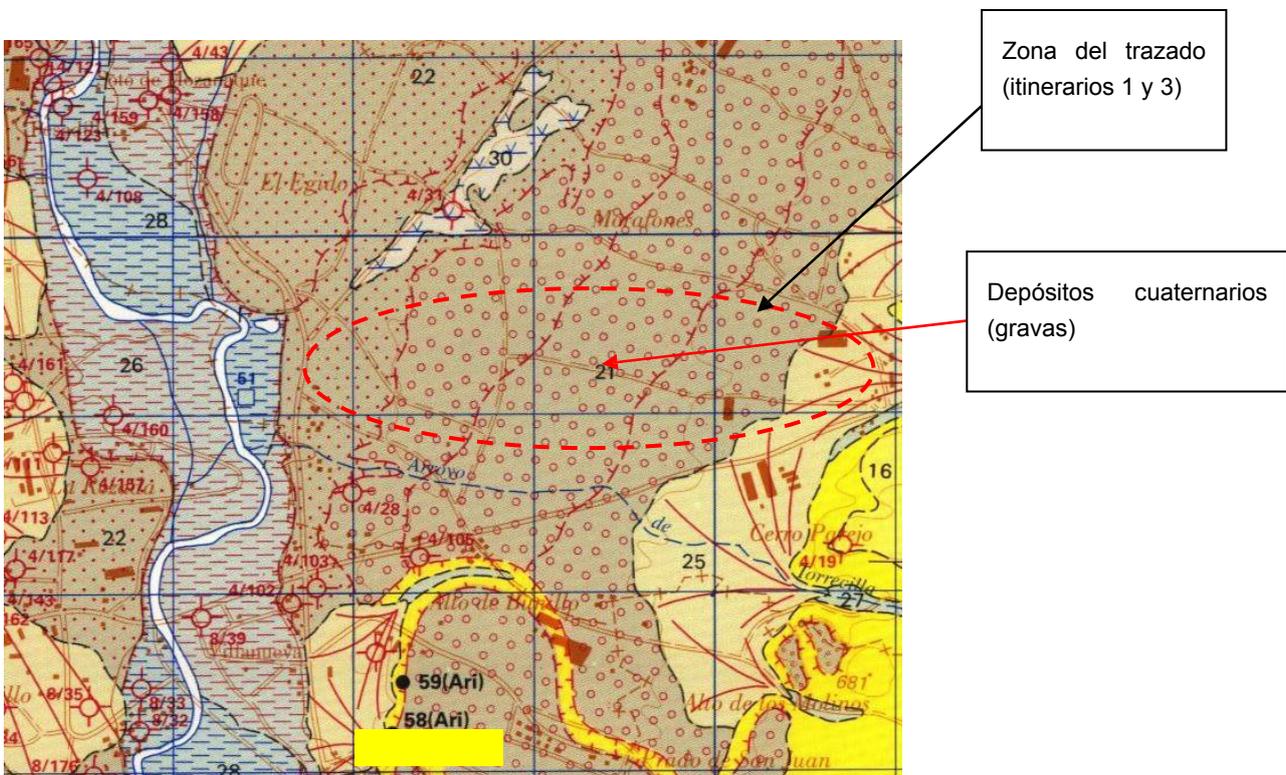
A lo largo de la traza del itinerario 1 nos encontramos materiales correspondientes a gravas y arenas con cantos, correspondientes a depósitos de terraza, así como arenas y limos con cantos, correspondientes a conos aluviales, ambos de edad cuaternaria.

Más hacia el este, según nos aproximamos a la carretera M-103 afloran materiales del Mioceno- Plioceno correspondientes a Arcosas blancas y fangos arcósicos.

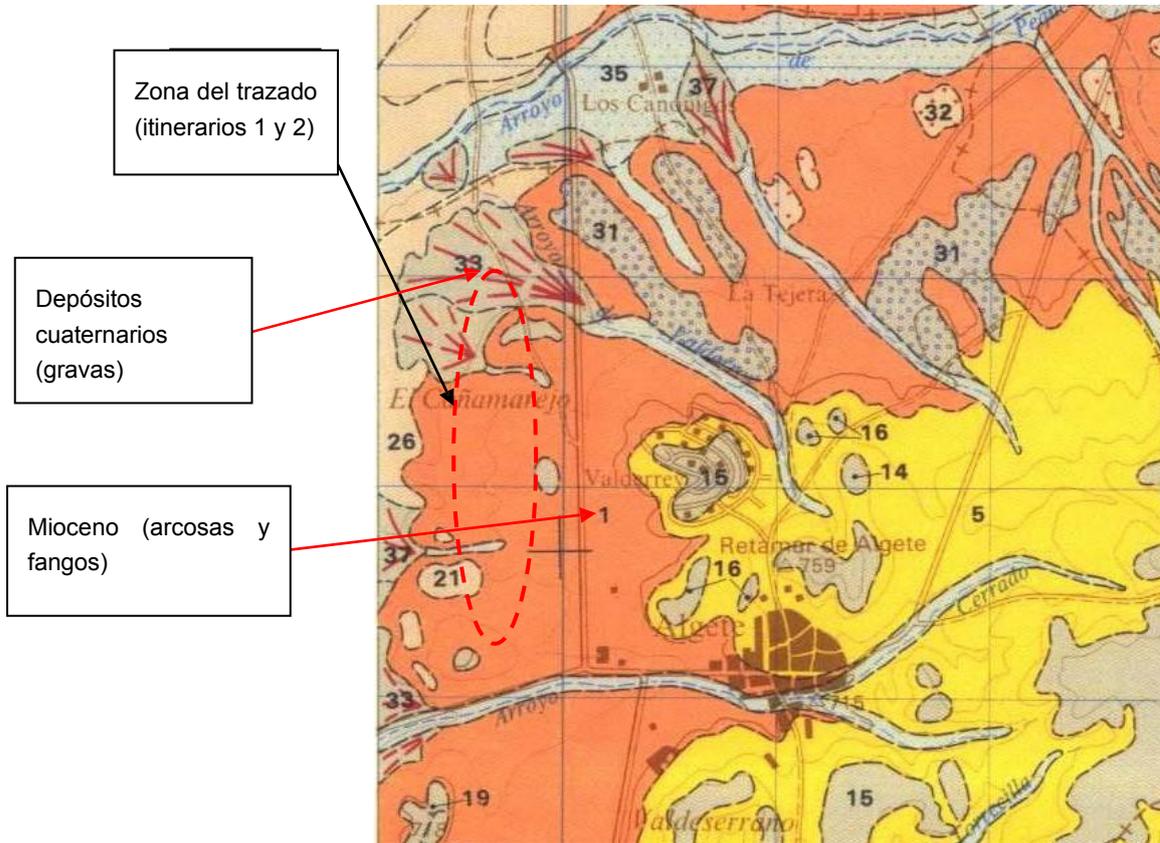
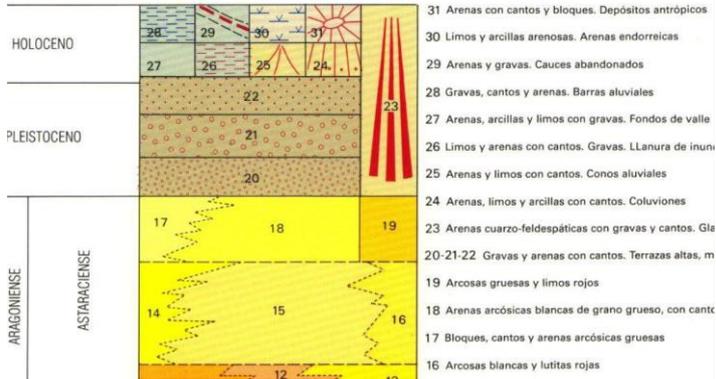
En cuanto a la traza del itinerario 2, en la zona sur aparecen las ya citadas a Arcosas blancas y fangos arcósicos Mio-Pliocenos, mientras que hacia el norte afloran gravas, cantos, arenas y arenas arcillosas, correspondientes a conos aluviales.

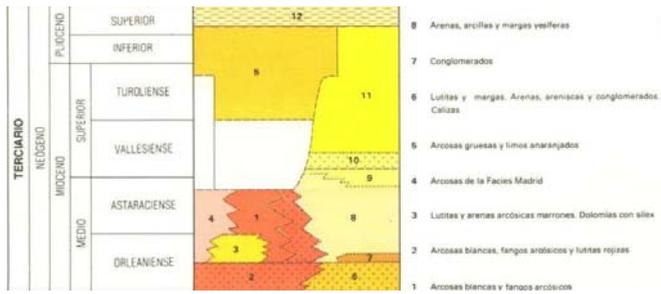
Por último, la traza del itinerario 3 discurre totalmente sobre gravas y arenas con cantos, correspondientes a depósitos de terraza del cuaternario.

En la siguiente figura se detallan las zonas de las hojas del Magna, donde se observa la zona de estudio (Figura 4.a).

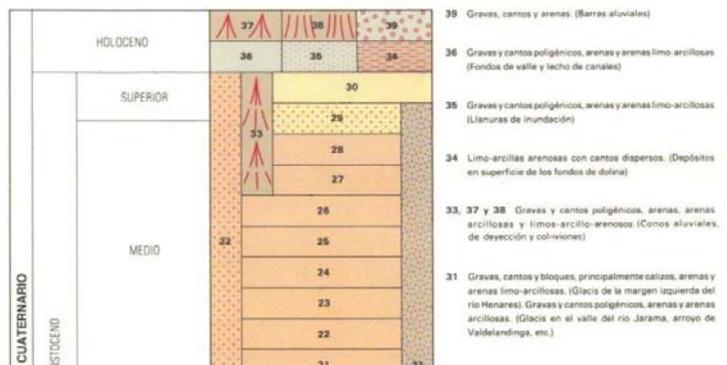


LEYENDA





LEYENDA



1.3.3.- HIDROGEOLOGÍA

La zona de estudio se desarrolla en parte sobre los materiales del Neógeno (Mioceno inferior- medio), Nivel I formaciones porosas, normalmente sin consolidar (Arenas, gravas finas, arenas fangosas, bloques y arcillas), y I Nivel III, formaciones porosas y fisuradas con acuíferos ocasionales aislados de interés local (bandedos de arcillas y margas).

La otra parte se desarrolla sobre materiales del cuaternario, Nivel I formaciones porosas, normalmente sin consolidar (Aluviones y terrazas bajas. Arenas, limos, gravas –permeables)

Según el mapa de vulnerabilidad, la zona de estudio se sitúa en la zona muy vulnerable, con materiales permeables por porosidad y fisuración.

1.3.4.- RECORRIDO GEOLÓGICO

Adicionalmente a los ensayos de campo se ha realizado una caracterización del terreno en la zona del trazado del colector proyectado, con objeto de completar la información existente, y poder aportar datos adicionales a los extraídos de las prospecciones

La cartografía por tanto, está basada en una inspección visual, con identificación litológica del terreno presente en superficie.

Trazado tubería. (Ejes 1, 2 y 3 hasta PK 3+700)

Recorrido a lo largo del trazado de la tubería, desde la Vía de Servicio de la carretera a Fuente El Saz (M-111) km 16, a la M-103, a la altura del Polideportivo del IES G. A. Becquer de Algete.

El objeto de la realización de este recorrido ha consistido en la realización de una caracterización del terreno a lo largo de la traza, para poder aportar la mayor cantidad de información posible para facilitar la realización de los trabajos de instalación del colector.

Para llevar a cabo la citada caracterización se han establecido un total de ocho estaciones a lo largo de la traza, en las que se han observado el estado de las obras, y cuando ha sido posible, describir los materiales del sustrato y sus características generales.

La ubicación de las estaciones realizadas figura en el plano adjunto

E-1: Situada junto al sondeo S-1, realizado en las proximidades de la vía de servicio de la carretera a Fuente El Saz (M-111). Excavada zanja para instalar colector, en la que se observan gravas, cantos y bolos en matriz arcillosa-arenosa, de color marrón beige. No se ha observado presencia de agua.

E-2: Situada a unos 400 m antes de la línea de alta tensión, con referencia a la estaca de trazado, PK 1539. Excavada zanja para colector y cajeadado para una estructura tipo arqueta, o similar. Se observan gravas, cantos y bolos en matriz areno-arcillosa. Subyacente a este nivel afloran arenas, arcillas y limos. No se ha observado presencia de agua.

En la zona del cajeadado, a cota de apoyo aflora un material limoso, algo arenoso color marrón beige.

E-3: Situada junto a la esquina NW del polígono industrial Río de Janeiro, un poco antes de la planta de áridos. Excavada zanja y colocada tubería. Observado en el cajeadado en el que se ha instalado tubería, con válvulas y accesorios, abundantes gravas, cantos y bolos en matriz arcillo-arenosa. No se ha observado presencia de agua.

E-4: Situada aproximadamente a la mitad de la valla del polígono industrial Río de Janeiro, pasada ya la planta de áridos. Excavada zanja de grandes dimensiones. Observadas en la totalidad de la citada zanja gravas, cantos y bolos en matriz arenosa color marrón

amarillento, con ocasionales niveles carbonatados blanquecinos. Se ha observado presencia de agua en las zonas más deprimidas, posiblemente resultado de las recientes precipitaciones.

E-5: Situada al norte a la esquina NE del polígono industrial Río de Janeiro. Zanja cubierta, colocada tubería y arquetas. Observado en el borde de la traza, en su margen derecho, el material extraído de la excavación, compuesto de tierra vegetal (correspondiente al suelo edáfico), así como gravas, cantos y bolos en matriz arcillo-arenosa.

E-6: Situada al norte del polígono industrial El Nogal, en el cruce de caminos. La zanja prosigue soterrada, colocada tubería y arquetas. Observado en el lateral de la excavación de una gran arqueta, los mismos materiales que se han venido observando gravas, cantos y bolos en matriz arcillo-arenosa.

E-7: Situada en el cruce del camino del Espinar y el camino de Castilla la Nueva, en el paraje denominado Cuesta Redonda. Desde la anterior estación la traza prosigue con la tubería soterrada. Una vez que se llega al camino que discurre E-W, la zanja está sin cubrir y se observa la tubería instalada. A cota de apoyo de la tubería, en el interior de la zanja, se observa como afloran unas arcillas limo-arenosas con presencia de cantos, de color marrón beige. No se ha observado presencia de agua.

Hay que mencionar que unos metros más adelante del la estación E-7, en dirección al E y siguiendo la traza, no se ha excavado zanja. Se pudo apreciar como se habían realizado en un pequeño tramo los trabajos de despeje y retirada de terreno vegetal. El material aflorante en esta zona corresponde a cantos y bolos, similar a lo hasta ahora observado.

E-8: Situada en camino del Espinar, junto al IES.G. A. Becquer. Desde este punto hasta donde finaliza la traza, en la cercana rotonda de la M-103, no se ha desarrollado ninguna actuación. No se aprecian marcas de la traza. Tan solo se observan campos de cultivo y una masa arbolada próxima a la carretera.

En esta zona, se pudo observar en la zona de cultivo un suelo edáfico arcillo-arenoso con presencia de cantos y bolos.

A modo de resumen, podemos concluir que prácticamente la totalidad del trazado recorrido discurre sobre depósitos cuaternarios (niveles de terraza, llanuras de inundación y conos aluviales) formados por gravas cantos y bolos poligénicos, arenas y arenas arcillosas.

Ocasionalmente puede aflorar el sustrato terciario, como en la estación E-2, cuando se observó el cajeadado de una arqueta o depósito, en el que subyacente a la capa de cantos y gravas aparecía un material limoso algo arenoso de color marrón amarillento a beige (sustrato mioceno).

Trazado tubería (Eje 7)

Recorrido a lo largo del trazado del eje 4 de distribución, desde el cruce del camino del Espinar y el camino de Castilla la Nueva, en el paraje denominado Cuesta Redonda, en dirección N, discurriendo en paralelo a la carretera M-103, hasta el final del mismo en las proximidades del arroyo de Valderrey.

El objeto de la realización de este recorrido ha consistido en la realización de una caracterización del terreno a lo largo de la traza, para poder aportar la mayor cantidad de información posible para facilitar la realización de los trabajos de instalación del colector.

Para llevar a cabo la citada caracterización se ha realizado un itinerario, en el que se ha ido fotografiando la zona por la que habrá de discurrir el colector. Se ha decidido emplear esta metodología, dado que todavía no se han iniciado los trabajos en esta zona, y no hay ninguna referencia clara, ya que toda la traza es campo a través, por terreno llano y no aparecen carreteras, caminos ni otras referencias, salvo la denominación de los parajes La Quemada y El Cañamarejo.

No ha sido posible observar ningún afloramiento claro de los materiales del substrato (corte, trinchera, resalte), que haya podido referenciarse.

El trazado discurre por campos de labor, unos en barbecho, otros sin labrar y un tramo, el situado más al norte, sembrado de cereal. Como ya se ha mencionado, no se pudo apreciar ningún corte ni afloramiento representativo del terreno que proporcionase información sobre el substrato.

Únicamente se observaron los suelos edáficos, de naturaleza arcillo-arenosa con abundantes cantos y bolos, de lo que se puede deducir que el sustrato en la zona de este tramo 2 corresponde a unas gravas, cantos y bolos en matriz arcillosa arenosa

A modo de resumen, podemos concluir que prácticamente la totalidad del trazado recorrido discurre sobre depósitos cuaternarios (niveles de terraza, llanuras de inundación, depósitos de glaciares, conos aluviales) formados por gravas cantos y bolos poligénicos, arenas y arenas arcillosas.

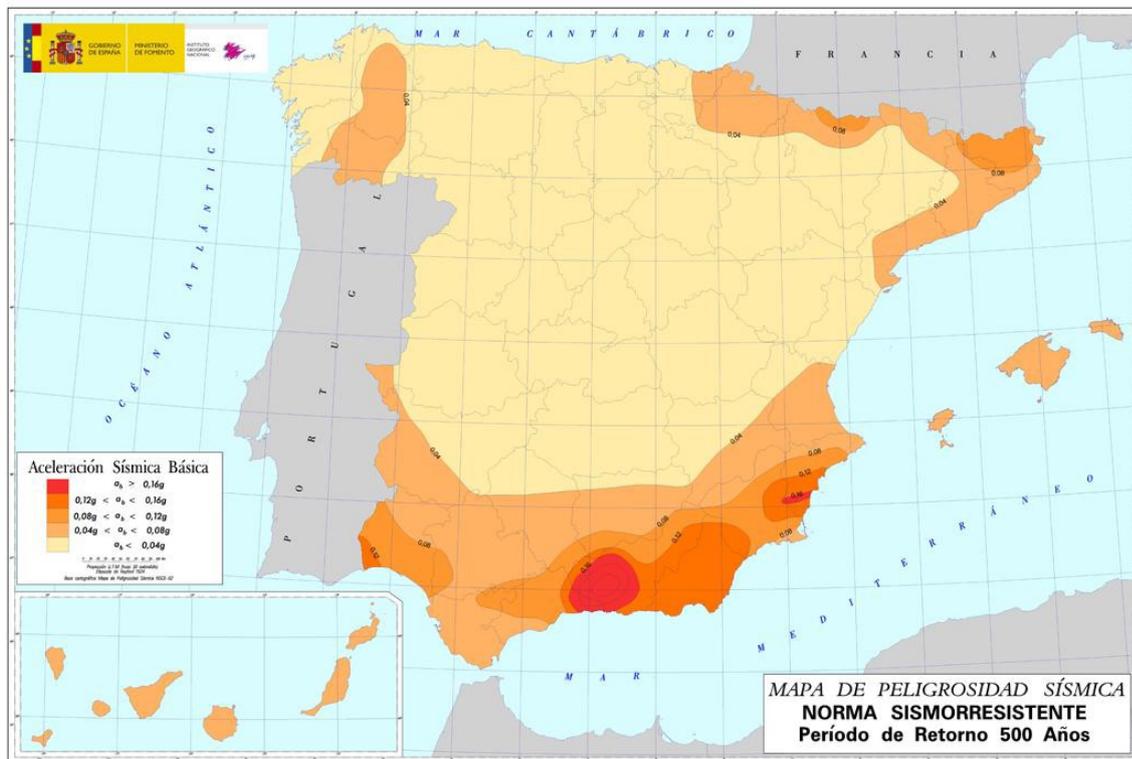
Trazado Tubería. (Eje 4)

Recorrido a lo largo del trazado del colector, desde la glorieta de acceso al Polígono Industrial Río de Janeiro, en la carretera M-106, hasta el borde Norte del citado Polígono, a todo lo largo de la c/ Pelaya.

Hemos de mencionar que el recorrido 3 discurre totalmente por terreno urbanizado, situándose en el interior del polígono industrial.

1.3.5.- SISMICIDAD

La Comunidad de Madrid se encuentra en el 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.



Mapa Sísmico de la Norma Sismorresistente

2.- GEOTECNIA

En el presente anejo se presentan los resultados del estudio geotécnico realizado a partir del estudio geológico realizado en el apartado anterior de este anejo, junto con los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados.

En los diversos capítulos del presente apartado se realizará una exposición de los trabajos realizados, así como la metodología seguida en la ejecución de los mismos. A continuación se caracterizan las diferentes unidades geotécnicas, así como la excavabilidad y estabilidad de los mismos.

En general, puede decirse que la zona de estudio, según el mapa geotécnico los materiales presentan condiciones constructivas favorables, con problemas de tipo geomorfológico y geotécnico.

Los materiales de la zona objeto de estudio se clasifican como Área II2, y en esta se incluyen el conjunto de terrenos formados por una mezcla de materiales cohesivos (arcillas) y granulares (arenas y gravas) dispuestos horizontalmente, poco cementados en superficie, y fácilmente erosionables.

Muestra una morfología eminentemente llana con ligeras alomaciones y abundantes huellas de erosión lineal. Su permeabilidad es muy variable, alternándose zonas permeables, con otras impermeables, si bien predominando las primeras; en toda ella es normal la aparición de niveles acuíferos a profundidades variables, casi siempre por debajo de los 15 m (salvo en las zonas próximas a las redes naturales de drenaje).

Su capacidad de carga es de tipo medio, pudiendo aparecer asientos de magnitud media.

2.1.- TRABAJOS DE CAMPO

Los trabajos han consistido en la realización de una campaña de sondeos mecánicos a rotación con extracción de testigo continuo. También se realizó una campaña de ensayos de penetración dinámica tipo DPSH.

El sondeo largo SM-1 se emplazó en las proximidades de la M-111, con objeto de obtener datos para los trabajos de hinca bajo la carretera, mientras que el emplazamiento de resto

de ensayos responde a la necesidad de aportar datos acerca del trazado de la tubería.

Adicionalmente, como ya se mencionó anteriormente, se han efectuado tres itinerarios por diversos tramos del trazado del colector, con objeto de realizar una caracterización del terreno a lo largo de la misma

A continuación, adjuntamos un cuadro 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		COTA RELATIVA DE INICIO (m)	PROFUNDIDAD PROSPECTADA (m)	COTA RELATIVA ALCANZADA (m)	FORMACIÓN GEOLÓGICA	FECHA
SONDEOS	SM-1	0,00	15,39	-15,39	<i>Cuaternario y Mioceno</i>	01/04/2016
	SC-1	0,00	3,50	-3,50	<i>Cuaternario</i>	06/04/2016
	SC-3	0,00	3,80	-3,80	<i>Cuaternario</i>	08/04/2016
ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA	P-1	0,00	2,20	-2,20	<i>Cuaternario y Mioceno</i>	31/03/2016
	P-2	0,00	2,00	-2,00	<i>Cuaternario y Mioceno</i>	31/03/2016
	P-3	0,00	2,00	-2,00	<i>Cuaternario y Mioceno</i>	31/03/2016

2.1.1.- SONDEOS MECÁNICOS

Para investigar las características geotécnicas del terreno se han efectuado tres (3) sondeos mecánicos a rotación con extracción de testigo continuo, uno largo y dos cortos, estos en sustitución de sendas calicatas. En total se han perforado un total de 22,69 m.l.

Los sondeos se abordaron con un equipo de sondeos modelo Canarias 250, montado sobre camión. Las perforaciones se han realizado a rotación, con baterías simples de diámetros 116, 101 y 86 mm, empleándose coronas de widia 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 RELATIVAS DE INICIO	COTAS RELATIVAS ALCANZADAS	ESPESOR DE RELLENOS Y/O SUELO FLOJO (m)	COTA INFERIOR DEL NIVEL DE RELLENOS
SM-1	15,39	0,00	-15,39	0,40	-0,40
SC-1	3,50	0,00	-3,50	0,40	-0,40
SC-3	3,80	0,00	-3,80	1,50	-1,50

Ensayos In Situ

En el interior del sondeo SM-1 a medida que avanzaba la perforación, se efectuaron un total de cinco (5) ensayos de penetración estándar (S.P.T.). Así mismo se tomaron dos (2) muestras parafinadas del testigo de perforación, condicionada por la naturaleza del terreno.

En los sondeos cortos (SC-1 y SC-3), no se realizó ningún ensayo de penetración estándar (S.P.T.) En el SC-3 se tomaron dos muestras alteradas.

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

En el siguiente cuadro se detallan los ensayos S.P.T. realizados y las profundidades a las que se tomaron las muestras alteradas/testigos de roca del testigo de perforación, 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"						
	MA/TP			SPT			
	Prof (m)	Golpeo	Litología	Prof (m)	Golpeo	N ₃₀	Litología
SM-1				3,00- 3,60	13-6-6-16	12	Gc
	6,10- 6,30 (TP)			6,50- 7,10	12-25-26-37	51	Ar
				9,00- 9,60	24-29-32-36	61	Ar
	11,60- 11,90 (TP)			12,00- 12,43	19-32-R	R	Ar
				15,00- 15,39	12-35-R	R	Ar
SC-1							
SC-3	0,90- 1,20 (MA)		R				
	1,60- 1,90 (MA)		Gc				

R- Relleno arcilloso ; Gc: Gravas y cantos (Q); Ar: Arena arcillosa (Mioceno)

En general la casi totalidad de los materiales detectados en el sondeo SM-1, arenas arcillosas a muy arcillosas- Ar, presentan unos valores de golpeo elevado ($N_{30} \geq 51$), correspondiente a una compacidad muy densa. Por el contrario, las gravas en matriz arenosa arcillosa -Gc, presentan un valor de $N_{30}=12$, lo que indica una compacidad media.

Nivel freático

Durante la ejecución de los sondeos mecánicos no se detectó la presencia de agua. Se dejó instalada tubería piezométrica y tapa metálica de sellado en el sondeo SM-1, con objeto de realizar un seguimiento y evolución de los niveles de agua.

2.1.2.- ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA TIPO D.P.S.H.

Se han realizado tres (3) ensayos de penetración dinámica continua tipo D.S.P.H., hasta una profundidad máxima de 2,20 m, habiéndose obtenido el rechazo en todos ellos.

La distribución de los ensayos de penetración dinámica se refleja en el Plano 1, Plano de situación de los trabajos de campo y perfiles geológico- geotécnicos.

En el siguiente cuadro se especifica la cota de inicio de los ensayos de penetración, profundidad de rechazo, así como el espesor del suelo de compacidad floja detectado.

ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA (D.P.S.H.)	COTA RELATIVA DE BOCA (m)	PROFUNDIDAD DE RECHAZO O FINALIZACIÓN DE ENSAYO (m)	COTAS RELATIVAS DE RECHAZO O FINALIZACIÓN DE ENSAYO (m)	ESPESOR DE SUELO FLOJO (m) (N ₂₀ <15 golpes)	COTA INFERIOR DEL NIVEL DE SUELOS FLOJOS Y/O RELLENOS (m)
PD-1	0,00	2,20	-2,20	1,60	-1,60
PD-2	0,00	2,00	-2,00	0,60	-0,60
PD-3	0,00	2,00	-2,00	1,40	-1,40

Los valores de los golpes del ensayo de penetración dinámica indican la presencia de suelo flojo y/o alterado superficial con un espesor comprendido entre 0,60 y 1,60 m.

Por debajo de este relleno y/o suelo flojo (<15 golpes), se ha detectado un suelo de consistencia firme a dura, en los cuales se ha obtenido el rechazo normativo a cota variable en todos los ensayos.

2.2.- ENSAYOS DE LABORATORIO

En las muestras recogidas del testigo de perforación, se han realizado una serie de ensayos en el laboratorio de Mecánica del Suelo TSM, colaborador de SGS Tecnos, S.A., 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.

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 natural4
- Determinación de la densidad aparente y seca4
- Determinación de los límites de Atterberg.....4
- Granulometría por tamizado4

Ensayos mecánicos

- Resistencia a compresión simple.....1

Ensayos de hinchamiento

- Presión máxima de hinchamiento.....2

Ensayos químicos

- Contenido de sulfatos solubles en muestra de suelo3
- Acidez Baumann - Gully1

2.2.1.- 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 (ρ_{ap}) correspondiente a la mezcla de partículas sólidas, agua y aire que contiene el suelo en unas condiciones naturales determinadas. Viene expresada en g/cm³ como el cociente entre la masa por unidad de volumen.

Los valores de humedad obtenidos están comprendidos entre el 9,7 y 24,2%. La densidad seca está comprendida entre 1,57 y 1,82 g/cm³, y la densidad aparente está comprendida entre 1,95 y 2,05 g/cm³.

2.2.2.- 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 cuatro (4) análisis granulométricos en las muestras recogidas del testigo de perforación. Se registra un porcentaje que pasa por el tamiz #200 comprendido entre 82,5 y 30,8 %. El porcentaje que pasa por el tamiz #4 está comprendido entre el 100 y 95,5%.

Los valores se indican en el Cuadro Resumen de los ensayos.

2.2.3.- 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, (WL) y el límite plástico (WP). El índice de plasticidad (IP), 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 cuatro (4) ensayos de plasticidad, cuyos resultados se incluyen en el (Cuadro 3.I).

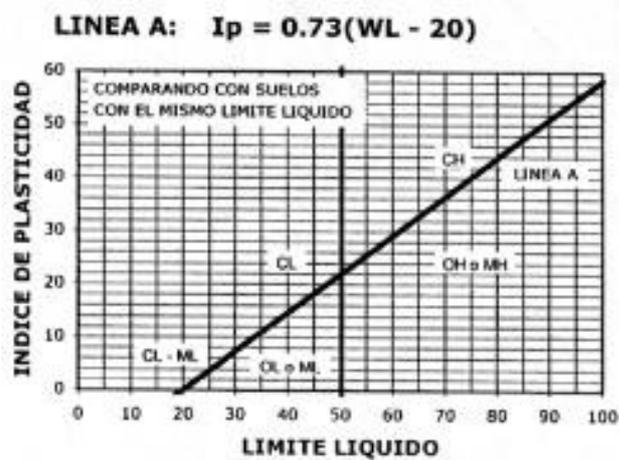
La muestra ensayada en el sondeo SM-1 a 3,00- 3,60 m presenta un valor de límite líquido de 53,6 y un índice de plasticidad de 15,5, lo que indica una plasticidad alta.

La siguiente muestra ensayada en el sondeo SM-1 a 6,00- 6,30 m presenta un valor de límite líquido de 39,0 y un índice de plasticidad de 13,8, lo que indica una plasticidad baja.

La última muestra ensayada en el sondeo SM-1 a 11,60- 11,90 m presenta un valor de límite líquido de 38,1 y un índice de plasticidad de 10,8, lo que indica una plasticidad baja.

En base a los ensayos de granulometría, a continuación se clasifican las muestras ensayadas según la U.S.C.S.

- Sondeo SM-1 3,00- 3,60 m: CH Arcilla inorgánica de plasticidad elevada.
- Sondeo SM-1 6,10- 6,30 m: ML-CL Limos inorgánicos/ Arcilla inorgánica de plasticidad baja a media.
- Sondeo SM-1 11,60- 11,90 m: SC Arena arcillosa, mezcla mal graduada de arenas o arcillas
- Sondeo SC-3 0,90- 1,20 m: CL Arcilla inorgánica de plasticidad baja a media



2.2.4.- COMPRESIÓN SIMPLE

El ensayo tiene como objeto medir la resistencia a compresión uniaxial de una probeta con forma cilíndrica regular.

Se ha realizado un (1) ensayo de compresión uniaxial en suelo. En el Cuadro 3.1, y en el Anexo III, se indican el valor de la resistencia a compresión uniaxial (q_u) en kg/cm^2 , siendo el valor obtenido de $10,8 \text{ kg/cm}^2$.

2.2.5.- PRESIÓN MÁXIMA DE HINCHAMIENTO

Es un ensayo destinado a la clasificación y cuantificación del grado de expansividad del suelo. La medida se realiza en el edómetro. La presión de hinchamiento P_h (kp/cm^2) es la máxima presión vertical desarrollada por una muestra en el edómetro tras su inundación en condiciones de deformación nula.

Se han realizado dos (2) ensayos de presión máxima de hinchamiento, obteniéndose unos valores de 30 y 50 kPa, clasificándose como de expansividad media- baja.

2.2.6.- CORTE DIRECTO

Se han realizado dos (2) ensayos de corte directo, uno de tipo consolidado y sin drenar (CU), y otro de tipo consolidado y drenado (CD), con objeto de determinar los parámetros de resistencia a corte de un suelo consolidado, a través del cual, se obtienen los parámetros intrínsecos del terreno, cohesión (c) y ángulo de rozamiento interno (Φ).

La muestra ensayada en el sondeo SM-1 a 6,00- 6,30 m presenta un valor de $c= 0,16 \text{ kg/cm}^2$ y $\Phi=31,48$.

La otra muestra ensayada en el sondeo SM-1 a 11,60- 11,90 m presenta un valor de $c= 0,20 \text{ kg/cm}^2$ y $\Phi=34,29$.

2.2.7.- ANÁLISIS QUÍMICOS

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

Se ha realizado tres (3) análisis cuantitativo de sulfatos en muestra de suelo, obteniéndose una concentración de SO_4^{2-} comprendida entre 50 y 175 mg/kg en las muestras del sondeo SM-1.

