



ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

SUPERVISADO

SUPERVISIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL

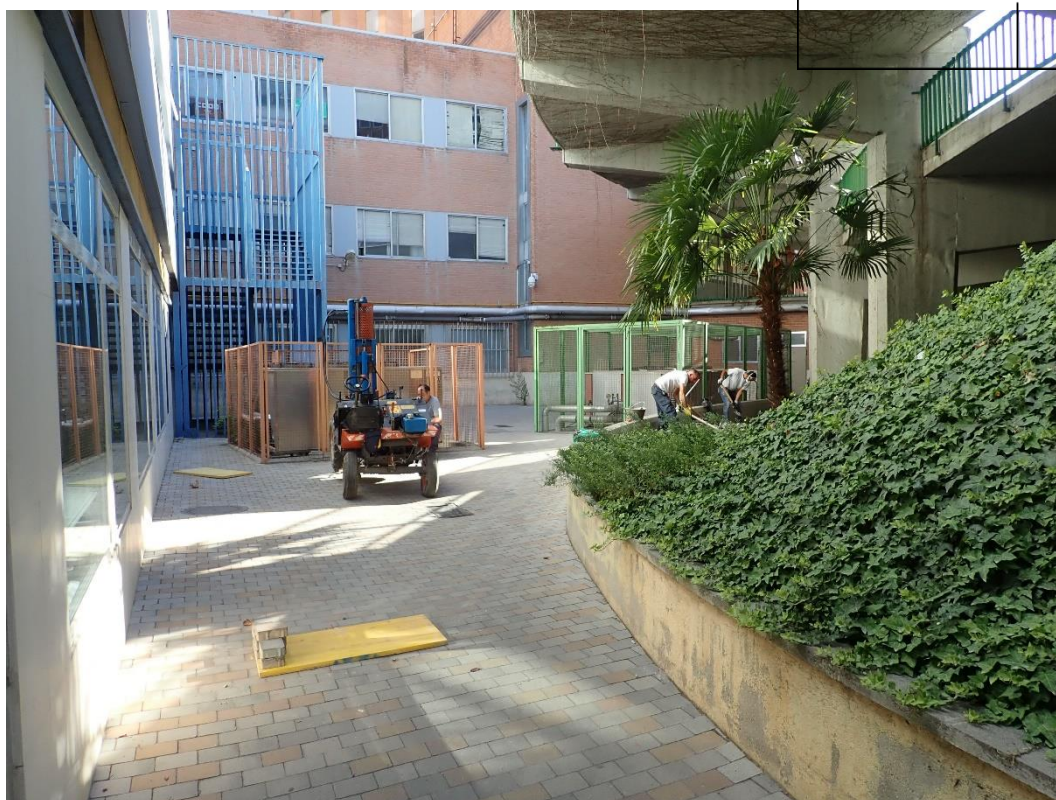
Fecha : 22/08/2019 Folio: 1190288R0 Núm: SV-01190288/00

Colegiado : Jose Luis Soriano Carrillo

Inscrito con el nº : 778

Puede consultar la validez del documento accediendo a <http://icog.e-visado.net/csv/ME0ZXONVPJP8>

Secretaría del ICOG



CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO BÚNKER EN EL SERVICIO DE ONCOLOGÍA RADIOTERÁPICA DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO 12 DE OCTUBRE MADRID

ESTUDIO GEOTÉCNICO



GEOTECNIA • TOPOGRAFÍA • PALEONTOLOGÍA • ESTUDIOS AMBIENTALES Y PATRIMONIALES

AGOSTO 2019

La Mira 12
28240 Hoyo de Manzanares (Madrid)
Tfno. y Fax : (+34) 91 8569511
E-mail: info@geolineal.es

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO BÚNKER EN EL SERVICIO DE ONCOLOGÍA RADIOTERÁPICA DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO 12 DE OCTUBRE
DOCUMENTO:	ESTUDIO GEOTÉCNICO
LOCALIZACIÓN:	AV. DE CÓRDOBA S/N - 28041 (MADRID)
PROMOTOR:	DIRECCIÓN GERENCIA DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO 12 DE OCTUBRE
ARQUITECTO:	D. CÉSAR CARLOS ROBRES RAMOS
CONSULTOR:	GEOLINEAL
FECHA:	AGOSTO 2019

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	1
2. DATOS BÁSICOS	2
3. MARCO GEOLÓGICO.....	3
4. TRABAJOS DE RECONOCIMIENTO EFECTUADOS	6
4.1. PROSPECCIÓN.....	6
4.1.1. DENSIDAD Y PROFUNDIDAD	6
4.1.2. PUNTOS DE RECONOCIMIENTO	7
4.1.3. TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS DE LABORATORIO	11
5. DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES GEOTÉCNICAS	12
6. NIVEL FREÁTICO-PERMEABILIDAD	13
7. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL TERRENO	14
8. SISMICIDAD.....	17
9. CONCLUSIONES	18
9.1. CIMENTACIONES	18
9.2. PRESIÓN VERTICAL ADMISIBLE	19
9.3. ELEMENTOS DE CONTENCIÓN.....	20
9.4. ASIENTOS.....	21
9.5. MÓDULO DE BALASTO	23
9.6. RIPABILIDAD.....	24
9.7. ESTABILIDAD DE TALUDES	24
9.8. AGRESIVIDAD.....	24
10. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS.....	25
11. RESUMEN DE CONCLUSIONES.....	28

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICE

CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO BÚNKER EN EL SERVICIO DE ONCOLOGÍA RADIOTERÁPICA DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO 12 DE OCTUBRE ESTUDIO GEOTÉCNICO

1. ANTECEDENTES

En este informe se presentan los resultados obtenidos en el estudio geotécnico que ha llevado a cabo GEOLINEAL para el proyecto: **“CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO BÚNKER EN EL SERVICIO DE ONCOLOGÍA RADIOTERÁPICA DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO 12 DE OCTUBRE (MADRID)”**.

Se ha recabado la bibliografía existente sobre la zona, obteniéndose datos del Mapa Geológico de España, a escala 1:50.000 nº 559, (Madrid) y del Mapa Geotécnico de España nº 45 (Madrid), a escala 1:200.000 y de varios estudios geotécnicos realizados en la zona.

2. DATOS BÁSICOS

El conjunto del Hospital cuenta con distintos edificios destinados a usos diferentes y complementarios. El solar ocupado por el hospital tiene forma irregular, una superficie aproximada de 236.972 m² y referencia catastral: 0897101VK4609H0001QO.

La actuación proyectada ampliará el Servicio de Oncología Radioterápica, situado en el sótano 2 del edificio de Oncología Radioterápica, centrándose los trabajos en la construcción de un nuevo búnker, para lo que se ampliara el sótano 2 del citado edificio bajo el patio anexo al mismo.

Las obras a realizar consisten en la creación de un nuevo búnker de alta tasa y los locales anexos necesarios para poder trasladar el servicio de braquiterapia existente actualmente en este mismo edificio. La superficie ocupada por el proyecto es de unos 116 m².

También es objeto de esta ampliación, la creación de una nueva escalera de emergencia que mejorará sustancialmente los recorridos de evacuación de esta planta, así como la transformación del cuarto de limpieza y los vestuarios existentes en la zona de actuación, en un aseo y una sala de espera.

Teniendo en cuenta las tablas 3.1 y 3.2 del DB SE-C Marzo 2006, el proyecto se encuadra en una construcción **tipo C-0**, mientras que el terreno es **T-3**, debido a la existencia de arcillas expansivas.

En el Apéndice que se incluye al final de este informe puede verse la situación de la parcela en estudio sobre un plano topográfico.

3. MARCO GEOLÓGICO

La parcela en estudio aparece en el Mapa Geológico de España, a escala 1:50.000 nº 559 (Madrid) y en el Mapa Geotécnico de España nº 45 (Madrid), a escala 1:200.000.

La región desde el punto de vista geológico, pertenece a la Cuenca Terciaria del Tajo o de Madrid, una de las grandes unidades geológicas de la Península Ibérica, que es la consecuencia de una tectónica tipo horst-graben que ha afectado al zócalo hercínico de manera ininterrumpida desde el Pérmico hasta la actualidad. Los depósitos que han colmatado esta depresión son de edad terciaria, sobre los que, a su vez, se ha instalado la red fluvial cuaternaria (Tajo, Manzanares, Guadarrama, etc.) dando lugar a materiales de fondo de valle y varios niveles de terraza.

La sucesión litoestratigráfica de los materiales que constituyen el relleno de la Cuenca del Tajo comprende desde sedimentos cretácicos, que afloran adosados a las series metamórficas y granitoides del Sistema Central, hasta los niveles pliocenos que se disponen en la parte superior de los relieves más altos dentro de la cuenca y que constituyen, coincidiendo con el depósito de costras laminares, la terminación del ciclo de deposición terciario.

Los terrenos que se encuentran en la Cuenca de Madrid se agrupan en tres tipos (Escario et al, 1981; De la Fuente y Oteo, 1985):

- Suelos cuaternarios: de origen natural (aluviales) o de origen antrópico (vertederos de escombros, residuos sólidos urbanos, etc.).
- Materiales terciarios detríticos: constituidos por sedimentos de tipo arcósico procedentes de la erosión de las rocas graníticas y gneisicas de la Sierra de Guadarrama. Son materiales de distinto contenido en finos e intercalados entre sí. Se pueden caracterizar por presentar una alta consistencia y cementación.

- Materiales terciarios de sedimentación química: arcillas duras estratificadas que contienen algo de sulfatos y que se alternan con yesos y margas yesíferas. Presentan materiales esmectíticos (en concreto sepiolita) y pueden ser altamente expansivos, como en las zonas del sur de Madrid (Orcasitas, Santa Eugenia)

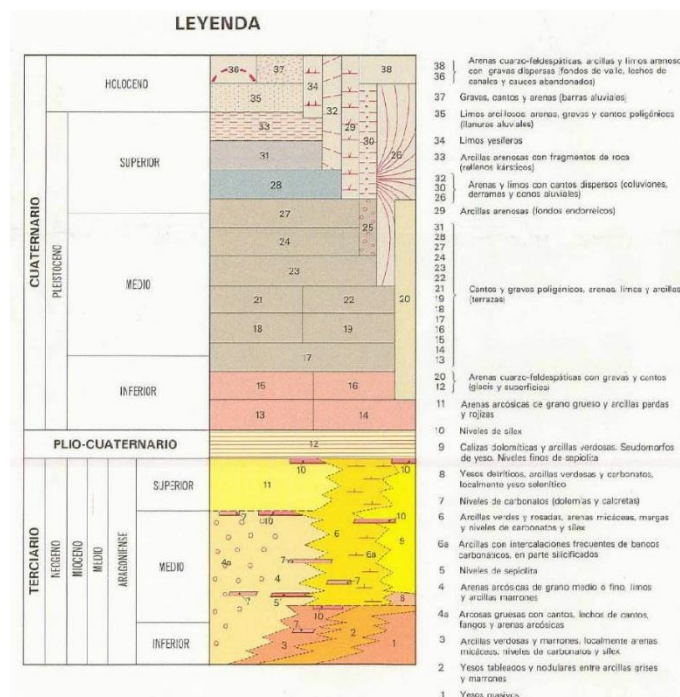
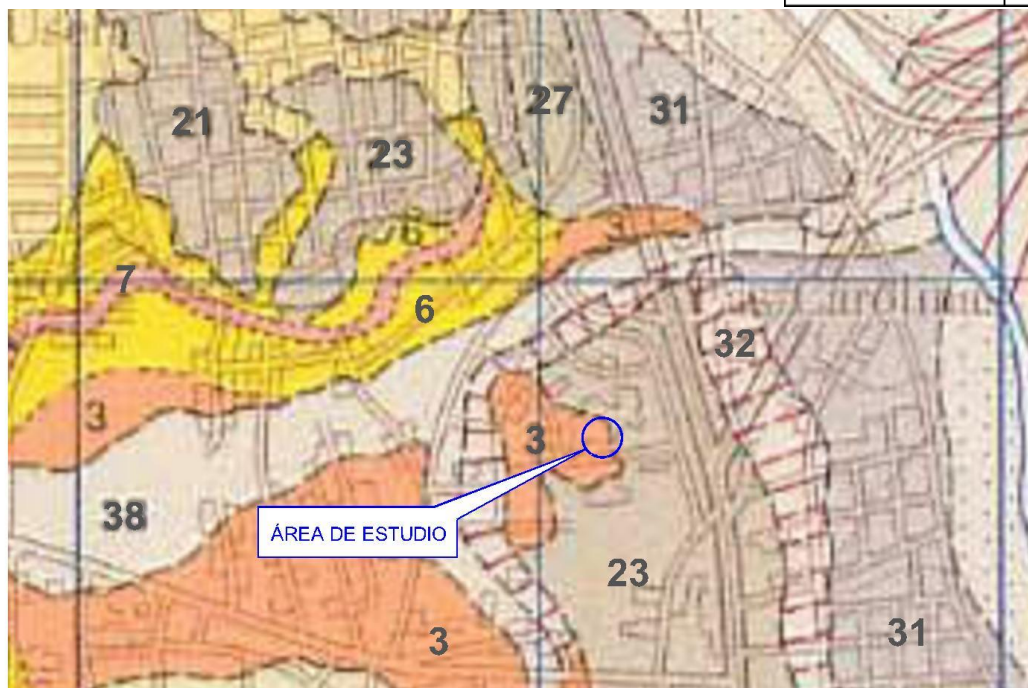
En resumen, el subsuelo de Madrid está constituido por depósitos terciarios que se atribuyen al Plioceno y Mioceno, que suelen estar recubiertos por depósitos cuaternarios asociados a la acción de los ríos y sus afluentes o bien a la actividad humana (rellenos antrópicos).

Entre los depósitos terciarios se distinguen tres facies:

- Detrítica, de naturaleza arenosa y arcillosa, que aflora en el norte y a ambos lados de la ciudad de Madrid (Facies Madrid).
- Evaporítica (yesos) que se encuentra al sur de la ciudad de Madrid (Vallecas, Getafe) también denominada Facies Central
- Facies de Transición, entre las dos anteriormente citadas, constituidas por arcillas rígidas (conocidas como Peñuelas) siendo niveles muy activos.

En la parcela en estudio se han cartografiado depósitos terciarios de sedimentación química pertenecientes a las denominadas facies de transición del Mioceno (3 en la Leyenda), constituidos por arcillas verdosas y marrones (localmente aparece niveles carbonatados, de sílex y arenas micáceas). A las arcillas se les denomina localmente Peñuelas.

A continuación indicamos la situación de la parcela sobre el Mapa Geológico de España y su leyenda correspondiente perteneciente a la Hoja nº 559 (Madrid):



4. TRABAJOS DE RECONOCIMIENTO EFECTUADOS

Para el desarrollo del informe se han realizado diferentes trabajos de campo y laboratorio encaminados a obtener las características de los materiales que aparecen en la parcela en estudio.

Los trabajos de campo **han estado totalmente condicionados por la inaccesibilidad de la maquinaria de sondeos mecánicos** a rotación al patio interior donde se proyecta la actuación; solamente se ha podido acceder por un pasillo estrecho donde la máquina de penetrómetros ha rozado con las paredes.

4.1. PROSPECCIÓN

4.1.1. DENSIDAD Y PROFUNDIDAD

Se han llevado a cabo los siguientes trabajos de campo:

- Tres ensayos penetrométricos tipo DPSH hasta rechazo
- Una calicata manual hasta unos dos metros de profundidad
- Toma de muestras con la máquina de penetrómetros y en la calicata manual

Los trabajos de campo se han realizado en presencia de un geólogo sénior de Geolineal, el cual ha supervisado la realización de los penetrómetros, ha levantado el registro estratigráfico de la calicata manual y recogido las muestras para su ensayo en el laboratorio.

