

ANEXO 05

ESTUDIO GEOTÉCNICO AÑO 2021

FASE IV _2023. CASTILLO DE PUÑONROSTRO

TORREJÓN DE VELASCO



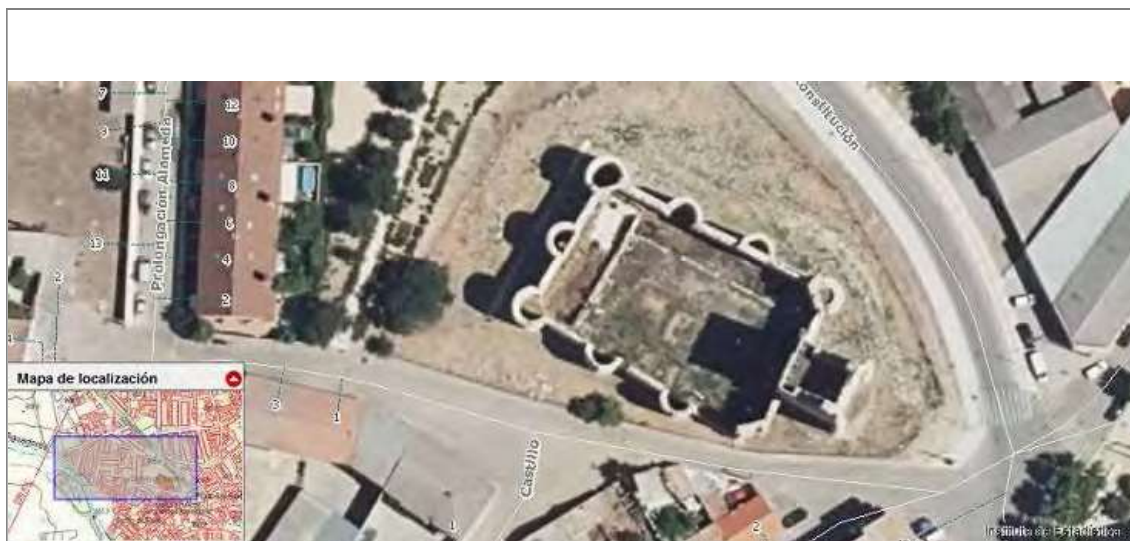
Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org

www.geotecnia.org

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA RESTAURACIÓN DEL CASTILLO PUÑONROSTRO (FASE III) EN TORREJÓN DE VELASCO (MADRID)



FECHA:	ABRIL 2.021
REFERENCIA:	EG-202101/16269
TITULAR:	DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO CULTURAL. CONSEJERÍA DE CULTURA Y TURISMO
EMPLAZAMIENTO:	CALLE REAL, 3. TORREJÓN DE VELASCO (MADRID)
PETICIONARIO:	DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO CULTURAL. CONSEJERÍA DE CULTURA Y TURISMO

Laboratorio acreditado en el Registro General de Laboratorios de Ensayo para la Calidad de la Edificación: MAD-L-002
Inscripción en CC.AA: MAD-L-128

GMD es marca registrada de Geotecnia y Medio Ambiente 2000, S.L.
Inscrita en el Registro Mercantil de Madrid - Tomo 15.359, Libro 0, Folio 107. Sección 8. Hoja M-257619. Inscripción 2ª

Geotecnia y Medioambiente 2000, S.L. Calle Adelfa nº11, Pol.Ind."Los Calahorros IV". 28970 Humanes de Madrid (Madrid)





Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA	1
2. MARCO GEOLÓGICO, SISMICIDAD Y GAS RADÓN	3
2.1. MARGO GEOLÓGICO	3
2.2. SISMICIDAD	4
2.3. GAS RADÓN	5
3. INVESTIGACIÓN REALIZADA	6
4. DESCRIPCIÓN GEOLOGICO-GEOTÉCNICA DEL TERRENO	10
4.1. RESISTENCIA DEL TERRENO	10
4.2. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS	11
4.3. NATURALEZA Y DISPOSICIÓN DEL SUBSUELO	16
5. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS	18
5.1. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL NIVEL FREÁTICO	18
5.2. EXCAVACIÓN	18
5.3. CIMENTACIÓN	20
5.4. OTRAS CONSIDERACIONES	26
6. RESUMEN Y CONCLUSIONES	28