Adicionalmente se realizaron dos ensayos de acidez Baumann-Gully, obteniéndose una concentración de

SO_4^{2-} comprendida entre 4 y 6 mg/kg en las muestras del sondeo SM-1

2.3.- ESTRATIGRAFÍA

La secuencia litoestratigráfica presente en la parcela objeto de estudio, ha confirmado los antecedentes geológicos de la zona, y es coincidente con los datos aportados por los estudios geotécnicos realizados con anterioridad en esta zona.

En base a los sondeos realizados, ha sido establecida la siguiente distribución del terreno detectado en el subsuelo.

NIVEL 0: Suelo edáfico

En los tres sondeos realizados se ha detectado la un nivel superficial correspondiente a un suelo edáfico arcilloso- arenoso de color marrón oscuro, con una potencia de entre 0,30-0,40 m de espesor.

Este nivel no se considera apto para el apoyo de la cimentación. Los parámetros geotécnicos adoptados para este nivel son:

- Cohesión = 0,05 kp/cm² (valor bibliografía)
- Ángulo de rozamiento interno = 25° (valor bibliografía)

NIVEL I: Relleno antrópico

Detectado en el sondeo SC-3, entre 0,30- 1,50 m de profundidad, comprendido entre el nivel edáfico superficial y el nivel de gravas.

Se trata de una capa de arcillas limosas algo arenosas de color marrón oscuro con presencia ocasional de gravillas. Los ensayos de penetración dinámica realizados en el seno de este nivel, revelan una baja consistencia.

Se trata de un nivel de baja calidad geotécnica, no apto para el apoyo de ningún tipo de cimentación.

Los parámetros geotécnicos obtenidos para este nivel, en función de los ensayos de laboratorio, son los siguientes:

- Porcentaje de finos (# 200): 76,6 %.
- Límite Líquido WL= 41,0
- Índice de Plasticidad IP=15

- Clasificación U.S.C.S.: CL
- Densidad seca: 1,80 g/cm³
- Densidad húmeda: 2,03 g/cm³
- Humedad: 11,6%
- Cohesión = 0,05 kp/cm² (valor bibliografía)
- Ángulo de rozamiento interno = 25° (valor bibliografía)

NIVEL II: Gravas, cantos y bolos (Depósitos cuaternarios- Qx)

Subyacente al nivel superficial edáfico, y al nivel de rellenos detectado en el sondeo corto SC-3, se ha detectado un nivel de materiales de edad cuaternaria formado por gravas, cantos y bolos, detectado en los tres sondeos realizados, alcanzando unas profundidades desde embocadura entre 3,50 y 3,80 m (3,60 m en el sondeo SM-1).

Se trata de un depósito compuesto por cantos gravas, gravillas y bolos poligénicos, subredondeados, en matriz arcillosa- arenosa, de color marón beige a pardo, correspondientes a los depósitos de terraza del Jarama y arroyos tributarios, así como otros depósitos tipo aluvial- coluvial.

Estos materiales han sido observados con profusión durante la realización del itinerario denominado tramo 1, coincidiendo nuestras observaciones de campo con lo descrito en los sondeos

En el sondeo S-1 se realizó un ensayo SPT en el seno de esta capa, obteniéndose un valor N₃₀= 12, lo que indica una compacidad media.

Los parámetros geotécnicos estimados, ante la imposibilidad de tomar muestras inalteradas y/o parafinadas, para este nivel son:

- Cohesión = 0,2 kp/cm² (valor bibliografía)
- Ángulo de rozamiento interno = 35° (valor bibliografía)

NIVEL III: Arcillas margosas- limosas (Mioceno)

Detectada en el sondeo largo SM-1, subyacente a los depósitos de gravas y cantos del cuaternario. Corresponden al sustrato Mioceno y se observan en dos tramos, uno comprendido entre 3,60 y 6,40 m, y otro entre 9,60 y 10,60 m.

Se trata de unas arcillas en ocasiones carbonatadas con aspecto margoso de color blanquecino a marrón verdoso, algo limo arenosas, en el tramo superior, que en tramo inferior presentan un mayor contenido en limos y arenas, y pasan a un color marrón-rojizo.

Durante la realización del ya mencionado itinerario denominado tramo 1, en la estación E-2, en la excavación de un cajeadado para una estructura tipo arqueta, depósito o similar, subyacente al nivel de gravas y cantos, a una profundidad superior a los 3,5 m desde cota superficial se observó un material limoso, algo arenoso color marrón beige.

Este material corresponde con seguridad al sustrato Mioceno, que en este punto presentaba un mayor contenido en limos.

Los parámetros geotécnicos obtenidos para este nivel, en función de los ensayos de laboratorio, son los siguientes:

- Porcentaje de finos (# 200): 57,9 – 82,5 %.
- Límite Líquido WL= 39,0- 53,6
- Índice de Plasticidad IP=25,2- 38,1
- Clasificación U.S.C.S.: CH, ML-CL
- Densidad seca: 1,57- 1,68 g/cm³
- Densidad húmeda: 1,95-2,03 g/cm³
- Humedad: 19,3%-24,2%
- Cohesión: c= 0,16 kp/cm²
- Ángulo de rozamiento interno: 31,4° (se considera un valor alto, se adoptará un valor en torno a 28-30°)
- Contenido en sulfatos: 50-175 mg/kg suelo
- Presión máxima de hinchamiento: 0,50 kp/cm².

NIVEL IV: Arenas arcillosas a muy arcillosas (Mioceno)

Detectadas en el sondeo largo SM-1, corresponden igualmente al sustrato Mioceno, y aparecen intercaladas entre las arcillas descritas en el punto anterior. Se han detectado en dos tramos, el primero comprendido entre 6,40 y 9,60 m, y el segundo entre 10,60 hasta 15,39 m, fin del sondeo.

Se trata de unas arenas arcillosas a muy arcillosas de color marrón pardo a amarillento, observándose ocasionales pasadas más ricas en arcilla.

Atendiendo a los resultados de los ensayos SPT obtenidos en el seno de esta capa, los golpes obtenidos son N₃₀=51-R, lo que indica una compacidad muy densa.

Los parámetros geotécnicos obtenidos para este nivel, en función de los ensayos de laboratorio, son los siguientes:

- Porcentaje de finos (# 200): 30,8 %.
- Límite Líquido WL= 38,1
- Índice de Plasticidad IP= 10,8
- Clasificación U.S.C.S.: SC
- Densidad seca: 1,80 g/cm³
- Densidad húmeda: 2,05 g/cm³
- Humedad: 9,7%
- Resistencia a la compresión simple: $q_u = 10,8 \text{ kp/cm}^2$
- Cohesión: $c = 0,20 \text{ kp/cm}^2$
- Ángulo de rozamiento interno: 34,2° (se considera un valor poco representativo, se adoptará un valor en torno a 28 -30°)
- Contenido en sulfatos: 25-175 mg/kg suelo
- Presión máxima de hinchamiento: 0,30 kp/cm².

2.4.- 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, que en el caso que nos ocupa corresponden al Nivel I Relleno antrópicos, y al Nivel II Gravas, cantos y bolos.

Los cálculos han sido realizados con el programa SLIDE (suelos), del software Rocscience, cuyos resultados se encuentran recogidos en el Apéndice 1.

Los taludes en suelos rompen generalmente a favor de superficies curvas, con forma diversa condicionada por la morfología y estratigrafía del talud. La más frecuente suele ser aproximadamente circular, con su extremo inferior en el pie del talud, “deslizamiento de pie”, en el caso de terrenos homogéneos, o formados por varios estratos con propiedades geotécnicas homogéneas.

Para realizar el cálculo de estabilidad de taludes se ha considerado la columna estratigráfica observada en las columnas de los sondeos y cuyos parámetros ya han sido indicados anteriormente, para profundidades de zanja de entre 1,20 m y 3,50m.

Se ha realizado un cálculo de estabilidad para cada punto en el que se ha realizado una

prospección y, adicionalmente, aprovechando las observaciones realizadas en la traza y algunas de las prospecciones realizadas en los estudios geotécnicos previos, se han realizado dos cálculos de taludes adicionales.

En todos los casos resulta un talud estable el 1H/1V, con coeficiente de seguridad superior a 1,5 en todos los casos

2.5.- EXCAVABILIDAD

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 todas 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 otra parte la Norma Tecnológica de Edificación (NTE) en su apartado Acondicionamiento del terreno- Cimentaciones, establece las siguientes categorías de terreno, según su excavabilidad:

Terreno duro: Cuando es atacable con máquinas y/o escarificador, pero no con pico, como terrenos de tránsito, rocas descompuestas, tierras muy compactas.

Terreno medio: Cuando es atacable con el pico, pero no con pala, como arcillas semicompactas con o sin gravas o gravillas.

Terreno blando: Cuando es atacable con la pala, como tierras sueltas, tierra vegetal, arenas.

Las condiciones de excavabilidad en nuestra área de estudio se ha establecido basándonos en las prospecciones y observaciones realizadas, antecedentes, aportados por los estudios previos revisados y la bibliografía, y nuestra experiencia en la zona.

De este modo, los materiales presentes en la traza son en general de excavabilidad “tierra”- “blando” por lo que el arranque y la carga de materiales se puede realizar con los siguientes equipos: Palas cargadoras y retroexcavadora de brazo profundo aproximadamente 5,50 m o la retroexcavadora mixta (pala y retro) válida también para zanjas de servicio.

En cuanto a la ejecución de las hincas que es preciso realizar para el cruce de las carreteras M111 y M103, se propone un sistema de escudo cerrado, para evitar que posibles afecciones al estrato de bolos y gravas pueda ocasionar desprendimientos que puedan afectar a las vías atravesadas.

2.6.- APROVECHAMIENTO DE MATERIALES

De los ensayos realizados ha obtenido la estratigrafía de la zona de proyecto, donde se han detectado los niveles indicados en apartaos anteriores, y que se resumen a continuación:

Nivel 0: suelo edáfico, con una potencia de 0,30 a 0,40 metros.

Nivel I: relleno antrópico (SC-3 0,9 -1,20 m)

LL- 41,0; IP= 15 → Suelo marginal

Nivel II: Gravas, cantos y bolos en matriz arcilloso-terrosa, con profundidades de hasta 3,80 metros.

No se dispone de ensayos de laboratorio.

Nivel III: arcillas margo- limosas, comprendidas en dos tramos, situado entre 3,60 y 6,40 metros de profundidad el primero, y entre 9,60 y 10,60 metros de profundidad el segundo. (SM-1 3,00- 3,60 m; 6,10-6,30 m)

200- 57,9%/82,5%; LL- 39/ 53,6; IP= 25,2/ 38,1 → Suelo tolerable

Nivel IV: arenas arcillosas a muy arcillosas. Aparecen intercaladas entre las dos capas existentes en el nivel anterior y por debajo del mismo hasta los 15,39 metros de profundidad en que finaliza el sondeo. (SM-1 11,60- 11,90 m)

2 < 80%; # 200- 30,8%; LL- 38,1; IP= 10,8 → Suelo adecuado.

Teniendo en cuenta que el recubrimiento mínimos adoptado, en general, para la tubería es de 1 metro y que el diámetro máximo es de 250 mm, se prevé que durante la ejecución de la obra se atraviesen los niveles 0 a III, y en algún caso puntual el IV, en el caso de cimentaciones de arquetas.

A efectos del aprovechamiento de los materiales existentes en la traza, y atendiendo a los ensayos realizados a los mismos, se puede considerar que los correspondientes al nivel I (rellenos antrópicos) tienen la consideración de marginales, mientras que los correspondientes al nivel III (arcillas margosas y limosas) se pueden considerar como tolerables. El nivel II, correspondiente a las gravas, cantos y bolos, no se ha ensayado en laboratorio, aunque se puede considerar que estos materiales, en general, pueden ser considerados como adecuados, a falta de una determinación más precisa durante la fase de ejecución, siendo posible utilizar estos materiales en los rellenos de zona alta como relleno adecuado, teniendo en cuenta las limitaciones de tamaño máximo.

No existen en la traza materiales con características de suelo seleccionado, por lo que este tipo de relleno será preciso obtenerlo de préstamo.

2.7.- TENSIÓN ADMISIBLE DEL TERRENO

Emplazamiento Sondeo SM-1

A la cota roja del tubo de hincas, afloran las arenas arcillosas a muy arcillosas, alternando con niveles más cohesivos, por lo que la tensión admisible del terreno se determinará considerando un conjunto de carácter granular.

Cuando predomina la fracción granular, la tensión admisible está más limitada por asientos que por hundimiento, por lo que para ello, nos basamos en el golpeo NSPT obtenido en los ensayos de penetración estándar, según el método simplificado propuesto en el CTE

(Código Técnico de la Edificación):

Para un ancho de cimentación $B > 1,2$ m

$$\sigma_{ad} = 8 \text{ NSPT} [1 + D/3B] * [St/25] * [(B+0,3)/B]^2 \text{ kN/m}^2$$

Donde:

- St = Asiento total admisible, en mm (consideramos 25,4 mm para suelos granulares, Burland 1977).
- $NSPT = 50$
- D = Profundidad de empotramiento de la cimentación, supuesta de 1 m.
- B = Ancho de cimentación (supuesto de 3 m).
 $[1 + D/3B]$ debe ser $\leq 1,3$

Sustituyendo:

$$\sigma_{ad} = 545,8 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{5,45 \text{ kp/cm}^2}$$

Optando por un criterio más conservador adoptaremos un valor de **3,50 kp/cm²**.

En el caso de suelos granulares, resulta más restrictivo el cumplimiento de la condición de **asientos**, para lo cual se ha considerado la formulación de Burland y Burbidge:

$$S_i = f_l f_s f_c q' x B^{0.7} x I_c$$

Donde

- S_i = asiento medio al final de la construcción, en mm.
- f_s = coeficiente de forma = $\left[\frac{1.25L/B}{0.25 + L/B} \right]^2$
- f_l = factor de corrección que tiene en cuenta la existencia de una capa rígida por debajo de la cimentación a profundidad $H_s < Z_I$, donde Z_I es la profundidad de influencia de la zapata.

$$f_l = \left[\frac{H_s}{Z_l} \right] x \left[2 - \frac{H_s}{Z_l} \right]$$

- q' = tensión efectiva aplicada en la base de cimentación (kN/m^2).
- B = ancho de zapata.
- I_c = índice de compresibilidad, en función del N_{spt} en la zona de influencia del bulbo de presiones bajo la cimentación.

$$I_c = \frac{1.7}{N_{med}^{1.4}}$$

Si = 5,26 mm = 0,52 cm < 2,54 cm. Admisible.

Por tanto se verifican la tensión admisible de $\sigma_{ad} = 3,50 \text{ kp/cm}^2$.

En los otros puntos prospectados, para el cálculo de la tensión admisible del terreno en función de los resultados de los ensayos de penetración dinámica continua D.P.S.H., se ha utilizado la fórmula de Hince de los Holandeses:

$$R_d = \frac{M^2 h}{(P + M) * S * e} \quad R_e = 0,7 * R_d \quad \sigma_{adm} = \frac{R_e}{20 * 3}$$

R_d = resistencia dinámica en

punta R_e = 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 cm^2)

e = $20/N_{20}$

Se muestran a continuación las tablas que relacionan la profundidad con la tensión admisible obtenida para cada una de ellas con los ensayos de penetración dinámica. Como

puede observarse, para profundidades mayores de 1,30, superiores a la cuál se situarán los planos de cimentación de arquetas y macizos de cimentación, la tensión admisible mínima es de 1,44 kp/cm² en el PD-1, siendo muy superior a ese valor en el PD2 y PD-3.

PD-1					TENSION ADMISIBLE (kp/cm ²)
PROFUNDIDAD (m)		GOLPES	Rp	Re	
DE	HASTA				
0.00	0,2	20	0,00	0,00	0,00
0.20	0,4	20	229,04	160,32	2,67
0.40	0,6	21	235,98	165,19	2,75
0.60	0,8	15	165,46	115,82	1,93
0.80	1	16	173,31	121,31	2,02
1.00	1,2	12	127,67	89,37	1,49
1.20	1,4	10	104,54	73,18	1,22
1.40	1,6	12	123,30	86,31	1,44
1.60	1,8	17	171,74	120,22	2,00
1.80	2	67	665,64	465,95	7,77
2.00	2,2	100	977,31	684,12	11,40

PD-2					TENSION ADMISIBLE (kp/cm ²)
PROFUNDIDAD (m)		GOLPES	Rp	Re	
DE	HASTA				
0.00	0,2	11	0,00	0,00	0,00
0.20	0,4	10	114,52	80,16	1,34
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	47	509,09	356,36	5,94
1.00	1,2	73	776,69	543,68	9,06
1.20	1,4	64	669,07	468,35	7,81
1.40	1,6	66	678,16	474,71	7,91
1.60	1,8	71	717,25	502,08	8,37
1.80	2	100	993,49	695,44	11,59

PD-3					TENSION ADMISIBLE (kp/cm ²)
PROFUNDIDAD (m)					
DE	HASTA	GOLPES	Rp	Re	
0.00	0,2	15	0,00	0,00	0,00
0.20	0,4	13	148,87	104,21	1,74
0.40	0,6	10	112,37	78,66	1,31
0.60	0,8	11	121,34	84,94	1,42
0.80	1	11	119,15	83,40	1,39
1.00	1,2	13	138,31	96,82	1,61
1.20	1,4	14	146,36	102,45	1,71
1.40	1,6	20	205,50	143,85	2,40
1.60	1,8	44	444,50	311,15	5,19
1.80	2	100	993,49	695,44	11,59
2.00	2,2				
2.20	2,4				
2.40	2,6				
2.60	2,8				
2.80	3				
3.00	3,2				
3.20	3,4				
3.40	3,6				
3.60	3,8				

2.8.- 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 máxima de 175 mg/Kg, por lo que la muestra de suelo no presenta agresividad al hormigón por contenido en sulfatos.

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

3.- ANEXO I



CANAL DE ISABEL II GESTIÓN, S.A.

**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO DE
CONSTRUCCIÓN DE UN COLECTOR PARA EL
SUMINISTRO DE AGUA DE RIEGO EN ALGETE
(MADRID).**

INFORME Nº 222381-EG T-2192

Madrid, Abril 2016

1.	INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	1
2.	TRABAJOS REALIZADOS	7
2.1.	TRABAJOS DE GABINETE E INVESTIGACIÓN	7
2.2.	TRABAJOS DE CAMPO.....	7
2.2.1.	SONDEOS MECÁNICOS	8
2.2.2.	ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA TIPO D.P.S.H.	11
2.2.3.	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL TRAZADO DEL COLECTOR	12
3.	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	36
3.1.	HUMEDAD Y DENSIDAD	36
3.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	37
3.3.	LÍMITES DE ATTERBERG	37
3.4.	COMPRESIÓN SIMPLE.....	38
3.5.	PRESIÓN MÁXIMA DE HINCHAMIENTO.....	38
3.6.	CORTE DIRECTO.....	39
3.7.	ANÁLISIS QUÍMICOS.....	39
4.	MARCO GEOLÓGICO	41
5.	ESTRATIGRAFÍA	49
6.	HIDROGEOLOGÍA.....	53
7.	AFECCIÓN SÍSMICA	54
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
8.1.	TRAZADO DEL COLECTOR.....	55
8.2.	ESTABILIDAD DE TALUDES.....	59
8.3.	EXCAVABILIDAD	64
8.4.	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD.....	65
8.5.	TENSIÓN ADMISIBLE DEL TERRENO	65
8.6.	HORMIGONES	69

PLANOS

PLANO 1: Planta de situación de los trabajos de campo

PLANO 2: Plano itinerarios geológicos (zona colector)

ANEXOS

ANEXO I: SONDEOS MECÁNICOS

ANEXO II: ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA

ANEXO III: ENSAYOS DE LABORATORIO

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El objeto del presente estudio es definir los parámetros geotécnicos del terreno, para el “PROYECTO DE SUMINISTRO DE AGUA DE RIEGO CON AGUA REGENERADA EN ALGETE, (MADRID)”. Ver **Figura 1.a**.

Por la documentación facilitada por nuestro cliente, los diámetros, materiales y profundidades de la tubería son:

Hinca bajo M111. SM1: tubería PVC-O, PN25, 400mm. Cota roja tubo hinca: 597.5 profundidad pozo ataque: 4,5 m profundidad pozo llegada: 5'4 m.

Vial no construido PD1 C1. PVC-O, PN20, 90mm. Profundidad estimada zanja: 1'2 m.

Polígono Río de Janeiro. Rotonda en vial del polígono Río de Janeiro. PD2: PVC-O, PN20, 90mm. Profundidad estimada zanja: 1'2m. Calle la Torrecilla PD3 C3. UPVC lámina libre 600mm. Profundidad estimada zanja: 3'5 m.

El colector de Polígono Río de Janeiro. Calle la Torrecilla PD3 C3. lámina libre 600mm. Profundidad estimada zanja: 3'5 m. será de HORMIGÓN.

Como información adicional para la realización de este estudio, el Canal de Isabel II aportó dos informe geotécnicos realizados en la zona.

El primero de ellos denominado *Asistencia técnica para la realización de los trabajos geotécnicos del proyecto de “conexión con el 2º anillo y red de distribución de Algete”*, realizado por TECNIA, clave: G12001, y fecha de Abril 2012. En este se realizaron un total de dos (2) sondeos, nueve (9) ensayos de penetración dinámica y nueve (9) calicatas.

El segundo estudio, denominado *Informe Geotecnico para la EDAR de Algete II y colectores Algete (Madrid)*, realizado por ARCE, con registro R01-14268, y fecha 31/07/2007. En este se realizaron un total de dos (2) sondeos y tres (3) ensayos de penetración dinámica

Para la realización del estudio, se planteó una campaña de campo consistente en la realización de un (1) sondeo mecánico, dos (2) sondeos cortos en sustitución de sendas calicatas, y tres (3) ensayos de penetración dinámica tipo DPSH, a lo largo del trazado del colector, y como complemento a dos informes geotécnicos previos de la zona, relativos a dos obras de conducción cuyo trazado es casi coincidente con el de algunas de las conducciones del proyecto actual.

Adicionalmente se han efectuado tres itinerarios por diversos tramos del trazado del colector, con objeto de realizar una caracterización del terreno a lo largo de la misma, y así poder aportar una mayor cantidad de información que facilite la realización de los trabajos de instalación de la conducción.

La localización de las prospecciones geológicas, 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 han sido tomadas con GPS, modelo GPSmap 76CSx, 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 y en la zona en la que se ha proyectado el trazado del emisario.

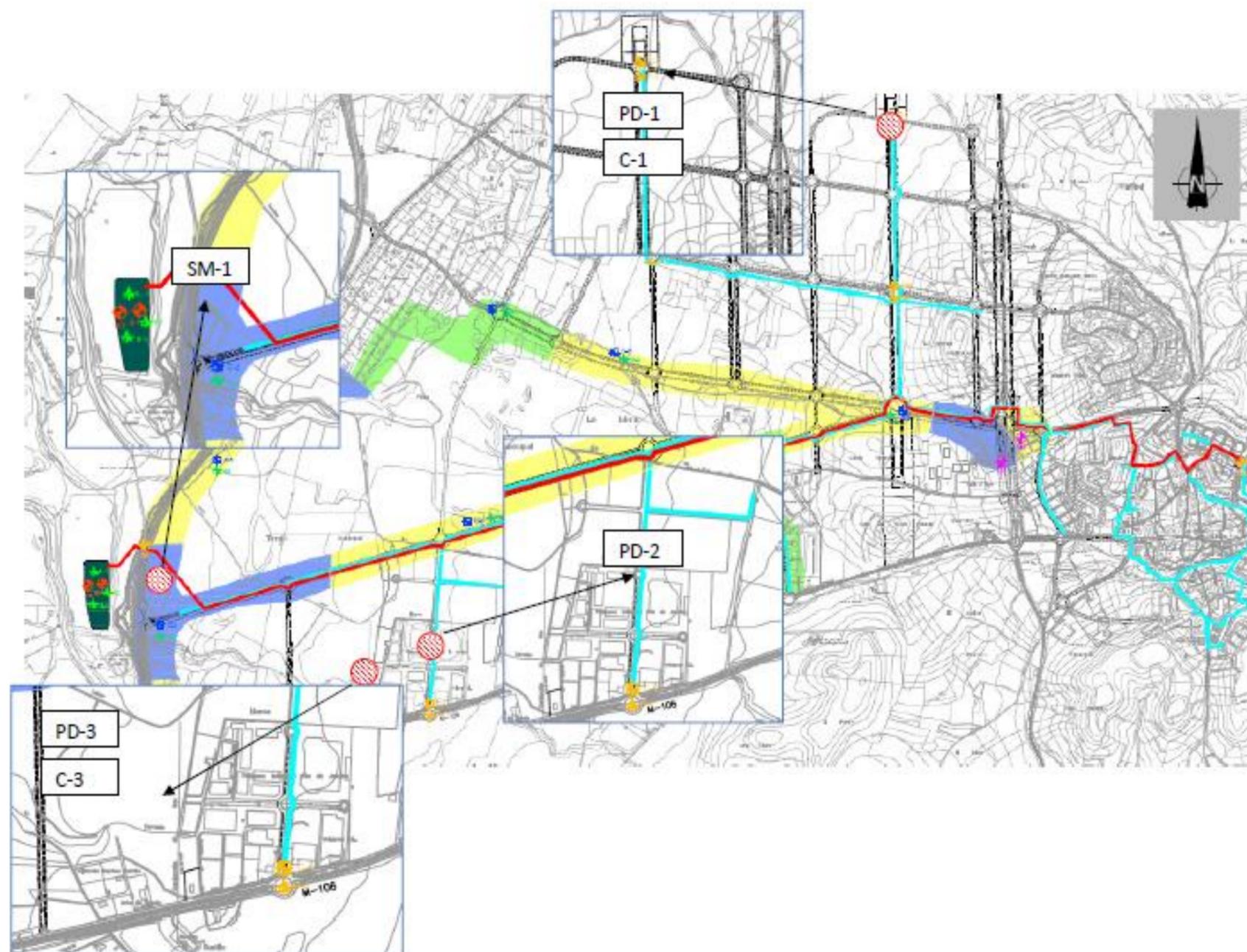


Figura 1.a: Plano de los trabajos de campo

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 y en la zona en la que se ha proyectado el trazado del colector.

ZONA DEL SONDEO S-1; TRAZADO 1a – 1b; TRAZADO 3

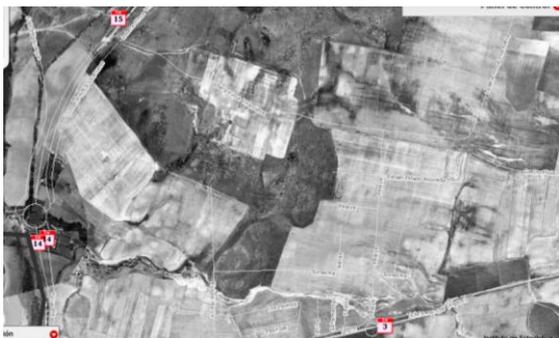


FOTO AÉREA 1961-67



FOTO AÉREA 1975



FOTO AÉREA 1991



FOTO AÉREA 2001



FOTO AÉREA 2011

De las fotografías se deduce:

Hasta el año 1991 no se observa la urbanización del Polígono industrial Río de Janeiro, así como cualquier otro cambio sustancial en el entorno. En el 2011 se aprecia la ampliación del polígono industrial y la explotación de áridos en la finca Villanueva.

ZONA DEL SONDEO S-1; TRAZADO 1b- 1c; TRAZADO 2



FOTO AÉREA 1961-67



FOTO AÉREA 1975



FOTO AÉREA 1991

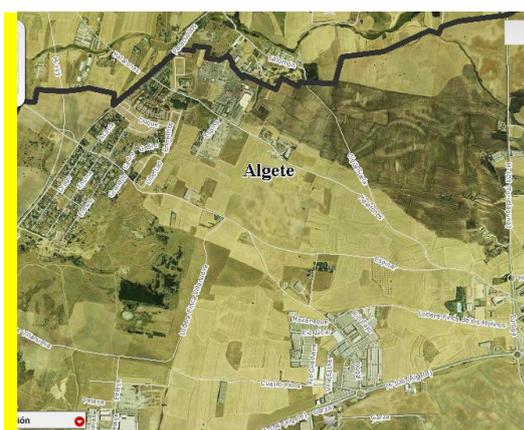


FOTO AÉREA 2001

ZONA DEL SONDEO S-1; TRAZADO 1b- 1c; TRAZADO 2



FOTO AÉREA 2011

De las fotografías aéreas históricas de la zona de estudio, se deduce como ya en el 1975 comienza la urbanización del Polígono Industrial El Nogal, apareciendo ya desarrollado en el 1991.

Fuera de estas actuaciones en los polígonos, no se aprecian cambios sustanciales en el entorno, manteniéndose hasta día de hoy el uso agrícola de los campos.

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 534 (Colmenar Viejo).
- I.T.G.E. “Mapa Geológico 1:50.000 Hoja 535 (Algete).
- IGME: “Mapa Hidrogeológico de España 1:200.000 nº 45 (5-6) (Madrid)”.
- IGME: “Mapa geotécnico Madrid 45, 1:200.000”.
- 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 GEOCIÉNTÍFICO del Medio Natural de la Comunidad de Madrid”.
 - Asistencia técnica para la realización de los trabajos geotécnicos del proyecto de “Conexión con el 2ª anillo y red de distribución de Algete”, realizado por la empresa TECNIA con referencia G12001 y fecha de Abril del 2012.
 - Informe geotécnico para la EDAR de Algete II y colectores Algete (Madrid) realizado por la empresa ARCE con referencia R01-14268 y fecha de 31/07/07.

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. También se realizó una campaña de ensayos de penetración dinámica tipo DPSH. Dichos ensayos “*in situ*”, se encuentran referenciados mediante GPS, modelo GPSmap 76CSx.

La distribución de los puntos en el campo se ha realizado en base a la solicitud del cliente. El sondeo largo SM-1 se emplazó en las proximidades de la M-111, con objeto de obtener datos para los trabajos de hinca bajo la carretera, mientras que el emplazamiento de resto de ensayos responde a la necesidad de aportar datos acerca del trazado de la tubería.

Adicionalmente, como ya se mencionó anteriormente, se han efectuaron tres itinerarios por diversos tramos del trazado del colector, con objeto de realizar una caracterización del terreno a lo largo de la misma

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		COTA RELATIVA DE INICIO (m)	PROFUNDIDAD PROSPECTADA (m)	COTA RELATIVA ALCANZADA (m)	FORMACIÓN GEOLÓGICA	FECHA
SONDEOS	SM-1	0,00	15,39	-15,39	<i>Cuaternario y Mioceno</i>	01/04/2016
	SC-1	0,00	3,50	-3,50	<i>Cuaternario</i>	06/04/2016
	SC-3	0,00	3,80	-3,80	<i>Cuaternario</i>	08/04/2016
ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA	P-1	0,00	2,20	-2,20	<i>Cuaternario y Mioceno</i>	31/03/2016
	P-2	0,00	2,00	-2,00	<i>Cuaternario y Mioceno</i>	31/03/2016
	P-3	0,00	2,00	-2,00	<i>Cuaternario y Mioceno</i>	31/03/2016

Cuadro 2.2.I: Cuadro resumen

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, uno largo y dos cortos, estos en sustitución de sendas calicatas. En total se han perforado un total de 22,69 m.l.

Los sondeos se abordaron con un equipo de sondeos modelo Canarias 250, montado sobre camión. Las perforaciones se han realizado a rotación, con baterías simples de diámetros 116, 101 y 86 mm, empleándose coronas de widia 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 RELATIVAS DE INICIO	COTAS RELATIVAS ALCANZADAS	ESPESOR DE RELLENOS Y/O SUELO FLOJO (m)	COTA INFERIOR DEL NIVEL DE RELLENOS
SM-1	15,39	0,00	-15,39	0,40	-0,40
SC-1	3,50	0,00	-3,50	0,40	-0,40
SC-3	3,80	0,00	-3,80	1,50	-1,50

Cuadro 2.2.1.I: Potencias del nivel de rellenos

Ensayos In Situ

En el interior del sondeo SM-1 a medida que avanzaba la perforación, se efectuaron un total de cinco (5) ensayos de penetración estándar (S.P.T.). Así mismo se tomaron dos (2) muestras parafinadas del testigo de perforación, condicionada por la naturaleza del terreno.

En los sondeos cortos (SC-1 y SC-3), no se realizó ningún ensayo de penetración estándar (S.P.T.) En el SC-3 se tomaron dos muestras alteradas.

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, y ensayos S.P.T. realizados.

El ensayo de penetración estándar consiste en la hincada de una muestra en el terreno mediante golpeo, en cuatro tramos de 15 cm, contabilizando el número de golpes que corresponde a cada penetración parcial y hasta una longitud total de 60 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 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.