4.1.2. PUNTOS DE RECONOCIMIENTO

ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA

Se ha realizado tres ensayos de penetración dinámica numerados P-1 a P-3. En la siguiente tabla se presentan las profundidades a las que se ha alcanzado el rechazo:

Ensayo de penetración	Profundidad rechazo (m)
P-1	4,80
P-2	5,80
P-3	3,80 *

* En el penetrómetro P-3, realizado cerca del edificio adyacente, se han obtenido golpes muy bajos (ver registro en el Apéndice) hasta 3,60 metros de profundidad, y el rechazo a 3,80 después de un golpeo N_{30} de 2, por lo que parece que no se ha alcanzado el terreno natural, no siendo posible conocer a que ha sido debido el rechazo.

El trabajo ha sido realizado con un penetrómetro dinámico, tipo DPSH, de las siguientes características:

Peso de la maza	63,5 kg.
Peso de varillaje	8,84 kg./m.l
Peso de la cabeza	1,50 kg
Altura de caída	75 cm
Superficie de la puntaza	16 cm ²
Diámetro de Varillaje	32 mm

CALICATA MANUAL

Para conocer la cimentación de los pilares que soportan la rampa de acceso de vehículos al edificio de Residencia General se ha excavado manualmente una calicata, pudiéndose ver en las siguientes fotografías los materiales existentes:





En la calicata se han detectado los siguientes niveles:

- Nivel 1: desde la superficie hasta 0,80 metros han aparecido rellenos poco o nada compactados con restos de materiales de construcción.
- Nivel 2: a 0,80 metros aparece la cimentación de la pila, que presenta un espesor de unos 0,50 metros.
- Nivel 3: el pilar está apoyado en arcillas grises-verdosas. El aspecto de estos materiales en el acopio de la excavación puede verse en la siguiente fotografía:



Durante la realización de los ensayos de campo no se ha detectado la presencia de agua subterránea.

En el Apéndice, que se encuentra al final del informe se incluye el plano de situación de los trabajos de campo, un perfil geotécnico, los registros de la calicata y de los ensayos de penetración dinámica, así como un reportaje fotográfico de los ensayos in situ y del emplazamiento.

4.1.3. TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS DE LABORATORIO

Como se ha comentado anteriormente, no ha sido posible perforar sondeos mecánicos, por lo que las muestras del terreno han tenido que obtenerse superficialmente, una vez pasado el nivel de rellenos. Sobre dichas muestras del terreno se ha realizado una campaña de ensayos en laboratorio Acreditado por la Comunidad de Madrid TSM, que ha consistido en:

- 2 ensayos de clasificación de suelo, según norma ASTM-D 2487
- 2 ensayos granulométricos por tamizado según Norma UNE 103101
- 2 determinaciones de los límites de Atterberg según Norma UNE 103103
- 1 ensayos de compresión simple según Norma UNE 103400
- 1 corte directo CD, según Norma UNE 103401:98
- 1 presión de hinchamiento en edómetro según Norma UNE
- 2 ensayos de contenido cuantitativo en sulfatos según Norma UNE 83963
- 1 ensayos de grado de acidez Baumann-Gully según Norma UNE 83962

Los expedientes de laboratorio se presentan en el Apéndice, al final del informe, resumiéndose en la siguiente tabla:

Muestra	Prof. (m)	Clas. Suelo	Granulometría % que pasa			Límites de Atterberg		Acidez Baumann-Gully	Sulfatos mg/kg so ₄	C. Simple (Kg/cm ²)	Angulo de rozamiento interno en °	Cohesión en kg/cm ²	Presión de hinchamiento en kg/cm ²
			gravas	arenas	finos	LL	IP						
M-1	1,20-1,60	MH	3	11,9	85,2	73,4	26,6						
M-2	1,00	MH	0	4,5	95,5	83,9	33,8	2	0	15,1	23,9	0,75	3,8

En el apartado de conclusiones se presentan las recomendaciones de cimentación para las instalaciones en proyecto; en ese apartado se van describiendo los parámetros de cálculo empleados de acuerdo con las mediciones realizadas en campo, los resultados de los ensayos de laboratorio obtenidos y las correlaciones habituales. En relación con esto último, se ha adoptado de forma habitual las correlaciones propuestas en el Código Técnico de la Edificación (CTE).

5. DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES GEOTÉCNICAS

Teniendo en cuenta lo observado en la calicata manual y los resultados de los penetrómetros, se pueden distinguir dos unidades geotécnicas por debajo del adoquinado y su solera correspondiente (con un espesor en los puntos investigados entre 30 y 50 centímetros):

-UNIDAD 1: Constituida por un relleno poco compactado de materiales granulares con restos de materiales de construcción con un espesor detectado que varía en los puntos investigados entre 1,00 y 3,60 metros.

-UNIDAD 2: Por debajo del relleno aparecen arcillas (peñuelas) con un comportamiento geotécnico de lutitas, con colores grises o verdes. Se han obtenido golpes N_{20} entre 19 a 70 por lo que se pueden clasificar de consistencia Muy Firme a Dura.

Debido a que no se han podido perforar sondeos no se puede determinar el espesor de estas arcillas, aunque es razonable pensar que por lo menos llegaran hasta los seis metros de profundidad desde la superficie actual del patio.

Al final del informe se presenta un perfil geotécnico, dibujado con la interpretación razonable de los resultados obtenidos.

6. NIVEL FREÁTICO-PERMEABILIDAD

Teniendo en cuenta que los materiales existentes, arcillas, son prácticamente impermeables y que en los ensayos no se ha detectado la **presencia de agua subterránea**, no es de esperar que aparezca el nivel freático al realizar las excavaciones necesarias para el proyecto, aunque no es del todo descartable.

En la siguiente tabla se muestran los coeficientes de permeabilidad orientativos de los suelos según el CTE:

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	$< 10^{-9}$

Los rellenos serán completamente eliminados para la construcción del bunker en proyecto.

El terreno natural está constituido por arcillas que, según la tabla anterior presentan un coeficiente de permeabilidad $K_z < 10^{-9}$ m/s.

7. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL TERRENO

El nivel de rellenos que hemos denominado UNIDAD 1 tiene un espesor entre 1,00 y 3,60 metros. Se pueden considerar los siguientes parámetros geotécnicos según Oteo y Rodríguez Ortiz (2008):

Suelo	Densidad aparente (t/m ³)	Cohesión C' ((t/m ²))	Angulo de rozamiento (°)	M. deformación (subsidiencias) (t/m ²)	Módulo de Poisson	Módulo de Balasto (t/m ³)
Rellenos antrópicos	1,8	0,0	28	800-1000	0,35	2.000

El apoyo de la losa de cimentación afectara a las peñuelas que hemos denominado UNIDAD 2. Estos materiales presentan una consistencia en función de los golpes obtenidos entre **muy firmes a duras**.

En la siguiente tabla puede verse la clasificación normalmente utilizada para los suelos de la Facies Madrid, según su contenido en finos:

Denominación	Contenido en finos (% < 0,08 mm)
Arena de miga	< 25
Arena tosquiza	25-40
Tosco arenoso	40-60
Tosco	60-80
Peñuela	> 80

Según los resultados de los ensayos de laboratorio, en el la Unidad 2 aparecen suelos con contenido en finos mayores del 85,2 %, por lo que se pueden clasificar como "Peñuela", que según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos de Casagrande se clasifican como MH (limos de alta plasticidad), aunque desde el punto de vista granulométrico se pueden considerar arcillas.

Las peñuelas están constituidas por un conjunto litológico de lutitas o arcillas fuertemente litificadas por sobre-consolidación o cementaciones carbonatadas, de coloraciones fundamentalmente gris verdosas con episodios marrones en alteración.

Las peñuelas son arcillas muy plásticas con un límite líquido generalmente entre 50-90%. La expansividad de las Peñuelas es proporcional al contenido de montmorillonita, con presiones de hinchamiento que oscilan generalmente entre 0,6 y hasta 5 kp/cm². Como alude la propia denominación, "peñuelas", se trata de materiales muy compactos y resistentes en general.

En la siguiente tabla se muestra las principales características geotécnicas de las peñuelas, según Oteo y Rodríguez Ortiz (2008):

Suelo	Densidad aparente (t/m ³)	Cohesión C' ((t/m ²))	Angulo de rozamiento (°)	M. deformación (subsidiencias) (t/m ²)	Módulo de Poisson	Módulo de Balasto (t/m ³)
Peñuelas verdes y grises	2,0	5,0-6,0	28	20.000	0,28	35.000

A continuación se incluye una tabla donde se evalúa el potencial expansivo de los suelos finos:

Criterios para evaluar el potencial expansivo

EXPANSIVIDAD	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA
Índice de plasticidad	<18	15-28	25-40	>35
Límite líquido	<30	30-60	40-60	>60
% tamiz nº200 ASTM	>30	30-60	60-95	>95
Lambe (CPV)	0-2	2-4	4-6	6-12
W/WI	>0.55	0.55-0.37	0.37-0.25	<0.25
W/Wp	>1.0	1.0-0.8	0.8-0.6	<0.6
Presión máx. hinch. (Kg/cm ²)	<0.3	0.3-1.2	1.2-3.0	>3.0
Hinch. probable superf (cm)	0-1	1-3	3-7	>7
% Hincham. probable	<1	1.5	3-10	>10

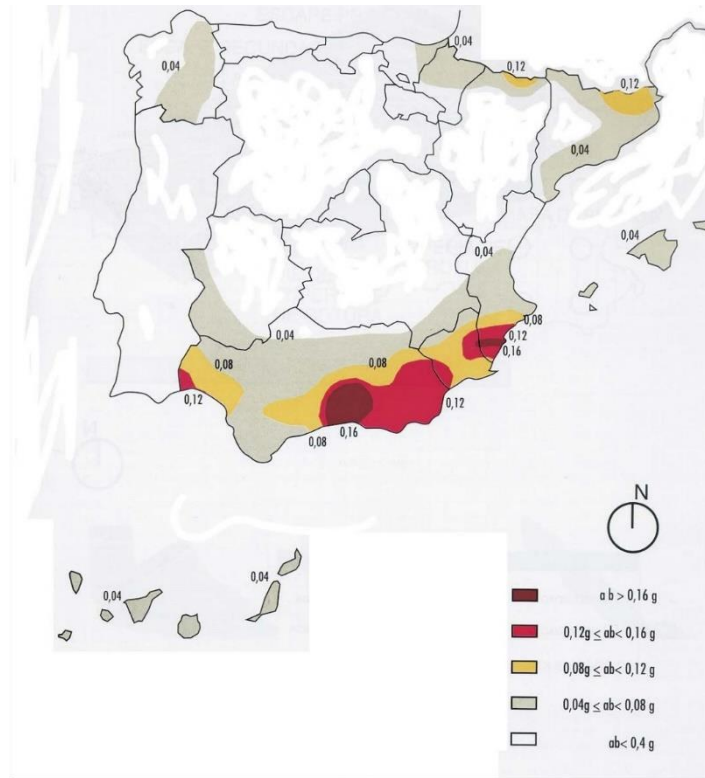
Teniendo en cuenta que se han obtenido límites líquidos mayores de 73 y una presión de hinchamiento de $3,8 \text{ kg/cm}^2$, se puede afirmar que los suelos existentes en el emplazamiento son de **expansividad muy alta**.

Las arcillas expansivas son aquellos suelos cohesivos cuya estructura mineralógica les permite absorber agua sin que se produzcan reacciones químicas, pudiendo alcanzar cambios volumétricos importantes, variando en función de su composición y estructura.

Si sobre una arcilla con una humedad determinada cambian las condiciones de sequedad o humedad, el agua puede salir o entrar de su estructura produciéndose, respectivamente, disminución o aumento de volumen y, por consiguiente, tensiones perjudiciales para cualquier elemento constructivo.

8. SISMICIDAD

De acuerdo con la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, el riesgo sísmico se define por medio del siguiente Mapa de Peligrosidad Sísmica:



Mapa de peligrosidad sísmica (NORMA NCSE-02)

En el mapa se puede ver reflejada la distribución de la aceleración sísmica básica (a_b), con relación al valor de la gravedad (g), y el coeficiente de contribución K , que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto. Según esta Norma, en el término municipal de Madrid el valor de a_b es inferior a $0,04g$. El coeficiente de contribución (K) es constante e igual a 1.

A efectos de la determinación del Coeficiente del Terreno (C), los materiales afectados por el proyecto están constituidos fundamentalmente por suelos cohesivos de consistencia dura; según la Norma, estas formaciones se pueden clasificar dentro del Tipo II y se le asigna un valor de $C = 1,3$.

9. CONCLUSIONES

9.1. CIMENTACIONES

Se proyectan las siguientes cimentaciones:

- Cimentación a base de losa de hormigón armado cuya cara superior estará a 5 cm. por debajo del suelo terminado de la planta sótano 2 del edificio de Oncología Radioterápica.
- Elementos verticales y contención de tierras mediante muros de hormigón armado de diferentes espesores, encofrados a una y dos caras con impermeabilización y drenaje por el trasdós.
- Cubierta realizada con losa de hormigón armado de diferentes espesores.
- Formación de escalera de evacuación a base de vigas y zancas de acero laminado apoyada sobre muros de hormigón armado.

La losa de cimentación se proyecta a una profundidad de unos seis metros, obteniéndose N_{30} de rechazo en los penetrómetros antes de dicha profundidad.

Teniendo en cuenta que no ha sido posible perforar sondeos mecánicos a rotación consideramos imprescindible que una vez ejecutado el vaciado, **las condiciones geotécnicas del apoyo de las cimentaciones sean confirmadas por un técnico especialista en geotecnia, no descartándose que sea necesaria alguna investigación adicional.**

9.2. PRESIÓN VERTICAL ADMISIBLE

Es razonable prever que la cota de apoyo se situara sobre la Unidad 2 de arcillas duras (peñuelas), siendo posible la **cimentación directa mediante zapatas aisladas o losa**.

El ensayo de resistencia a la penetración dinámica continua, al igual que en el caso del ensayo SPT, puede ser utilizado para valorar el estado de compacidad en suelos granulares o de consistencia en suelos cohesivos. Según la Guía de Cimentaciones del Ministerio de Fomento de 2003 se pueden establecer las siguientes correlaciones:

SUELOS COHESIVOS			SUELOS GRANULARES		
DPSH (Nº golpes/20cm)	CONSISTENCIA	S.P.T. (Nº golpes/30 cm)	DPSH (Nº golpes/20cm)	COMPACIDAD	S.P.T. (Nº golpes/30 cm)
0-1	Muy blanda	0-2	0-2	Muy suelta	0-3
2-3	Blanda	3-4	3-7	Suelta	4-10
4-6	Media	5-8	8-20	Media	10-30
7-10	Firme	9-15	21-33	Densa	30-50
11-20	Muy firme	15-30	> 33	Muy densa	> 50
> 20	Dura	> 30			

Según la tabla anterior y los resultados obtenidos en los penetrómetros, los terrenos del emplazamiento del bunker, una vez traspasado el nivel de rellenos, se pueden clasificar como **suelos cohesivos de consistencia de muy firme a dura**.

En suelos cohesivos el valor más desfavorable de la carga de hundimiento se obtiene para una situación de corto plazo, donde el ángulo de rozamiento interno es nulo y la cohesión se corresponde con la resistencia a la corte no drenada:

$q_{adm} = C_u * N_c / FS$, donde:

C_u	Resistencia al corte sin drenaje
N_c	5,14
FS	Factor de Seguridad

En la siguiente tabla se presenta la correlación clásica de Terzaghi y Peck (1948) entre la resistencia a la corte no drenada y el N_{SPT} para suelos cohesivos:

N_{SPT}	$c_u \text{ Kg/cm}^2$
< 2	< 0.125
2 – 4	0.125 – 0.25
4 – 8	0.25 – 0.5
8 – 15	0.5 – 1
15 – 30	1 – 2
> 30	> 2

Si consideramos un valor conservador obtenido en los penetrómetros a 6 metros de profundidad de $N_{20} = 40$ golpes (equivalente a una C_u aproximadamente de 2,5), obtenemos una presión neta admisible de cimentación de **4 kg/cm²**, que es superior a la presión de hinchamiento obtenida en la muestra analizada y, a priori, suficiente para contrarrestar la presión de expansión.