ANEJOS A LA MEMORIA

ANEJO Nº1.- MAPA GEOLÓGICO REGIONAL Y CROQUIS DE SITUACIÓN DE RECONOCIMIENTOS

ANEJO Nº2.- GRÁFICOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA

ANEJO Nº3.- CORTES ESTRATIGRAFICOS Y PERFILES LITOLÓGICO

ANEJO Nº4.- RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEJO Nº5.- FOTOGRAFÍAS DE TRABAJOS DE CAMPO

BIBLIOGRAFÍA

1. INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA

En el presente documento se describen los resultados obtenidos en el reconocimiento geotécnico realizado por **GEOTECNIA Y MEDIOAMBIENTE 2.000, S.L.** en el entorno del Castillo Puñonrostro situado entre las calles Real y Regajera, , del municipio de Torrejón de Velasco de la Comunidad de Madrid.



Se programa el recalce, la restauración y reconstrucción del Cubo 9C, Torre del Homenaje y el Torreón 9C, con la construcción de distintos elementos en el acondicionamiento de las estructuras. La actuación contempla una superficie de actuación de unos 460 m²; incluidos en la Fase III de dicho proyecto.

Este estudio geotécnico, solicitado por **DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO CULTURAL. CONSEJERÍA DE CULTURA Y TURISMO**, tiene por objeto determinar la naturaleza y propiedades del terreno, necesarias para definir el tipo y condiciones de cimentación de la construcción que se proyecta.

A efectos del reconocimiento del terreno, se trata de un tipo de construcción C-1 y el terreno se podría clasificar dentro del Grupo T-3, por la presencia de rellenos y suelos de alteración con potencia superior a 3,00 m; según las Tablas 3.1 y 3.2 del Documento Básico de Seguridad Estructural Cimientos (DB SE-C) del Código Técnico de la Edificación de 2006

Así pues, el objetivo principal de este informe va encaminado a analizar el tipo de cimentación más adecuado e indicar las recomendaciones oportunas para su proyecto y construcción, todo ello en función de las características del terreno existente, que han sido definidas tras la realización de las diferentes fases que se describen a continuación:



- Reconocimiento de campo para investigar las características generales de los terrenos considerados y planificar la campaña de reconocimientos específicos a realizar.
- Ejecución de un sondeo mecánico a rotación, con extracción de testigo continuo, toma de muestras, y realización de ensayos de penetración dinámica estándar S.P.T. (Standard Penetration Test) a lo largo de toda la columna.
- Ejecución de ensayos de penetración dinámica continua (tipo BORRO) hasta obtener rechazo.
- Realización de diferentes ensayos de laboratorio sobre las muestras obtenidas para cuantificar los parámetros geotécnicos del subsuelo.
- Análisis de los datos obtenidos y elaboración del presente documento.



2. MARCO GEOLÓGICO, SISMICIDAD Y GAS RADÓN

2.1. MARGO GEOLÓGICO

A continuación se exponen, de forma sintética, las características geológicas principales del sustrato sobre el que se desarrollará el proyecto, con la intención de dotar del marco geológico imprescindible a la caracterización geotécnica de los materiales, y en general a todos los cálculos y consideraciones que, relativos al comportamiento de las unidades litológicas, se hacen en los epígrafes siguientes.

Los datos necesarios para describir los aspectos geológicos generales y ubicar la zona de estudio dentro de su contexto geológico se han tomado, como es lógico, aportada por el Mapa Geológico de España (MAGNA) E:1/50.000, Hoja 582 Getafe, expuesto en la documentación complementaria.

El proyecto se sitúa enteramente en la unidad geológica comúnmente denominada Cuenca terciaria del Tajo. Esta Cuenca presenta una planta groseramente triangular; siendo sus límites geológicos los materiales de la Zona Centroibérica del Macizo Hespérico, que conforman el Sistema Central en el borde noreste y los Montes de Toledo en el borde sur, y los materiales de la orla mesozoica del Macizo Hespérico que conforman la Cordillera Ibérica en el borde este de la Cuenca.

Dentro de ésta, queda localizado en el sector centro - oriental de la denominada Cuenca de Madrid. En este sector aparecen las unidades litoestratigráficas que constituyen el relleno sedimentario durante el Mioceno.

En concreto dicho emplazamiento geológico corresponde con depósitos detríticos, conformados por arenas arcósicas de grano medio a fino con intercalaciones de arcillas o limos con cantidades variables de arena, depositados durante la sedimentación miocena.