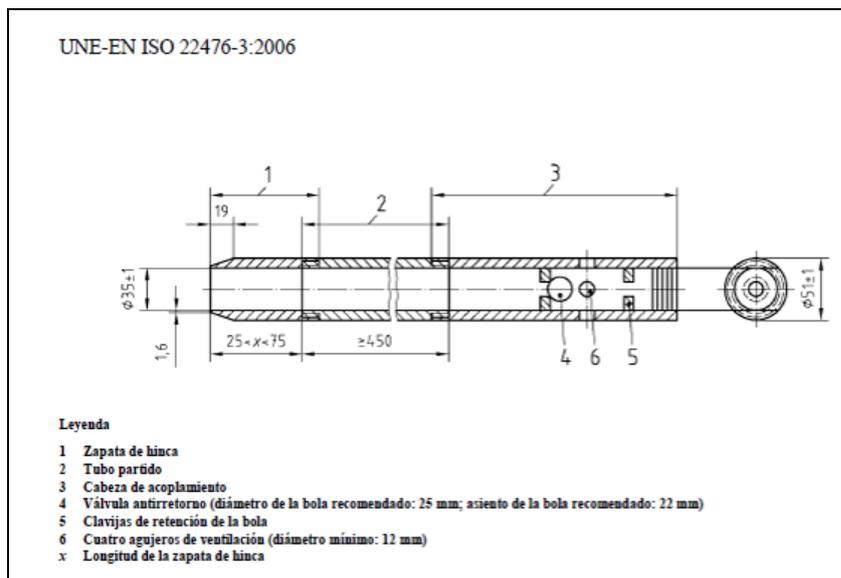


Figura 2.2.1.a: Características del ensayo de penetración estándar

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 alteradas/testigos de roca del testigo de perforación, 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"						
	MA/TP			SPT			
	Prof (m)	Golpeo	Litología	Prof (m)	Golpeo	N ₃₀	Litología
SM-1				3,00- 3,60	13-6-6-16	12	Gc
	6,10- 6,30 (TP)			6,50- 7,10	12-25-26-37	51	Ar
				9,00- 9,60	24-29-32-36	61	Ar
	11,60- 11,90 (TP)			12,00- 12,43	19-32-R	R	Ar
				15,00- 15,39	12-35-R	R	Ar
SC-1							
SC-3	0,90- 1,20 (MA)		R				
	1,60- 1,90 (MA)		Gc				

R- Relleno arcilloso ; Gc: Gravas y cantos (Q); Ar: Arena arcillosa (Mioceno)

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

En general la casi totalidad de los materiales detectados en el sondeo SM-1, arenas arcillosas a muy arcillosas- **Ar**, presentan unos valores de golpeo elevado ($N_{30} \geq 51$), correspondiente a una compacidad muy densa. Por el contrario, las gravas en matriz arenosa arcillosa -**Gc**, presentan un valor de $N_{30}=12$, lo que indica una compacidad media.

Nivel freático

Durante la ejecución de los sondeos mecánicos no se detectó la presencia de agua. Se dejó instalada tubería piezométrica y tapa metálica de sellado en el sondeo SM-1, con objeto de realizar un seguimiento y evolución de los niveles de agua.

Se recomienda llevar a cabo una comprobación antes del inicio de las obras, para valorar la afección a la cimentación.

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

Se han realizado tres (3) ensayos de penetración dinámica continua tipo D.S.P.H., hasta una profundidad máxima de 2,20 m, habiéndose obtenido el rechazo en todos ellos.

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

El ensayo de penetración dinámica consiste en la hincada 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 (N20) 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 la cota de inicio de los ensayos de penetración, profundidad de rechazo, así como el espesor del suelo de compacidad floja detectado.

ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA (D.P.S.H.)	COTA RELATIVA DE BOCA (m)	PROFUNDIDAD DE RECHAZO O FINALIZACIÓN DE ENSAYO (m)	COTAS RELATIVAS DE RECHAZO O FINALIZACIÓN DE ENSAYO (m)	ESPESOR DE SUELO FLOJO (m) (N ₂₀ <15 golpes)	COTA INFERIOR DEL NIVEL DE SUELOS FLOJOS Y/O RELLENOS (m)
PD-1	0,00	2,20	-2,20	1,60	-1,60
PD-2	0,00	2,00	-2,00	0,60	-0,60
PD-3	0,00	2,00	-2,00	1,40	-1,40

Cuadro 2.2.2.I. Potencia de rellenos y/o suelo flojo detectada en los ensayos de penetración dinámica continua tipo D.P.S.H.

Los valores de los golpes del ensayo de penetración dinámica indican la presencia de suelo flojo y/o alterado superficial con un espesor comprendido entre 0,60 y 1,60 m.

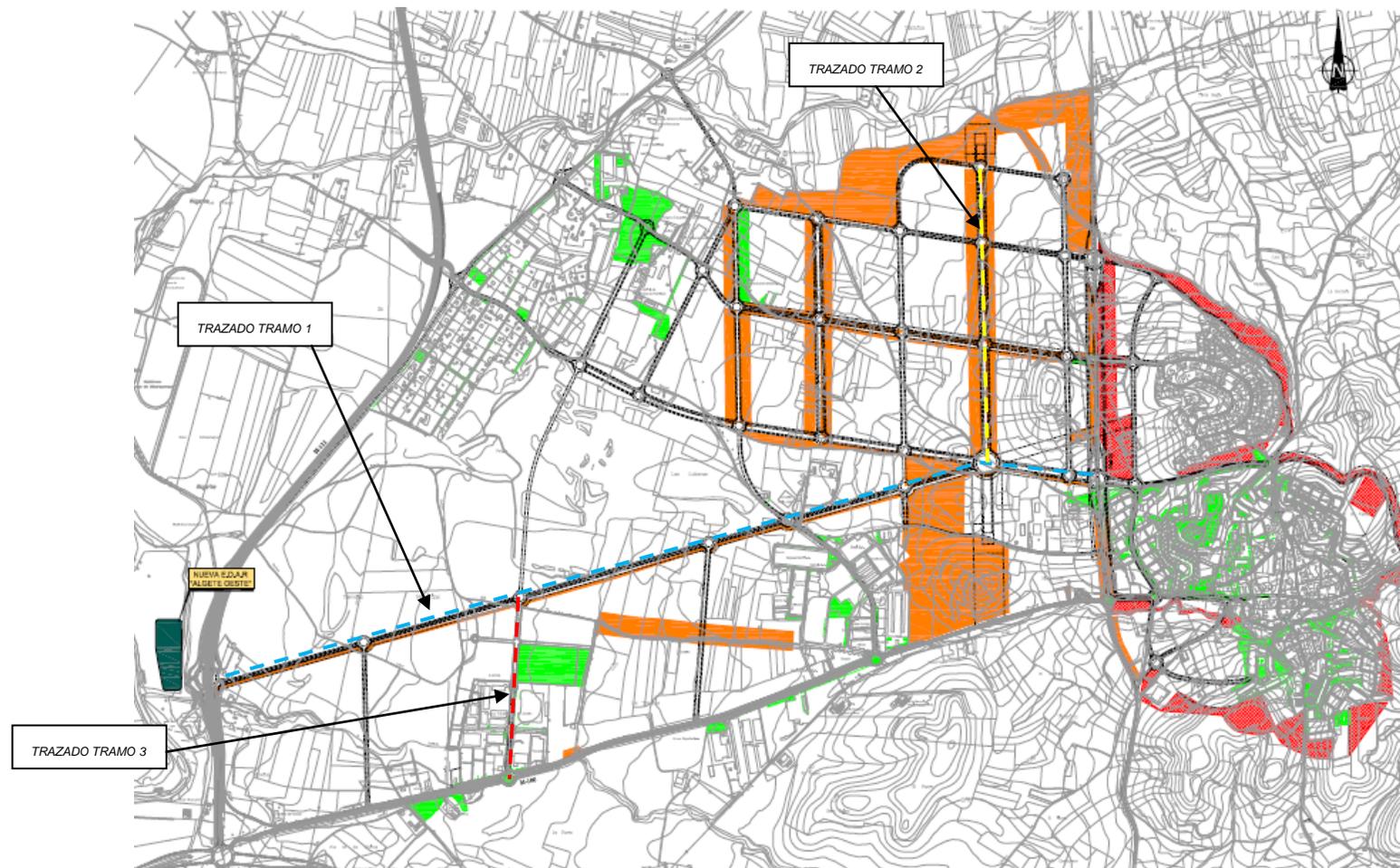
Por debajo de este relleno y/o suelo flojo (<15 golpes), se ha detectado un suelo de consistencia firme a dura, en los cuales se ha obtenido el rechazo normativo a cota variable en todos los ensayos.

Con los golpes obtenidos, se han dibujado los diagramas de penetración que se adjuntan en el **Anexo II**, tomando en el eje de abscisas el número de golpes y en el eje de ordenadas la profundidad correspondiente.

2.2.3. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL TRAZADO DEL COLECTOR

Adicionalmente se ha realizado una caracterización del terreno en la zona del trazado del colector proyectado, con objeto de completar la información existente, y poder aportar datos adicionales a los extraídos de las prospecciones

La cartografía por tanto, está basada en una inspección visual, con identificación litológica del terreno presente en superficie.



Esquema del Trazado- Tramos inspeccionados

TRAZADO COLECTOR- TRAMO 1

Desde la Via de Servicio de la carretera a Fuente El Saz (M-111) km 16 a la M-103 a la altura del Polideportivo de Algete



Tramo 1a



Tramo 1b



Tramo 1c

Trazado colector- tramo 1

Durante el pasado día 08/04/2016 se efectuó un recorrido a lo largo del trazado del colector, desde la Vía de Servicio de la carretera a Fuente El Saz (M-111) km 16, a la M-103, a la altura del Polideportivo del IES G. A. Becquer de Algete.

El objeto de la realización de este recorrido ha consistido en la realización de una caracterización del terreno a lo largo de la traza, para poder aportar la mayor cantidad de información posible para facilitar la realización de los trabajos de instalación del colector.

Para llevar a cabo la citada caracterización se han establecido un total de ocho estaciones a lo largo de la traza, en las que se han observado el estado de las obras, y cuando ha sido posible, describir los materiales del sustrato y sus características generales.

La ubicación de las estaciones realizadas figuran en el plano adjunto

E-1: Situada junto al sondeo S-1, realizado en las proximidades de la vía de servicio de la carretera a Fuente El Saz (M-111). Excavada zanja para instalar colector, en la que se observan gravas, cantos y bolos en matriz arcillosa-arenosa, de color marrón beige. No se ha observado presencia de agua.



Vista de la zanja en las proximidades de la carretera (M-111)



Aspecto de la excavación de la zanja



Detalle de los materiales aflorantes, cantos, gravas y bolos

E-2: Situada a unos 400 m antes de la línea de alta tensión, con referencia a la estaca de trazado, PK 1539. Excavada zanja para colector y cajeadado para una estructura tipo arqueta, o similar. Se observan gravas, cantos y bolos en matriz areno-arcillosa. Subyacente a este nivel afloran arenas, arcillas y limos. No se ha observado presencia de agua.

En la zona del cajeadado, a cota de apoyo aflora un material limoso, algo arenoso color marrón beige.



Vista de la excavación de la zanja



Detalle de los materiales aflorantes, arenas, limos y arcillas



Vista de la excavación del cajeadado en el que afloran limos arenosos



Detalle de los materiales aflorantes, cantos, gravas y bolos en matriz areno-arcillosa

E-3: Situada junto a la esquina NW del polígono industrial Río de Janeiro, un poco antes de la planta de áridos. Excavada zanja y colocada tubería. Observado en el cajeadado en el que se ha instalado tubería, con válvulas y accesorios, abundantes gravas, cantos y bolos en matriz arcillo-arenosa. No se ha observado presencia de agua.



Vista de la zanja con la tubería colocada



Detalle del cajeadado en el que se observa como afloran las gravas

E-4: Situada aproximadamente a la mitad de la valla del polígono industrial Río de Janeiro, pasada ya la planta de áridos. Excavada zanja de grandes dimensiones. Observadas en la totalidad de la citada zanja gravas, cantos y bolos en matriz arenosa color marrón amarillento, con ocasionales niveles carbonatados blanquecinos. Se ha observado presencia de agua en las zonas más deprimidas, posiblemente resultado de las recientes precipitaciones.



Aspecto de la excavación de la zanja



Detalle de los materiales aflorantes, cantos y gravas en matriz areno-arcillosa

E-5: Situada al norte a la esquina NE del polígono industrial Río de Janeiro. Zanja cubierta, colocada tubería y arquetas. Observado en el borde de la traza, en su margen derecho, el material extraído de la excavación, compuesto de tierra vegetal (correspondiente al suelo edáfico), así como gravas, cantos y bolos en matriz arcillo-arenosa.



Vista de la traza



Aspecto de los materiales apilados junto a la traza, formados por cantos y gravas en matriz arcillo-arenosa.

E-6: Situada al norte del polígono industrial El Nogal, en el cruce de caminos. La zanja prosigue soterrada, colocada tubería y arquetas. Observado en el lateral de la excavación de una gran arqueta, los mismos materiales que se han venido observando gravas, cantos y bolos en matriz arcillo-arenosa.



Vista de la arqueta



Detalle de los materiales aflorantes, cantos y gravas

E-7: Situada en el cruce del camino del Espinar y el camino de Castilla la Nueva, en el paraje denominado Cuesta Redonda. Desde la anterior estación la traza prosigue con la tubería soterrada. Una vez que se llega al camino que discurre E-W, la zanja está sin cubrir y se observa la tubería instalada. A cota de apoyo de la tubería, en el interior de la zanja, se observa como afloran unas arcillas limo-arenosas con presencia de cantos, de color marrón beige. No se ha observado presencia de agua.



Aspecto de la zanja con la tubería instalada



Detalle de los materiales aflorantes en el fondo de excavación de la zanja

Hay que mencionar que unos metros más adelante del la estación E-7, en dirección al E y siguiendo la traza, no se ha excavado zanja. Se pudo apreciar como se habían realizado en un pequeño tramo los trabajos de despeje y retirada de terreno vegetal. El material aflorante en esta zona corresponde a cantos y bolos, similar a lo hasta ahora observado.



Vista de la zona sin excavar donde se ha realizado el despeje



Detalle de los materiales aflorantes en superficie, cantos y gravas

E-8: Situada en camino del Espinar, junto al IES.G. A. Becquer. Desde este punto hasta donde finaliza la traza, en la cercana rotonda de la M-103, no se ha desarrollado ninguna actuación. No se aprecian marcas de la traza. Tan solo se observan campos de cultivo y una masa arbolada próxima a la carretera.

En esta zona, se pudo observar en la zona de cultivo un suelo edáfico arcillo-arenoso con presencia de cantos y bolos.



Vista de la traza con la localidad de Algete al fondo, apreciándose en primer término los campos de cultivo.



Aspecto de los materiales aflorante en superficie, formados por un suelo edáfico arcillo-arenoso con cantos y bolos.

A modo de resumen, podemos concluir que prácticamente la totalidad del trazado recorrido discurre sobre depósitos cuaternarios (niveles de terraza, llanuras de inundación y conos aluviales) formados por gravas cantos y bolos poligénicos, arenas y arenas arcillosas.

Ocasionalmente puede aflorar el sustrato terciario, como en la estación E-2, cuando se observó el cajeadado de una arqueta o depósito, en el que subyacente a la capa de cantos y gravas aparecía un material limoso algo arenoso de color marrón amarillento a beige (sustrato mioceno).

TRAZADO COLECTOR- TRAMO 2

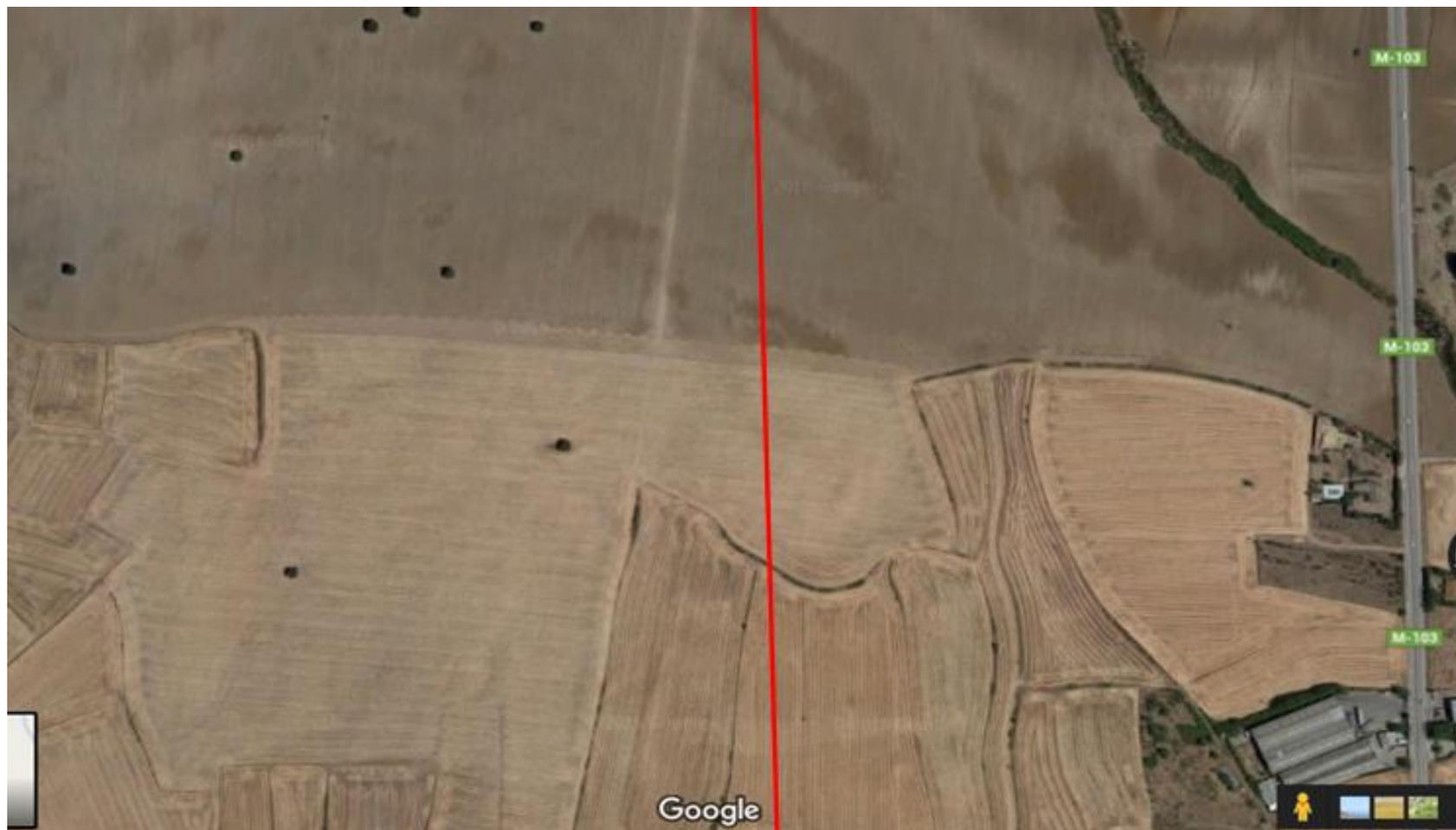
Desde el cruce del camino del Espinar y el camino de Castilla la Nueva en dirección N, hasta las proximidades del arroyo de Valderrey



Tramo 2a



Tramo 2b



Tramo 2c



Tramo 2d

Trazado colector- tramo 2

Durante el pasado día 08/04/2016 se efectuó un recorrido a lo largo del trazado del colector, desde el cruce del camino del Espinar y el camino de Castilla la Nueva, en el paraje denominado Cuesta Redonda, en dirección N, discurrendo en paralelo a la carretera M-103, hasta el final del mismo en las proximidades del arroyo de Valderrey.

El objeto de la realización de este recorrido ha consistido en la realización de una caracterización del terreno a lo largo de la traza, para poder aportar la mayor cantidad de información posible para facilitar la realización de los trabajos de instalación del colector.

Para llevar a cabo la citada caracterización se ha realizado un itinerario, en el que se ha ido fotografiando la zona por la que habrá de discurrir el colector. Se ha decidido emplear esta metodología, dado que todavía no se han iniciado los trabajos en esta zona, y no hay ninguna referencia clara, ya que toda la traza es campo a través, por terreno llano y no aparecen carreteras, caminos ni otras referencias, salvo la denominación de los parajes La Quemada y El Cañamarejo.

No ha sido posible observar ningún afloramiento claro de los materiales del substrato (corte, trinchera, resalte), que haya podido referenciarse.

El trazado discurre por campos de labor, unos en barbecho, otros sin labrar y un tramo, el situado más al norte, sembrado de cereal. Como ya se ha mencionado, no se pudo apreciar ningún corte ni afloramiento representativo del terreno que proporcionase información sobre el substrato.

Únicamente se observaron los suelos edáficos, de naturaleza arcillo-arenosa con abundantes cantos y bolos, de lo que se puede deducir que el sustrato en la zona de esta tramo 2 corresponde a unas gravas, cantos y bolos en matriz arcillosa arenosa

A modo de resumen, podemos concluir que prácticamente la totalidad del trazado recorrido discurre sobre depósitos cuaternarios (niveles de terraza, llanuras de inundación, depósitos de glacia, conos aluviales) formados por gravas cantos y bolos poligénicos, arenas y arenas arcillosas.



Vista del trazado hacia el Norte desde la confluencia cruce del camino del Espinar y el camino de Castilla la Nueva, donde conectaría con el tramo 1



Vista del trazado hacia el Norte en el paraje denominado La Quemada



Vista del trazado hacia el Norte



Vista del trazado hacia el Norte en el paraje denominado El Cañamarejo



Vista del trazado hacia el Norte en el paraje denominado El Cañamarejo (II)



Vista del trazado hacia el Norte en las proximidades del arroyo de Valderrey, donde se sitúa el emplazamiento del SC-1 y PD-1.

TRAZADO COLECTOR- TRAMO 3

Desde la glorieta de acceso al Polígono Industria Rio de Janeiro hasta el borde Norte del mismo



Trazado colector- tramo 3

Durante el pasado día 08/04/2016 se efectuó un recorrido a lo largo del trazado del colector, desde la glorieta de acceso al Polígono Industrial Rio de Janeiro, en la carretera M-106, hasta el borde Norte del citado Polígono, a todo lo largo de la c/ Pelaya.

Hemos de mencionar que el trazado 3 discurre totalmente por terreno urbanizado, situándose en el interior del polígono industrial.

Por este motivo, y dada la imposibilidad de llevar a cabo ningún tipo de caracterización del terreno a lo largo de la traza, se ha realizado un reportaje fotográfico de Sur a Norte para facilitar información de la zona por la que habrá de discurrir el colector.



Vista de la traza en dirección Norte desde la glorieta de acceso de la M-106 al Polígono



Vista de la traza en dirección Norte con la glorieta en la intersección de la c/ Pelaya con la c/ Torrecilla



Vista de la traza en dirección Norte en la c/ Pelaya pasada la intersección con la c/ Torrecilla



Vista de la traza en dirección Norte en la c/ Pelaya,
antes de la glorieta del segundo cruce



Vista de la traza en dirección Norte en la c/ Pelaya
desde la glorieta del segundo cruce



Vista de la traza en dirección Norte en la c/ Pelaya desde el cruce con la tercera calle



Vista de la traza en dirección Norte en el último tramo de la c/ Pelaya. Se aprecia al fondo el límite del polígono, donde enlazaría con el tramo 3 con el tramo 1.

3. ENSAYOS DE LABORATORIO

En las muestras recogidas del testigo de perforación, se han realizado una serie de ensayos en el laboratorio de Mecánica del Suelo TSM, colaborador de SGS Tecnos, S.A., 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.

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**.

<u>TIPO DE ENSAYO</u>	<u>NÚMERO</u>
<u>Ensayos de caracterización</u>	
- Determinación de la humedad natural	4
- Determinación de la densidad aparente y seca	4
- Determinación de los límites de Atterberg	4
- Granulometría por tamizado.....	4
<u>Ensayos mecánicos</u>	
- Resistencia a compresión simple	1
<u>Ensayos de hinchamiento</u>	
- Presión máxima de hinchamiento	2
<u>Ensayos químicos</u>	
- Contenido de sulfatos solubles en muestra de suelo.....	3
- Acidez Baumann - Gully.....	1

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.

Los valores de humedad obtenidos están comprendidos entre el 9,7 y 24,2%. La densidad seca está comprendida entre 1,57 y 1,82 g/cm^3 , y la densidad aparente está comprendida entre 1,95 y 2,05 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 cuatro (4) análisis granulométricos en las muestras recogidas del testigo de perforación. Se registra un porcentaje que pasa por el tamiz #200 comprendido entre 82,5 y 30,8 %. El porcentaje que pasa por el tamiz #4 está comprendido entre el 100 y 95,5%.

Los valores se indican en el **Cuadro 3.1.**

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 cuatro (4) ensayos de plasticidad, cuyos resultados se incluyen en el (Cuadro 3.1).

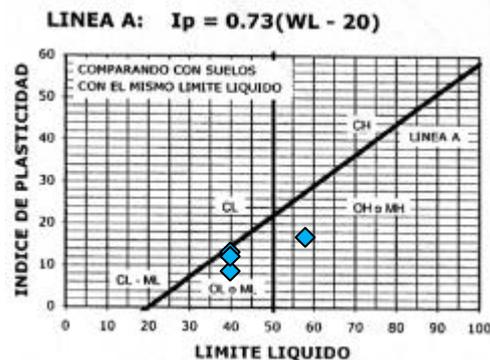
La muestra ensayada en el sondeo SM-1 a 3,00- 3,60 m presenta un valor de límite líquido de 53,6 y un índice de plasticidad de 15,5, lo que indica una plasticidad alta.

La siguiente muestra ensayada en el sondeo SM-1 a 6,00- 6,30 m presenta un valor de límite líquido de 39,0 y un índice de plasticidad de 13,8, lo que indica una plasticidad baja.

La última muestra ensayada en el sondeo SM-1 a 11,60- 11,90 m presenta un valor de límite líquido de 38,1 y un índice de plasticidad de 10,8, lo que indica una plasticidad baja.

En base a los ensayos de granulometría, a continuación se clasifican las muestras ensayadas según la U.S.C.S.

- Sondeo SM-1 3,00- 3,60 m: CH Arcilla inorgánica de plasticidad elevada.
- Sondeo SM-1 6,10- 6,30 m: ML-CL Limos inorgánicos/ Arcilla inorgánica de plasticidad baja a media.
- Sondeo SM-1 11,60- 11,90 m: SC Arena arcillosa, mezcla mal graduada de arenas o arcillas
- Sondeo SC-3 0,90- 1,20 m: CL Arcilla inorgánica de plasticidad baja a media



3.4. COMPRESIÓN SIMPLE

El ensayo tiene como objeto medir la resistencia a compresión uniaxial de una probeta con forma cilíndrica regular.

Se ha realizado un (1) ensayo de compresión uniaxial en suelo. En el Cuadro 3.I, y en el Anexo III, se indican el valor de la resistencia a compresión uniaxial (q_u) en kg/cm^2 , siendo el valor obtenido de $10,8 \text{ kg/cm}^2$.

3.5. PRESIÓN MÁXIMA DE HINCHAMIENTO

Es un ensayo destinado a la clasificación y cuantificación del grado de expansividad del suelo. La medida se realiza en el edómetro. La presión de hinchamiento P_h (kp/cm^2) es la máxima presión vertical desarrollada por una muestra en el edómetro tras su inundación en condiciones de deformación nula.

Se han realizado dos (2) ensayos de presión máxima de hinchamiento, obteniéndose unos valores de 30 y 50 kPa, clasificándose como de expansividad media- baja.

3.6. CORTE DIRECTO

Se han realizado dos (2) ensayos de corte directo, uno de tipo consolidado y sin drenar (CU), y otro de tipo consolidado y drenado (CD), con objeto de determinar los parámetros de resistencia a corte de un suelo consolidado, a través del cual, se obtienen los parámetros intrínsecos del terreno, cohesión (c) y ángulo de rozamiento interno (Φ).

La muestra ensayada en el sondeo SM-1 a 6,00- 6,30 m presenta un valor de $c= 0,16 \text{ kg/cm}^2$ y $\Phi=31,48$.

La otra muestra ensayada en el sondeo SM-1 a 11,60- 11,90 m presenta un valor de $c= 0,20 \text{ kg/cm}^2$ y $\Phi=34,29$.

3.7. ANÁLISIS QUÍMICOS

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

Se ha realizado tres (3) análisis cuantitativo de sulfatos en muestra de suelo, obteniéndose una concentración de SO_4^{-2} comprendida entre 50- 175 mg/kg en las muestras del sondeo SM-1.

Adicionalmente se realizaron dos (2) ensayos de acidez Baumann-Gullyobteniéndose una concentración de SO_4^{-2} comprendida entre 4- 6 mg/kg en las muestra del sondeo SM-1.

En el apartado de hormigones del capítulo 8, se analiza la agresividad del ambiente.

4. MARCO GEOLÓGICO

Los antecedentes geológicos de la zona de estudio, se encuentran recogidos en las Hojas Geológicas de la Serie Magna N° 535 Algete, y N° 534 Colmenar Viejo, ambos escala 1:50.000.

GEOLOGÍA REGIONAL:

El término de Algete se sitúa en el sector centro oriental de la cuenca Meso-Terciaria del Tajo, dentro de la provincia de Madrid, en la zona de transición de las facies de borde a centro de la cuenca.

El relieve que caracteriza esta área es poco accidentado, destacando una zona central con elevaciones más suaves que dejan entre sí amplios valles, y un sector sureste donde la topografía es más abrupta con cotas que oscilan entre 926 y 600 m.

El límite norte de esta zona esta constituido por las estribaciones meridionales del sector nororiental del Sistema Central.

Desde el punto de vista geomorfológico general destacan los siguientes elementos: las altiplanicies de los páramos calcáreos y de piedemonte de la raña y los relieves escalonados de las terrazas dejadas por los ríos Henares, Torote, Camarmilla y Jarama, junto con el sistema de glacis instalado en la cuesta que separa las terrazas de campiña del Henares del páramo calizo de la Alcarria meridional.

En cuanto a la estratigrafía, en la zona de Algete se diferencian dos dominios fundamentales. El primero de ellos constituidos por materiales neógenos, que incluyen las Arcosas blanquecinas del Jarama, Arcillas, limos y arenas de la margen izquierda del Jarama, Arenas de las Facies Madrid, Conglomerados, areniscas y arenas de las Facies Alcalá, Areniscas y margas yesíferas de las Facies Blancas, Conglomerados y areniscas de la red fluvial intramiocena, Calizas de los Páramos, Arcosas de Uceda y por último los ortoconglomerados de piedemonte de la Raña.

El segundo está formado por materiales cuaternarios de los grandes sistemas de terrazas de los ríos Henares y Jarama, y en menor cuantía el Torote y Camarmilla, y los glacis compuestos de la cuesta del páramo de la Alcarria.

GEOLOGÍA LOCAL:

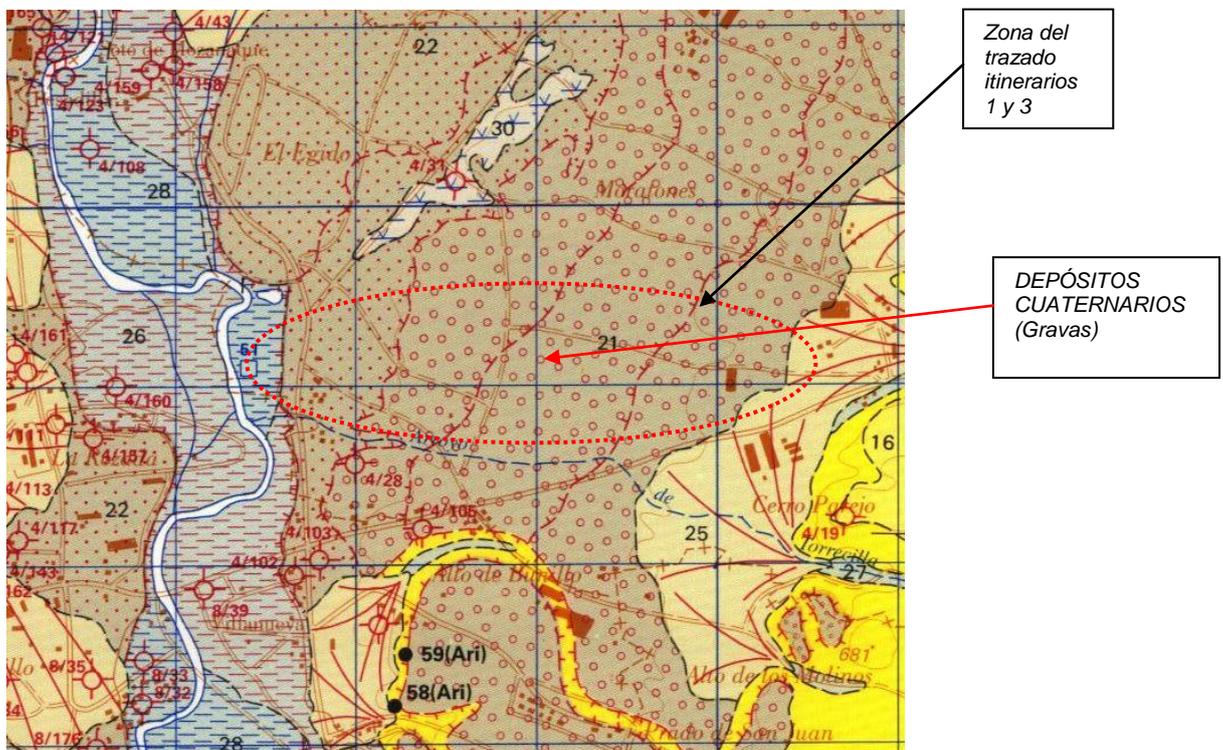
A lo largo de la traza del itinerario 1 nos encontramos materiales correspondientes a gravas y arenas con cantos, correspondientes a depósitos de terraza, así como arenas y limos con cantos, correspondientes a conos aluviales, ambos de edad cuaternaria.

Más hacia el este, según nos aproximamos a la carretera M-103 afloran materiales del Mioceno- Plioceno correspondientes a Arcosas blancas y fangos arcósicos.

En cuanto a la traza del itinerario 2, en la zona sur aparecen las ya citadas a Arcosas blancas y fangos arcósicos Mio-Pliocenos, mientras que hacia el norte afloran gravas, cantos, arenas y arenas arcillosas, correspondientes a conos aluviales.

Por último, la traza del itinerario 3 discurre totalmente sobre gravas y arenas con cantos, correspondientes a depósitos de terraza del cuaternario.

En la siguiente figura se detallan las zonas de las hojas del Magna, donde se observa la zona de estudio (**Figura 4.a**).