9.3. ELEMENTOS DE CONTENCIÓN

Teniendo en cuenta la naturaleza expansiva del terreno natural, de ninguna manera se podrá emplear en los muros de contención, debido a los empujes elevados que puedan ejercer los rellenos del trasdós al humedecerse.

El relleno será de material no expansivo y apoyará sobre el talud de terreno natural con separación de una membrana impermeable (o pavimento) entre el terreno natural del talud. Esta membrana recubrirá también el relleno superficialmente. Son preferibles los muros de mampostería o fábricas deformables a los rígidos de hormigón armado.

Para el cálculo de los empujes sobre los muros que se construyan se pueden adoptar los siguientes parámetros, considerado un relleno granular del trasdós:

- g: 2 gr/cm³

- c': 0 kg/cm²

- f': 30°

Un relleno del trasdós convenientemente compactado podría mejorar los parámetros anteriores.

9.4. ASIENTOS

Para las condiciones geotécnicas encontradas en el emplazamiento se han calculado los asientos por el método de Steinbrenner que permite un análisis de asientos elásticos para terrenos estratificados.

En las siguientes tablas se muestran los valores orientativos para los módulos de elasticidad E y el coeficiente de Poisson según el CTE (Código Técnico de Edificación):

Tabla D.23. Valores orientativos de N_{SPT}, resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad de suelos

Tipo de suelo	N _{SPT}	q _u (kN/m ²)	E (MN/m ²)
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0 - 80	< 8
Suelos flojos o blandos	10 - 25	80 - 150	8 - 40
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	40 - 100
Suelos compactos o duros	50 - Rechazo	300 - 500	100 - 500
Rocas blandas	Rechazo	500 - 5.000	500 - 8.000
Rocas duras	Rechazo	5.000 - 40.000	8.000 - 15.000
Rocas muy duras	Rechazo	> 40.000	> 15.000

Tabla D.24. Valores orientativos del coeficiente de Poisson

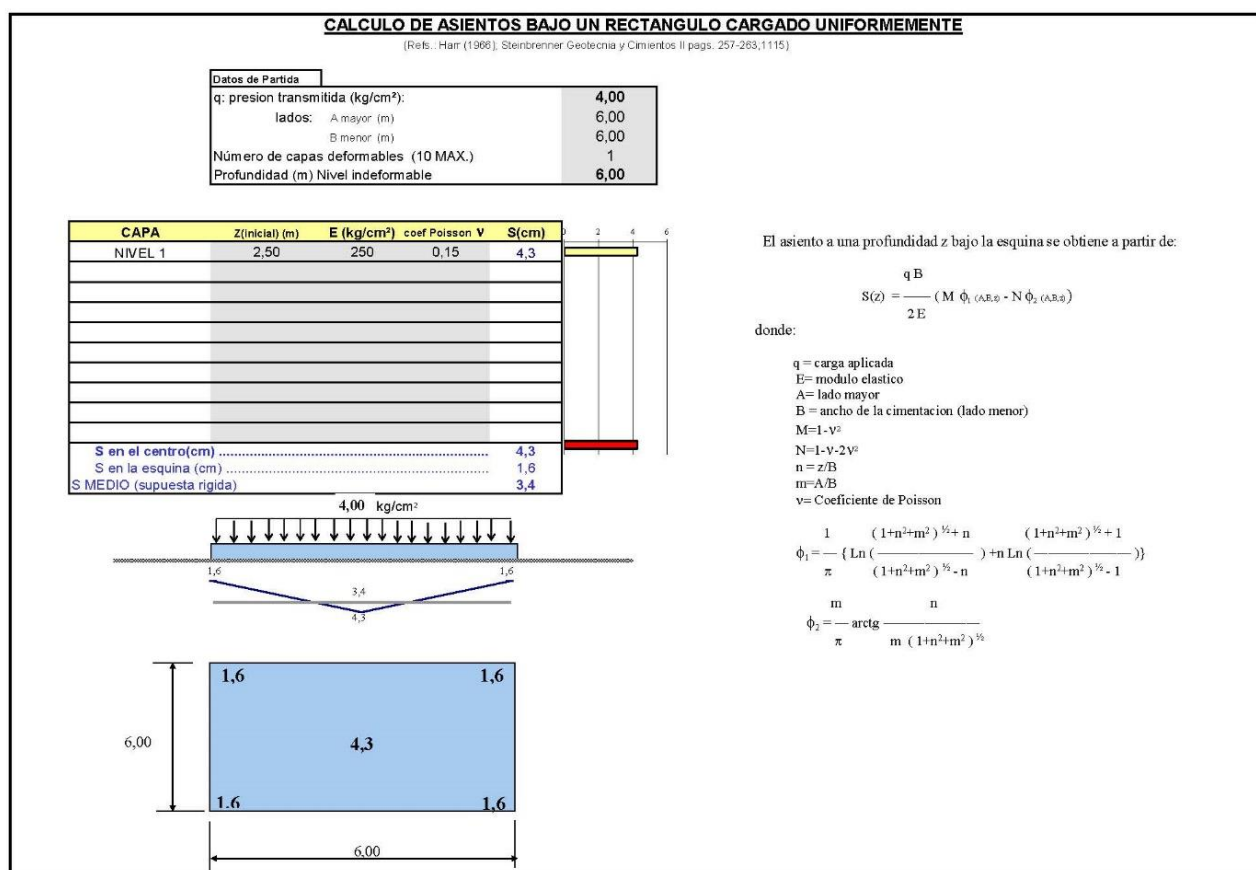
Tipo de suelo	Coeficiente de Poisson
Arcillas blandas normalmente consolidadas	0,40
Arcillas medias	0,30
Arcillas duras preconsolidadas	0,15
Arenas y suelos granulares	0,30

En la línea de las recomendaciones de las tablas D.23 y D.24 del CTE, asumimos un módulo de elasticidad de 250 y un coeficiente de Poisson de 0,15 para los niveles existentes, obteniéndose deformaciones máximas en torno a 4,3 cm para

una losa cuadrada de 6,00 metros de lado, asientos que se consideran admisibles para la estructuras en proyecto (losa de hormigón rígida) según los criterios de admisibilidad de asientos de la Norma Básica de la Edificación, que se presentan en la siguiente tabla:

Tipo de cimentación	Asiento máximo admisible (mm)		Asiento diferencial máximo (mm)	
	Suelos granulares	Suelos cohesivos	Suelos granulares	Suelos cohesivos
Zapatas	25-40	65	20-25	40-50
Losas	40-65	65-100		

A continuación se incluye el grafico obtenido, según el método de Steinbrenner y una hoja de cálculo de elaboración propia:



9.5. MÓDULO DE BALASTO

El módulo de balasto (K) no es una constante del terreno, depende de la superficie cargada, del nivel de presiones alcanzado, de la deformabilidad del terreno, de la geometría de la cimentación y de su rigidez.

En la bibliografía se pueden encontrar diversas fórmulas para su cálculo, así como tablas con valores orientativos, a continuación incluimos la incluida en el CTE:

Tabla D.29. Valores orientativos del coeficiente de balasto, K_{30}

Tipo de suelo	K_{30} (MN/m ³)
Arcilla blanda	15 – 30
Arcilla media	30 – 60
Arcilla dura	60 – 200
Limo	15 – 45
Arena floja	10 – 30
Arena media	30 – 90
Arena compacta	90 – 200
Grava arenosa floja	70 – 120
Grava arenosa compacta	120 – 300
Margas arcillosas	200 – 400
Rocas algo alteradas	300 – 5.000
Rocas sanas	>5.000

En la siguiente tabla se indican los anteriores valores en Kg/cm³:

Valores de K_{30} en Kg/cm ³ por la CTE		
Tipo Suelo	K_{30} min	K_{30} max
Arcilla blanda	1,5	3
Arcilla media	3	6
Arcilla dura	6	20
Limo	1,5	4,5
Arena floja	1	3
Arena media	3	9
Arena compacta	9	20
Grava arenosa floja	7	12
Grava arenosa compacta	12	30
Margas arcillosas	20	40
Rocas algo alteradas	30	500
Rocas sanas	>500	

De acuerdo con las recomendaciones del CTE consideramos razonable adoptar un módulo de balasto vertical para las dimensiones de la placa de 30 x 30 centímetros (K_{30}) para los materiales existentes, arcillas duras, de 10,0 kg/cm³.

9.6. RIPABILIDAD

Teniendo en cuenta los materiales existentes en el emplazamiento, la mayor parte de las excavaciones podrán ejecutarse con maquinaria convencional de movimiento de tierras, aunque **teniendo en cuenta la dureza de las arcillas existentes, en estos materiales será necesario, muy probablemente, el empleo de martillo rompedor.**

9.7. ESTABILIDAD DE TALUDES

Los rellenos existentes, con un espesor detectado entre 1,00 y 3,60 metros, se encuentran poco compactados y con restos de materiales de construcción, por lo que se consideran inestables a corto y largo plazo por lo que se deberán tomar las medidas oportunas para su contención provisional, siendo totalmente necesaria su entibación.

Las peñuelas pueden soportar taludes verticales pero teniendo en cuenta su expansividad se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Proteger la superficie contra la erosión y la infiltración mediante mantos granulares (15-40 cm de arena evitan la evapotranspiración), gunitado, telas plásticas impermeables, arcilla expandida, etc. Esto se efectuará nada más cortado el talud para evitar desecaciones que puedan cuartear el material produciéndose bloques inestables que puedan afectar a cualquier tratamiento que se realice sobre ellos.

9.8. AGRESIVIDAD

Se ha recogido dos muestras representativas de los suelos existentes en la parcela, llevándose a cabo en el laboratorio la determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles y el ensayo de grado de acidez Baumann-Gully, dando ambos ensayos resultado **NEGATIVO, por lo que no se considera necesaria la utilización de cementos sulforresistentes.**

10. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

Como se ha comentado anteriormente las peñuelas presentan alta expansividad por lo que para minimizar sus riesgos derivados proponemos las siguientes medidas:

EXCAVACIONES

Se recomienda que los trabajos de excavación se efectúen, si ello es posible, evitando tanto los meses muy secos como los muy húmedos y lluviosos. A priori, los períodos más recomendables serían enero-marzo y septiembre-octubre.

Si esto no fuese posible y hubiera que realizar las excavaciones en períodos muy secos o muy húmedos, aquellas se mantendrán a la intemperie el menor tiempo posible cubriendo lo más brevemente posible el fondo de excavación con el material de mejora previsto (si se ha contemplado este aspecto) o con una capa de hormigón de limpieza, telas plásticas, etc. evitando de esta forma los cambios de humedad del terreno para limitar al máximo la desecación o humectación de la superficie de apoyo de las estructuras.

Para evitar dejar a la intemperie la explanada definitiva puede ser conveniente excavar dejando un metro por encima de la cota de explanada que servirá de protección ante la lluvia o el calor y retirarla posteriormente, por sectores, en función de cada una de las diversas fases constructivas que se hayan previsto.

CIMENTACIONES

Para las cimentaciones del proyecto nuestras recomendaciones son:

- Como norma general se deben evitar los cambios en sus condiciones de humedad por lo que es aconsejable preparar un dren y no instalar vegetación que sea necesario regar.

- Se dotará a la estructura de rigidez: arriostramiento de zapatas, zapatas en faja, losas, procurándose que todas las zapatas de cada estructura transmitan la misma presión.
- Control o prevención de expansiones mediante cámaras bufas, soleras forjadas, zapatas o losas con cargas superiores a los hinchamientos previstos.
- Mantenimiento de condiciones estables de humedad mediante membranas, pavimentación, etc.
- Colocar láminas de poliestireno expandido alrededor de las zapatas para la absorción parcial de las tensiones de hinchamiento posibles.
- Los mayores problemas se producen cuando las cimentaciones se hacen al final de la estación seca o durante el invierno cuando se inundan las excavaciones. Después de un periodo de sequía los movimientos de agua en el terreno pueden ser acusados, por ello los “cajeados” que se hagan para cimentaciones deberán permanecer abiertos el mínimo tiempo posible o bien deberá protegerse la zona de los cambios de humedad.

SOLERAS- ACERAS

- Las soleras se construirán sin contacto con el suelo expansivo mediante la sustitución de las arcillas por una capa de aproximadamente 1,00 metros de grava o zahorra o mediante la estabilización con cal de las arcillas.
- Ejecución de aceras anchas: Esto permite aumentar la superficie protegida de los cambio de humedad en la base de la construcción y en su perímetro inmediato. Se dotará a la acera de inclinación hacia el exterior del edificio para evitar la acumulación de agua en el contacto de la fachada evacuándola convenientemente.

- Para evitar la aparición de grietas en la zona de conexión entre edificio y acera es recomendable apoyar ésta sobre un relleno de gravas o zahorras de 30-40 cm de espesor compactando adecuadamente (en ocasiones, podría ser necesario apoyar todo ello sobre una zanja con suelo estabilizado).
- Se procurará pavimentar la mayor superficie posible de la zona para aislar de cambio de humedad. Si el pavimento es de hormigón se aconseja que se coloque tela plástica impermeable entre pavimento y terreno natural para evitar humectación por capilaridad o sellar con lechada bituminosa.
- Si se prevé construcción de firme impermeable y se realizan las obras al final del verano, cuando la succión es elevada, se produce acumulación de humedad bajo el firme con cambio estacional hasta que se alcanza un nuevo equilibrio. Se dan buenos resultados con la sustitución del terreno de unos 0,60 metros y tratamiento superficial o reparación del pavimento cuando se aprecie deterioro.

11. RESUMEN DE CONCLUSIONES

La actuación proyectada ampliará el Servicio de Oncología Radioterápica, situado en el sótano 2 del edificio de Oncología Radioterápica, centrándose los trabajos en la construcción de un nuevo búnker, para lo que se ampliara el sótano 2 del citado edificio bajo el patio anexo al mismo. Las obras a realizar consisten en la creación de un nuevo búnker de alta tasa y los locales anexos necesarios para poder trasladar el servicio de braquiterapia existente actualmente en este mismo edificio. La superficie ocupada por el proyecto es de unos 116 m².

En el emplazamiento en estudio se pueden distinguir dos unidades geotécnicas:

-UNIDAD 1: Constituida por un relleno poco compactado de materiales granulares con restos de materiales de construcción con un espesor detectado que varía en los puntos investigados entre 1,00 y 3,60 metros.

-UNIDAD 2: Por debajo del relleno aparecen peñuelas con colores grises o verdes. Se han obtenido golpes N₂₀ entre 19 a 70 por lo que se pueden clasificar de consistencia Muy Firme a Dura.

Teniendo en cuenta que en las muestras ensayadas se han obtenido límites líquidos mayores de 73 y una presión de hinchamiento de 3,8 kg/cm², se puede afirmar que los suelos existentes en el emplazamiento son de **expansividad muy alta**.

Debido a que no se han podido perforar sondeos no se puede determinar el espesor de las peñuelas, aunque es razonable pensar que por lo menos llegaran hasta los seis metros de profundidad desde la superficie actual del patio.

Teniendo en cuenta que los materiales existentes, arcillas, son prácticamente impermeables y que en los ensayos **no se ha detectado la presencia de agua subterránea**, no es de esperar que aparezca el nivel freático al realizar las

excavaciones necesarias para el proyecto, aunque no es del todo descartable.

Es razonable prever que la cota de apoyo se situara sobre la Unidad 2 de arcillas duras (peñuelas), siendo posible la **cimentación directa mediante zapatas aisladas o losa.**

La losa de cimentación se proyecta a una profundidad de unos seis metros, obteniéndose N₃₀ de rechazo en los penetrómetros antes de dicha profundidad.