LEYENDA

PERÍODO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
HOLOCENO	31	Arenas con cantos y bloques. Depósitos antrópicos
	30	Limos y arcillas arenosas. Arenas endorreicas
	29	Arenas y gravas. Cauces abandonados
	28	Gravas, cantos y arenas. Barras aluviales
PLEISTOCENO	27	Arenas, arcillas y limos con gravas. Fondos de valle
	26	Limos y arenas con cantos. Gravas. Llanura de inun.
	25	Arenas y limos con cantos. Conos aluviales
	24	Arenas, limos y arcillas con cantos. Coluviones
	23	Arenas cuarzo-feldespáticas con gravas y cantos. Gla
	20-21-22	Gravas y arenas con cantos. Terrazas altas, m
ARAGONIENSE	19	Arcosas gruesas y limos rojos
	18	Arenas arcósicas blancas de grano grueso, con cant
	17	Bloques, cantos y arenas arcósicas gruesas
	16	Arcosas blancas y lutitas rojas

ZONA DE ESTUDIO

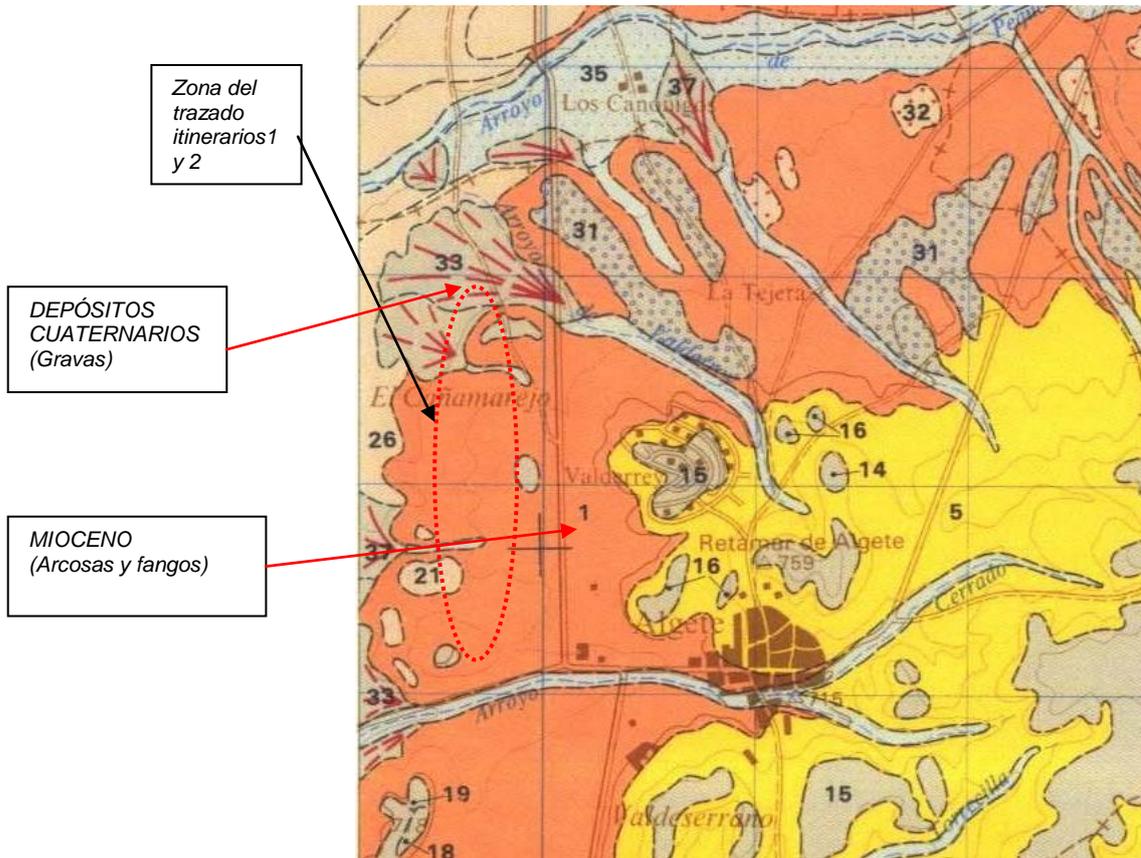
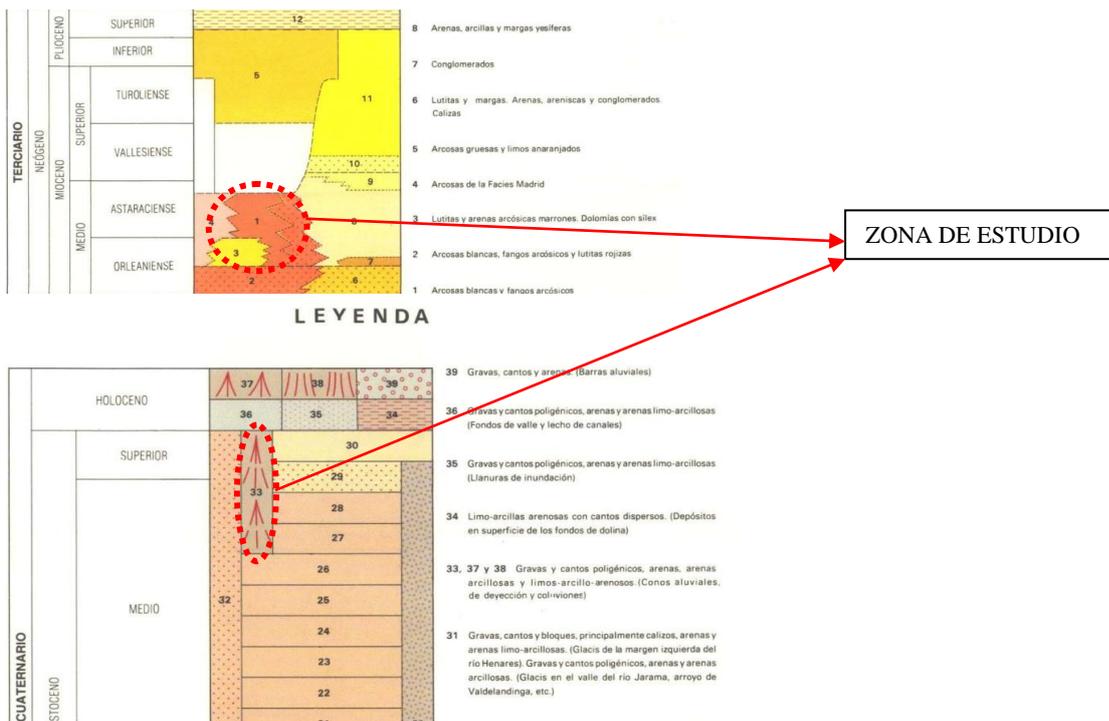


Figura 4.a: Hoja N° 535 Algete

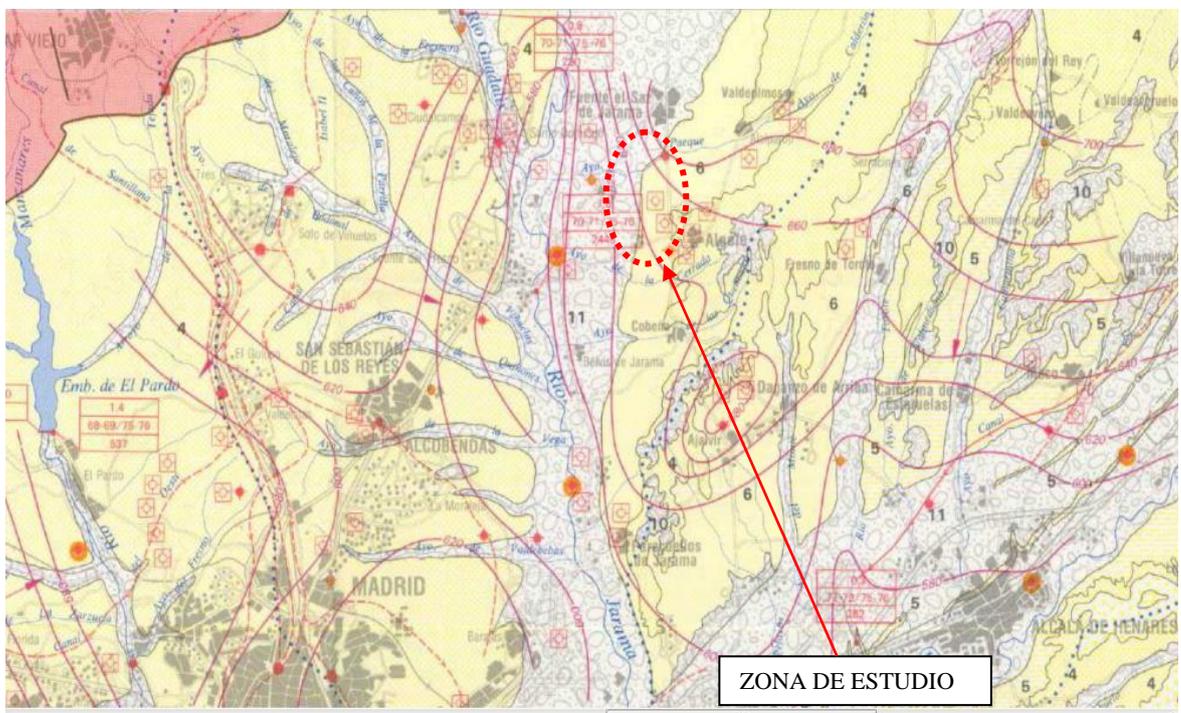


HIDROGEOLOGÍA:

La zona de estudio se desarrolla en parte sobre los materiales del Neógeno (Mioceno inferior- medio), Nivel I formaciones porosas, normalmente sin consolidar (Arenas, gravas finas, arenas fangosas, bloques y arcillas), y I Nivel III, formaciones porosas y fisuradas con acuíferos ocasionales aislados de interés local (bandedados de arcillas y margas).

La otra parte se desarrolla sobre materiales del cuaternario, Nivel I formaciones porosas, normalmente sin consolidar (Aluviones y terrazas bajas. Arenas, limos, gravas –permeables)

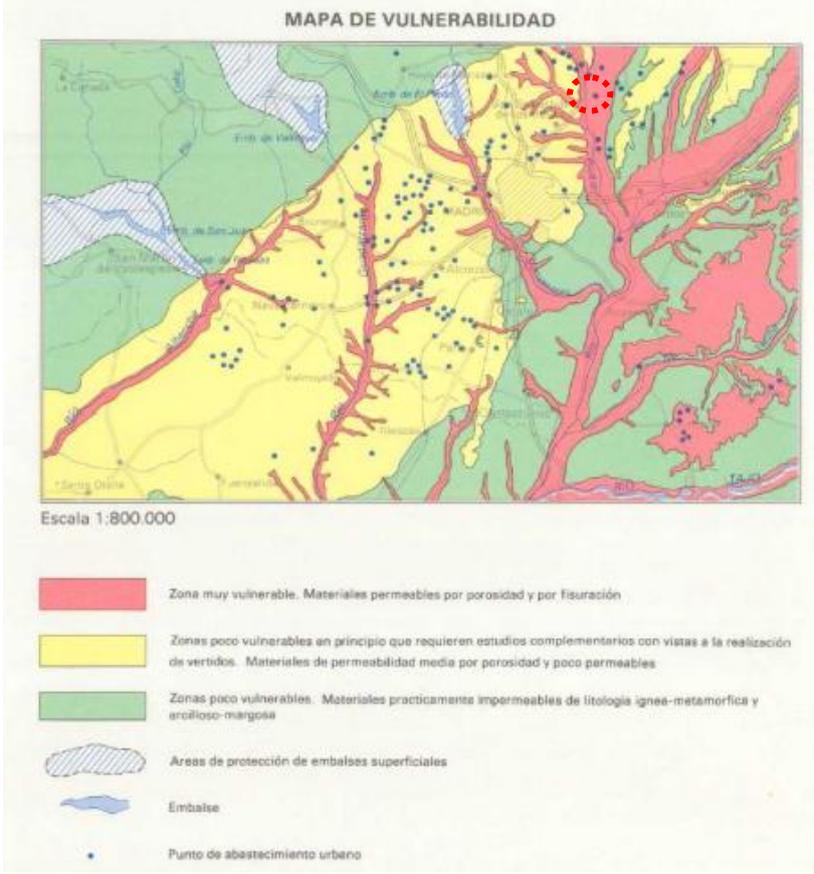
Según el mapa de vulnerabilidad, la zona de estudio se sitúa en la zona muy vulnerable, con materiales permeables por porosidad y fisuración.



LEYENDA LITOLÓGICA

	LITOLÓGIA	EDAD
I	Aluviones y terrazas bajas. Arenas, limos, gravas. PERMEABLE	CUATERNARIO
II	Coluviones, Conos de deyección, glacis, terrazas altas, Arenas limos, gravas, matriz arcillosa	CUATERNARIO
III	Calizas lacustres de los Páramos de la Alcarria. PERMEABLE	TERCIARIO - Mioceno Superior
9	Gravas, arenas, arcillas. Calizas, margas, yesos	TERCIARIO - Mioceno Superior - Medio
8	Yesos y margas yesíferas	TERCIARIO - Mioceno - Inf. - Medio
7	Bañales de arcilla y margas, margocalizas, calizas, sílex, saponitas y niveles arenosos	TERCIARIO - Mioceno - Inf. - Medio
6	Arcillas, niveles margosos y arenosos bien estratificados	TERCIARIO - Mioceno - Inf. - Medio
5	Arenas, gravas finas, arenas fangosas, bloques y arcillas. PERMEABLE	TERCIARIO - Mioceno - Inf. - Medio
4	Arenas, gravas finas y gravas con más o menos niveles de fangos arcillosos. PERMEABLE - SEMIPERMEABLE	TERCIARIO - Paleogeno
3	Areniscas calcáreas, calizas y dolomías PERMEABLE	CRETACICO
2	Granitos, gneises. Diques de cuarzo, pegmatitas, etc.	COMPLEJO IGNEO-METAMORFICO
1		

I : FORMACIONES POROSAS, NORMALMENTE SIN CONSOLIDAR
 II : FORMACIONES FISURADAS Y KARSTIFICADAS
 III : FORMACIONES POROSAS Y FISURADAS, OCASIONALMENTE CON ACUIFEROS ASILADOS DE INTERES LOCAL



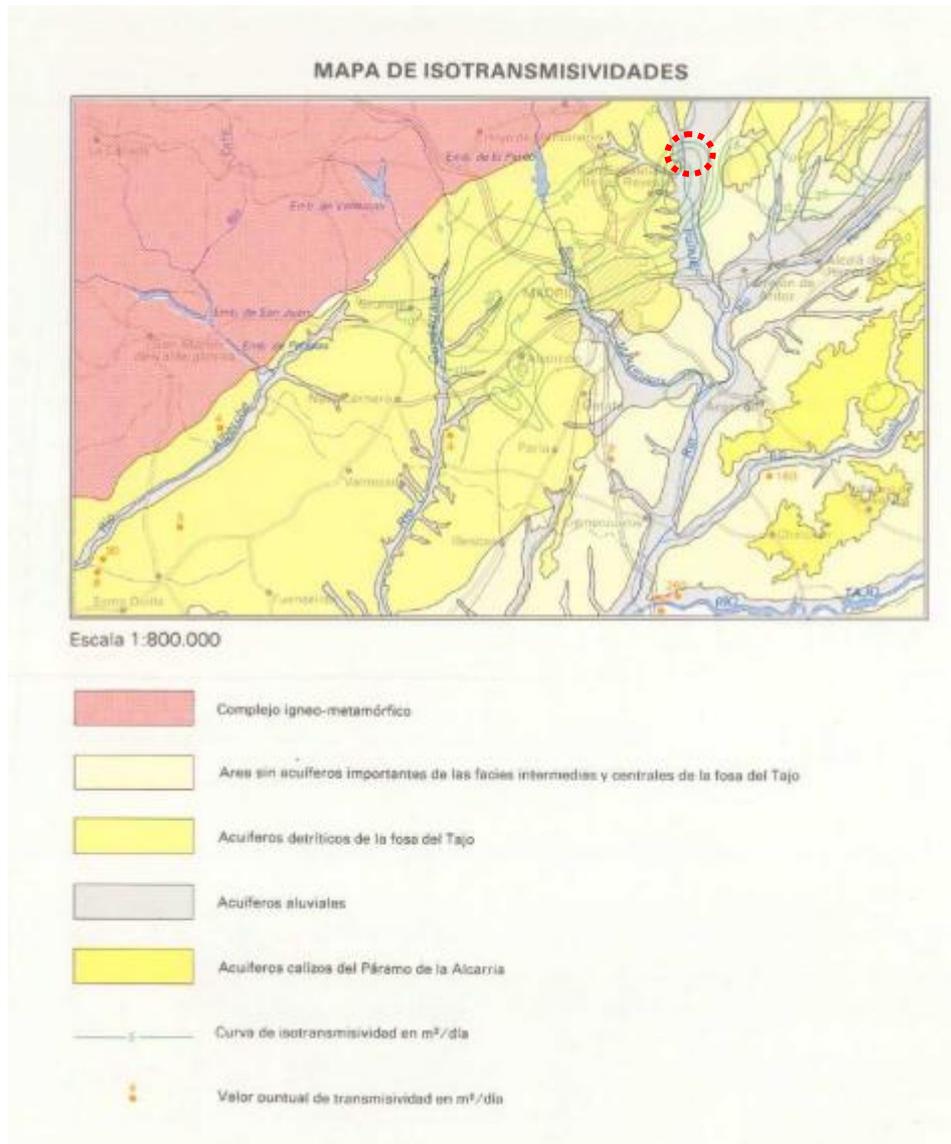
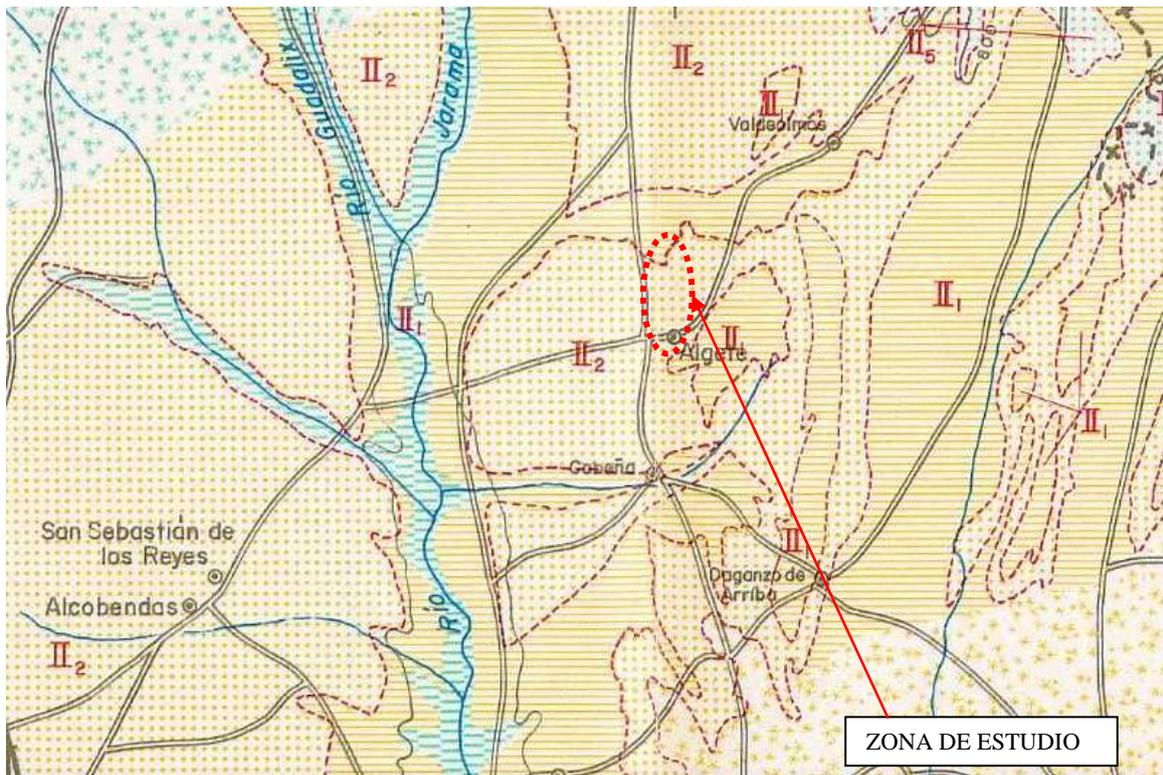


Figura 4.b: Detalle del mapa Hidrogeológico Madrid 45 (5-6)

GEOTÉCNIA:

En la zona de estudio, según el mapa geotécnico los materiales presentan condiciones constructivas favorables, con problemas de tipo geomorfológico y geotécnico.



CONDICIONES CONSTRUCTIVAS		PROBLEMAS "TIPO" EXISTENTES		CONCURRENCIA DE 2 PROBLEMAS "TIPO"		CONCURRENCIA DE 3 PROBLEMAS "TIPO"		CONCURRENCIA DE 4 PROBLEMAS "TIPO"		
Muy favorables		Litológicos		Litológicos y Geomorfológicos		Geomorfológicos e Hidrológicos		Litológicos, Geomorfológicos e Hidrológicos		
Favorables		Geomorfológicos		Litológicos e Hidrológicos		Geomorfológicos y Geotécnicos		Litológicos, Geomorfológicos y Geotécnicos (p.d.)		
Aceptables		Hidrológicos		Litológicos y Geotécnicos (p.d.)		Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.)		Litológicos, Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.)		
Desfavorables		Geotécnicos (p.d.)		Litológicos y Geotécnicos (p.d.)		Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.)		Litológicos, Geomorfológicos, Hidrológicos y Geotécnicos (p.d.)		
Muy Desfavorables										

LEYENDA							
C. CONSTRUCTIVAS FAVORABLES		C. CONSTRUCTIVAS ACEPTABLES		C. CONSTRUCTIVAS DESFAVORABLES		C. CONSTRUCTIVAS MUY DESFAVORABLES	
	Problemas de tipo Geotécnico		Problemas de tipo Geomorfológico		Problemas de tipo Geomorfológico		Problemas de tipo Geomorfológico
	Problemas de tipo Geomorfológico y Geotécnico		Problemas de tipo Litológico, Geomorfológico y Geotécnico		Problemas de tipo Litológico, Geomorfológico y Geotécnico		Problemas de tipo Litológico, Geomorfológico y Geotécnico.
	Problemas de tipo Litológico y Geotécnico		Problemas de tipo Geomorfológico y Geotécnico		Problemas de tipo Geomorfológico y Geotécnico		Problemas de tipo Geomorfológico y Geotécnico
			Problemas de tipo Hidrológico y Geotécnico				

Figura 4.c: Detalle del mapa Geotécnico de Madrid 45 (5-6) (1:200.000)

Los materiales de la zona objeto de estudio se clasifican como Área II₂, y en esta se incluyen el conjunto de terrenos formados por una mezcla de materiales cohesivos (arcillas) y granulares (arenas y gravas) dispuestos horizontalmente, poco cementados en superficie, y fácilmente erosionables.

Muestra una morfología eminentemente llana con ligeras alomaciones y abundantes huellas de erosión lineal. Su permeabilidad es muy variable, alternándose zonas permeables, con otras impermeables, si bien predominando las primeras; en toda ella es normal la aparición de niveles acuíferos a profundidades variables, casi siempre por debajo de los 15 m (salvo en las zonas próximas a las redes naturales de drenaje).

Su capacidad de carga es de tipo medio, pudiendo aparecer asentamientos de magnitud media.

5. ESTRATIGRAFÍA

La secuencia litoestratigráfica presente en la parcela objeto de estudio, ha confirmado los antecedentes geológicos de la zona, y es coincidente con los datos aportados por los estudios geotécnicos realizados con anterioridad en esta zona, mencionados en el punto 1 del presente informe.

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 el perfil geológico – geotécnico).

NIVEL 0: Suelo edáfico

En los tres sondeos realizados se ha detectado un nivel superficial correspondiente a un suelo edáfico arcilloso-arenoso de color marrón oscuro, con una potencia de entre 0,30- 0,40 m de espesor.

Este nivel no se considera apto para el apoyo de la cimentación.

Los parámetros geotécnicos adoptados para este nivel son:

Cohesión = 0,05 kp/cm² (valor bibliografía)

Ángulo de rozamiento interno = 25° (valor bibliografía)

NIVEL I: Relleno antrópico

Detectado en el sondeo SC-3, entre 0,30- 1,50 m de profundidad, comprendido entre el nivel edáfico superficial y el nivel de gravas.

Se trata de una capa de arcillas limosas algo arenosas de color marrón oscuro con presencia ocasional de gravillas. Los ensayos de penetración dinámica realizados en el seno de este nivel, revelan una baja consistencia.

Se trata de un nivel de baja calidad geotécnica, no apto para el apoyo de ningún tipo de cimentación.

Los parámetros geotécnicos obtenidos para este nivel, en función de los ensayos de laboratorio, son los siguientes:

- Porcentaje de finos (# 200): 76,6 %.
- Límite Líquido $W_L = 41,0$
- Índice de Plasticidad $I_P = 15$
- *Clasificación U.S.C.S.:* **CL**
- Densidad seca: 1,80 g/cm³
- Densidad húmeda: 2,03 g/cm³
- Humedad: 11,6%

- Cohesión = 0,05 kp/cm² (valor bibliografía)
- Ángulo de rozamiento interno = 25° (valor bibliografía)

NIVEL II: Gravas, cantos y bolos (Depósitos cuaternarios- Q_x)

Subyacente al nivel superficial edáfico, y al nivel de rellenos detectado en el sondeo corto SC-3, se ha detectado un nivel de materiales de edad cuaternaria formado por gravas, cantos y bolos, detectado en los tres sondeos realizados, alcanzando unas profundidades desde embocadura entre 3,50 y 3,80 m (3,60 m en el sondeo SM-1).

Se trata de un depósito compuesto por cantos gravas, gravillas y bolos poligénicos, subredondeados, en matriz arcillosa-arenosa, de color marón beige a pardo, correspondientes a los depósitos de terraza del Jarama y arroyos tributarios, así como otros depósitos tipo aluvial- coluvial.

Estos materiales han sido observados con profusión durante la realización del itinerario denominado tramo 1, coincidiendo nuestras observaciones de campo con lo descrito en los sondeos

En el sondeo S-1 se realizó un ensayo SPT en el seno de esta capa, obteniéndose un valor N₃₀= 12, lo que indica una compacidad media.

Los parámetros geotécnicos estimados, ante la imposibilidad de tomar muestras inalteradas y/o parafinadas, para este nivel son:

Cohesión = 0,2 kp/cm² (valor bibliografía)
Ángulo de rozamiento interno = 35° (valor bibliografía)

NIVEL III: Arcillas margosas- limosas (Mioceno)

Detectada en el sondeo largo SM-1, subyacente a los depósitos de gravas y cantos del cuaternario. Corresponden al sustrato Mioceno y se observan en dos tramos, uno comprendido entre 3,60 y 6,40 m, y otro entre 9,60 y 10,60 m.

Se trata de unas arcillas en ocasiones carbonatadas con aspecto margoso de color blanquecino a marrón verdoso, algo limo arenosas, en el tramo superior, que en tramo inferior presentan un mayor contenido en limos y arenas, y pasan a un color marrón-rojizo.

Durante la realización del ya mencionado itinerario denominado tramo 1, en la estación E-2, en la excavación de un cajeadado para una estructura tipo arqueta, depósito o similar, subyacente al nivel de gravas y cantos, a una profundidad superior a los 3,5 m desde cota superficial se observó un material limoso, algo arenoso color marrón beige.

Este material corresponde con seguridad al sustrato Mioceno, que en este punto presentaba un mayor contenido en limos.

Los parámetros geotécnicos obtenidos para este nivel, en función de los ensayos de laboratorio, son los siguientes:

- Porcentaje de finos (# 200): 57,9 – 82,5 %.
- Límite Líquido $W_L = 39,0 - 53,6$
- Índice de Plasticidad $I_P = 25,2 - 38,1$
- *Clasificación U.S.C.S.: **CH, ML-CL***
- Densidad seca: 1,57- 1,68 g/cm³
- Densidad húmeda: 1,95-2,03 g/cm³
- Humedad: 19,3%-24,2%
- Cohesión: $c = 0,16 \text{ kp/cm}^2$
- Ángulo de rozamiento interno: 31,4° (se considera un valor alto, se adoptará un valor en torno a 28-30°)
- Contenido en sulfatos: 50-175 mg/kg suelo
- Presión máxima de hinchamiento: 0,50 kp/cm².

NIVEL IV: Arenas arcillosas a muy arcillosas (Mioceno)

Detectadas en el sondeo largo SM-1, corresponden igualmente al sustrato Mioceno, y aparecen intercaladas entre las arcillas descritas en el punto anterior. Se han detectado en dos tramos, el primero comprendido entre 6,40 y 9,60 m, y el segundo entre 10,60 hasta 15,39 m, fin del sondeo.

Se trata de unas arenas arcillosas a muy arcillosas de color marrón pardo a amarillento, observándose ocasionales pasadas mas ricas en arcilla.

Atendiendo a los resultados de los ensayos SPT obtenidos en el seno de esta capa, los golpes obtenidos son $N_{30} = 51-R$, lo que indica una compacidad muy densa.

Los parámetros geotécnicos obtenidos para este nivel, en función de los ensayos de laboratorio, son los siguientes:

- Porcentaje de finos (# 200): 30,8 %.
- Límite Líquido $W_L = 38,1$
- Índice de Plasticidad $I_P = 10,8$
- *Clasificación U.S.C.S.: **SC***
- Densidad seca: 1,80 g/cm³
- Densidad húmeda: 2,05 g/cm³
- Humedad: 9,7%
- Resistencia a la compresión simple: $q_u = 10,8 \text{ kp/cm}^2$

- Cohesión: $c = 0,20 \text{ kp/cm}^2$
 - Ángulo de rozamiento interno: $34,2^\circ$ (se considera un valor poco representativo, se adoptará un valor en torno a $28 - 30^\circ$)
 - Contenido en sulfatos: 25-175 mg/kg suelo
 - Presión máxima de hinchamiento: $0,30 \text{ kp/cm}^2$.
- 
- A solid grey horizontal bar spanning the width of the page, located below the list of parameters.

6. HIDROGEOLOGÍA

El área de estudio se localiza en su mayor parte sobre materiales del cuaternario, Nivel I formaciones porosas, normalmente sin consolidar (Aluviones y terrazas bajas. Arenas, limos, gravas –permeables).

Se trata de una zona muy vulnerable, con materiales permeables por porosidad y fisuración.

Durante la realización de los sondeos no se detectó la presencia de agua, ni en las medidas realizadas en el sondeo SM-1 posterior a la ejecución del mismo (08/04/2016).

Durante la realización de los itinerarios, especialmente en el tramo 1 no se observó presencia de agua en las excavación de las canalizaciones.

Al finalizar los trabajos de campo se colocó tubería piezométrica en el SM-1. Se recomienda llevar a cabo una comprobación antes del inicio de las obras.

7. AFECCIÓN SÍSMICA

La Comunidad de Madrid se encuentra en el 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.

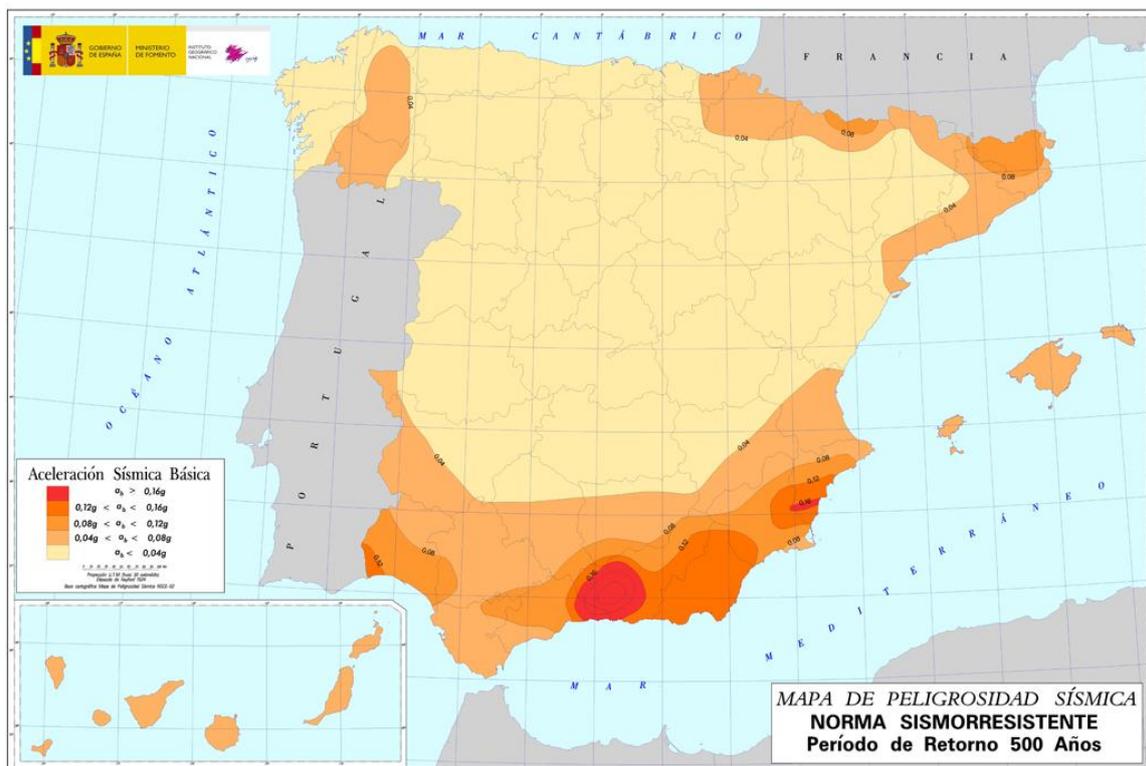


Figura 7.a: Mapa Sísmico de la Norma Sismorresistente

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Por la documentación facilitada por nuestro cliente, los diámetros, materiales y profundidades de la tubería son:

Hinca bajo M111 (SM-1) Tubería PVC-O, PN25, 400mm. Cota roja tubo hinca: 597.5. Profundidad pozo ataque: 4,5 m. Profundidad pozo llegada: 5'4 m.