Teniendo en cuenta que no ha sido posible perforar sondeos mecánicos a rotación **consideramos imprescindible que una vez ejecutado el vaciado, las condiciones geotécnicas del apoyo de las cimentaciones sean confirmadas por un técnico especialista en geotecnia, no descartándose que sea necesaria alguna investigación adicional.**

Como **presión neta admisible de cimentación consideramos razonable adoptar 4 kg/cm²**, que es superior a la presión de hinchamiento obtenida en la muestra analizada y, a priori, suficiente para contrarrestar la presión de expansión.

Teniendo en cuenta la naturaleza expansiva del terreno natural, de ninguna manera se podrá emplear en los muros de contención, debido a los empujes elevados que puedan ejercer los rellenos del trasdós al humedecerse.

De acuerdo con las recomendaciones del CTE consideramos razonable adoptar un módulo de balasto vertical para las dimensiones de la placa de 30 x 30 centímetros (k₃₀) para los materiales existentes, arcillas duras, de 10,0 kg/cm³.

Teniendo en cuenta los materiales existentes en el emplazamiento, la mayor parte de las excavaciones podrán ejecutarse con maquinaria convencional de movimiento de tierras, aunque **teniendo en cuenta la dureza de las arcillas existentes, en estos materiales será necesario, muy probablemente, el empleo de martillo rompedor.**

Los rellenos existentes, con un espesor detectado entre 1,00 y 3,60 metros, se encuentran poco compactados y con restos de materiales de construcción, por lo que se consideran inestables a corto y largo plazo por lo que se deberán tomar las medidas oportunas para su contención provisional, siendo totalmente necesaria su entibación.

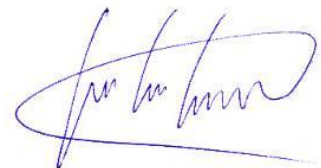
No se considera necesaria la utilización de cementos sulforresistentes.

Las peñuelas existentes presentan alta expansividad por lo que para minimizar sus riesgos derivados se deben tomar las medidas que se comentan en el informe.

Se adjunta un APÉNDICE con las siguientes láminas:

- Plano de situación general
- Plano de situación de trabajos de campo
- Registros de los ensayos penetrométricos
- Registro de la calicata manual
- Perfil geotécnico
- Sistema Unificación de Clasificación de Suelos
- Clave Empleada en la Descripción de Suelos
- Reportaje fotográfico
- Expediente de los ensayos de Laboratorio

Atentamente, GEOLINEAL
Madrid, agosto de 2019



Fdo.: José Luís Soriano
Geólogo Colegiado nº 778

BIBLIOGRAFÍA



- * INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. 2002
Norma de Construcción Sismorresistente.

- * JIMÉNEZ SALAS, Y OTROS
Geotecnia y Cimientos. Editorial Rueda

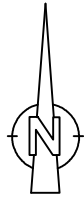
- * INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. 2002
Norma de Construcción Sismorresistente.

- * DOCUMENTO BASICO SE-C (Marzo 2006)
Seguridad estructural Cimientos.

- * MINISTERIO DE FOMENTO
Instrucción Española de Hormigón Estructural

- * I.G.M.E:
 - Mapa Geológico de España N° 559 (Madrid), a escala 1:50.000
 - Mapa Geológico de España 45 (Madrid), a escala 1:200.000,
 - Mapa Geotécnico General y Mapa de Rocas Industriales N° 45 (Madrid)
a escala 1:200.000.
 - Mapa y datos básicos de unidades hidrogeológicas de España a escala
1:1.000.000

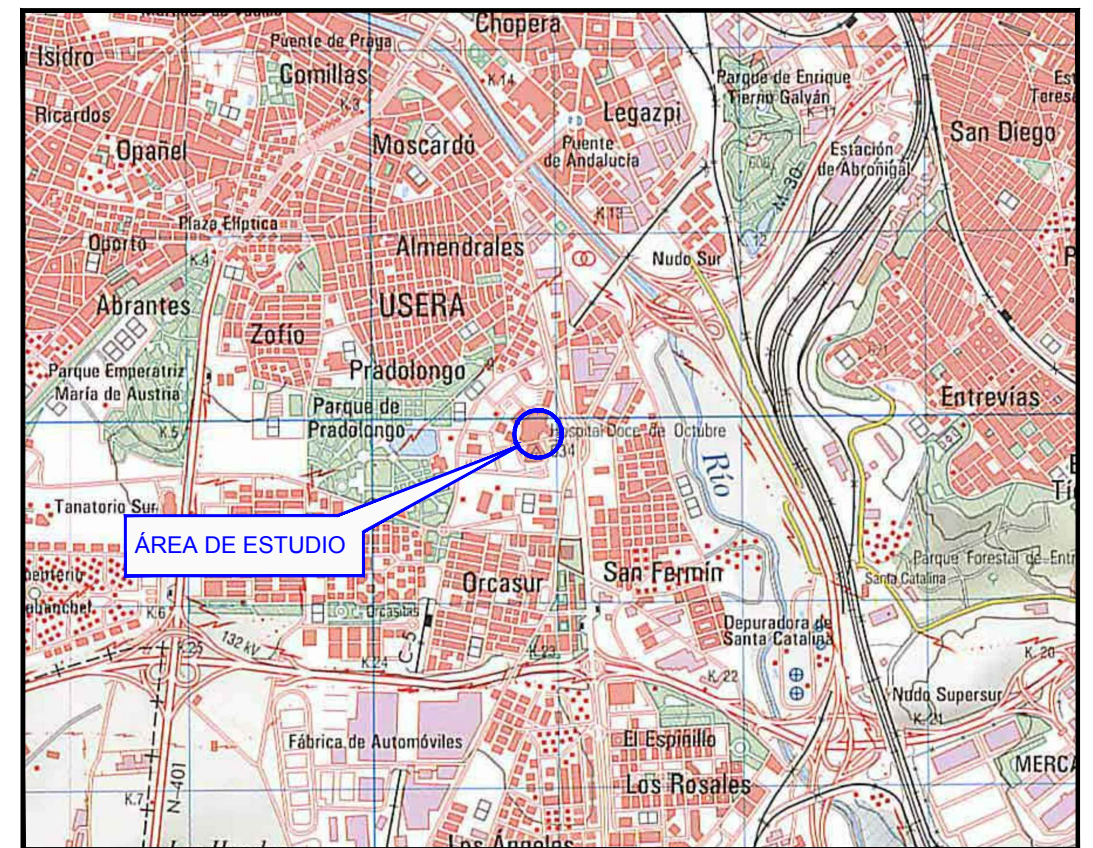
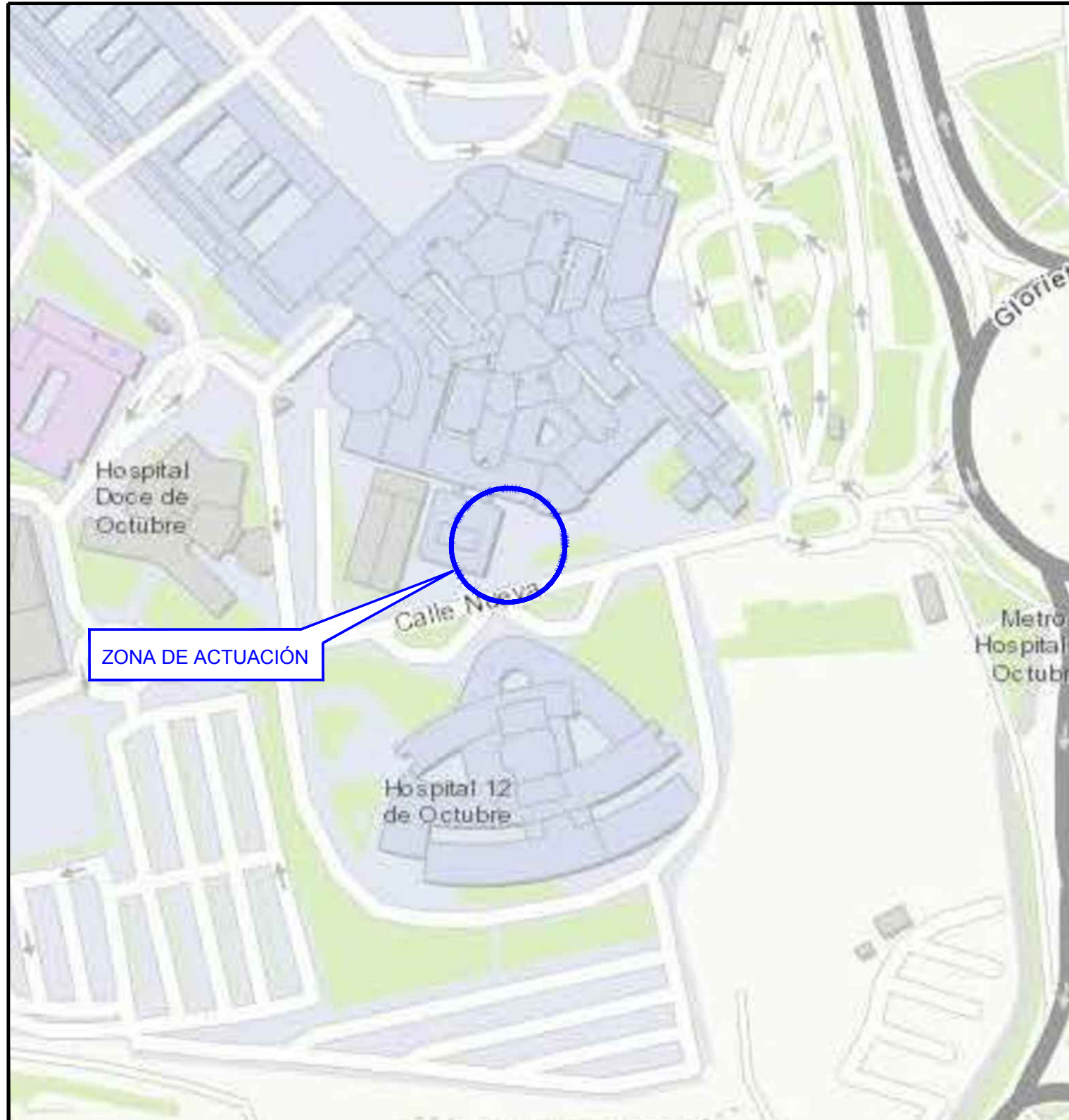
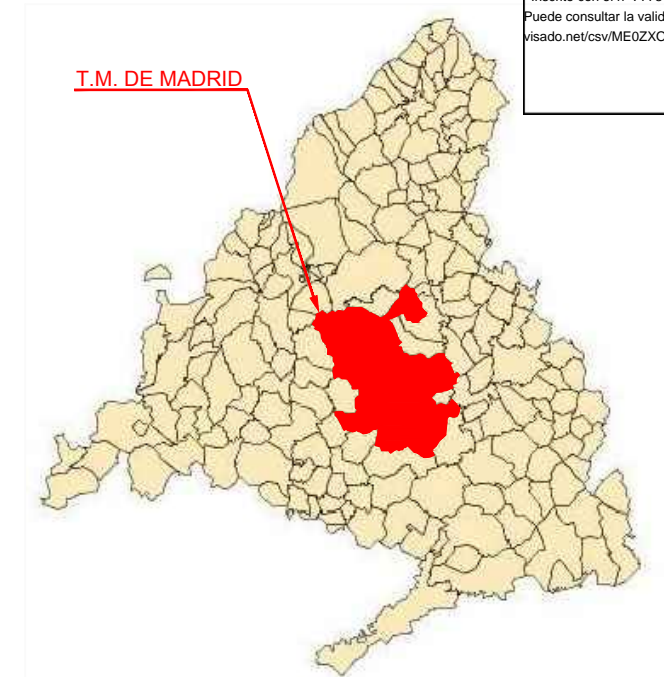
APÉNDICE



SUPERVISADO
SUPERVISIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL

Fecha : 22/08/2019 Folio: 1190288R0 Núm: SV-01190288/00
Colegiado : Jose Luis Soriano Carrillo
Inscrito con el nº : 778
Puede consultar la validez del documento accediendo a <http://icog.e-visado.net/csv/ME0ZXONOVJP8>

Secretaría del ICOG



3					
2					
1					
0	AGOSTO 2.019			E.H.I.	J.L.S. J.L.S.
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIB.	COM.	APR.
ESCALA 1:2.000			LÁMINA 1		

FORMATO: A3

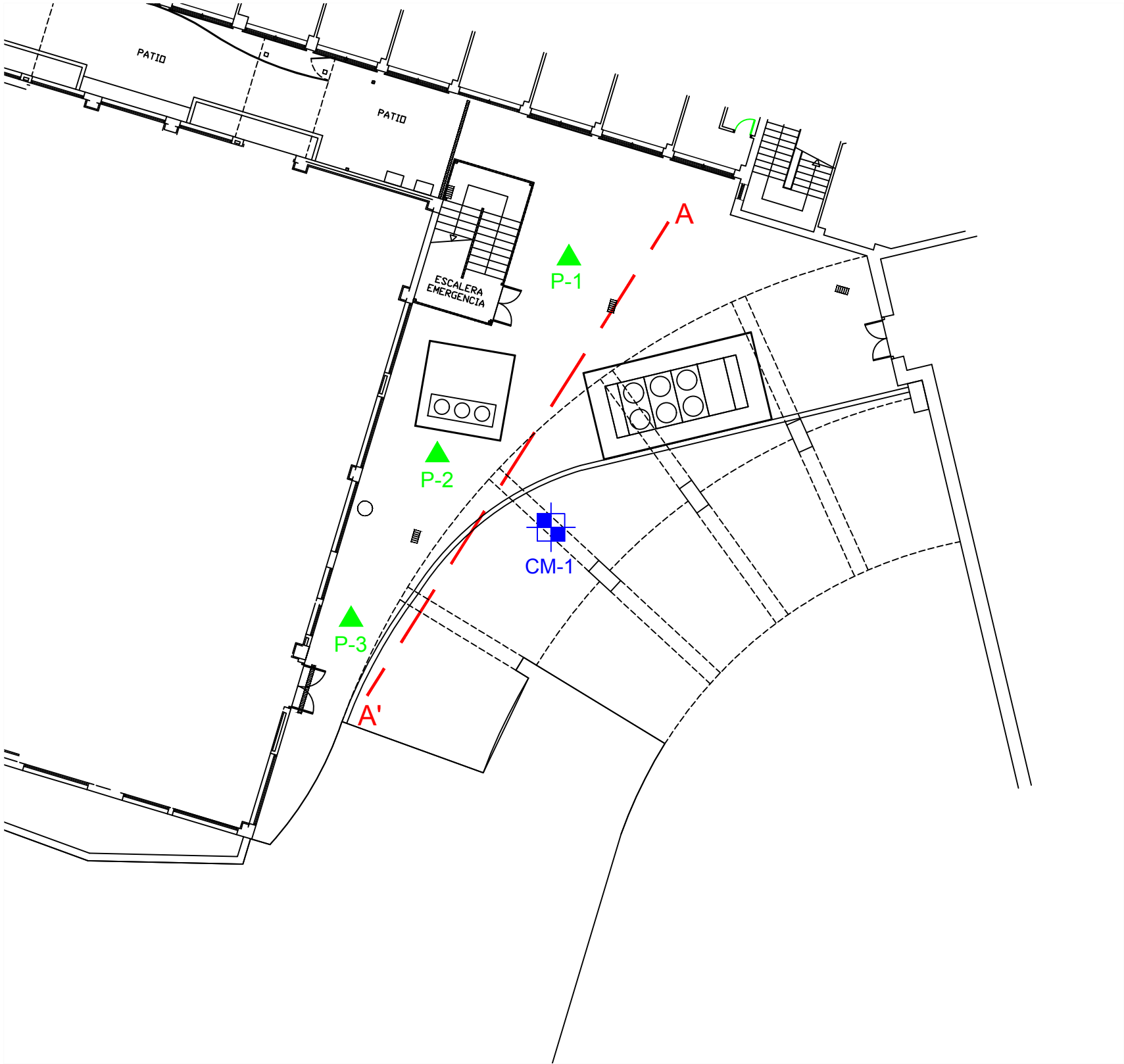


ARQUITECTO:
D. CESAR CARLOS ROBRES




PROYECTO:
NUEVO BÚNKER EN EL SERVICIO DE ONCOLOGÍA RADIOTERÁPICA DEL HOSPITAL UNIVERSITARIO 12 DE OCTUBRE
AV. DE CÓRDOBA S/N (MADRID)


TÍTULO DEL PLANO:
SITUACIÓN GENERAL




LEYENDA


P-1

ENSAYO PENETROMÉTRICO

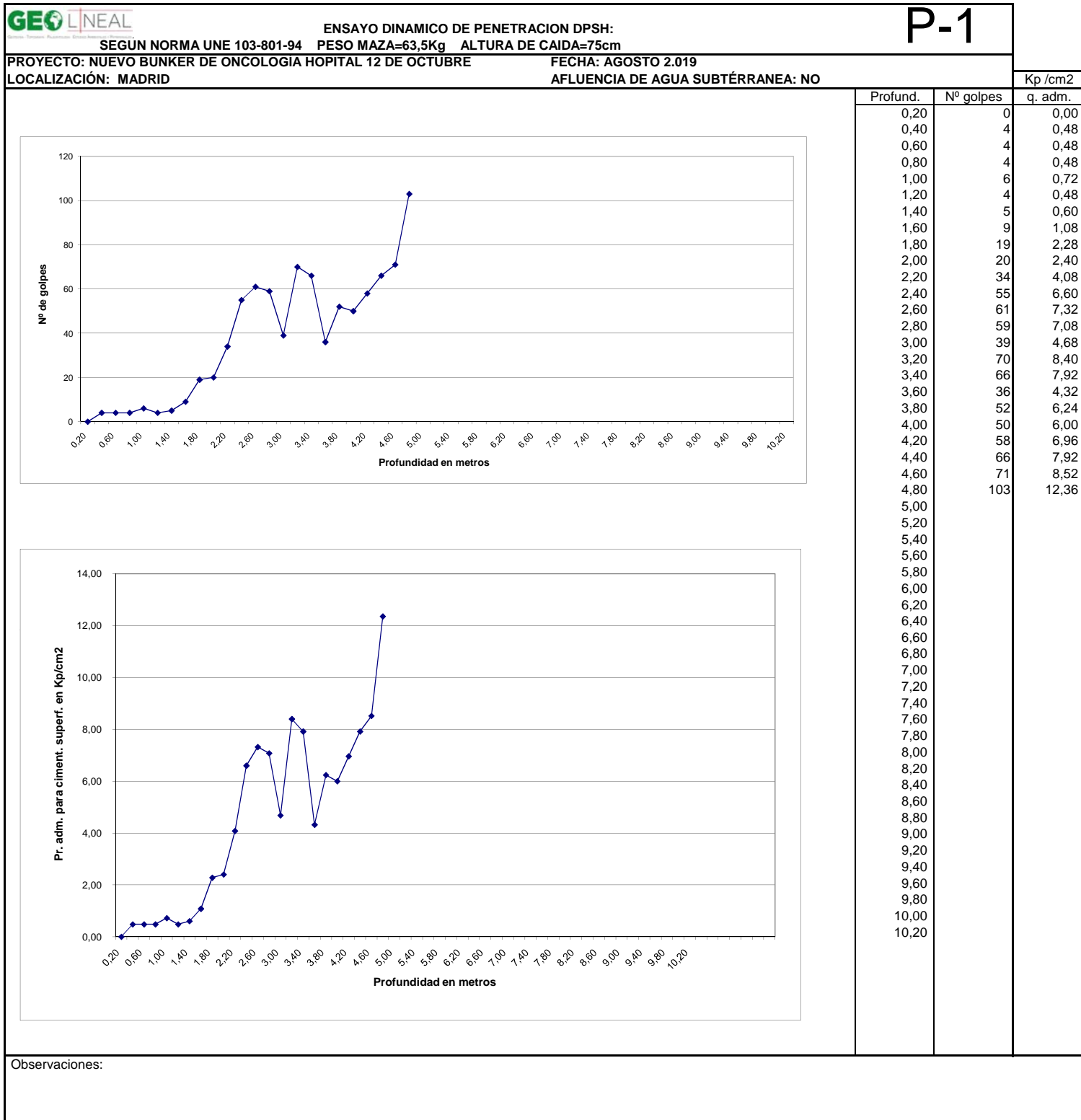

CM-1

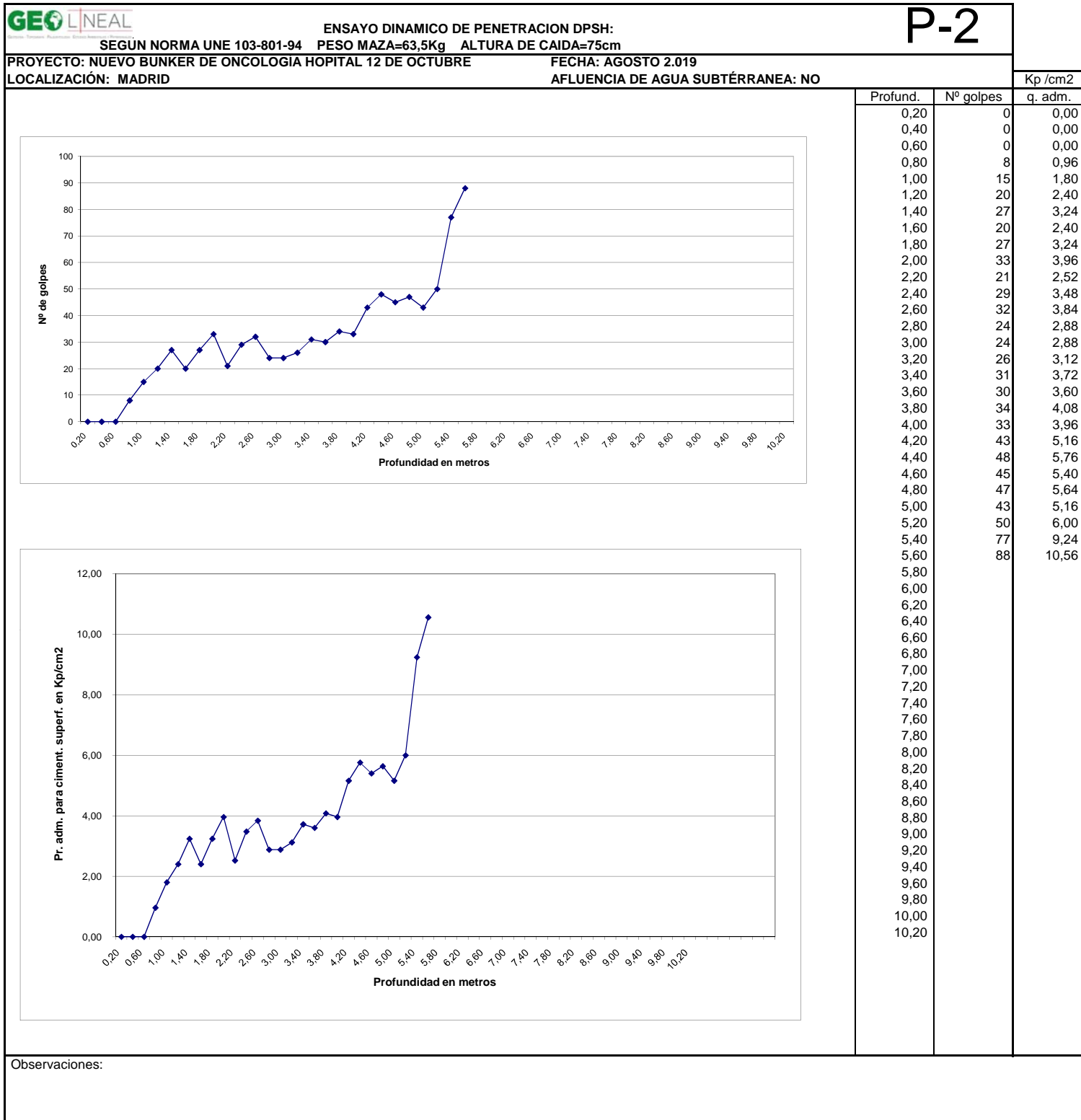
CALICATA EXCAVADA
MANUALMENTE


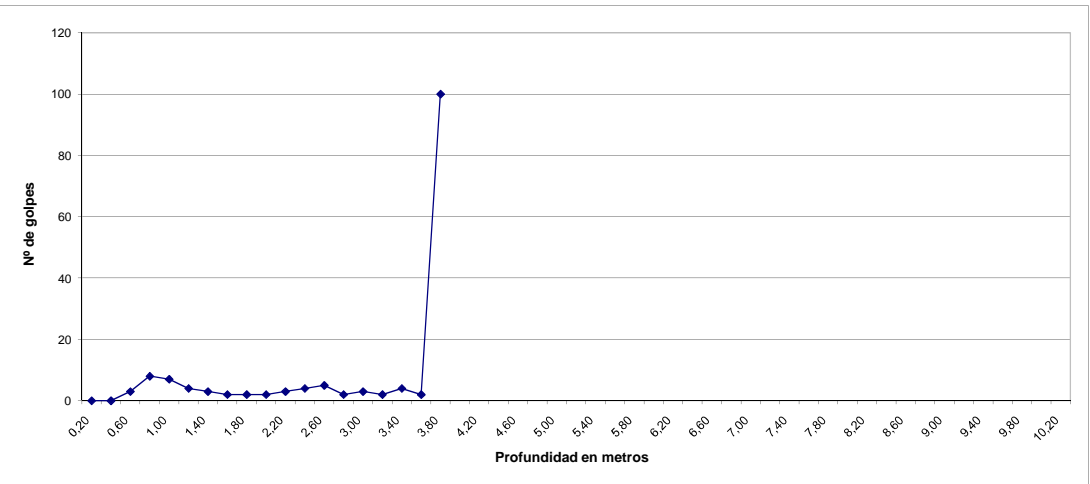
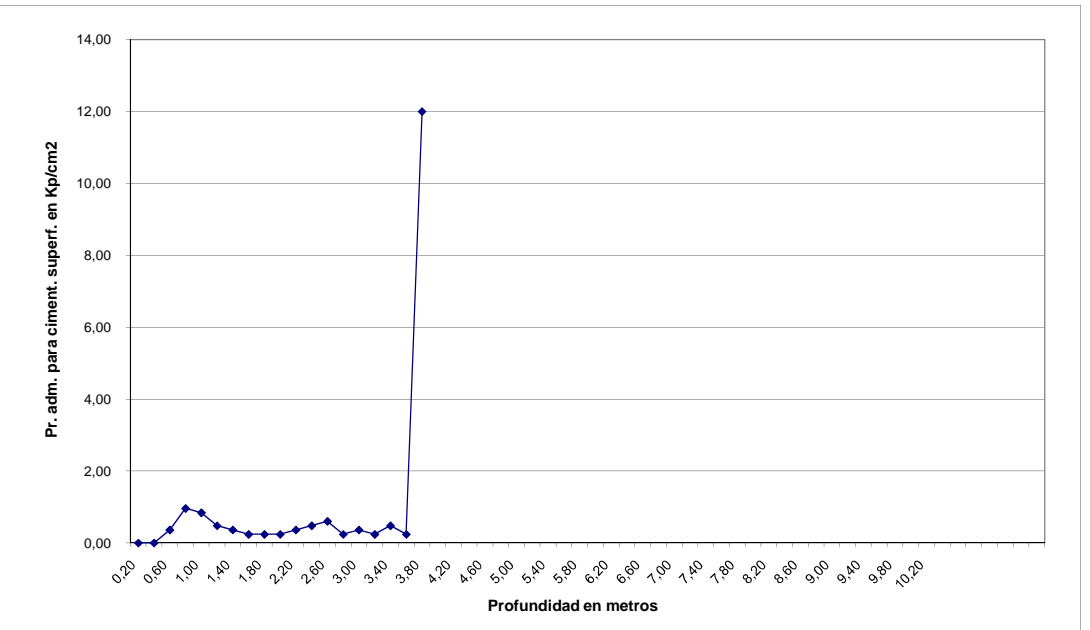

A --- A'

PERFIL GEOTÉCNICO

3					
2					
1					
0	AGOSTO 2.019		E.H.I.	J.L.S.	J.L.S.
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIB.	COM.	APR.
ESCALA 1:200			LÁMINA 2		





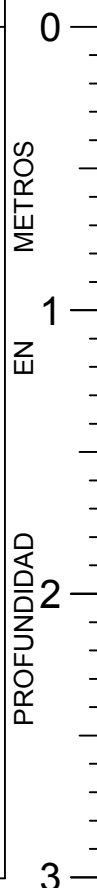
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div> ENSAYO DINAMICO DE PENETRACION DPSH: SEGÚN NORMA UNE 103-801-94 PESO MAZA=63,5Kg ALTURA DE CAIDA=75cm </div> <div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">P-3</div> </div> </div>			
PROYECTO: NUEVO BUNKER DE ONCOLOGIA HOPITAL 12 DE OCTUBRE LOCALIZACIÓN: MADRID		FECHA: AGOSTO 2.019 AFLUENCIA DE AGUA SUBTÉRRANEA: NO	
		Profund.	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Nº golpes</div> <div>Kp /cm2</div> </div>
			q. adm.
		0,20	0
		0,40	0
		0,60	3
		0,80	8
		1,00	7
		1,20	4
		1,40	3
		1,60	2
		1,80	2
		2,00	2
		2,20	3
		2,40	4
		2,60	5
		2,80	2
		3,00	3
		3,20	2
		3,40	4
		3,60	2
		3,80	100
		4,00	
		4,20	
		4,40	
		4,60	
		4,80	
		5,00	
		5,20	
		5,40	
		5,60	
		5,80	
		6,00	
		6,20	
		6,40	
		6,60	
		6,80	
		7,00	
		7,20	
		7,40	
		7,60	
		7,80	
		8,00	
		8,20	
		8,40	
		8,60	
		8,80	
		9,00	
		9,20	
		9,40	
		9,60	
		9,80	
		10,00	
		10,20	
		0,20	
		0,40	
		0,60	
		0,80	
		1,00	
		1,20	
		1,40	
		1,60	
		1,80	
		2,00	
		2,20	
		2,40	
		2,60	
		2,80	
		3,00	
		3,20	
		3,40	
		3,60	
		3,80	12.00
		4,00	
		4,20	
		4,40	
		4,60	
		4,80	
		5,00	
		5,20	
		5,40	
		5,60	
		5,80	
		6,00	
		6,20	
		6,40	
		6,60	
		6,80	
		7,00	
		7,20	
		7,40	
		7,60	
		7,80	
		8,00	
		8,20	
		8,40	
		8,60	
		8,80	
		9,00	
		9,20	
		9,40	
		9,60	
		9,80	
		10,00	
		10,20	
Observaciones:			

CALICATA CM-1

SITUACIÓN:

ENSAYOS DE LABORATORIO	
HUMEDAD NATURAL %	
<div>L.L.</div> <div>I.P.</div>	LÍMITES DE ATTERBERG
	% DE FINOS (N-200)
<div>H.Op.</div> <div>D.M.</div>	PROCTOR NORMAL
	C.B.R.
	ENSAYO TIPO VANE KG/CM ²
	OTROS ENSAYOS