Vial no construido (PD-1; C-1). Tubería PVC-O, PN20, 90mm. Profundidad estimada zanja: 1'2m.

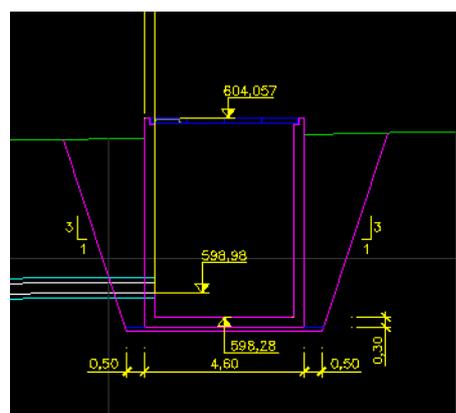
Polígono Río de Janeiro. Rotonda en vial del polígono Río de Janeiro. (PD-2) Tubería PVC-O, PN20, 90mm. Profundidad estimada zanja: 1'2m.
Calle la Torrecilla (PD-3; C-3). UPVC lámina libre 600mm. Profundidad estimada zanja: 3'5 m.

8.1. TRAZADO DEL COLECTOR

Hinca bajo la M-111

Según la documentación aportada, se ha proyectado en este punto la hinca a la cota roja tubo hinca: 597,5. Profundidad pozo ataque: 4,5 m. Profundidad pozo llegada: 5'4 m.

En esta ubicación, junto al pozo de llegada, se realizó el sondeo SM-1.



A la cota roja de tubo hinca (597,5), según la información aportada por el sondeo SM-1 (Z: 604,7, es decir a 7,2 m de profundidad) afloran los materiales del Mioceno, arenas muy arcillosas de color marrón pardo y compacidad muy densa, con intercalaciones de arcilla limo arenosa.

Los parámetros geotécnicos para estos materiales según los resultados del laboratorio y nuestra experiencia son los siguientes:

- Cohesión $c=0,16-0,20$ kp/cm²
- Ángulo de rozamiento interno 28-30°

Por lo que se refiere a las gravas suprayacentes sobre los materiales del Mioceno, como ya se mencionó anteriormente y según la bibliografía al respecto, los parámetros a adoptar son los siguientes

- Cohesión $c=0,2$ kp/cm²
- Ángulo de rozamiento interno 35°

Para la ejecución de la hinca se deberá tener en cuenta los materiales cuaternarios, gravas, cantos y bolos, por lo que sistema de contención del pozo, se verá afectado por estos condicionantes. Teniendo en cuenta esta circunstancia, el pozo de llegada puede ejecutarse en este caso, mediante pantalla de pilotes.

En el caso de que apareciese algún tipo de relleno, se podrán adoptar los parámetros establecidos para ese tipo de materiales, según lo establecido en el apartado 5 Estratigrafía del presente informe

Según la documentación previa aportada, en el estudio realizado por TECNIA, para el emplazamiento de la hinca a realizar bajo la carretera M-111, se realizaron a unos 285 m al sur de la ubicación de nuestro sondeo SM-1, en el paraje denominado Finca La Torrecilla, una (1) calicata (C-2) y un (1) ensayo de penetración dinámica (P-2).

El ensayo de penetración dinámica obtuvo el rechazo a una profundidad de 2,40 m. En la calicata realizada se detectó un relleno hasta 1,50 m de profundidad, aflorando a continuación y hasta el fin de la calicata a 2,90 m afloraban unas arenas arcillosas con gravas.

Por otra parte, en el estudio realizado por ARCE para la EDAR de Algete II ubicado en la finca Soto Monzanaque, al otro lado de la M-111, a unos 300 m al OSO del emplazamiento de nuestro sondeo SM-1, se realizaron dos (2) sondeos (S-1 y S-2) y tres (3) ensayos de penetración dinámica (B-1, B-2 y B-3). En los sondeos se detectó un primer nivel arenoso- limoso con un espesor de 0,60- 0,80 m, subyacente apareció un nivel de gravas y gravillas (medianamente densa a densa) hasta 3,40- 5,20 m. Por último, bajo las gravas, hasta 6,00- 6,20 m (fin del sondeo), aparecieron unas arenas limosas de compacidad densa.

Los ensayos de penetración dinámica obtuvieron el rechazo a una profundidad comprendida entre 3,20 y 6,60 m.

De este modo, y teniendo en cuenta la citada información aportada por ARCE y con todas las reservas necesarias, según las prospecciones realizadas en su momento, los materiales detectados y condiciones para la hinca del pozo de ataque son similares a las descritas aquí por SGS.

Trazado

Continuando con el trazado del colector desde la zona de hinca, lo que se ha venido denominando en nuestro informe como Tramo 1, se ha podido comprobar cómo en el estudio realizado por TECNIA se realizaron una serie de prospecciones adicionales a lo largo del mismo, que a continuación se detallan.

Al Norte del Polígono Industrial Río de Janeiro, aproximadamente la altura de la prolongación de la calle Pelaya se realizaron una (1) calicata (C-3) y un (1) ensayo de penetración dinámica (P-3).

El ensayo de penetración dinámica obtuvo el rechazo a una profundidad de 2,40 m. En la calicata realizada se detectó un relleno hasta 1,50 m de profundidad, aflorando a continuación y hasta el fin de la calicata a 2,90 m unas arenas arcillosas con gravas.

Prosiguiendo por el trazado del Tramo 1, TECNIA realizó al norte del Polígono Industrial El Nogal, junto a la Finca Los Molinos una (1) calicata (C-4) y un (1) ensayo de penetración dinámica (P-4).

En este emplazamiento el ensayo de penetración dinámica obtuvo el rechazo a una profundidad de 2,00 m. En la calicata realizada se detectó un suelo edáfico de 0,20 m de espesor, detectándose a continuación y hasta el fin de la calicata a 2,00 m unas gravas en matriz arenosa.

Continuando el trazado del Tramo 1, se realizó en el cruce del camino del Espinar y el camino de Castilla la Nueva, en el paraje denominado cuesta Redonda, que es la intersección con el denominado tramo 2, una (1) calicata (C-9) y un (1) ensayo de penetración dinámica (P-9).

En este emplazamiento el ensayo de penetración dinámica obtuvo el rechazo a una profundidad de 3,40 m. En la calicata realizada se detectó un suelo edáfico de 0,50 m de espesor, detectándose a continuación y hasta el fin de la calicata a 3,00 m unas arenas arcillosas con gravas dispersas.

Por último, para finalizar con el reconocimiento del trazado del Tramo 1, se efectuaron dos (2) sondeos (S-1 y S-2) en las inmediaciones de la carretera M-103. El sondeo S-1, de 7,00 m de profundidad, se efectuó en el margen oeste de la carretera, frente al IES Al-Satt, mientras que el sondeo S-2, de 9,00 m de profundidad, se realizó en el margen este de la carretera, junto a la rotonda de la c/ Miguel de Unamuno.

Los materiales detectados por los sondeos se detallan a continuación:

En primer lugar se detectó un nivel de relleno superficial comprendido entre 1,00- 1,80 m. Subyacente, y tan solo detectado en el S-2 se observó un nivel de arenas arcillosas con gravas de compacidad baja, hasta los 4,50 m. A continuación afloró el nivel de gravas arenosas de compacidad media, entre 1,80 - 2,10 en el sondeo S-1, y entre 4,50 – 6,50 m en el sondeo S-2. A partir de estas profundidades se observaron las arenas arcillosas y arcillas arenosas del Mioceno de compacidad media a densa- muy densa.

Vial no construido

Emplazamiento ubicado en la zona donde se efectuó en ensayo PD-1 y el sondeo corto SC-1. Tubería PVC-O, PN20, 90 mm. Profundidad estimada zanja: 1'2 m.

Considerando los datos obtenidos “*in situ*”, a la profundidad estimada de zanja aflorarán las gravas, gravillas y bolos en matriz arenosa de edad cuaternaria, con un valor $N_{20}= 12$, lo que indica una compacidad floja a media.

Polígono Río de Janeiro.

Emplazamiento ubicado en la segunda rotonda de la c/ Pelaya, donde se efectuó en ensayo PD-2. Tubería PVC-O, PN20, 90mm. Profundidad estimada zanja: 1'2 m.

Al no haberse podido realizar ningún sondeo o cata próxima, ni tampoco aportó información la realización del itinerario correspondiente al trazado del tramo 3, tomaremos como referencia la información aportada por el sondeo corto SC-3, realizado dentro del mismo polígono, así como la información aportada por los antecedentes.

De este modo podemos suponer, teniendo en cuenta la ausencia de comprobaciones directas, que a la profundidad estimada de zanja aflorarán las gravas en matriz arenosa de edad cuaternaria, con un valor $N_{20}= 73$, lo que indica una compacidad teóricamente muy densa. Este valor debe considerarse con cautela, ya que en el seno de las gravas puede obtenerse un rechazo no representativo, al impactar la puntaza contra un canto o bolo.

Por último, un segundo emplazamiento dentro del polígono ubicado en la c/ la Torrecilla donde se efectuó en ensayo PD-3 y el sondeo corto SC-3. Tubería UPVC lámina libre 600mm. Profundidad estimada zanja: 3'5 m.

Considerando los datos obtenidos “*in situ*”, a la profundidad estimada de zanja aflorarán las gravas, gravillas en matriz arcillo-arenosa de edad cuaternaria. No se puede dar un valor de N_{20} , ya que el ensayo de penetración dinámica obtuvo el rechazo a una profundidad de 2,00 m.

8.2. 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, que en el caso que nos ocupa corresponden al Nivel I Rellenos antrópicos, y al Nivel II Gravos, cantos y bolos.

Los cálculos han sido realizados con el programa SLIDE (suelos), del software Rocscience.

Los taludes en suelos rompen generalmente a favor de superficies curvas, con forma diversa condicionada por la morfología y estratigrafía del talud. La más frecuente suele ser aproximadamente circular, con su extremo inferior en el pie del talud, "deslizamiento de pie", en el caso de terrenos homogéneos, o formados por varios estratos con propiedades geotécnicas homogéneas.

Para realizar el estudio se cuenta con la columna estratigráfica observada en las columnas de los sondeos y cuyos parámetros ya indicados anteriormente se resumen a continuación:

NIVEL 0: Suelo edáfico

Potencia: 0,30 m

Cohesión: 0,0 kp/cm²

Ángulo de rozamiento interno: $\phi = 25^\circ$

Densidad: 1,80 g/cm³

NIVEL I: Rellenos antrópicos

Potencia: 1,50 m

Cohesión: 0,05 kp/cm²

Ángulo de rozamiento interno: $\phi = 25^\circ$

Densidad: 2,00 g/cm³

NIVEL II: Gravos, cantos y bolos (depósito cuaternario)

Potencia: 3,20 m

Cohesión: 0 kp/cm²

Ángulo de rozamiento interno: $\phi = 35^\circ$

Densidad: 2,2 g/cm³

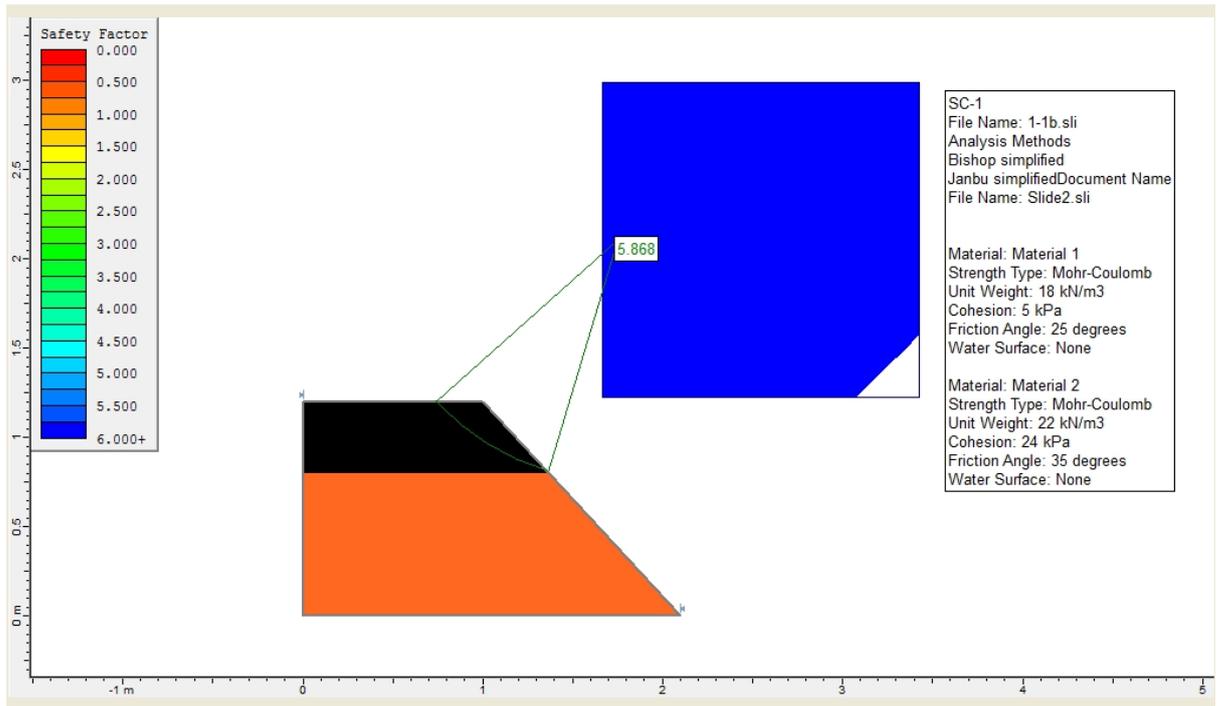
Se realizará un cálculo de estabilidad de taludes para cada punto en el que SGS realizó una prospección.

Adicionalmente, aprovechando las observaciones realizadas en la traza y algunas de las prospecciones realizadas en los estudios geotécnicos previos, se incluirán dos cálculos de taludes adicionales.

Vial no construido

Emplazamiento ubicado en la zona donde se efectuó en ensayo PD-1 y el sondeo corto SC-1.

Se hace la estimación de un talud con una pendiente 1H/1V y una profundidad estimada de zanja de 1,20 m.

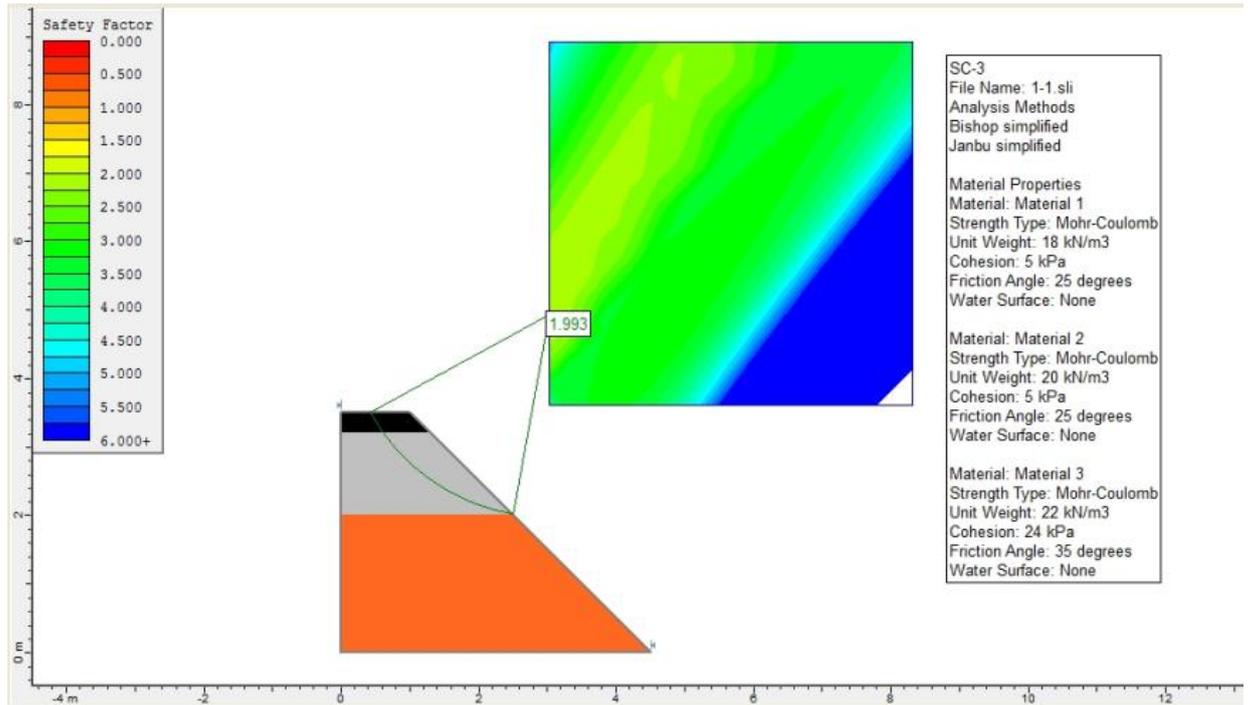


Como puede observarse el talud resulta perfectamente estable en la zona de suelo edáfico, con un factor de seguridad muy superior a 1,5.

Polígono Industrial Río de Janeiro

Emplazamiento dentro del polígono ubicado en la c/ la Torrecilla donde se efectuó en ensayo PD-3 y el sondeo corto SC-3.

Se hace la estimación de un talud con una pendiente 1H/1V y una profundidad estimada de zanja 3,50 m en la zona de la c/ Torrecilla del Polígono Industrial Río de Janeiro.



Como puede observarse el talud resulta estable en la zona del suelo vegetal y los rellenos, con un factor de seguridad superior a 1,5.

En cuanto a la otra prospección realizada en el polígono, la correspondiente al ensayo PD-2, no se puede realizar el cálculo al no poderse establecer la identificación y asignación de los materiales.

Aún así, atendiendo a los valores de los golpes obtenidos en el ensayo de penetración dinámica, que a partir de 0,60 m son $N_{20} > 15$, lo que indica ausencia de rellenos, además de conocidos los antecedentes en la zona del polígono (sustrato cuaternario formado gravas, cantos y bolos), y considerando una profundidad estimada de zanja de 1,2 m, se puede estimar que un talud con una pendiente 1H/1V resultará estable.

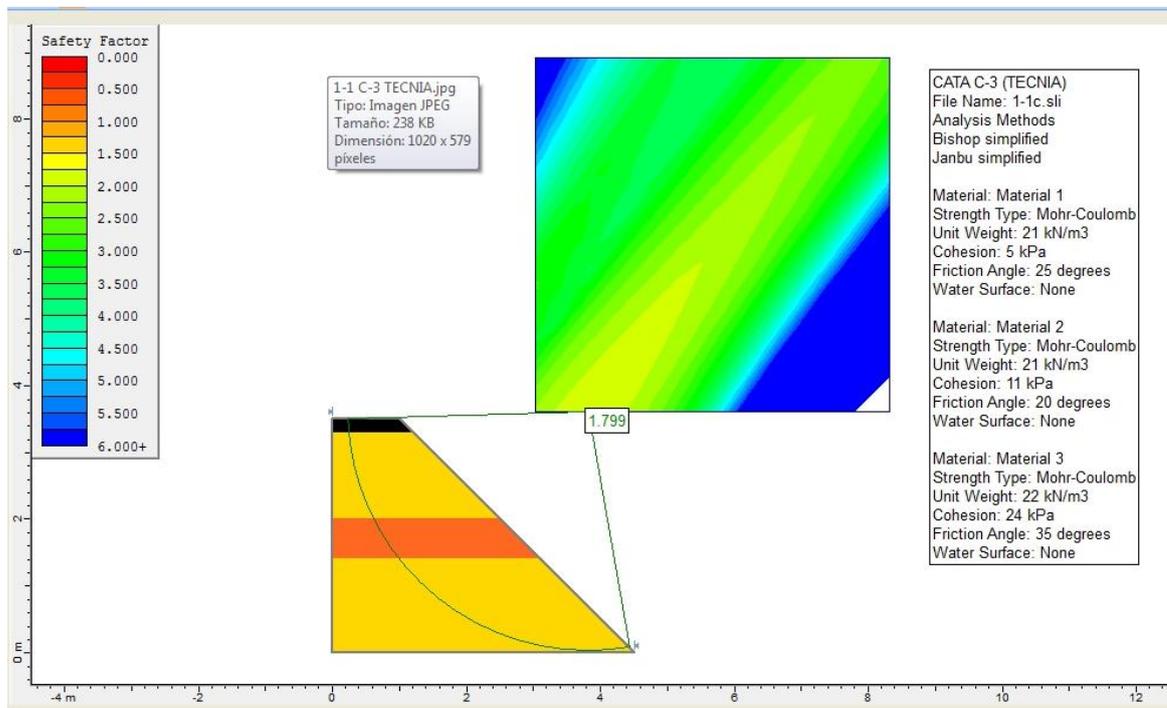
Emplazamiento C-3; P-3 (prospecciones realizadas por TECNIA)

Emplazamiento situado en el trazado tramo 1 al Norte del Polígono Industrial Río de Janeiro, aproximadamente la altura de la prolongación de la calle Pelaya.

Los materiales descritos en la citada calicata son:

- 0,00- 0,20 m: Suelo vegetal.
- 0,20- 1,50 m: Arenas con algo de grava en matriz arcillosa
- 1,50- 2,10 m: Gravas arenosas
- 2,10- 3,30 m (fin de la cata): Arenas con algo de grava en matriz arcillosa

Se hace la estimación de un talud con una pendiente 1H/1V y una profundidad de zanja estimada de 3,50 m.



Como puede comprobarse el talud resulta estable en toda su superficie, con un factor de seguridad superior a 1,5.

Emplazamiento C-9; P-9 (prospecciones realizadas por TECNIA)

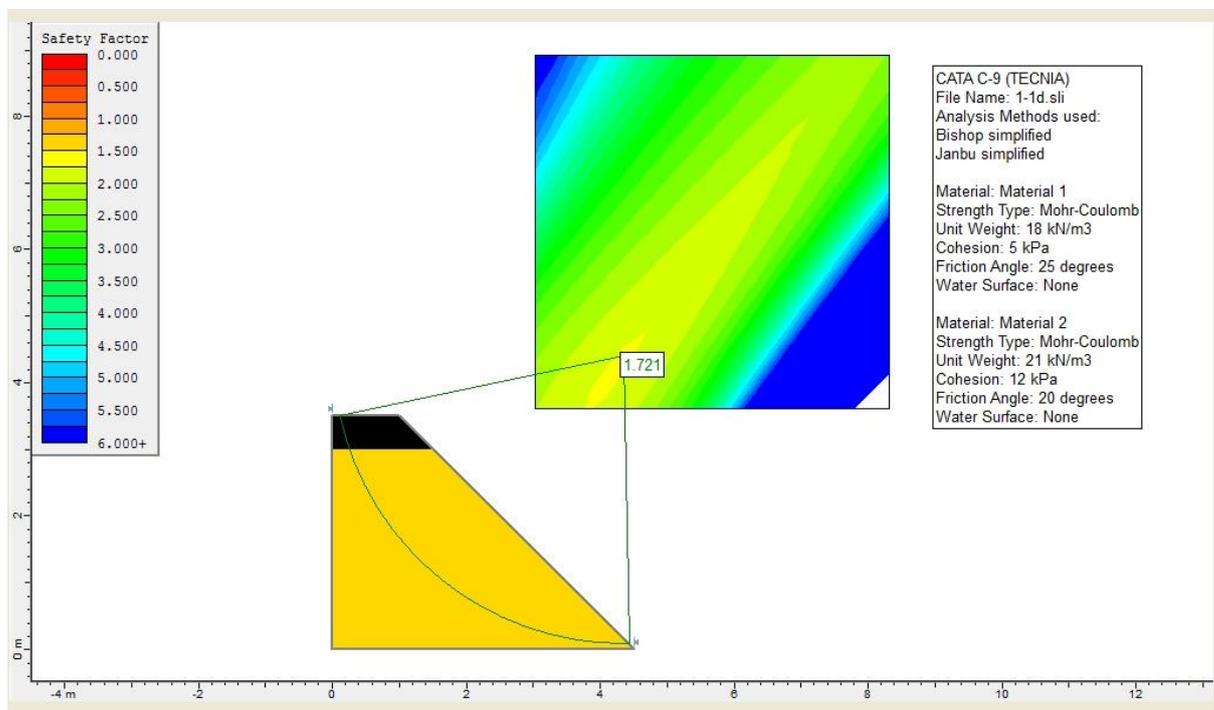
Emplazamiento situado en el trazado tramo 1, en el cruce del camino del Espinar y el camino de Castilla la Nueva, en el paraje denominado cuesta Redonda.

Los materiales descritos en la citada calicata son:

0,00- 0,50 m: Suelo vegetal.

0,50- 3,00 m (fin de la cata): Arenas con algo de grava en matriz arcillosa

Se hace la estimación de un talud con una pendiente 1H/1V y una profundidad de zanja estimada de 3,50 m.



Como puede comprobarse el talud resulta estable en toda su superficie, con un factor de seguridad superior a 1,5.

8.3. EXCAVABILIDAD

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 todas 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 otra parte la Norma Tecnológica de Edificación (NTE) en su apartado Acondicionamiento del terreno- Cimentaciones, establece las siguientes categorías de terreno, según su excavabilidad:

Terreno duro: Cuando es atacable con máquinas y/o escarificador, pero no con pico, como terrenos de tránsito, rocas descompuestas, tierras muy compactas.

Terreno medio: Cuando es atacable con el pico, pero no con pala, como arcillas semicompactas con o sin gravas o gravillas.

Terreno blando: Cuando es atacable con la pala, como tierras sueltas, tierra vegetal, arenas.

Las condiciones de excavabilidad en nuestra área de estudio se ha establecido basándonos en las prospecciones y observaciones realizadas, antecedentes, aportados por los estudios previos revisados y la bibliografía, y nuestra experiencia en la zona.

De este modo, los materiales presentes en la traza son en general de excavabilidad “tierra”- “blando” por lo que el arranque y la carga de materiales se puede realizar con los siguientes equipos: Palas cargadoras y retroexcavadora de brazo profundo aproximadamente 5,50 m o la retroexcavadora mixta (pala y retro) válida también para zanjas de servicio.

8.4. COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

Para los terrenos detectados en el punto de estudio, se estiman los siguientes coeficientes de permeabilidad, según la bibliografía existente. Figuras 8.1.3.a y 8.1.3.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 8.1.3.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 8.1.3.b: Valores orientativos del coeficiente de permeabilidad

Se podría asignar los siguientes coeficientes de permeabilidad:

Gravas y arenas: $k_z = 10^{-2} - 10^{-5}$ m/s

8.5. TENSIÓN ADMISIBLE DEL TERRENO

Emplazamiento Sondeo SM-1

Considerando la cota roja de tubo hincas (597,5), según la información aportada por el sondeo SM-1 (Z: 604,7), es decir a 7,2 m de profundidad, afloran las arenas arcillosas a muy arcillosas, alternando con niveles más cohesivos, por lo que la tensión admisible del terreno se determinará considerando un conjunto de carácter granular.

Cuando predomina la fracción granular, la tensión admisible está más limitada por asientos que por hundimiento, por lo que para ello, nos basamos en el golpeo N_{SPT} obtenido en los ensayos de penetración estándar, según el método simplificado propuesto en el CTE (Código Técnico de la Edificación):

Para un ancho de cimentación $B > 1,2$ m

$$\sigma_{ad} = 8 N_{SPT} [1 + D/3B] * [St/25] * [(B + 0,3)/B]^2 \text{ kN/m}^2$$

Donde:

- S_t =Asiento total admisible, en mm (consideramos 25,4 mm para suelos granulares, Burland 1977).
- $N_{SPT}=50$
- D =Profundidad de empotramiento de la cimentación, supuesta de 1 m.
- B =Ancho de cimentación (supuesto de 3 m).

$[1+D/3B]$ debe ser $\leq 1,3$

Sustituyendo:

$$\sigma_{ad}=545,8 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{5,45 \text{ kp/cm}^2}$$

De cara a adoptar un criterio más conservador adoptaremos un valor de **3,50 kp/cm²**.

En el caso de suelos granulares, resulta más restrictivo el cumplimiento de la condición de **asientos**, para lo cual se ha considerado la formulación de Burland y Burbidge:

$$S_i = f_l \times f_s \times q' \times B^{0,7} \times I_c$$

Donde

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

$$f_s = \left[\frac{1,25 \times \frac{L}{B}}{\frac{L}{B} + 0,25} \right]^2$$

$$f_l = \frac{Hs}{Zl} \times \left[2 - \frac{Hs}{Zl} \right]$$

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

Si=5,26 mm= 0,52 cm < 2,54 cm. Admisible.

Por tanto se verifican la tensión admisible de $\sigma_{ad} = 3,50 \text{ kp/cm}^2$.

En los otros puntos prospectados, para el cálculo de la tensión admisible del terreno en función de los resultados de los ensayos de penetración dinámica continua D.P.S.H., se ha utilizado la fórmula de Hince de los Holandeses:

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

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

PD-1					TENSION ADMISIBLE (kp/cm ²)
PROFUNDIDAD (m)		GOLPES	Rp	Re	
DE	HASTA				
0.00	0,2	20	0,00	0,00	0,00
0.20	0,4	20	229,04	160,32	2,67
0.40	0,6	21	235,98	165,19	2,75
0.60	0,8	15	165,46	115,82	1,93
0.80	1	16	173,31	121,31	2,02
1.00	1,2	12	127,67	89,37	1,49
1.20	1,4	10	104,54	73,18	1,22
1.40	1,6	12	123,30	86,31	1,44
1.60	1,8	17	171,74	120,22	2,00
1.80	2	67	665,64	465,95	7,77
2.00	2,2	100	977,31	684,12	11,40

Cota explanación
supuesta

PD-2					TENSION ADMISIBLE (kp/cm ²)
PROFUNDIDAD (m)		GOLPES	Rp	Re	
DE	HASTA				
0.00	0,2	11	0,00	0,00	0,00
0.20	0,4	10	114,52	80,16	1,34
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	47	509,09	356,36	5,94
1.00	1,2	73	776,69	543,68	9,06
1.20	1,4	64	669,07	468,35	7,81
1.40	1,6	66	678,16	474,71	7,91
1.60	1,8	71	717,25	502,08	8,37
1.80	2	100	993,49	695,44	11,59

Cota explanación supuesta

PD-3					TENSION ADMISIBLE (kp/cm ²)
PROFUNDIDAD (m)		GOLPES	Rp	Re	
DE	HASTA				
0.00	0,2	15	0,00	0,00	0,00
0.20	0,4	13	148,87	104,21	1,74
0.40	0,6	10	112,37	78,66	1,31
0.60	0,8	11	121,34	84,94	1,42
0.80	1	11	119,15	83,40	1,39
1.00	1,2	13	138,31	96,82	1,61
1.20	1,4	14	146,36	102,45	1,71
1.40	1,6	20	205,50	143,85	2,40
1.60	1,8	44	444,50	311,15	5,19
1.80	2	100	993,49	695,44	11,59
2.00	2,2				
2.20	2,4				
2.40	2,6				
2.60	2,8				
2.80	3				
3.00	3,2				
3.20	3,4				
3.40	3,6				
3.60	3,8				

Cota explanación supuesta

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 máxima de 175 mg/Kg, por lo que la muestra de suelo no presenta agresividad al hormigón por contenido en sulfatos.

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

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 (70) páginas ordenadas y numeradas de la 1 a la (70), más anexos.