MUESTRA N°



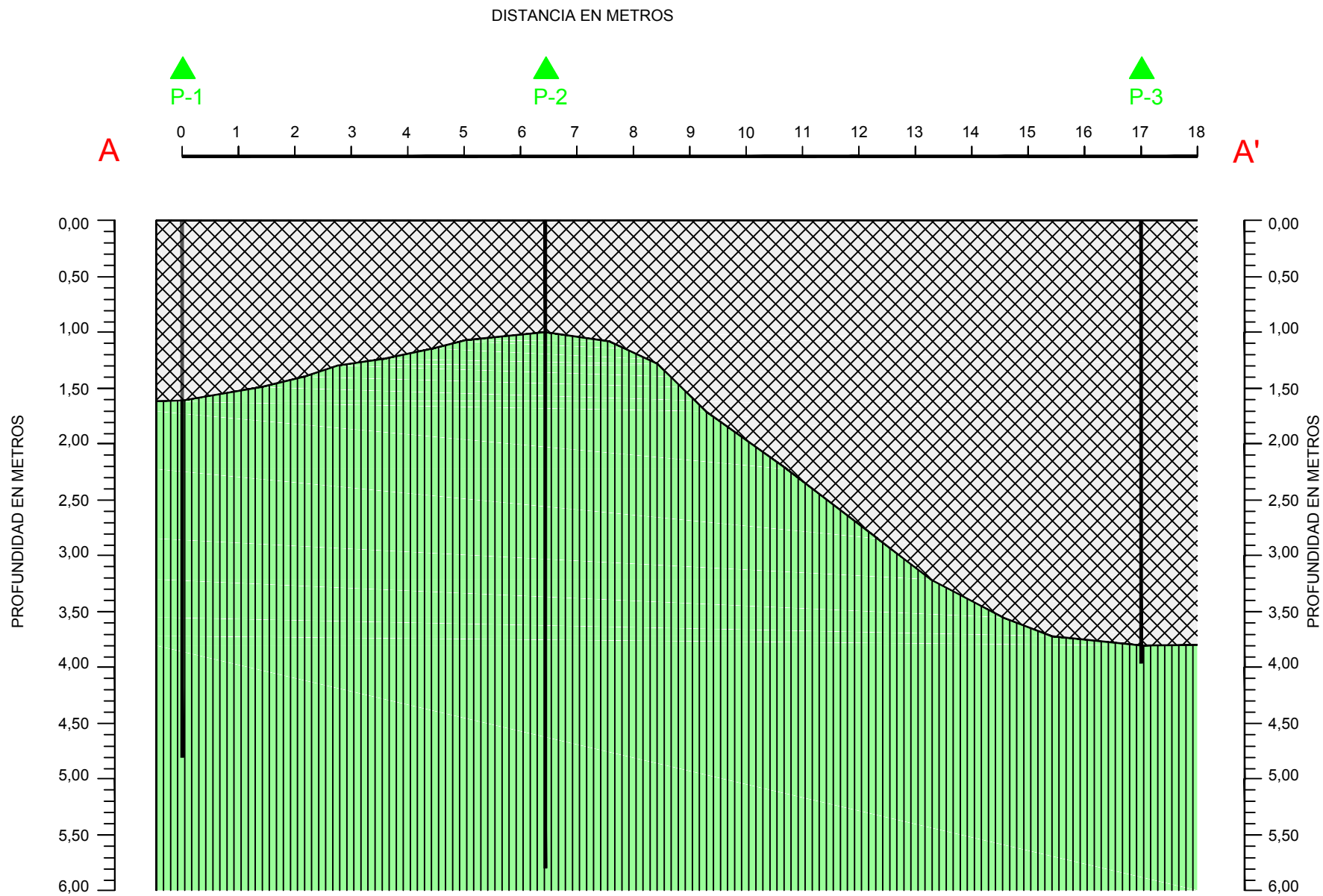
DESCRIPCIÓN

RELLENO SIN COMPACTAR CON RESTOS DE
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

HORMIGÓN DE LA CIMENTACIÓN

ML	ARCILLAS LITIFICADA GRIS-VERDOSA (PEÑUELA) (DURA)
----	--

REGISTRO DE CALICATA MANUAL

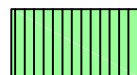


LEYENDA

LEYENDA GEOLÓGICA



RELLENOS POCO CONSOLIDADOS CON
RESTOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN



ARCILLAS LITIFICADAS (PEÑUELAS)
(MUY FIRMES A DURAS)

SÍMBOLOS CONVENCIONALES



ENSAYO PENETROMÉTRICO

PERFIL GEOTÉCNICO

PERFIL A-A'

ESCALA: H:1/100

V:1/50

NOTA : EL CORTE DEL TERRENO SUPONE UNA INTERPRETACION RAZONABLE A PARTIR DE LOS DATOS
OBTENIDOS EN EL PENETRÓMETRO. PUEDEN EXISTIR VARIACIONES LOCALES.



ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

SUPERVISADOSUPERVISIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL

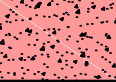
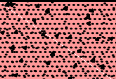

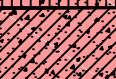

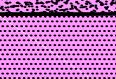

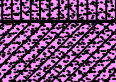
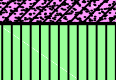





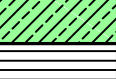
Fecha : 22/08/2019 Folio: 1190288R0 Núm: SV-01190288/00

Colegiado : Jose Luis Soriano Carrillo

Inscrito con el nº : 778

Puede consultar la validez del documento accediendo a <http://icog.evisado.net/csv/ME0ZXONOVJP8>

Secretaría del ICOG

GRUPOS PRINCIPALES			SIMBOLO GRAFICO	SIMBOLO DE LETRAS	DESCRIPCION DEL SUELO
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVA Y SUELOS CON GRAVA MAS DEL 50% DE LA FRACCION GRUESA QUEDA RETENIDA SOBRE EL TAMIZ N° 4.	GRAVAS LIMPIAS (CON POCOS FINOS O SIN FINOS)		GW	GRAVAS BIEN GRADUADAS, MEZCLA DE GRAVA Y ARENA, CON POCOS FINOS O SIN FINOS
				GP	GRAVAS MAL GRADUADAS, MEZCLA DE GRAVA Y ARENA, CON POCOS FINOS O SIN FINOS
		GRAVAS CON FINOS (FINOS EN CANTIDAD APRECIABLE)		GM	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS DE GRAVA-ARENA-LIMO
				GC	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE GRAVA-ARENA-ARCILLA
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS MAS DEL 50% DEL MATERIAL QUEDA RETENIDO SOBRE EL TAMIZ N° 200.	ARENAS LIMPIAS (CON POCOS FINOS O SIN FINOS)		SW	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN FINOS
				SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN FINOS
		ARENAS CON FINOS (FINOS EN CANTIDAD APRECIABLE)		SM	ARENAS LIMOSAS, MEZCLA DE ARENA-LIMO
				SC	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLA DE ARENA-ARCILLA
SUELOS DE GRANO FINO	LIMOS Y ARCILLAS LIMITE LIQUIDO <u>Menor</u> QUE 50			ML	LIMOS INORGANICOS Y ARENAS MUY FINAS, POLVO DE ROCA, ARENAS FINAS LIMOSAS O ARCILLOSAS, LIMOS ARCILLOSOS POCO PLASTICOS
				CL	ARCILLAS INORGANICAS POCO PLASTICAS O DE PLASTICIDAD MEDIANA, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS, ARCILLAS MAGRAS
				OL	LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS POCO PLASTICAS
	LIMOS Y ARCILLAS LIMITE LIQUIDO <u>Mayor</u> QUE 50			MH	LIMOS INORGANICOS, CON MICA O ARENA FINA DIATOMACEA O SUELOS LIMOSOS
				CH	ARCILLAS INORGANICAS MUY PLASTICAS, ARCILLAS GRASAS
				OH	ARCILLAS ORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIANA O MUY PLASTICAS, LIMOS ORGANICOS
SUELOS MUY ORGANICOS				PT	TURBA, HUMUS, SUELOS DE PANTANOS CON MUCHA MATERIA ORGANICA

NOTA: SE UTILIZARAN SIMBOLOS DOBLES PARA CASOS INTERMEDIOS DE CLASIFICACION.

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS



ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

SUPERVISADO

SUPERVISIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS

CON SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL

Reg. nº 2205/109 Folio nº 124 de 140m SV-01190288/00

Colegiado : Jose Luis Soriano Carrillo

Inscrito con el nº : 778

Puede consultar la validez del documento accediendo a <http://icog.e-visado.net/csv/ME0ZXONOVJP8>

Secretaría del ICOG

CLASIFICACION DE LAS PARTICULAS DE SUELO POR SU TAMAÑO

DIAMETRO DE LAS PARTICULAS EN MILIMETROS

0,002	0,074	0,42	2	4,75	19,1	100	
		FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	
ARCILLA	LIMO	ARENA			GRAVA		BOLOS
SUELOS DE GRANO FINO		SUELOS DE GRANO GRUESO					

SUELOS DE GRANO GRUESO. DENSIDAD EN FUNCION DEL ENSAYO S.P.T.

DENSIDAD

MUY FLOJO
FLOJO
MEDIANAMENTE DENSO
DENSO
MUY DENSO

GOLPEO SPT/30 cms.

≤ 4
5 a 10
11 a 30
31 a 50
> 50

SUELOS DE GRANO FINO. RESISTENCIA EN FUNCION DE LA COHESION

RESISTENCIA

MUY BLANDO
BLANDO
MODERADAMENTE FIRME
FIRME
MUY FIRME
DURO

COHESION (Kg/cm^2)

< 0,125
0,125 a 0,25
0,25 a 0,50
0,50 a 1
1 a 2
> 2

FRACCIONES SECUNDARIAS

DESCRIPCION

INDICIOS
ALGO
BASTANTE
SUFIJO OSO/OSA

PROPORCION (% EN PESO)

5 a 10
10 a 20
20 a 35
35 a 50

CLAVE EMPLEADA EN LA DESCRIPCION DE SUELOS



VISTA GENERAL DE LA ZONA DE ACTUACIÓN



VISTA GENERAL DE LA ZONA DE ACTUACIÓN



EMPLAZAMIENTO DE LA CALICATA MANUAL C-1



EMPLAZAMIENTO PENETRÓMETRO P-1



EMPLAZAMIENTO PENETRÓMETRO P-2



EMPLAZAMIENTO PENETRÓMETRO P-3



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

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

CLIENTE: **GEOLINEAL, S.L.**

OBRA: **Bunker en Hospital 12 de Octubre. Madrid**

Nº OBRA: **2019397**

FECHA INFORME: 14 de agosto de 2019

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*

*Inscrito en el registro general de laboratorios de ensayo del Ministerio de Fomento (Lecce) con el número **MAD-L-031***

28240 - HOYO DE MANZANARES (MADRID)

OBRA: Bunker en Hospital 12 de Octubre. Madrid

El día 6 de agosto de 2019 se recibe en el laboratorio Tecnología del suelo y materiales, S.L. la petición de ensayos de la citada obra, que se compone de una muestra alterada de suelo en bolsa y un bloque de suelo en bolsa.

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

- 2.1. Método de ensayo normalizado de la clasificación de suelo, según norma ASTM-D 2487:00
- 2.2. Análisis granulométrico de suelos por tamizado, según norma UNE 103-101:95
- 2.3. Determinación de los límites de Atterberg, según normas UNE 103-103:94 y UNE 103-104:93
- 2.4. Ensayo de rotura a compresión simple, según norma UNE 103-400:93
- 2.5. 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
- 2.6. Cálculo de la presión de hinchamiento de un suelo en edómetro, según UNE 103602:96
- 2.7. Determinación cuantitativa de sulfatos en suelos, según EHE 2008 y norma UNE 83963:2008
- 2.8. Determinación la Acidez Baumann – Gully en suelos, según EHE 2008 y norma UNE 83962:2008



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

3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2019397**Cliente: **GEOLINEAL, S.L.**

Obra: Bunker en Hospital 12 de Octubre. Madrid

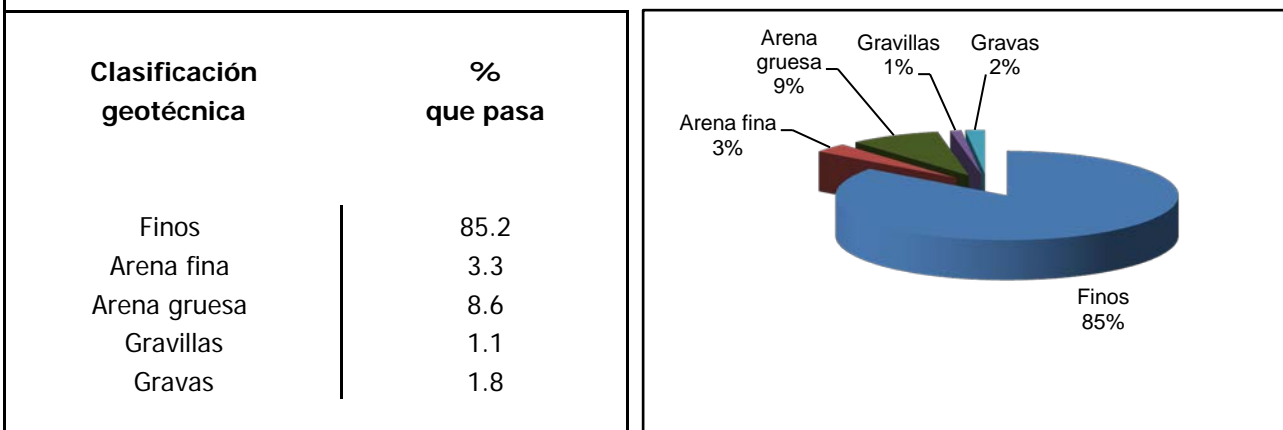
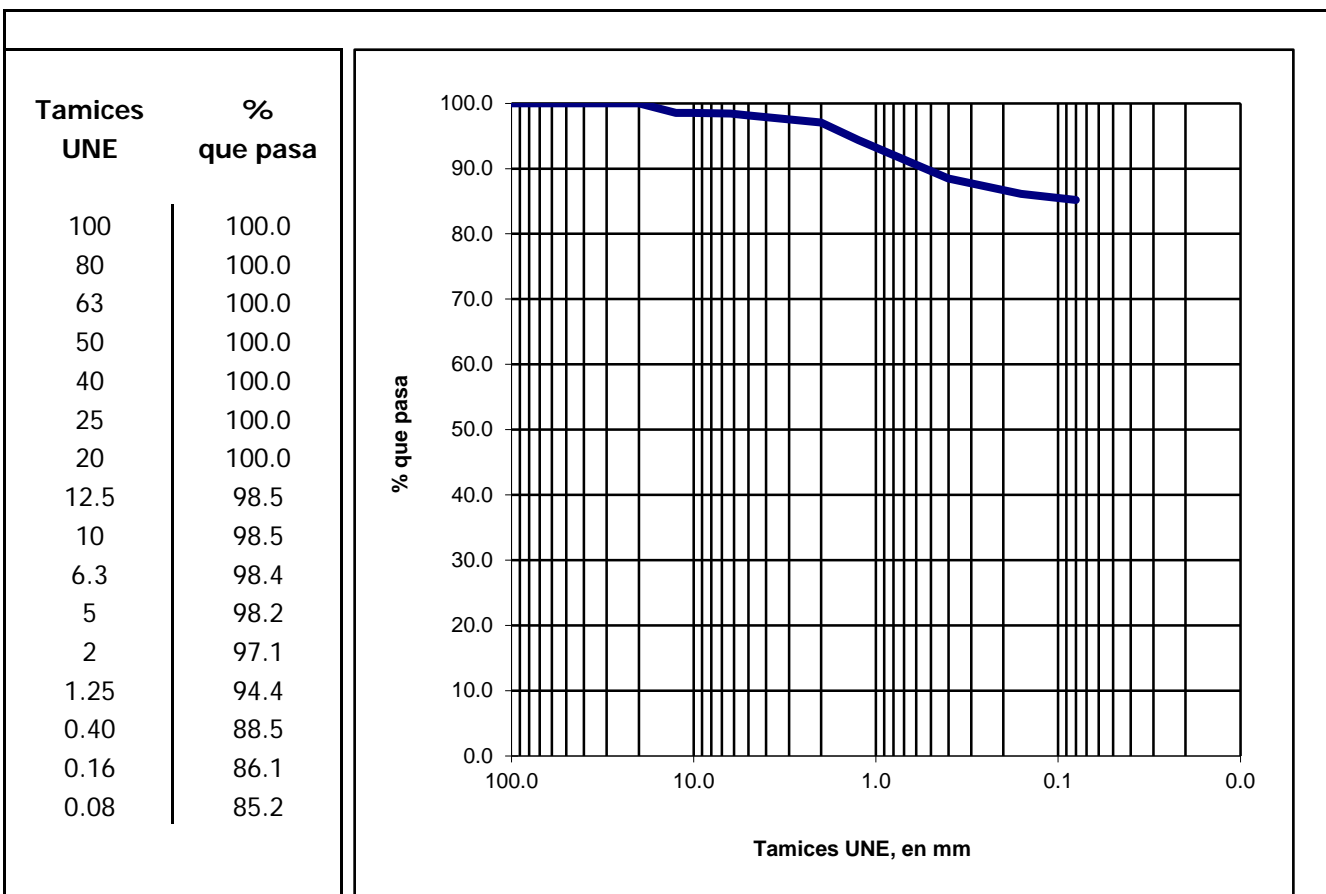
Muestra: M-1 1.20-1.60 MA