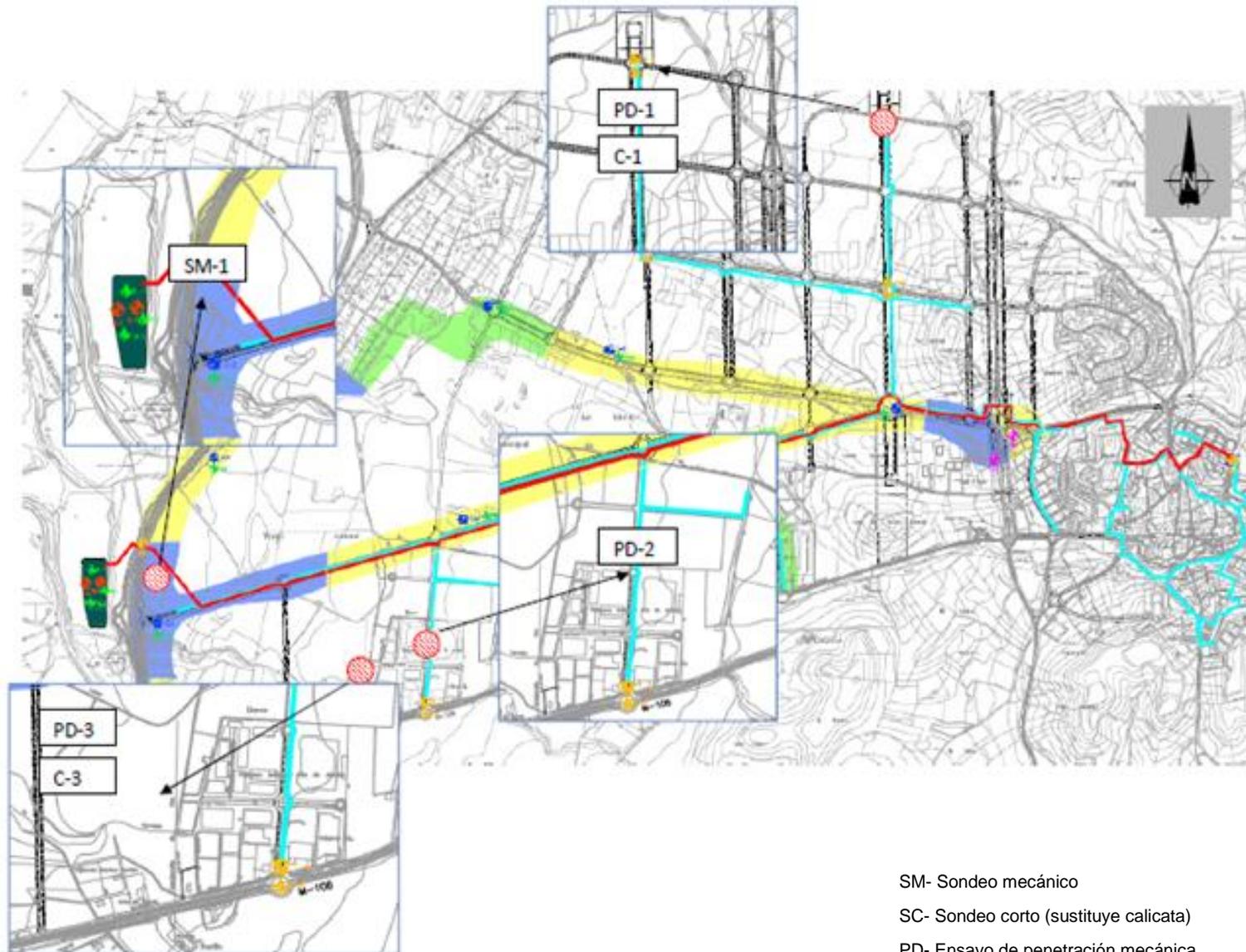
Madrid, a 22 de Abril de 2016

Fdo: Vladimir Sánchez Ríos
Lic. CC. Geológicas
Departamento de Geotecnia SGS

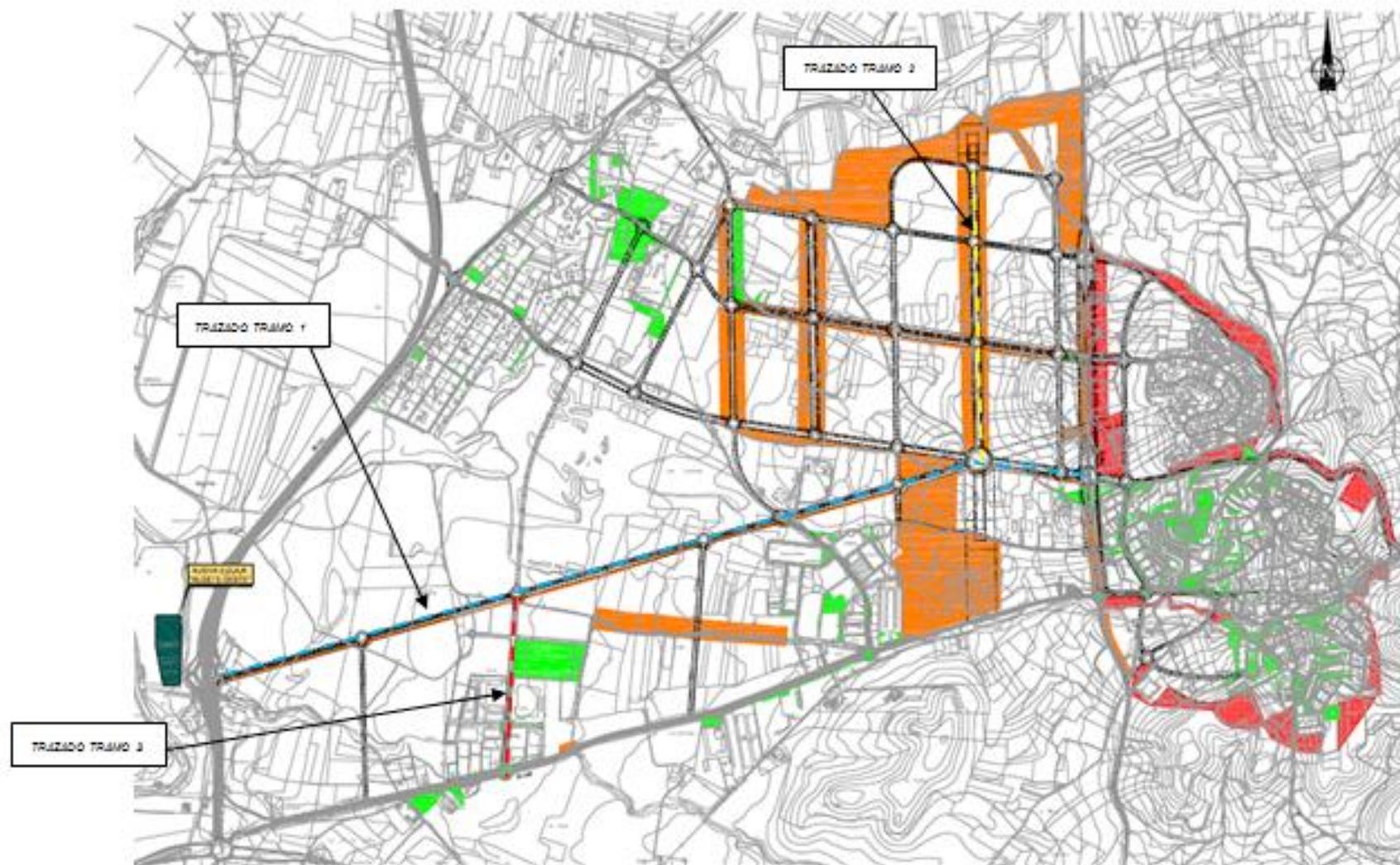
Fdo: Ramón Vicente Fernández
Dr. Ingeniero de Caminos
Director de Edificación U.R. Madrid

PLANOS

PLANO 1: Planta de situación de los trabajos de campo



PLANO 2: Plano itinerarios geológicos (zona colector)



Esquema del Trazado- Tramos inspeccionados

ANEXOS

ANEXO I: SONDEOS MECÁNICOS

SONDEO MECÁNICO: SM-1

FECHA INICIO: 30/03/2016
FECHA FINAL: 01/04/2016

SUPERVISOR: Vladimir Sánchez
SONDISTA: Andrés Cordero
EQUIPO DE PERFORACIÓN: PENETROSONDA CANARIAS 250

COORDENADAS

X: 452655,25
Y: 4493910,54
Z: 604,7

SITUACIÓN

P.K. TRAZADO: -
DISTANCIA AL EJE: -
INCLINACIÓN: 90

DATOS PROPIETARIO DE LA PARCELA:

TIPO DE PROPIEDAD:

- Particular
 Pública

- Empresa
 Otros

ESTADO DE LA PETICIÓN

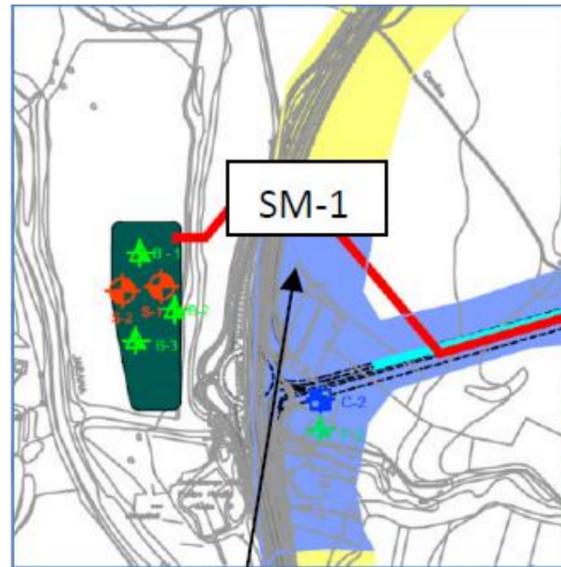
- Concedido
 En trámite

- Denegado
 No contesta

TIPO DE AUTORIZACIÓN

- Verbal
 Escrito

Página 1



VISTA DE LA EJECUCIÓN
DEL SONDEO MECÁNICO.

LECTURAS DE NIVELES DE AGUA EN EL SONDEO			
FECHA MEDIDA	HORA MEDIDA	PROF. NIVEL (m)	OBSERVACIONES
01/04/2016	16:00	--	
08/04/2016	14:00	--	

FOTOS CAJAS DE SONDEOS







Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. inferior (m)	Espesor (m)	Final maniobra (m)	R.Q.D (%) Recuperación (%)										R.C.S. (Escala I.S.R.M.)					Meteorización					Nº de juntas/m	RMR (Básico) RMR (Seco)				Muestras/Ensayos				Ensayos de laboratorio																	
											20 40 60 80										R2 R3 R4 R5					V IV III II										Tipo Intervalo (m) Resultados Golpes/30cm				Granulometría % Paso					Límites Atterberg		Estado natural		Edómetro		Ensayo de corte		Triaxial		Contenidos		
											max.				2 mm		0,4 mm		0,08 mm		2 µm		WL		WP		Humedad		Dens. Seca			P. específico		R.C.S. (kp/cm²)		ec		cc		Tipo		c (kp/cm²)		φ (°)		Tipo		c (kp/cm²)		φ (°)		M.O.		SO3		CO3Ca	
0,0						Suelo edáfico arenoso de color marrón oscuro		0,4	0,4	0,4																																															
0,6	B101D	06/04/16	113			Gravas y bolos cuarcíticos en matriz arenosa de grano medio, color marrón beige, con presencia ocasional de gravillas.		3,1	2,2	1,7	1,5																																														
1,2																																																									
1,8																																																									
2,4	B86D																																																								
3,0																																																									
3,6																																																									
4,2																																																									
4,8																																																									
5,4																																																									
6,0																																																									

SONDEO MECÁNICO: SC-1

FECHA INICIO: 06/04/2016
FECHA FINAL: 06/04/2016

SUPERVISOR: Vladimir Sánchez
SONDISTA: Andrés Cordero
EQUIPO DE PERFORACIÓN: PENETROSONDA CANARIAS 250

COORDENADAS

X: 456380,26
Y: 4496396,68
Z:

SITUACIÓN

P.K. TRAZADO: -
DISTANCIA AL EJE: -
INCLINACIÓN: 90

DATOS PROPIETARIO DE LA PARCELA:

TIPO DE PROPIEDAD:

- Particular
 Pública

- Empresa
 Otros

ESTADO DE LA PETICIÓN

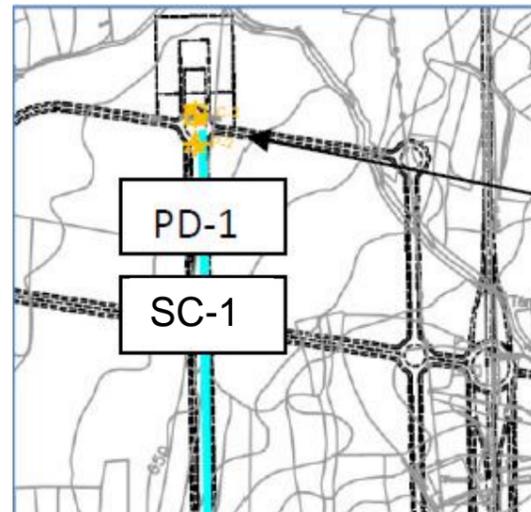
- Concedido
 En trámite

- Denegado
 No contesta

TIPO DE AUTORIZACIÓN

- Verbal
 Escrito

Página 1



PLANO DE SITUACIÓN Y FOTO AÉREA



VISTA DE LA EJECUCIÓN DEL SONDEO MECÁNICO.

LECTURAS DE NIVELES DE AGUA EN EL SONDEO			
FECHA MEDIDA	HORA MEDIDA	PROF. NIVEL (m)	OBSERVACIONES
--	--	--	

FOTOS CAJAS DE SONDEOS



CLIENTE: 	TRABAJO: T-2192 PROYECTO DE SUMINISTRO DE AGUA REGENERADA EN ALGETE (MADRID)	EMPRESA CONSULTORA: 	Supervisor: VLA DIMIR SÁNCHEZ Empresa: IPMA Sondista: ANDRES CORDERO Equipo: PENETROSONDA CANARIAS 2	X UTM: 453780,46 Y UTM: 4493432,24 Z UTM: @	SONDEO: SC-3 Hoja: 1 de 1 F. de inicio: 08/04/2016 F. finalización: 08/04/2016
--	---	---	---	--	---

Profundidad (m)	Tipo de perforación	Fecha	Revestimiento	Prof. Agua (m)	Notas	Columna litológica	Descripción litológica	Prof. inferior (m)	Espesor (m)	Final maniobra (m)	R.Q.D (%) Recuperación (%)												R.C.S. (Escala I.S.R.M.)					Meteorización					Nº de juntas/m												RMR (Básico) RMR (Seco)				Muestras/Ensayos				Ensayos de laboratorio																			
											Granulometría % Paso				Límites Atterberg		Estado natural		Edómetro		Ensayo de corte		Triaxial		Contenidos		Tipo	Intervalo (m)	Resultados	Golpes/30cm	max.	2 mm	0.4 mm	0.08 mm	2 µm	WL	WP	Humedad	Dens. Seca	P. específico	R.C.S. (kp/cm²)	ec	cc	Tipo	c (kp/cm²)	φ (°)	Tipo	c (kp/cm²)	φ (°)	M.O.	SO3	CO3Ca																				
											20	40	60	80	R2	R3	R4	R5	V	IV	III	II	>30	18	6	30																											40	50	60	70	8	max.	2 mm	0.4 mm	0.08 mm	2 µm	WL	WP	Humedad	Dens. Seca	P. específico	R.C.S. (kp/cm²)	ec	cc	Tipo	c (kp/cm²)
0.0	B116W						Suelo edáfico arcillo-arenoso con algo de gravilla, de color marrón oscuro.	0.3	0.3	0.3																																																														
0.6	B101W						Arcilla limosa algo arenosa con presencia ocasional de gravilla, color marrón oscuro.	1.2	0.7	0.7																							MA 0,9-1,2																																							
1.2							Gravas y cantos en matriz arcillo-arenosa color marrón pardo.	1.5	1.4	1.4																							MA 1,6-1,9																																							
1.8		08/04/16						1.6	1.9	1.9																																																														
2.4	B86D							2.2	2.2	2.2																																																														
3.0								2.3	2.7	2.7																																																														
3.6								2.7	3.6	3.6																																																														
3.8								3.8	3.8	3.8																																																														
4.2																																																																								
4.8																																																																								
5.4																																																																								
6.0																																																																								

MI: MUESTRA INALTERADA	MA: MUESTRA ALTERADA	SPT: PENETRÓMETRO	TP: TESTIGO PARAFINADO	MW: MUESTRA DE AGUA
LF: ENSAYO LEFRANC	LG: ENSAYO LUGEON	Ar: ARCILLA	PR: ENSAYO PRESIOMÉTRICO	DL: ENSAYO DILATOMÉTRICO
Ox: ÓXIDO	Q: CUARZO			

SONDEO MECÁNICO: SC-3

FECHA INICIO: 08/04/2016
FECHA FINAL: 08/04/2016

SUPERVISOR: Vladimir Sánchez
SONDISTA: Andrés Cordero
EQUIPO DE PENETROSONDA
PERFORACIÓN: CANARIAS 250

COORDENADAS

X: 453780,46
Y: 4493432,24
Z:

SITUACIÓN

P.K. TRAZADO: -
DISTANCIA AL EJE: -
INCLINACIÓN: 90

DATOS PROPIETARIO DE LA PARCELA:

TIPO DE PROPIEDAD:

- Particular
 Pública

- Empresa
 Otros

ESTADO DE LA PETICIÓN

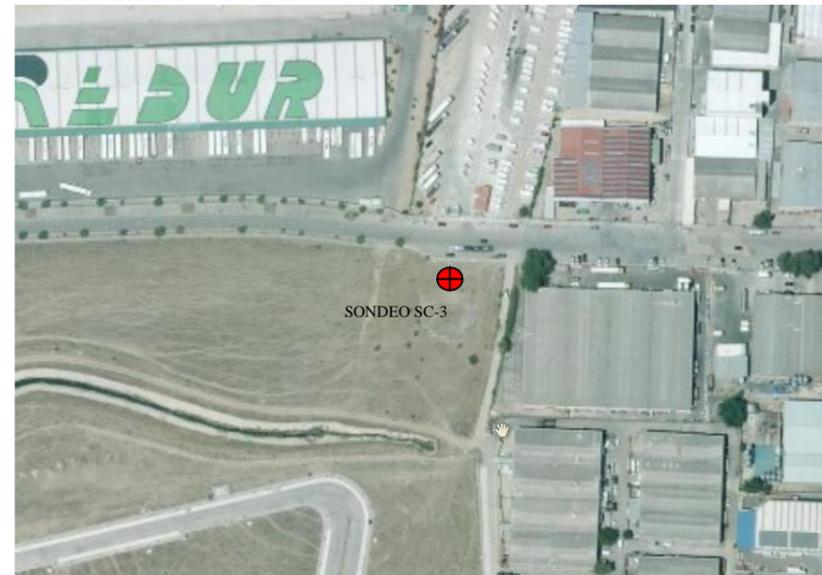
- Concedido
 En trámite

- Denegado
 No contesta

TIPO DE AUTORIZACIÓN

- Verbal
 Escrito

Página 1



**VISTA DE LA EJECUCIÓN
DEL SONDEO MECÁNICO.**

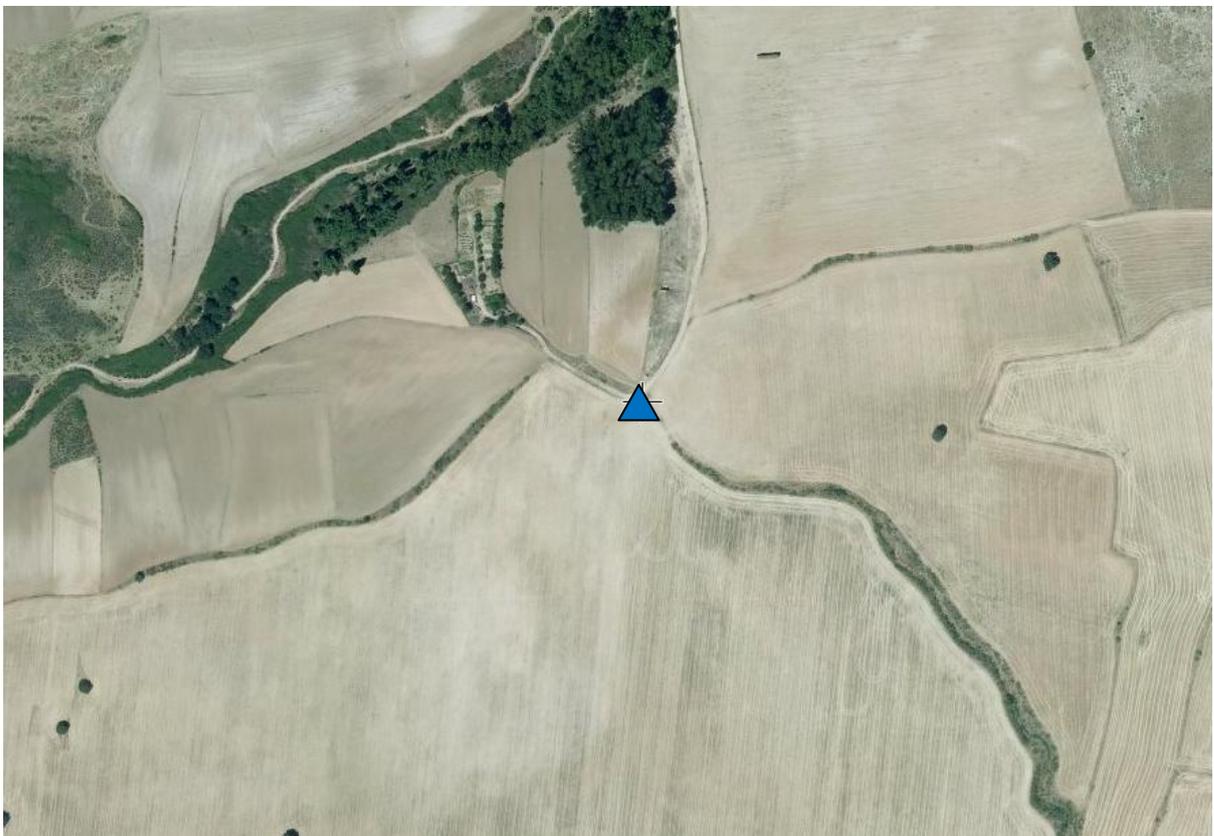
LECTURAS DE NIVELES DE AGUA EN EL SONDEO			
FECHA MEDIDA	HORA MEDIDA	PROF. NIVEL (m)	OBSERVACIONES
--	--	--	

FOTOS CAJAS DE SONDEOS



ANEXO II: ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA

Ref Informe: 222381-EG T-2192
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**

EXPEDIENTE Nº T-2192

TRABAJO: **CONSTRUCCIÓN DE UN COLECTOR PARA SUMINISTRO DE AGUA DE RIEGO EN ALGETE (MADRID).**

Hoja Nº **1 de 1**

ENSAYO Nº: **PD-1**

X: 456380,01 Y: 4496396,96

FECHA: **31/03/2016**

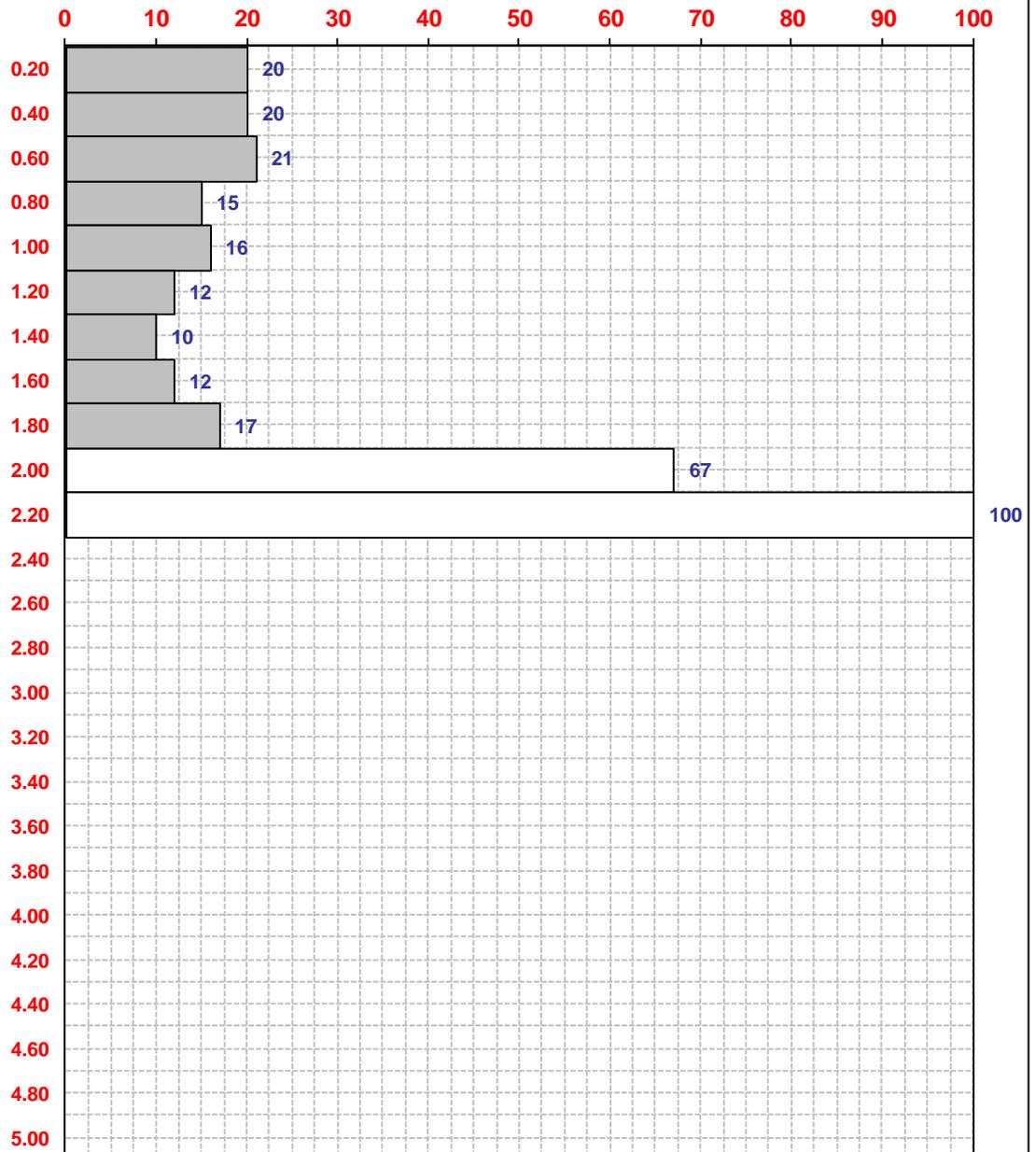
Altura de caída: **760±10 mm.**
 Peso maza: **63,5±0,5 kg**

Puntaza: **Cónica, Ø50,5±0,5 mm**

Nº DE GOLPES (N₂₀)

GRÁFICO DE PENETRACIÓN

PROFUNDIDAD (m)



Ensayo realizado por: **EDUARDO BELINCHÓN**
 Supervisado por: **VLADIMIR SÁNCHEZ**

COTA DE RECHAZO: 2,20 m.
PROF. NIVEL FREÁTICO DETECTADO: -

SGS Tecnos, S.A.

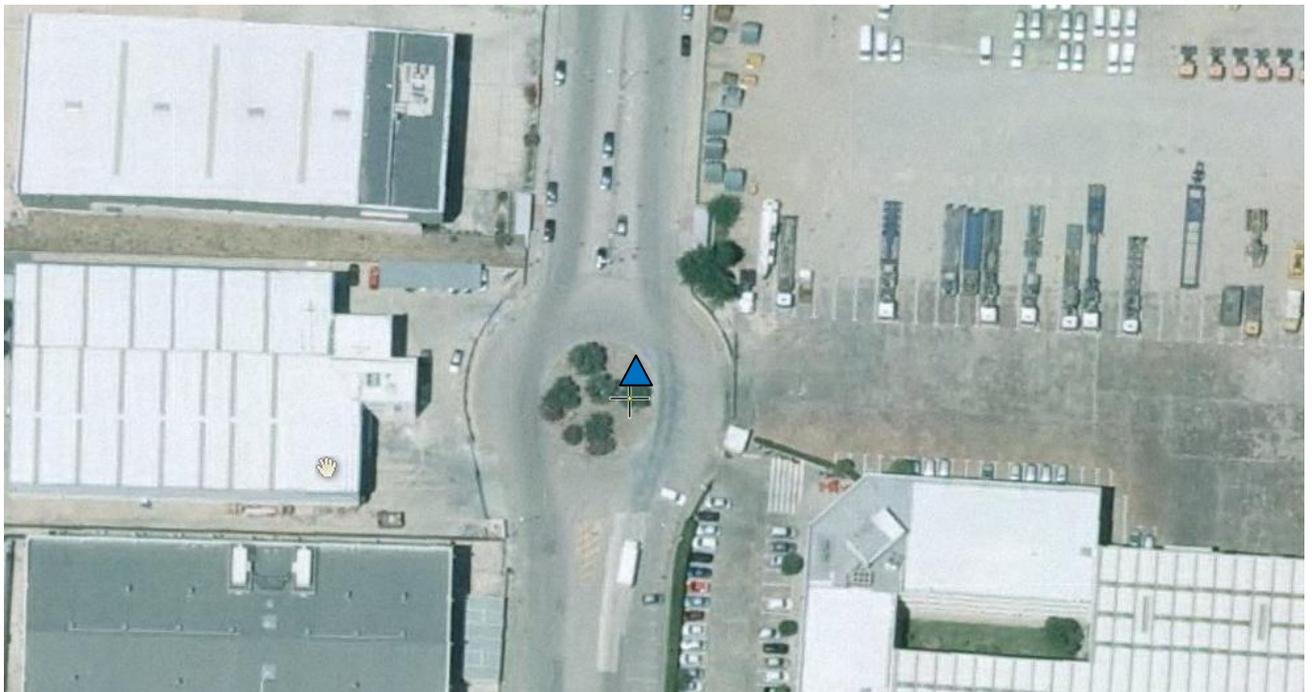
Queda prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización

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

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

EXPEDIENTE N° T-2192

TRABAJO: CONSTRUCCIÓN DE UN COLECTOR PARA SUMINISTRO DE AGUA DE RIEGO EN ALGETE (MADRID).

Hoja N° 1 de 1

ENSAYO N°: PD-2

X: 454064,88 Y: 4493649,49

FECHA: 31/03/2016

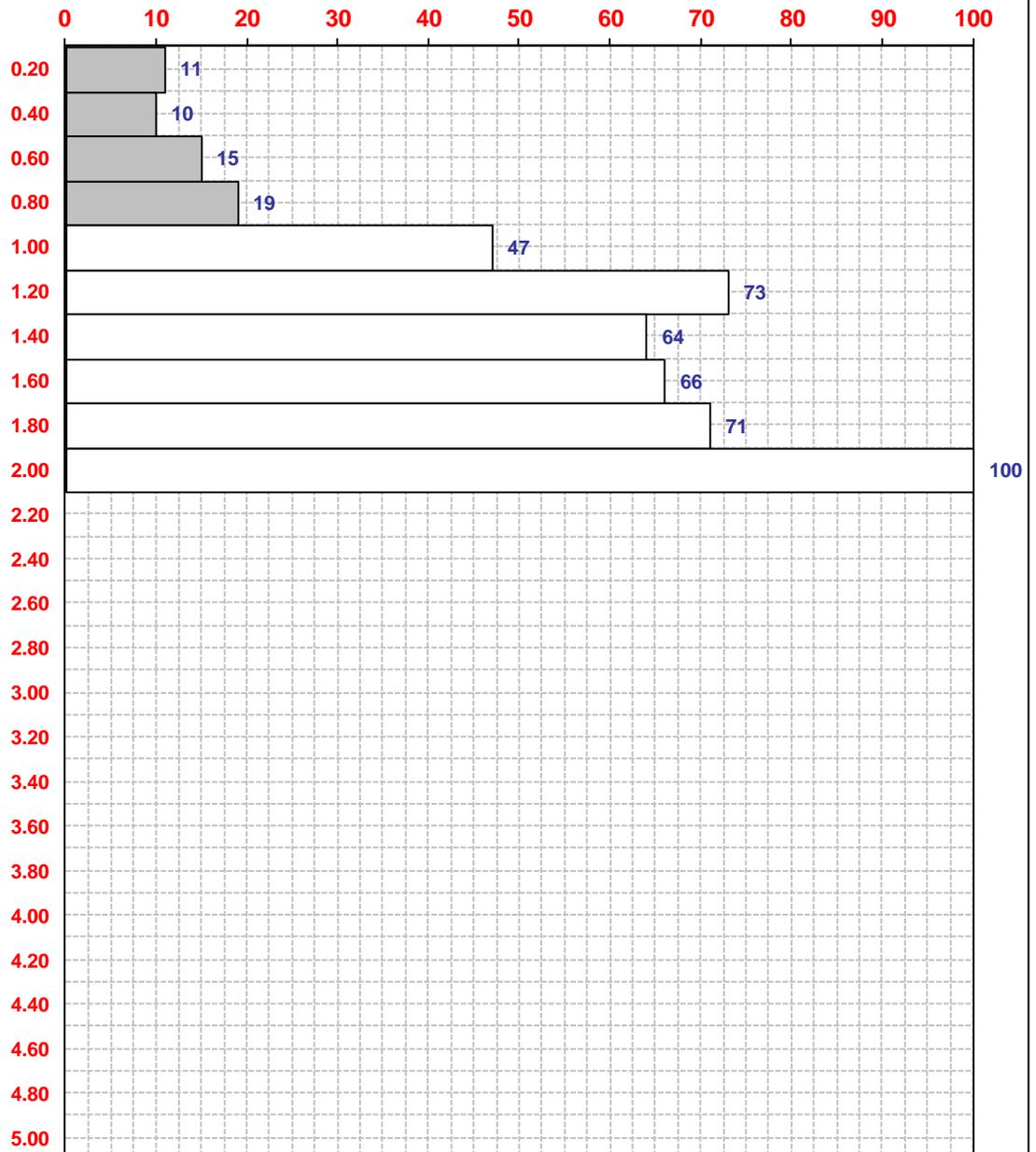
Altura de caída: 760±10 mm.
 Peso maza: 63,5±0,5 kg

Puntaza: Cónica, Ø50,5±0,5 mm

Nº DE GOLPES (N₂₀)

GRÁFICO DE PENETRACIÓN

PROFUNDIDAD (m)



Ensayo realizado por: EDUARDO BELINCHÓN
 Supervisado por: VLADIMIR SÁNCHEZ

COTA DE RECHAZO: 2,00 m.
 PROF. NIVEL FREÁTICO DETECTADO: -

SGS Tecnos, S.A.

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

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

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

EXPEDIENTE N° T-2192

TRABAJO: CONSTRUCCIÓN DE UN COLECTOR PARA SUMINISTRO DE AGUA DE RIEGO EN ALGETE (MADRID).

Hoja N° 1 de 1

ENSAYO N°: PD-3

X: 453779,32 Y: 4493432,85

FECHA: 31/03/2016

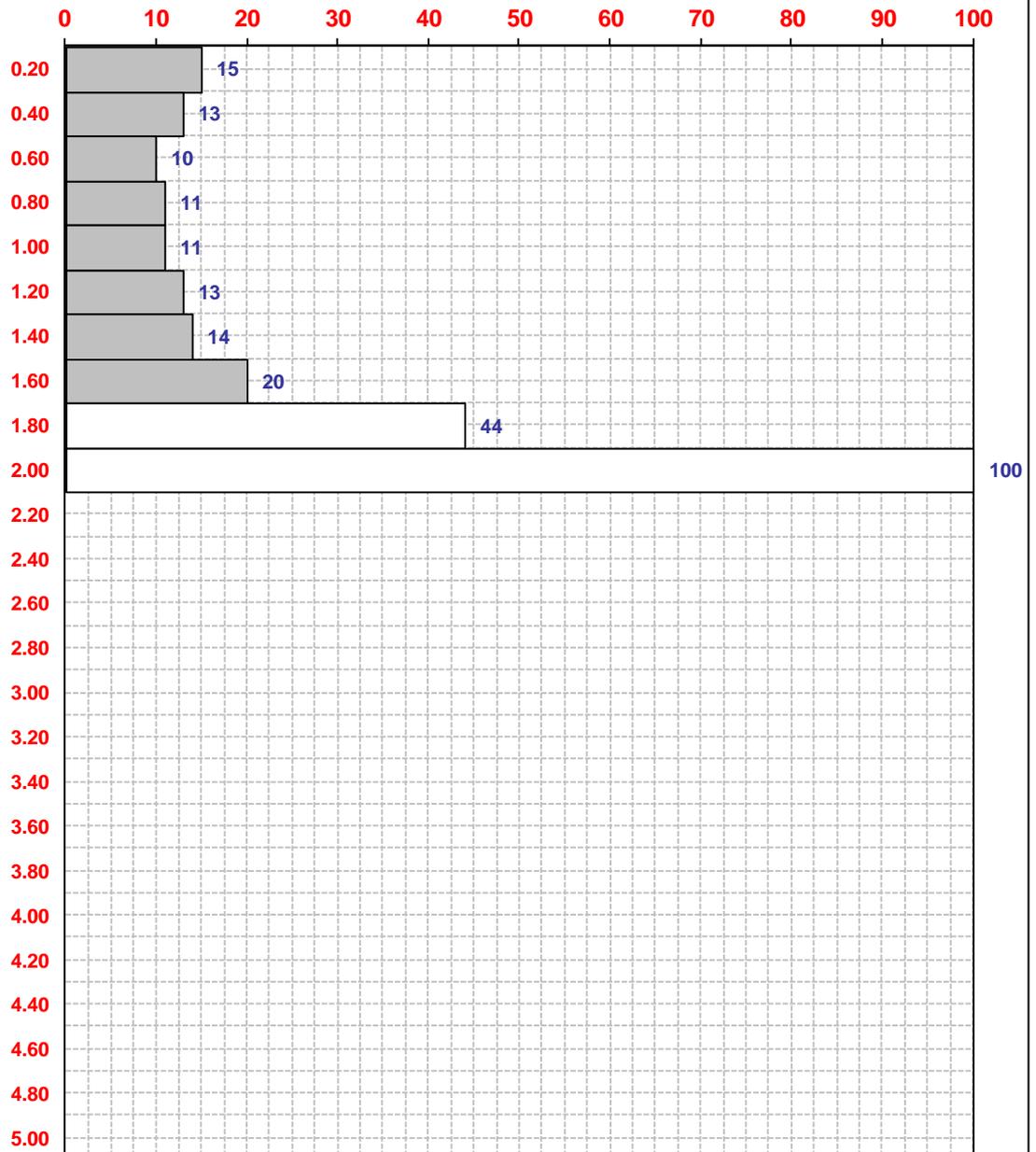
Altura de caída: 760±10 mm.
 Peso maza: 63,5±0,5 kg

Puntaza: Cónica, Φ50,5±0,5 mm

Nº DE GOLPES (N₂₀)

GRÁFICO DE PENETRACIÓN

PROFUNDIDAD (m)



Ensayo realizado por: EDUARDO BELINCHÓN
 Supervisado por: VLADIMIR SÁNCHEZ

COTA DE RECHAZO: 2,00 m.
 PROF. NIVEL FREÁTICO DETECTADO: -

SGS Tecnos, S.A.

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

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

ANEXO III: ENSAYOS DE LABORATORIO



RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

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

OBRA: **T-2192 E.G. para suministro de agua en Algete (Madrid)**

Nº OBRA: **2016118**

FECHA INFORME: **20 de abril 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: 2016118

OBRA: T-2192 E.G. para suministro de agua en Algete (Madrid)

1. ANTECEDENTES

El día 13 de abril 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 dos testigos plastificados de suelo, una muestra SPT de suelo y una muestra alterada de suelo en bolsa.

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. Ensayo de rotura a compresión simple, según norma UNE 103-400:93
- 2.6. Determinación de los parámetros resistentes al esfuerzo cortante de una muestra de suelo en la caja de corte directo: ensayo consolidado y no drenado (CU), según norma UNE 103401:98
- 2.7. Determinación de los parámetros resistentes al esfuerzo cortante de una muestra de suelo en la caja de corte directo: ensayo consolidado y drenado (CD), según norma UNE 103401:98
- 2.8. Cálculo de la presión de hinchamiento de un suelo en edómetro, según UNE 103602:96
- 2.9. Determinación cuantitativa de sulfatos en suelos, según EHE 2008 y norma UNE 83963:2008
- 2.10. Determinación la Acidez Baumann – Gully en suelos, según EHE 2008 y norma UNE 83962:2008



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

Nº Obra: **2016118**

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

Obra: T-2192 E.G. para suministro de agua en Algete (Madrid)

Muestra: SM-1 3.00-3.60 SPT

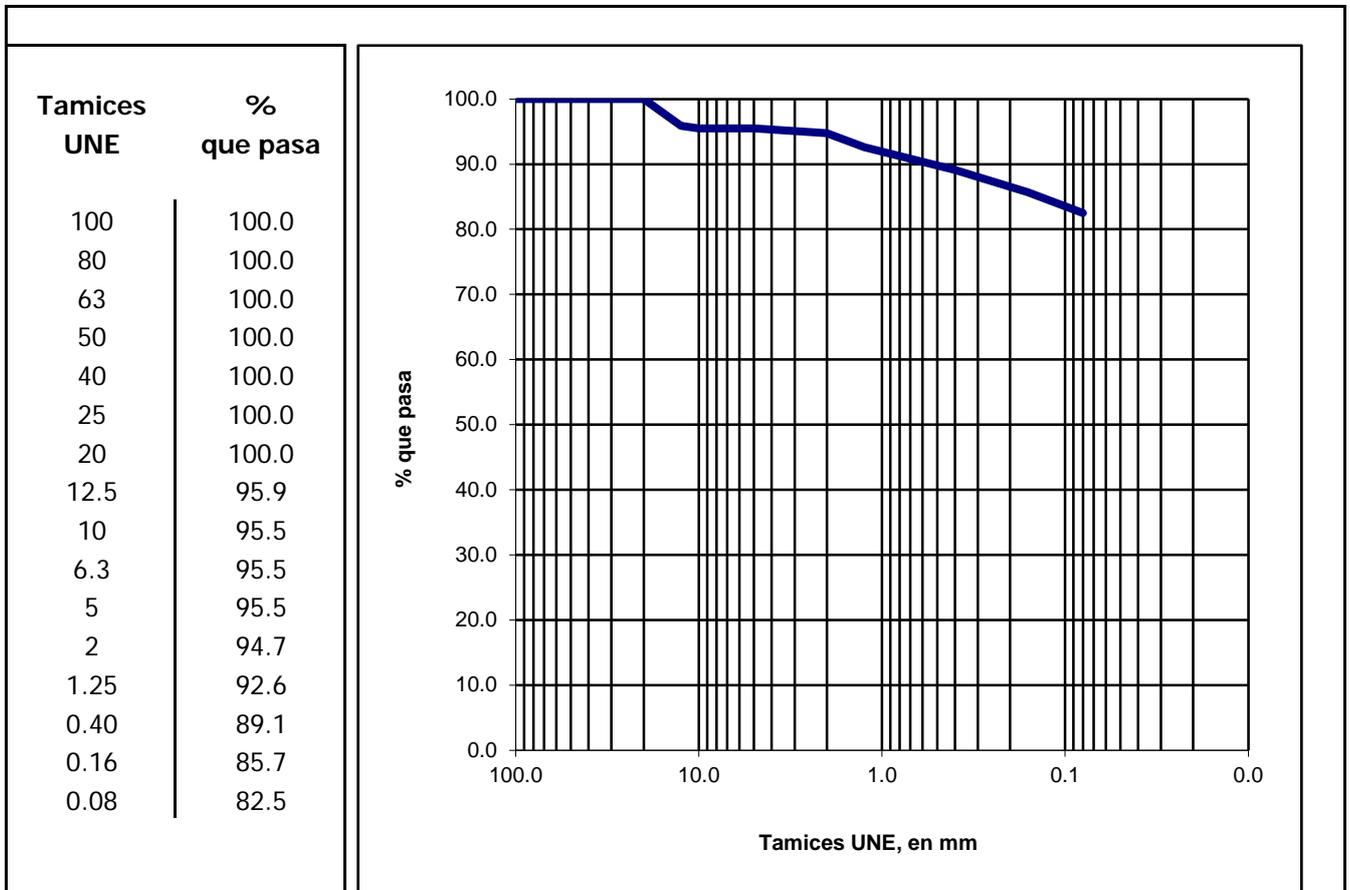
Fecha: 18 de abril de 2016



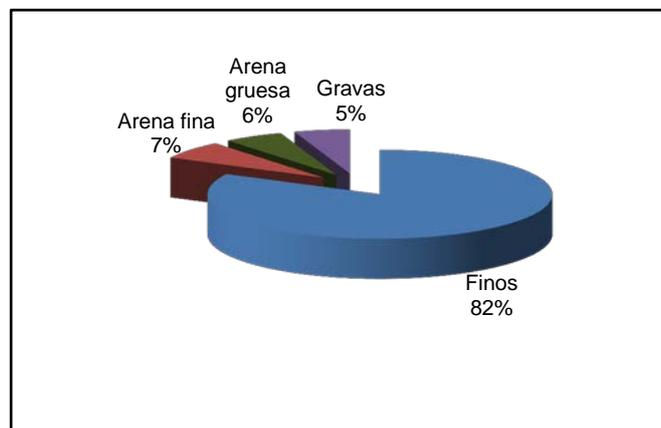
C/ Oporto, nº 11
 Polígono Európolis
 28232-Las Rozas (Madrid)
 Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Clasificación geotécnica	% que pasa
Finos	82.5
Arena fina	6.6
Arena gruesa	5.6
Gravas	5.3



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 5 de 22

Laboratorio acreditado en geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2016118**

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

Obra: T-2192 E.G. para suministro de agua en Algete (Madrid)

Muestra: SM-1 6.10-6.30 TP

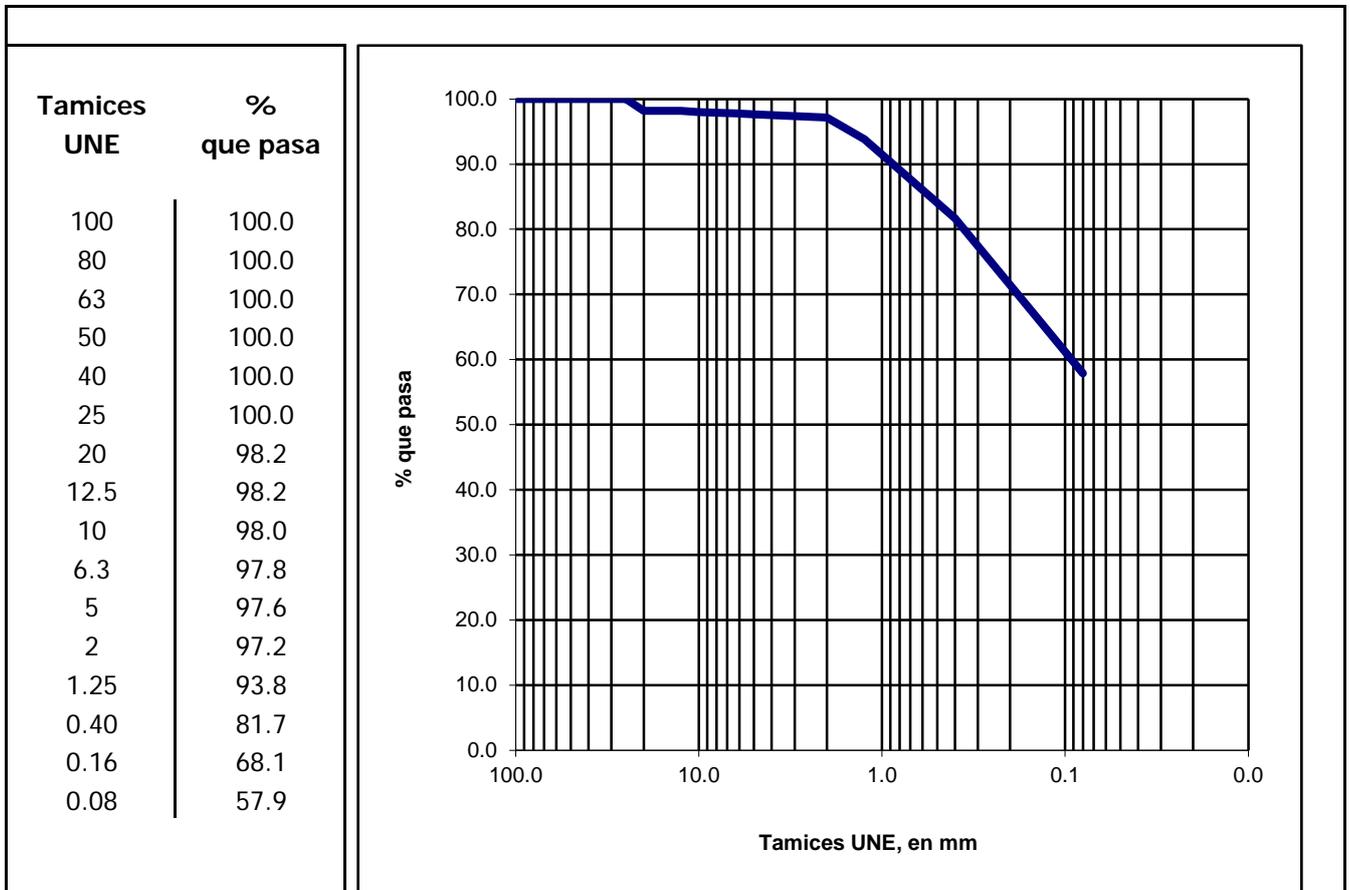
Fecha: 18 de abril de 2016



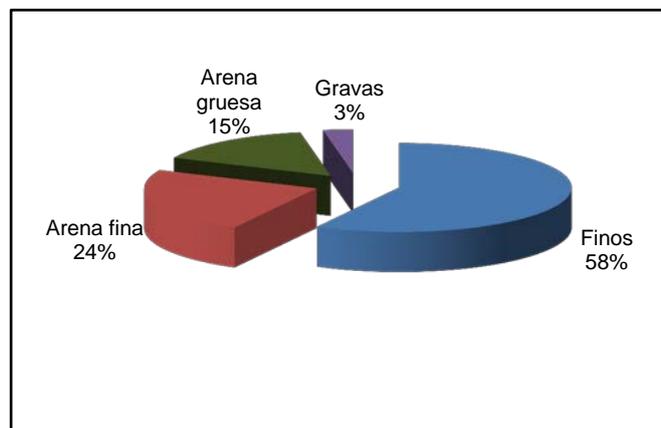
C/ Oporto, nº 11
 Polígono Európolis
 28232-Las Rozas (Madrid)
 Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Clasificación geotécnica	% que pasa
Finos	57.9
Arena fina	23.9
Arena gruesa	15.4
Gravas	2.8



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 22

Laboratorio acreditado en geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2016118**

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

Obra: T-2192 E.G. para suministro de agua en Algete (Madrid)

Muestra: SM-1 11.60-11.90 TP

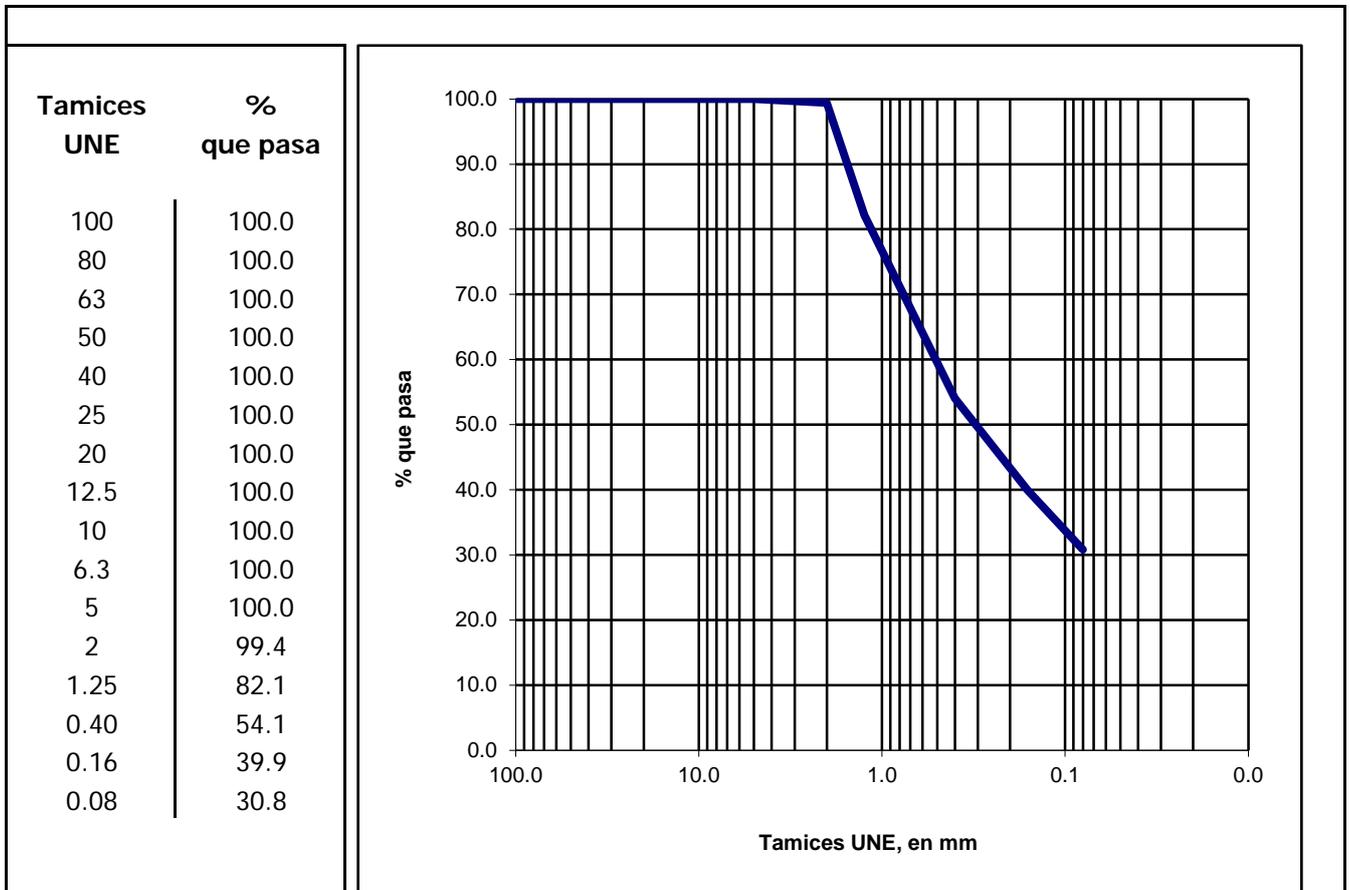
Fecha: 18 de abril de 2016



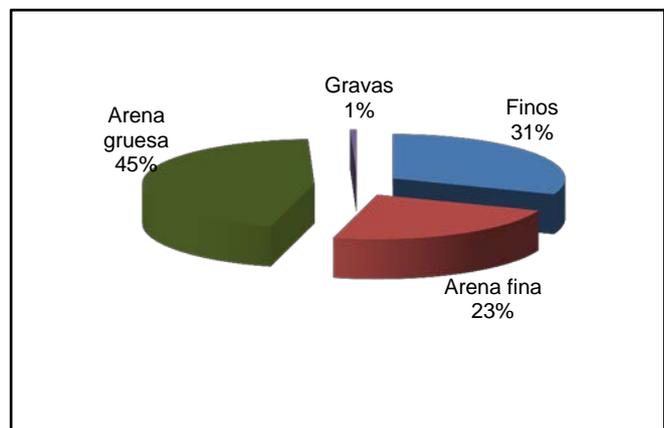
C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Clasificación geotécnica	% que pasa
Finos	30.8
Arena fina	23.3
Arena gruesa	45.3
Gravas	0.6



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 7 de 22

Laboratorio acreditado en geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2016118**

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

Obra: T-2192 E.G. para suministro de agua en Algete (Madrid)

Muestra: SC-3 0.90-1.20 MA

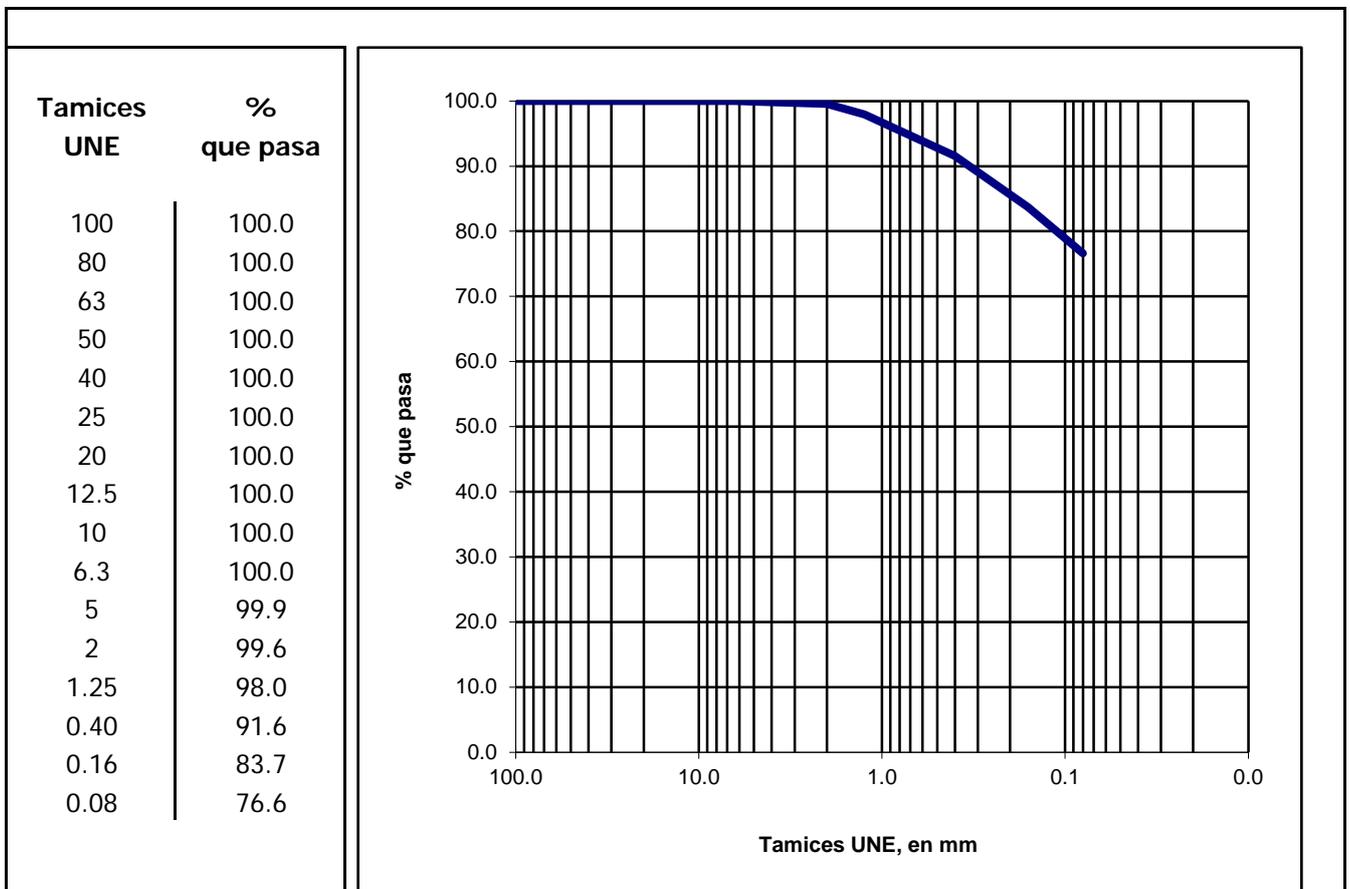
Fecha: 18 de abril de 2016



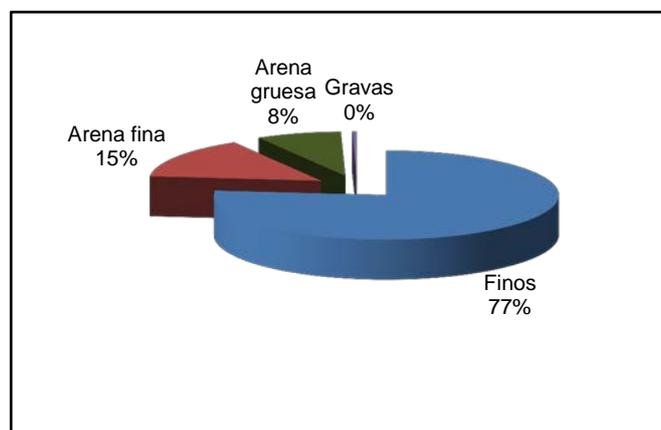
C/ Oporto, nº 11
 Polígono Európolis
 28232-Las Rozas (Madrid)
 Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es

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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Clasificación geotécnica	% que pasa
Finos	76.6
Arena fina	15.0
Arena gruesa	8.0
Gravas	0.4



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 22

Laboratorio acreditado en geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2016118**

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

Obra: T-2192 E.G. para suministro de agua en Algete (Madrid)

Muestra: SM-1 3.00-3.60 SPT

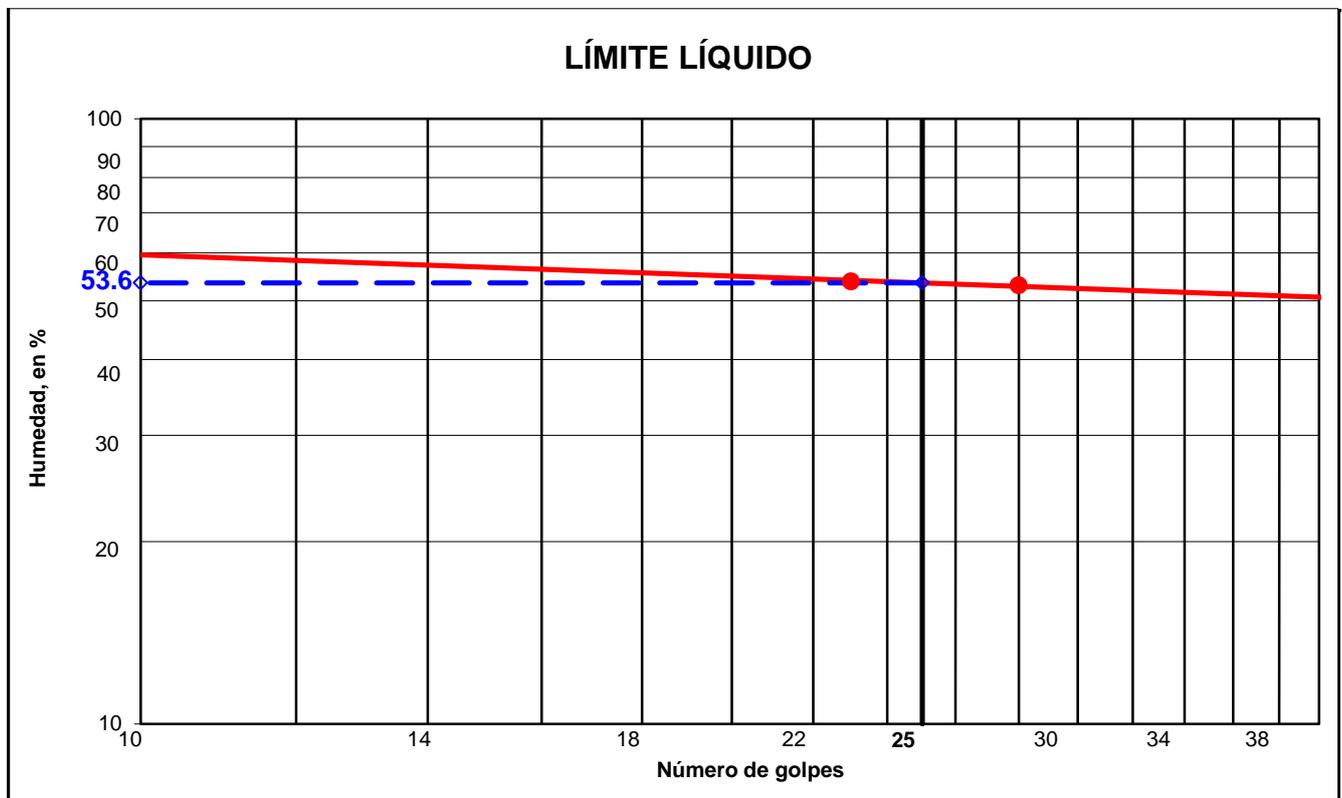
Fecha: 18 de abril de 2016



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:	23	28
Humedad, en %:	53.9	53.1

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

Humedad, en %: 38.1

RESULTADOS:

Límite líquido:	53.6
Límite plástico:	38.1
Índice de plasticidad	15.5

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 22
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2016118**

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

Obra: T-2192 E.G. para suministro de agua en Algete (Madrid)

Muestra: SM-1 6.10-6.30 TP

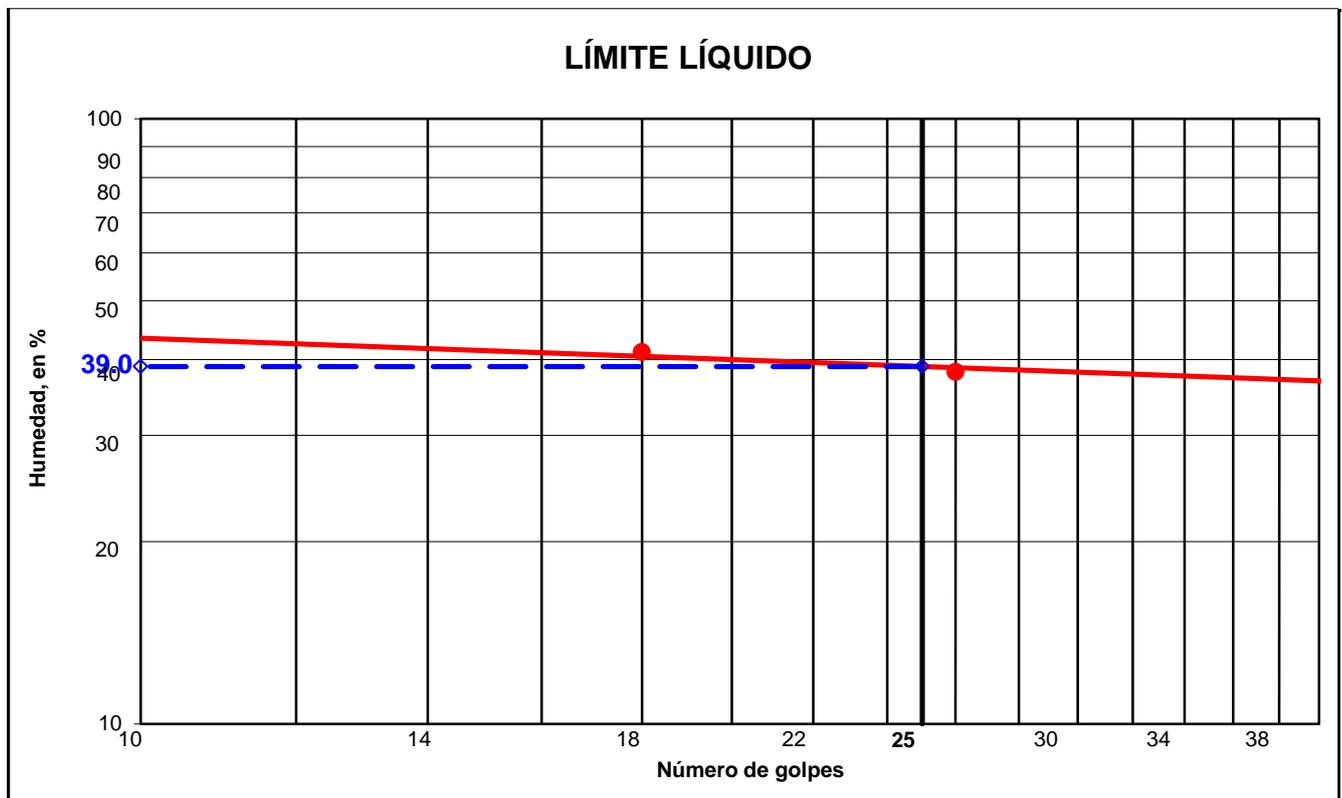
Fecha: 18 de abril de 2016



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:	18	26
Humedad, en %:	41.2	38.2

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

Humedad, en %: 25.2

RESULTADOS:

Límite líquido:	39.0
Límite plástico:	25.2
Índice de plasticidad	13.8

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 10 de 22
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2016118**

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

Obra: T-2192 E.G. para suministro de agua en Algete (Madrid)