Fecha: 12 de agosto de 2019



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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

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

Formato GGT-02/02

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

Nº Obra: **2019397**Cliente: **GEOLINEAL, S.L.**

Obra: Bunker en Hospital 12 de Octubre. Madrid

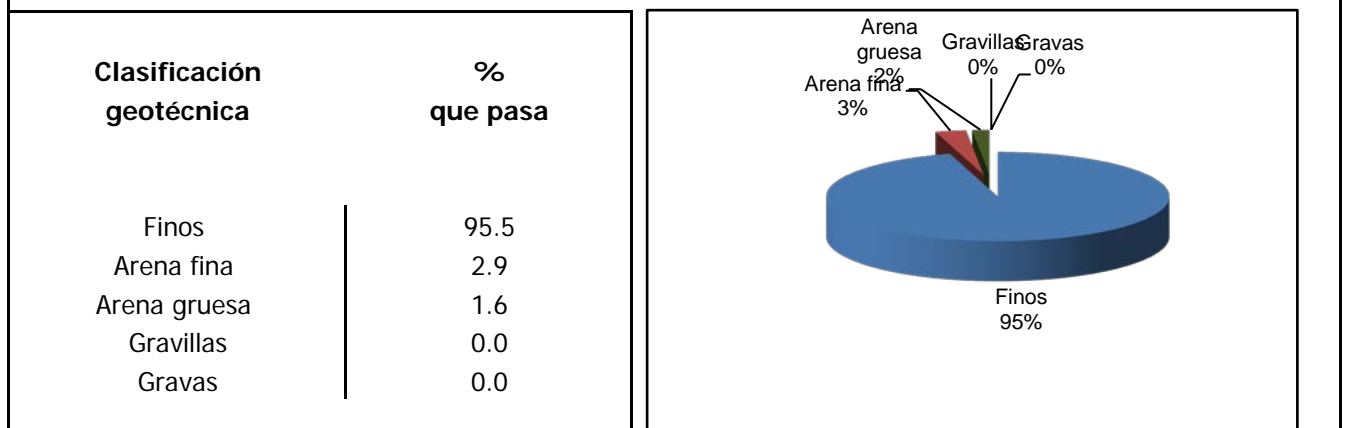
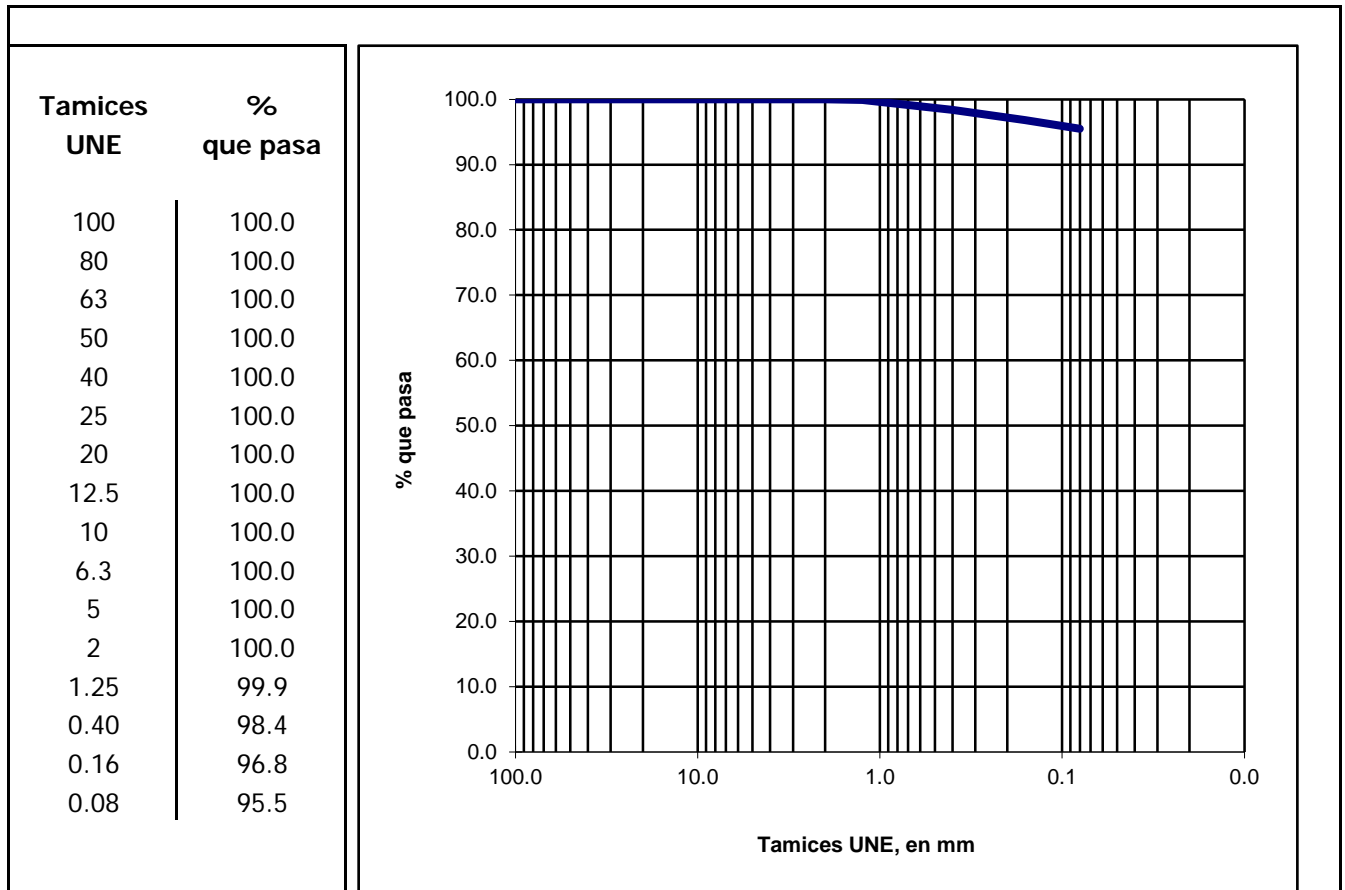
Muestra: M-2 1.00 MA

Fecha: 12 de agosto de 2019



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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO: UNE 103101:95



Observaciones: -

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

Formato GGT-02/02

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

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

Página 7 de 16

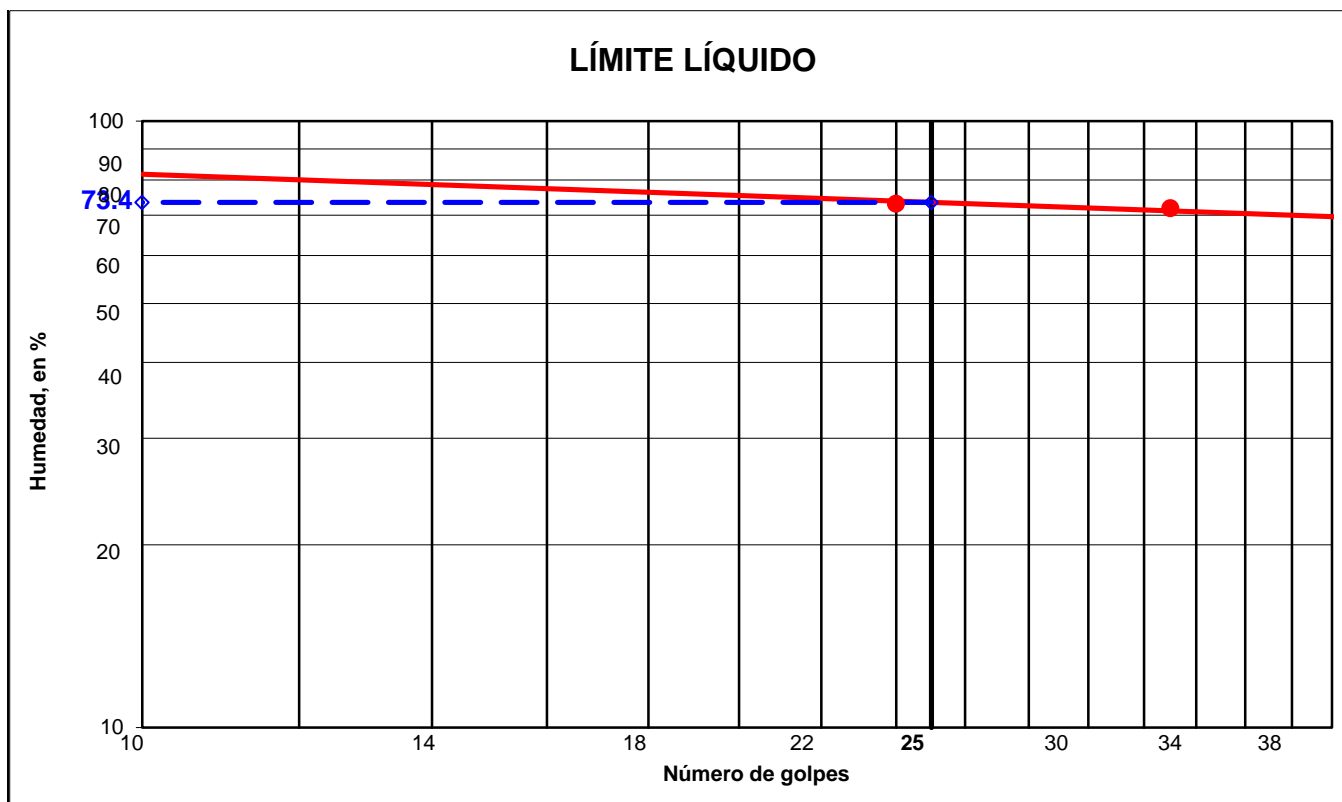
Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2019397**Cliente: **GEOLINEAL, S.L.**

Obra: Bunker en Hospital 12 de Octubre. Madrid

Muestra: M-1 1.20-1.60 MA

Fecha: 12 de agosto de 2019

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:	24	33
Humedad, en %:	73.0	71.8

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

Humedad, en %:	46.8
----------------	------

RESULTADOS:

Límite líquido:	73.4
Límite plástico:	46.8
Índice de plasticidad:	26.6

Observaciones: -

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

Formato GLA-02/02

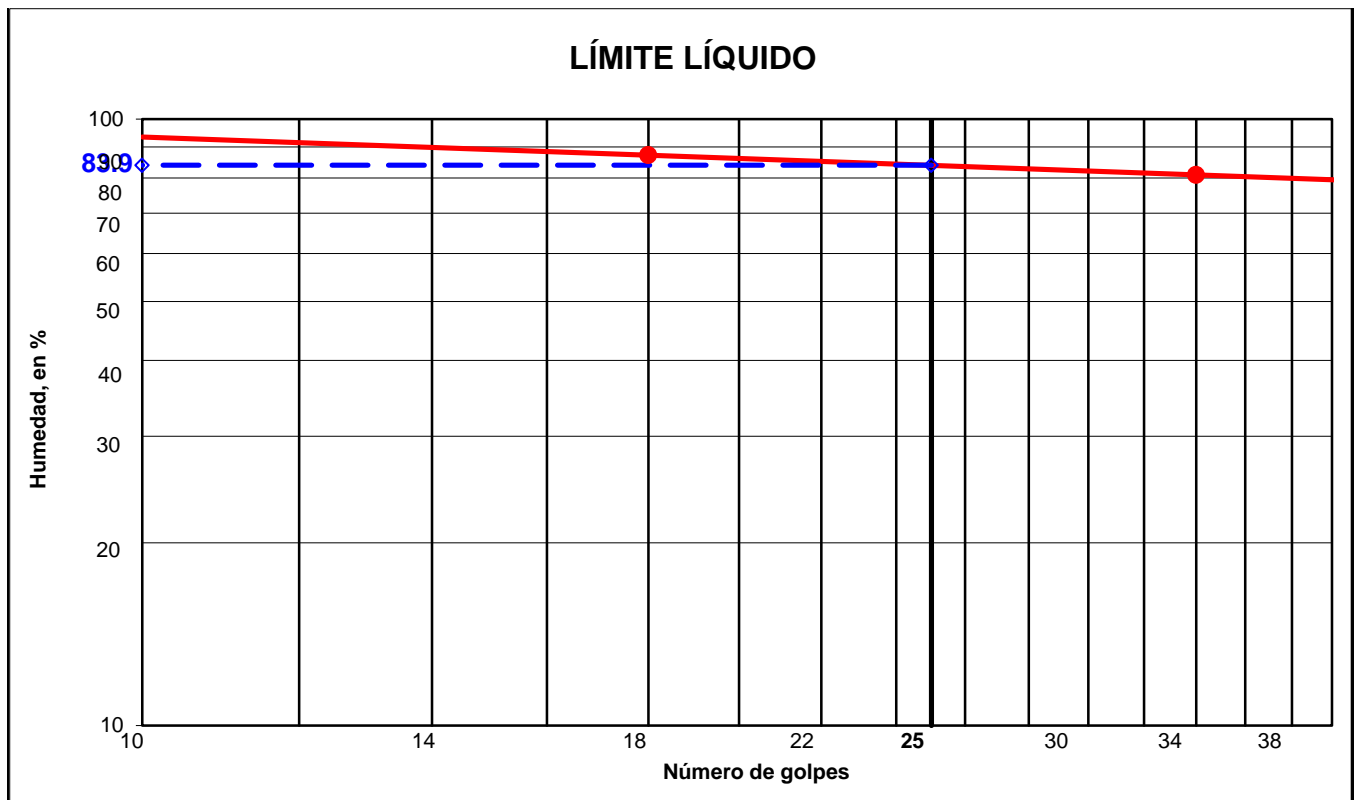
Los resultados contenidos en el presente informe sólo afectan al material sometido a ensayo.
El informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio que lo emite.

Nº Obra: **2019397**Cliente: **GEOLINEAL, S.L.**

Obra: Bunker en Hospital 12 de Octubre. Madrid

Muestra: M-2 1.00 MA

Fecha: 12 de agosto de 2019

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:	34	18
Humedad, en %:	80.9	87.2

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

Humedad, en %:	50.1
----------------	------

RESULTADOS:

Límite líquido:	83.9
Límite plástico:	50.1
Índice de plasticidad:	33.8

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.

Nº Obra: **2019397**Cliente: **GEOLINEAL, S.L.**

Obra: Bunker en Hospital 12 de Octubre. Madrid

Muestra: M-2 1.00 MA

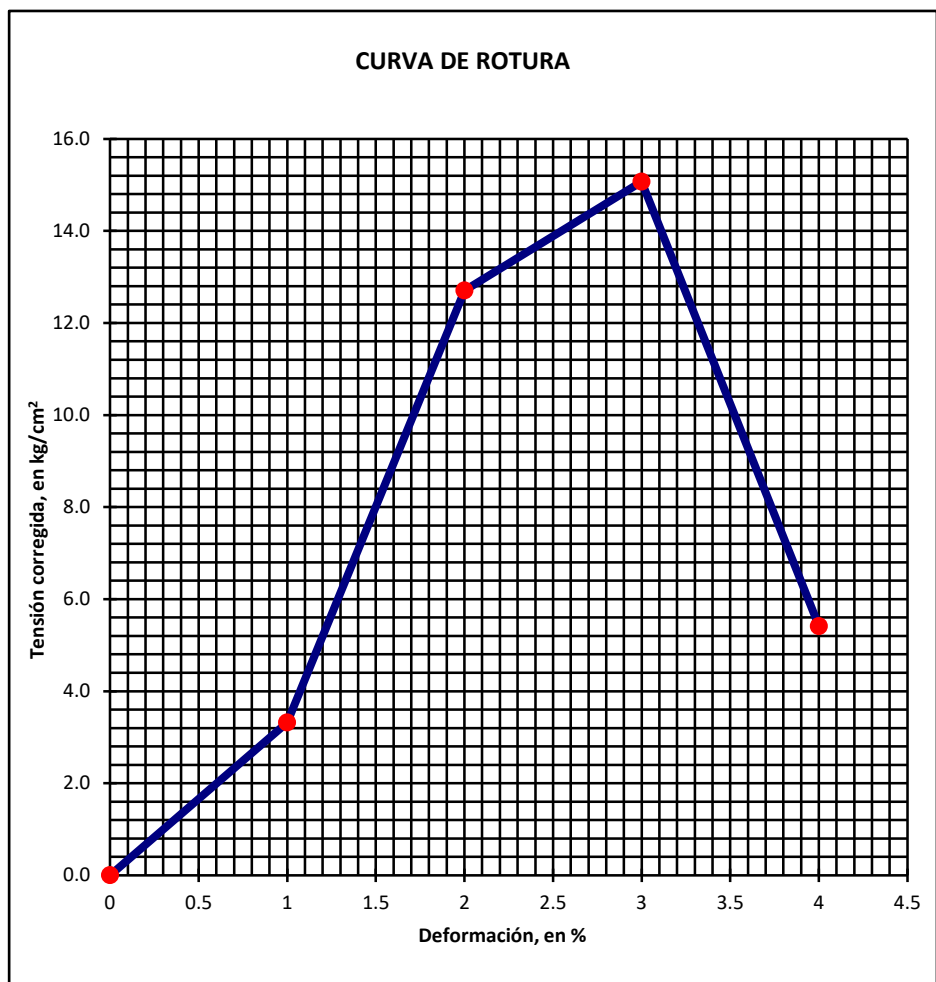
Fecha: 8 de agosto de 2019

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

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

Tipo de probeta	Lado base, en cm	Altura, en cm	Humedad, en %	Densidad seca, en g/cm ³	Resistencia, en kg/cm ²
Bloque inalterado	5.5	7.7	15.1	1.599	15.1
			Factor esbeltez	Deformación, en %	Resistencia, en kPa
			1.052	3.0	1478

Deformación en %	Tensión corregida en kg/cm ²
0	0.0
1	3.3
2	12.7
3	15.1
4	5.4
5	5.3



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

Forma de rotura: Inalterada



Remoldeada



Observaciones: Muestra de forma prismática tallada de una muestra en bloque inalterada. No se puede tallar a mayor altura.-

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: **2019397**Cliente: **GEOLINEAL, S.L.**

Obra: Bunker en Hospital 12 de Octubre. Madrid

Muestra: M-2 1.00 MA

Fecha: 13 de agosto de 2019

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

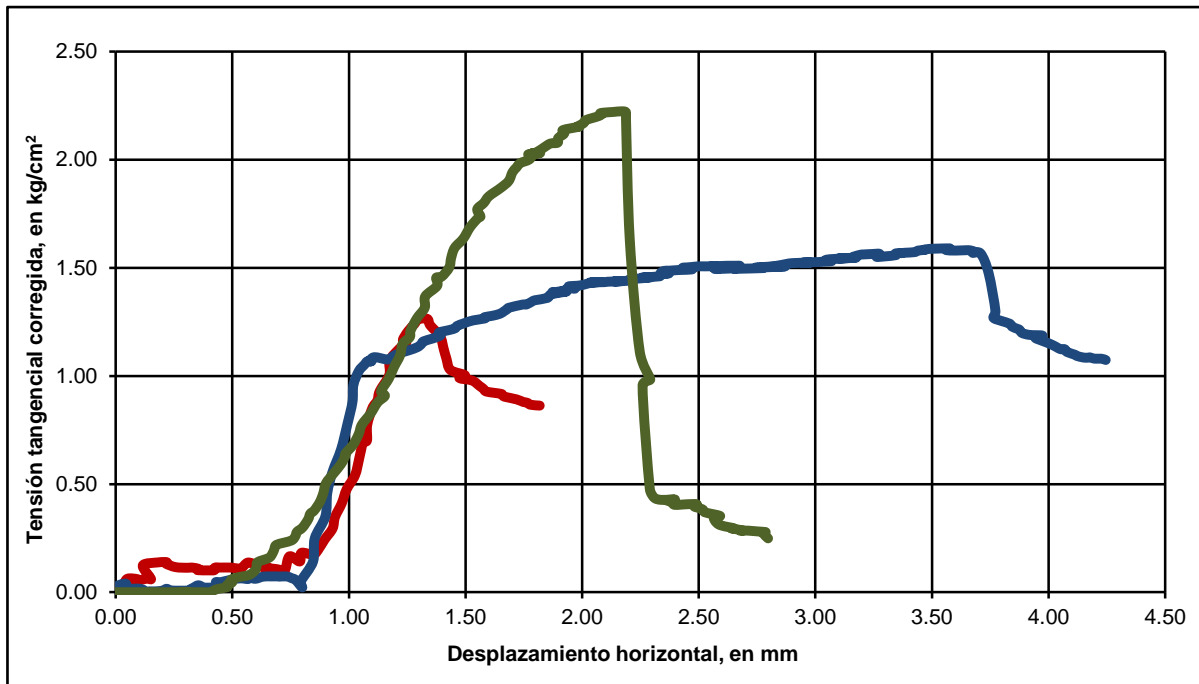
ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS: UNE 103-401-98

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 %	32.5	32.6	32.5
Humedad final, en %	40.3	37.6	36.4
Densidad húmeda, en g/cm ³	1.768	1.795	1.754
Densidad seca, en g/cm ³	1.260	1.305	1.286
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	1.34	3.55	2.17
Tensiones normales corregidas, en kg/cm ²	1.04	2.20	3.18
Tensiones tangenciales corregidas, en kg/cm ²	1.26	1.59	2.22
Tensiones normales corregidas, en kPa	102	216	311
Tensiones tangenciales corregidas, en kPa	124	156	218
Ángulo de rozamiento interno, en °	23.90		
Cohesión, en kg/cm ²	0.75		



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

Observaciones: Muestra tallada de un bloque inalterado de arcillas muy dura.

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

Formato GCD-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.

Nº Obra: **2019397**Cliente: **GEOLINEAL, S.L.**

Obra: Bunker en Hospital 12 de Octubre. Madrid

Muestra: M-2 1.00 MA

Fecha: 13 de agosto de 2019



Fecha : 22/08/2019 Folio: 1190288R0 Núm: SV-01190288/00

Colegiado : Jose Luis Soriano Carrillo

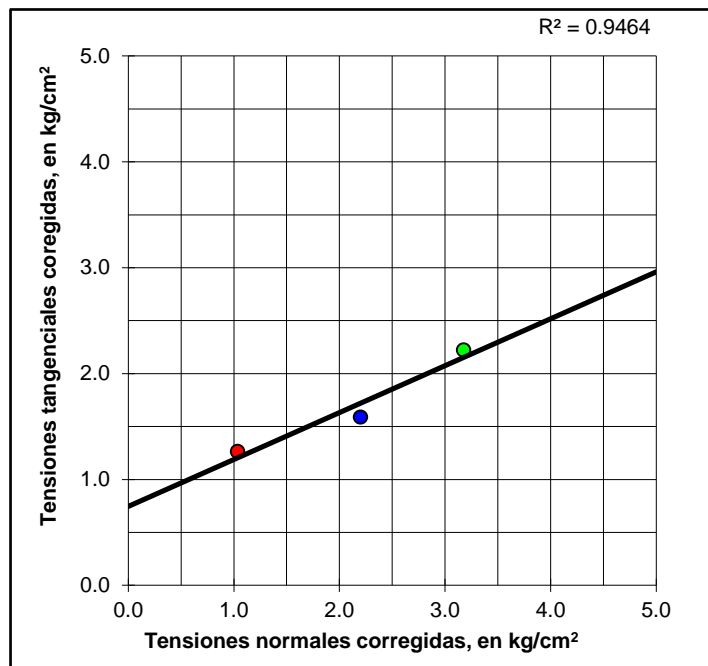
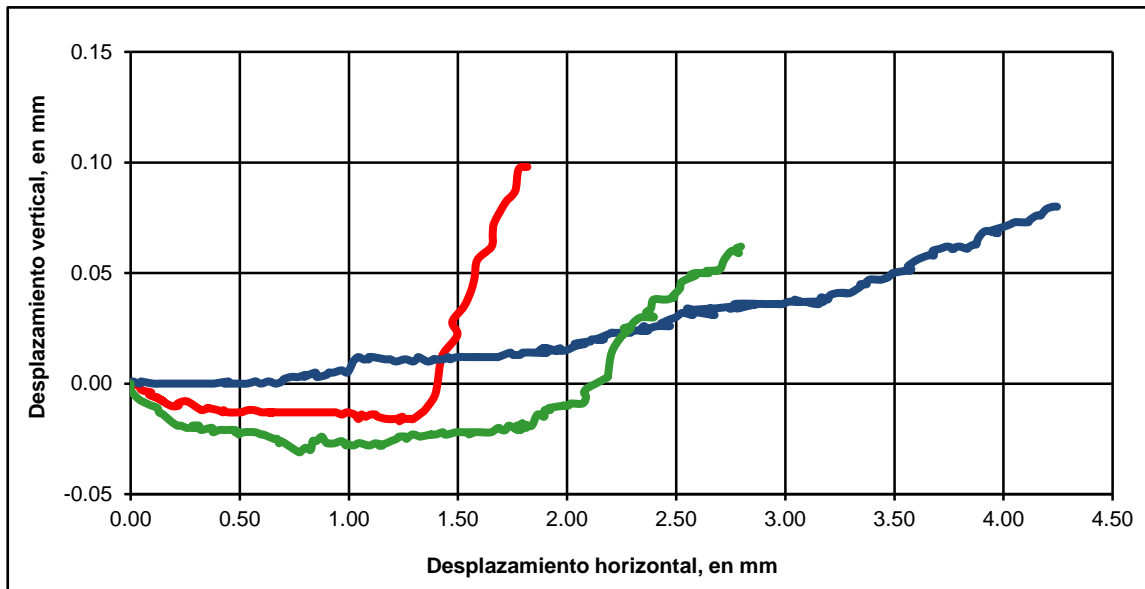
Inscrito con el nº : 778

Puede consultar el expediente electrónico accediendo a <http://icog.es>

Polígono Europa

28232-Las Rozas (Madrid)

Teléfono: 916 375881

www.laboratoriotsm.esTecnología 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 tallada de un bloque inalterado de arcillas muy dura.Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) **Nº 03267GTL08**

Formato GCD-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 16

Laboratorio acreditado en
geotecnia (nº 03267GTL08)

Nº Obra: **2019397**Cliente: **GEOLINEAL, S.L.**

Obra: Bunker en Hospital 12 de Octubre. Madrid

Muestra: M-2 1.00 MA

Fecha: 14 de agosto de 2019

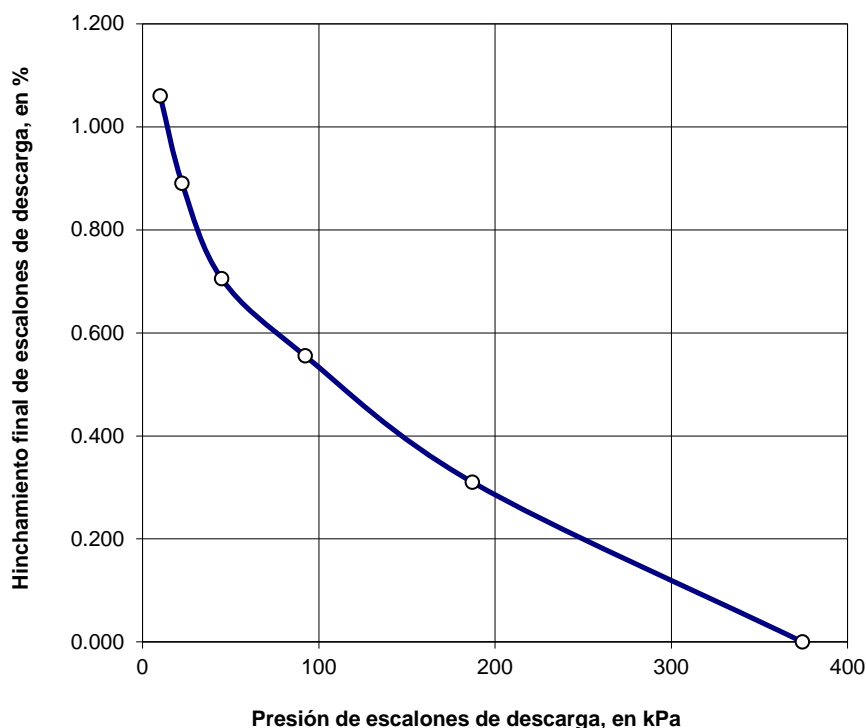
Tecnología del suelo y materiales, S. L.
LABORATORIO GEOTÉCNICO**PRESIÓN DE HINCHAMIENTO EN EDÓMETRO: UNE 103 602:96****DATOS DEL ENSAYO**

Humedad inicial, en %	26.0
Humedad final, en %	38.9
Densidad aparente seca, en g/cm ³	1.343

RESULTADOS DEL ENSAYO

Presión de hinchamiento, en kg/cm ²	3.8
Presión de hinchamiento, en kPa	374

Presión en kPa	Hinchamiento en %
374	0.000
187	0.310
92	0.555
45	0.705
22	0.890
10	1.060

PRESIÓN DE HINCHAMIENTO EN EDÓMETRO

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: **2019397**

Cliente: **GEOLINEAL, S.L.**

Obra: **Bunker en Hospital 12 de Octubre. Madrid**

Fecha: 13 de agosto de 2019

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

Durabilidad del hormigón. Suelos Agresivos.
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO EN IÓN SULFATO
Según la instrucción EHE 2008 y la norma UNE 83963:2008

[illegible]

Grado de agresividad en suelos, según la instrucción EHE 2008*			
Sulfatos (SO ₄ ²⁻), en mg/kg	Débil	Medio	Fuerte
	2000-3000	3000-12000	> 12000

*Tabla 8.2.3.b Clasificación de la agresividad química

Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) N° 03267GTL08

Formato ASS-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.

Nº Obra: **2019397**

Cliente: **GEOLINEAL, S.L.**

Obra: **Bunker en Hospital 12 de Octubre. Madrid**

Fecha: 13 de agosto de 2019

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

Durabilidad del hormigón. Suelos Agresivos.
DETERMINACIÓN DEL GRADO DE ACIDEZ BAUMANN-GULLY
Según la instrucción EHE 2008 y la norma UNE 83962:2008

[illegible]

Grado de agresividad en suelos, según la instrucción EHE 2008*			
Acidez Baumann-Gully, en mg/kg	Débil	Medio	Fuerte
	> 200		

*Tabla 8.2.3.b Clasificación de la agresividad química

Observaciones: -

Ensayo Acreditado por la Comunidad de Madrid en el Área de Geotecnia (GTL) N° 03267GTL08

Formato ASB-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 15 de 16
Laboratorio acreditado en
geotecnia (n° 03267GTL08)



El presente informe consta de dieciséis hojas numeradas y selladas.

RICARDO PÉREZ SARMIENTO
Responsable de Área GTL

Madrid, 14 de agosto de 2019

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

CÉSAR ZAPICO MARTÍN
Director Técnico