Muestra: SM-1 11.60-11.90 TP

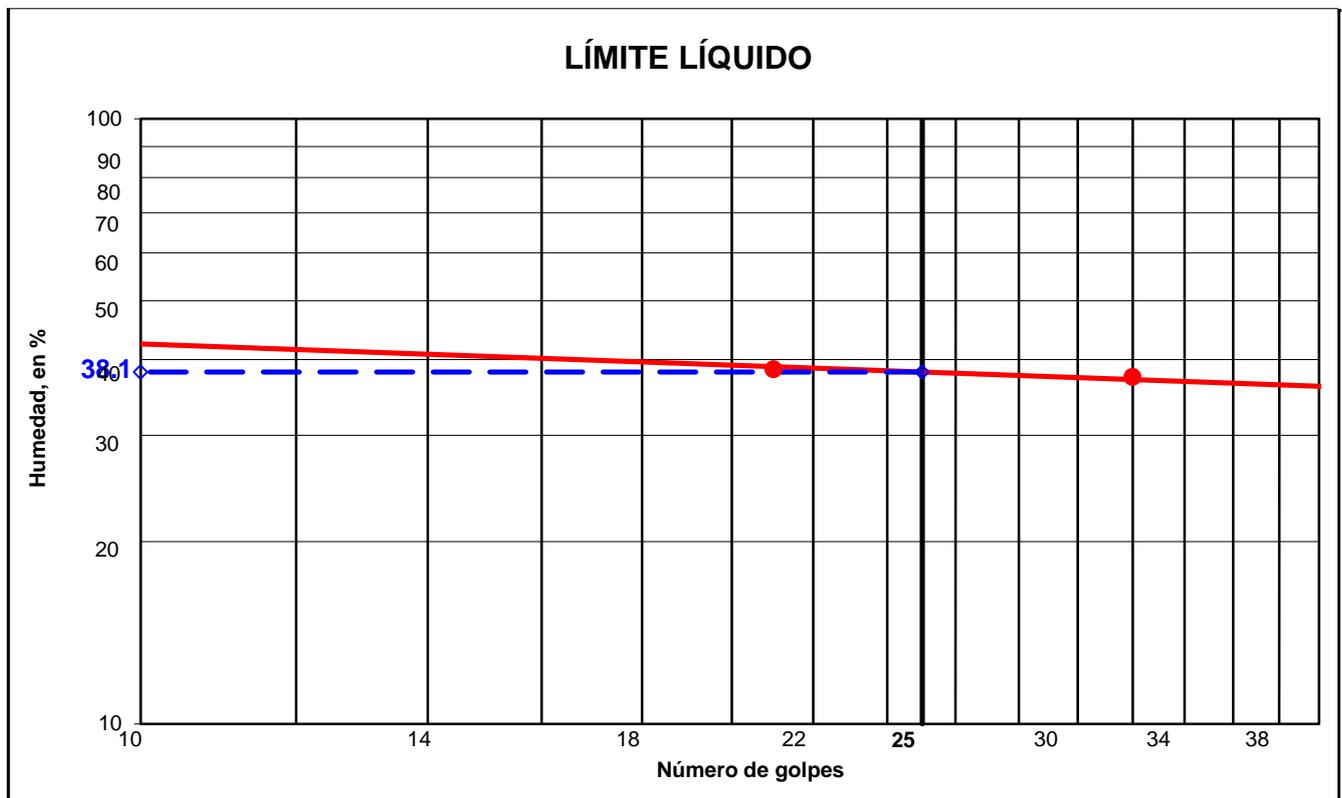
Fecha: 18 de abril de 2016



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	32
Humedad, en %:	38.5	37.5

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

Humedad, en %: 27.3

RESULTADOS:

Límite líquido:	38.1
Límite plástico:	27.3
Índice de plasticidad	10.8

Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) N° 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 11 de 22
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2016118**

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

Obra: T-2192 E.G. para suministro de agua en Algete (Madrid)

Muestra: SC-3 0.90-1.20 MA

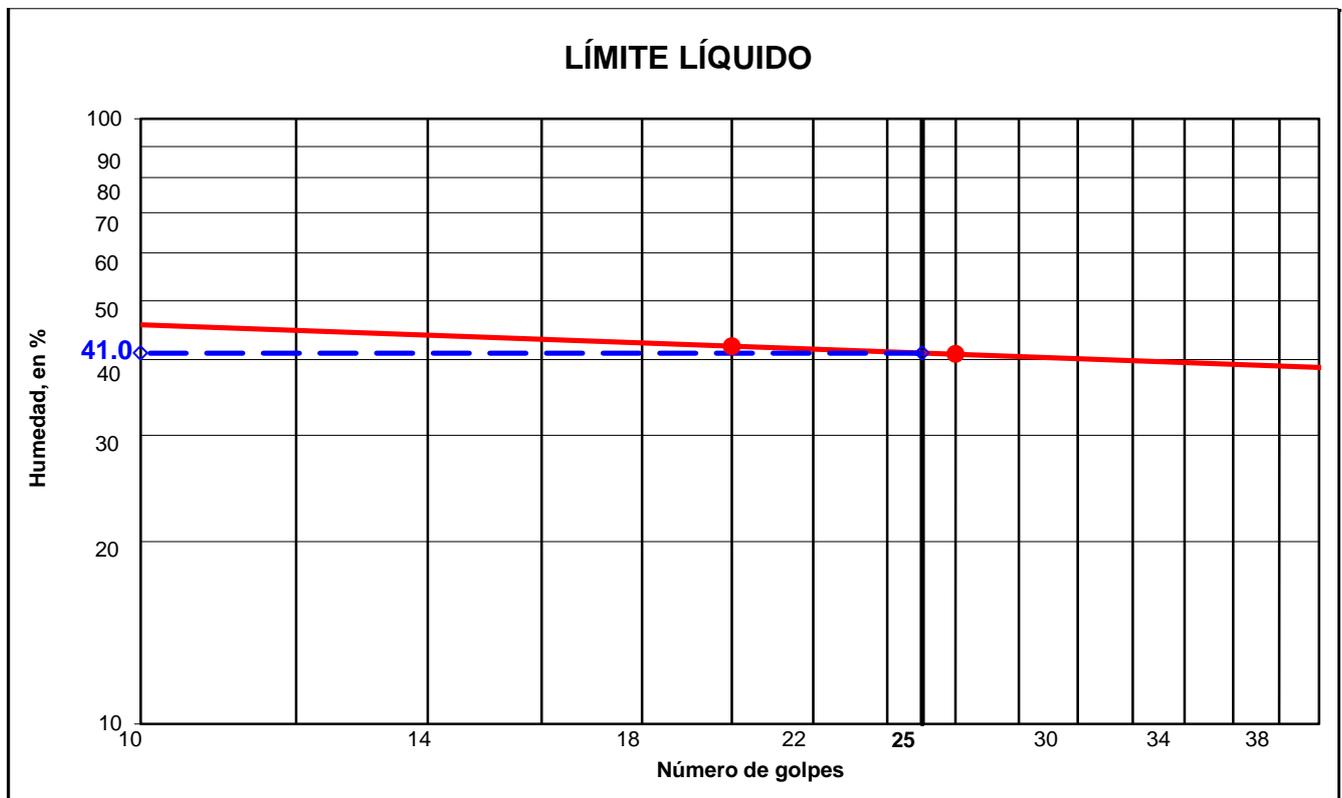
Fecha: 18 de abril de 2016



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:	20	26
Humedad, en %:	42.1	40.8

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

Humedad, en %: 26.0

RESULTADOS:

Límite líquido:	41.0
Límite plástico:	26.0
Índice de plasticidad	15.0

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 12 de 22
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2016118**

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

Obra: T-2192 E.G. para suministro de agua en Algete (Madrid)

Muestra: SM-1 11.60-11.90 TP

Fecha: 15 de abril de 2016



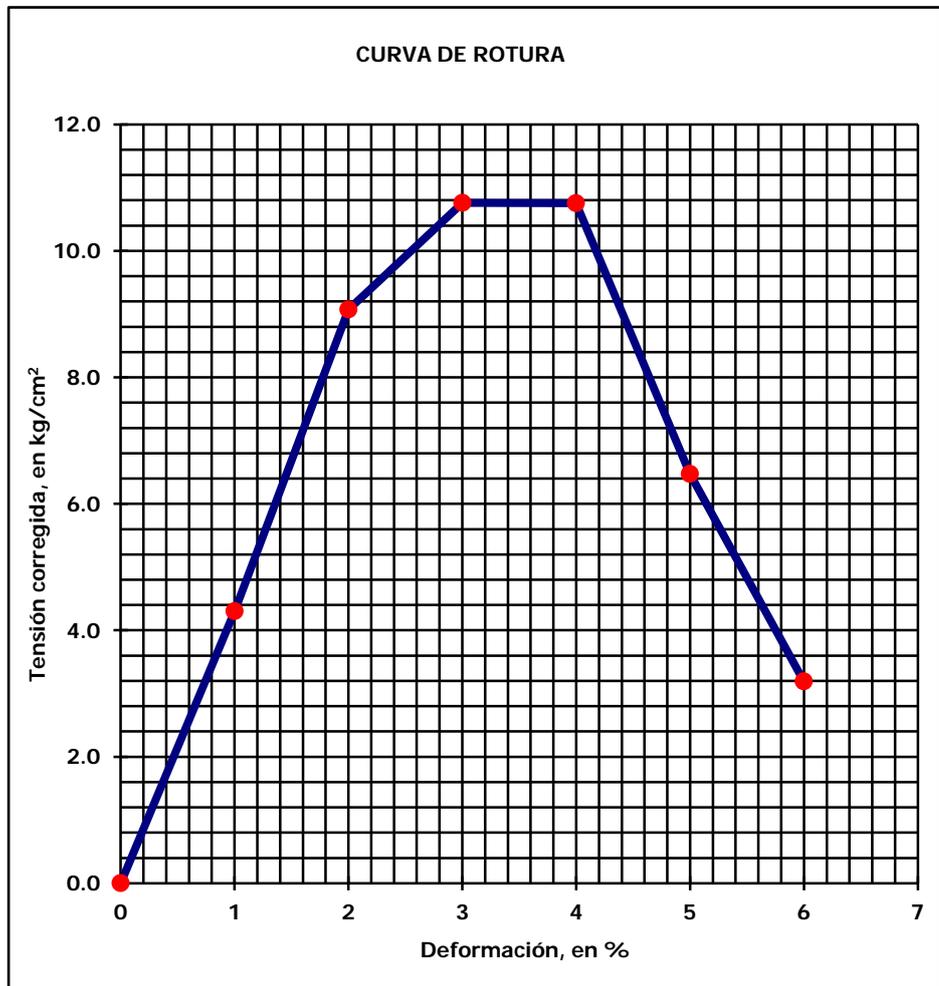
C/ Oporto, nº 11
Polígono Európolis
28232-Las Rozas (Madrid)
Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es

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

ENSAYO DE ROTURA A COMPRESIÓN SIMPLE: UNE 103-400-93

Tipo de probeta	Diámetro, en cm	Altura, en cm	Humedad, en %	Densidad seca, en g/cm ³	Resistencia, en kg/cm ²
Inalterada	7.5	15.0	9.7	1.835	10.8
			Factor esbeltez	Deformación, en %	Resistencia, en kPa
			1.000	4.0	1055

Deformación en %	Tensión corregida en kg/cm ²
0	0.0
1	4.3
2	9.1
3	10.8
4	10.8
5	6.5
6	3.2



El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

Forma de rotura: Inalterada Remoldeada

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.

Tecnología del suelo y materiales, S. L.

Página 13 de 22
Laboratorio acreditado en geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2016118**Cliente: **SGS TECNOS, S.A.**

Obra: T-2192 E.G. para suministro de agua en Algete (Madrid)

Muestra: SM-1 6.10-6.30 TP

Fecha: 19 de abril 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

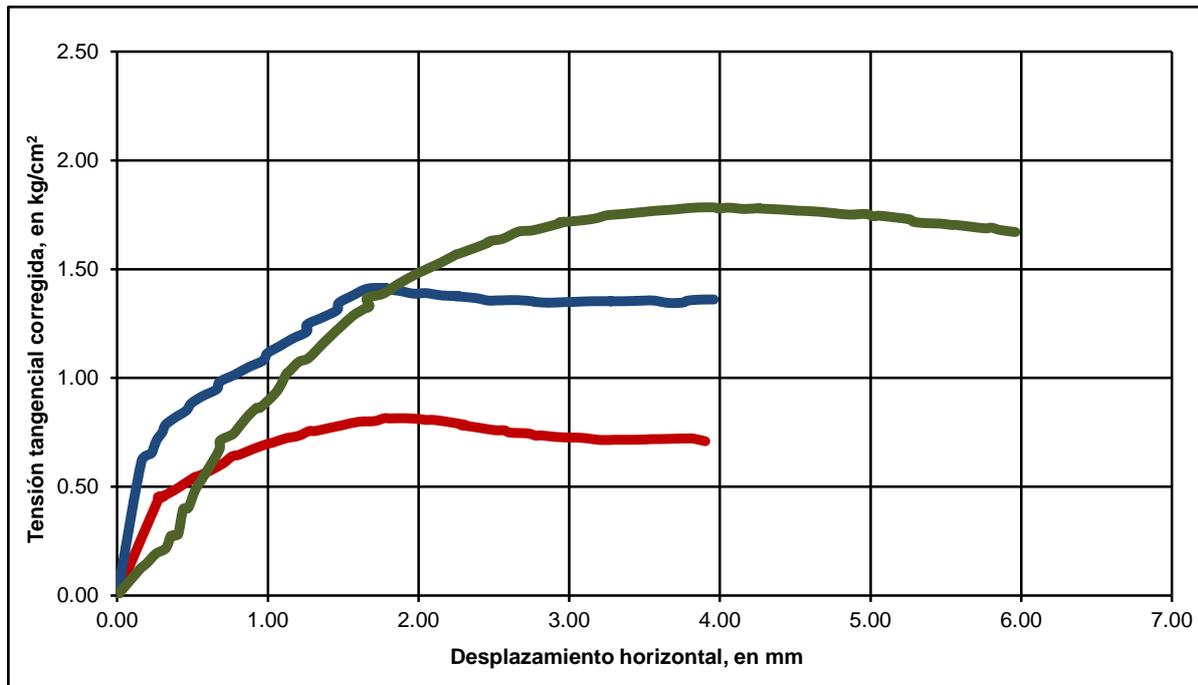
ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS: UNE 103-401-98

Tipo de muestra: Inalterada

Velocidad de rotura, en mm/min: 0.500

Tipo de ensayo: Ensayo consolidado y no drenado (CU)

Número de probeta	I	II	III
Cargas verticales, en kg/cm ²	1.00	2.00	3.00
Humedad inicial, en %	19.6	19.1	19.2
Humedad final, en %	21.2	20.6	21.1
Densidad húmeda, en g/cm ³	2.035	2.034	2.039
Densidad seca, en g/cm ³	1.680	1.687	1.683
Sección, en cm ²	19.48	19.48	19.48
Volumen, en cm ³	34.87	34.87	34.87
Deformación horizontal en la rotura, en mm	1.77	1.79	0.00
Tensiones normales corregidas, en kg/cm ²	1.05	2.10	3.00
Tensiones tangenciales corregidas, en kg/cm ²	0.82	1.41	2.01
Tensiones normales corregidas, en kPa	103	206	294
Tensiones tangenciales corregidas, en kPa	80	139	197
Ángulo de rozamiento interno, en °			31.48
Cohesión, en kg/cm²			0.16



El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

Observaciones: Muestra con capas de arena-arcilla que pueden afectar al resultado del ensayo.

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: **2016118**

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

Obra: T-2192 E.G. para suministro de agua en Algete (Madrid)

Muestra: SM-1 6.10-6.30 TP

Fecha: 19 de abril de 2016

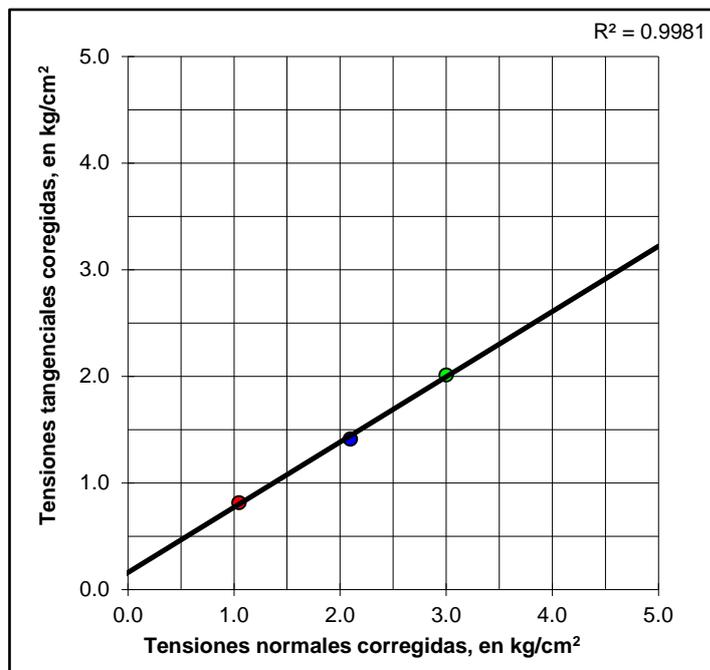
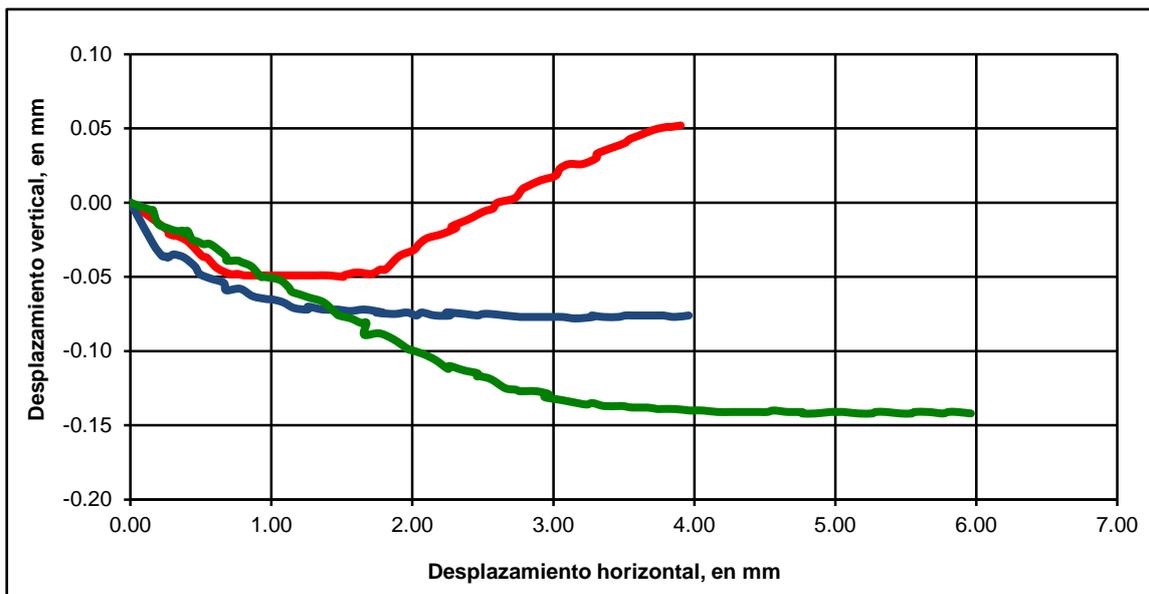


C/ Oporto, nº 11
 Polígono Európolis
 28232-Las Rozas (Madrid)
 Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es

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

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

REPRESENTACIONES GRÁFICAS



*El cálculo de la cohesión y ángulo de rozamiento se hace por mínimos cuadrados.

El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

Observaciones: Muestra con capas de arena-arcilla que pueden afectar al resultado del ensayo.

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: **2016118**Cliente: **SGS TECNOS, S.A.**

Obra: T-2192 E.G. para suministro de agua en Algete (Madrid)

Muestra: SM-1 11.60-11.90 TP

Fecha: 20 de abril 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

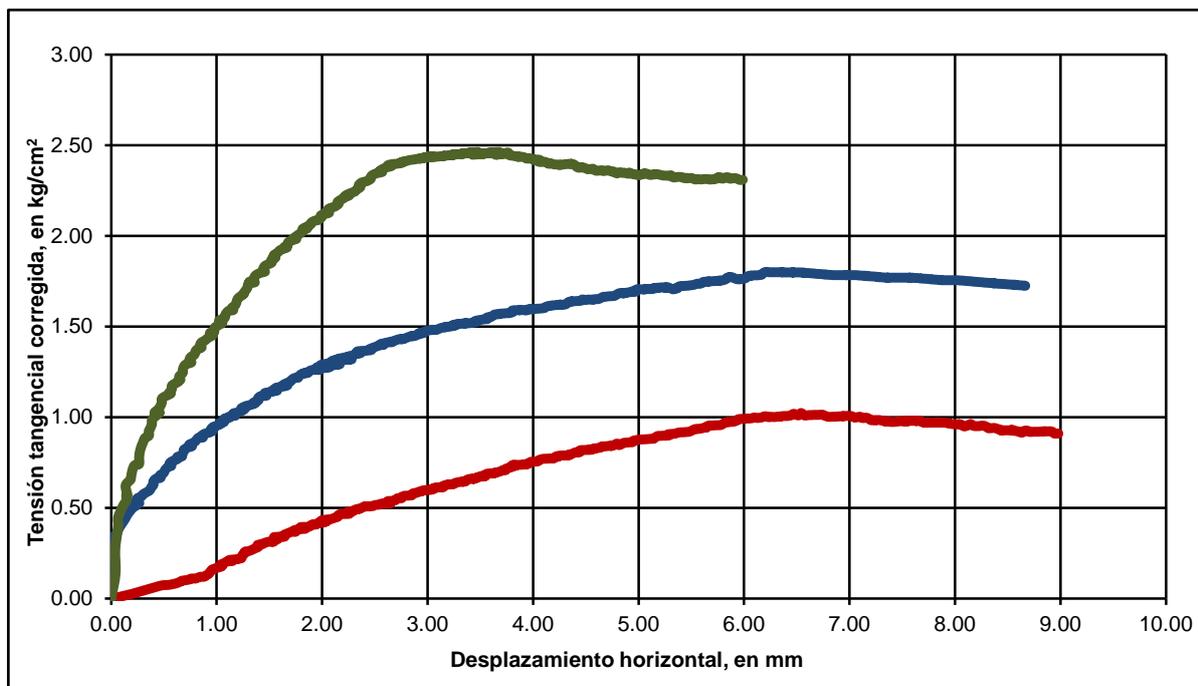
ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS: UNE 103-401-98

Tipo de muestra: Inalterada

Velocidad de rotura, en mm/min: 0.050

Tipo de ensayo: Ensayo consolidado y drenado (CD)

Número de probeta	I	II	III
Cargas verticales, en kg/cm ²	1.00	2.00	3.00
Humedad inicial, en %	12.1	12.4	12.0
Humedad final, en %	19.1	18.4	17.8
Densidad húmeda, en g/cm ³	2.065	2.048	2.049
Densidad seca, en g/cm ³	1.733	1.730	1.739
Sección, en cm ²	19.48	19.48	19.48
Volumen, en cm ³	34.87	34.87	34.87
Deformación horizontal en la rotura, en mm	6.54	6.20	3.68
Tensiones normales corregidas, en kg/cm ²	1.20	2.38	3.31
Tensiones tangenciales corregidas, en kg/cm ²	1.02	1.80	2.46
Tensiones normales corregidas, en kPa	118	233	325
Tensiones tangenciales corregidas, en kPa	100	177	242
Ángulo de rozamiento interno, en °			34.29
Cohesión, en kg/cm²			0.20



El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

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: **2016118**

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

Obra: T-2192 E.G. para suministro de agua en Algete (Madrid)

Muestra: SM-1 11.60-11.90 TP

Fecha: 20 de abril de 2016

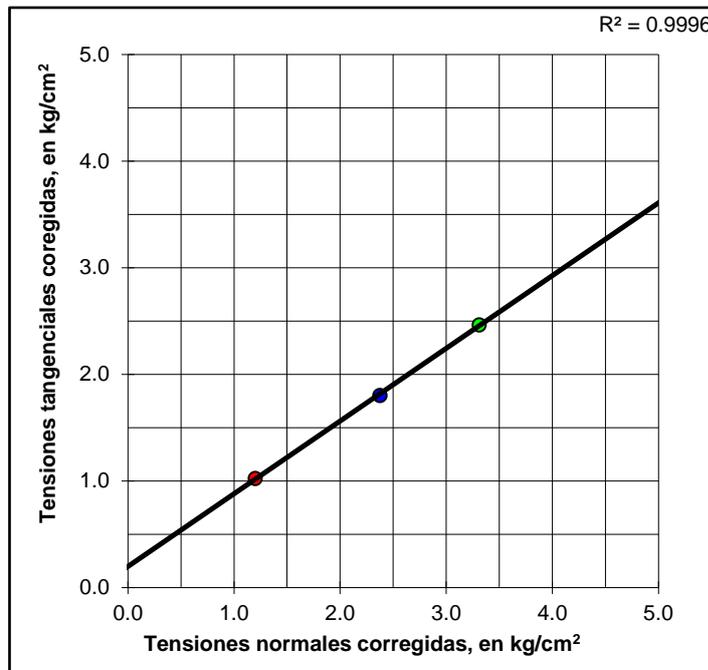
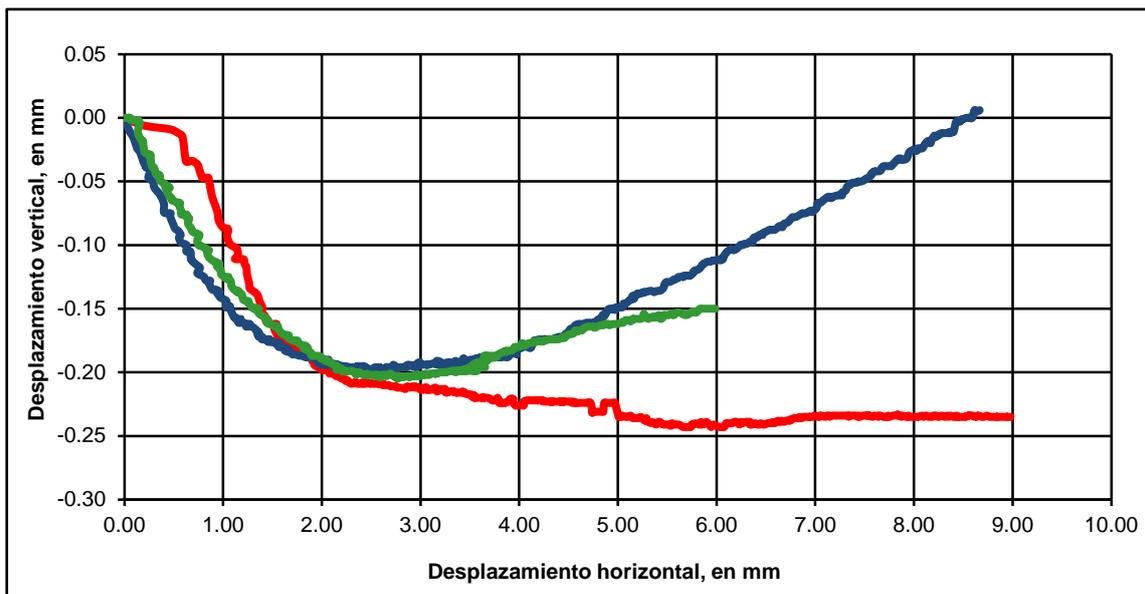


C/ Oporto, nº 11
 Polígono Európolis
 28232-Las Rozas (Madrid)
 Teléfono: 916 375881
www.laboratoriotsm.es

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

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

REPRESENTACIONES GRÁFICAS



*El cálculo de la cohesión y ángulo de rozamiento se hace por mínimos cuadrados.

El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

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: **2016118**

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

Obra: T-2192 E.G. para suministro de agua en Algete (Madrid)

Muestra: SM-1 6.10-6.80 TP

Fecha: 20 de abril 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

PRESIÓN DE HINCHAMIENTO EN EDÓMETRO: UNE 103 602:96

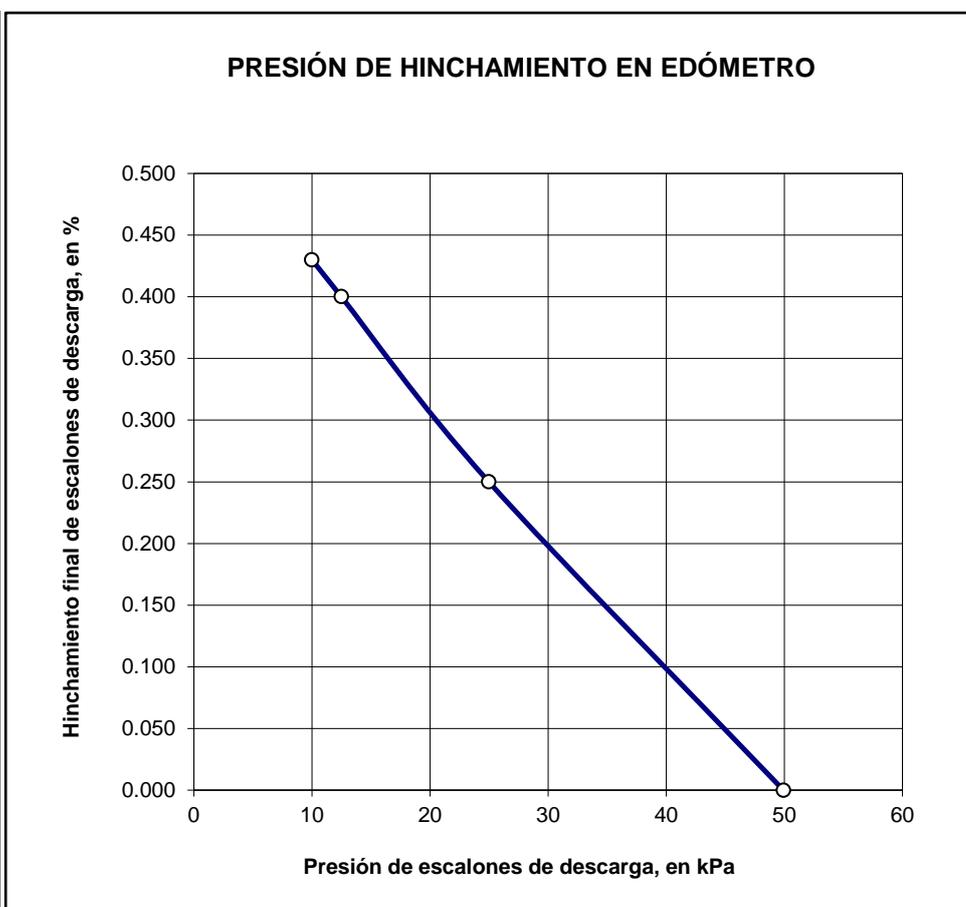
DATOS DEL ENSAYO

Humedad inicial, en %	15.5
Humedad final, en %	18.4
Densidad aparente seca, en g/cm ³	1.723

RESULTADOS DEL ENSAYO

Presión de hinchamiento, en kg/cm ²	0.5
Presión de hinchamiento, en kPa	50

Presión en kPa	Hinchamiento en %
50	0.000
25	0.250
12	0.400
10	0.430



El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

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: **2016118**

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

Obra: T-2192 E.G. para suministro de agua en Algete (Madrid)

Muestra: SM-1 11.60-11.90 TP

Fecha: 20 de abril 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

PRESIÓN DE HINCHAMIENTO EN EDÓMETRO: UNE 103 602:96

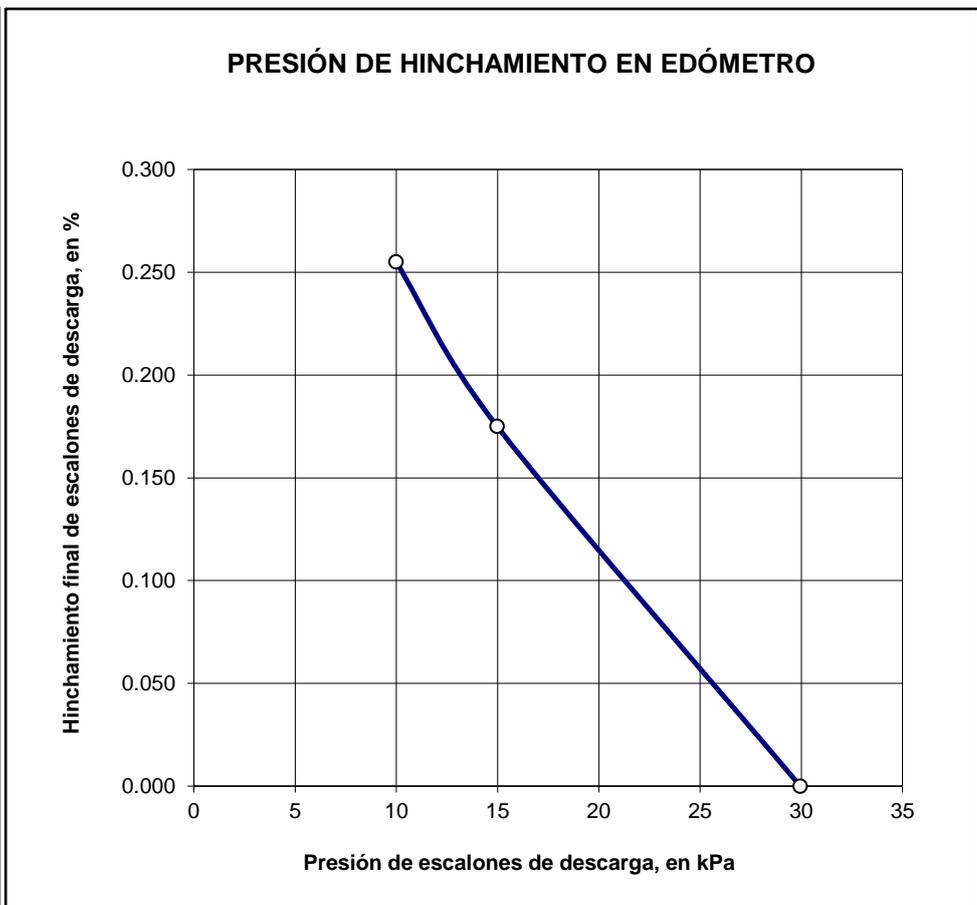
DATOS DEL ENSAYO

Humedad inicial, en %	9.9
Humedad final, en %	18.4
Densidad aparente seca, en g/cm ³	1.664

RESULTADOS DEL ENSAYO

Presión de hinchamiento, en kg/cm ²	0.3
Presión de hinchamiento, en kPa	30

Presión en kPa	Hinchamiento en %
30	0.000
15	0.175
10	0.255



El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de 20 °C y una humedad relativa del 50 %.

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.



El presente informe consta de veintidós hojas numeradas y selladas.

Madrid, 20 de abril de 2016

RICARDO PÉREZ SARMIENTO
Responsable de Área GTL

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

CÉSAR ZAPICO MARTÍN
Director Técnico