Habitualmente la estratigrafía de la comunidad de Madrid suele ser considerada geotécnicamente como prácticamente horizontal, aunque en la realidad, esta afirmación no es cierta al existir numerosos cambios de facies entre los distintos conjuntos sedimentarios que configuran el relleno de las llamadas Facies Madrid o Arenas de Madrid.

Normalmente, desde el punto de vista geotécnico, se consideran las siguientes formaciones típicas en los sedimentos miocenos detríticos según el contenido en fracción fina de acuerdo con la siguiente tabla.

DENOMINACIÓN	Fracción < 0,08 mm
Arena de miga	< 25%
Arenas tosquizas	> 25% a < 50%
Toscos arenosos	> 50% a < 65%
Toscos	> 65% a < 75%
Toscos arcillosos	> 75%

De acuerdo con esta situación, los materiales miocenos presentes en la investigación se encuadran dentro de niveles de arenas arcóscas finas, arenas micáceas y lutitas verdosas y ocreas de las Facies Madrid, cubiertas por niveles de arenas pliocenas o aluviales (Mapa Geológico E:1/50.000, Hoja 582 Getafe), materiales miocenos que pueden integrarse dentro de las denominadas transición Tosco - Peñuela en la nomenclatura para el área de Madrid, constituyentes del substrato mioceno.

Materiales con características intermedias y que representan el cambio en el medio sedimentario entre las facies con transporte mecánica a las facies formado por precipitación química.

2.2. SISMICIDAD

Desde el punto de vista sísmico y según la normativa sismorresistente actual (NCSE-02 publicada en BOE del 11 de octubre de 2002), el municipio de Torrejón de Velasco se encuentra situado en una zona de mínimo riesgo donde las prescripciones de índole general son:

- Clasificación de las construcciones: de normal importancia
- Aceleración sísmica básica: <0,04 g
- Aceleración sísmica de cálculo: <0,06 g

Atendiendo a estas premisas, al área de estudio se considera como de baja peligrosidad y para el tipo de edificación prevista, dicha Norma no es de obligatoria aplicación, según se especifica en el apartado "1.2.3. Criterios de aplicación de esta Norma", página 35902 del citado BOE.

En consecuencia no son necesarias comprobaciones en este sentido; no siendo preciso aplicar este factor en el cálculo estructural.



2.3. GAS RADÓN

De acuerdo con el emplazamiento de la localidad de Torrejón de Velasco, en el extracto que se expone a continuación del Mapa del potencial de radón de España (Consejo de Seguridad Nuclear) presentan concentraciones de radón inferiores al nivel de referencia establecido de 300 Bq/m^3 , en concreto entre 101 a 200 Bq/m^3



Por otro lado, de acuerdo con la clasificación de municipios de España, del Apéndice B del Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo; Documento Básico HS 6, Salubridad. Protección frente a la exposición al radón; dicho municipio se encuentra en Zona I.

En consecuencia deben implementarse soluciones que permitan el mayor grado de adecuación posible:

- Se dispondrá una barrera de protección.
- Alternativamente, se podrá disponer entre el terreno y los locales habitables del edificio una cámara de aire destinada a mitigar la entrada del gas radón a estos locales. En este caso, la cámara de aire deberá estar ventilada y separada de los locales habitables mediante un cerramiento sin grietas, fisuras o discontinuidades entre los elementos y sistemas constructivos que pudieran permitir el paso del radón.



3. INVESTIGACIÓN REALIZADA

Para el estudio y definición de las características geotécnicas del terreno existente en la zona objeto de estudio se ha realizado una campaña de reconocimientos específicos.

Esta campaña geotécnica ha consistido, en la ejecución de un sondeo mecánico a rotación con realización de ensayos de penetración dinámica estándar (S.P.T.) y extracción de muestras para su posterior ensayo en laboratorio, y en la realización de ensayos de penetración dinámica continua (tipo BORRO) hasta alcanzar rechazo.

La disposición de los puntos de investigación ha sido repartida de acuerdo con la posición definida por la Dirección del Proyecto, considerando la accesibilidad en parte de los puntos.

El área de investigación, presenta una topografía algo irregular, tomando como referencia topográfica la base taquimétrica aportada por la Dirección del Proyecto.

La descripción y los resultados obtenidos en laboratorio de cada uno de los diferentes tipos de reconocimientos se analizan en los siguientes apartados y se incluyen en los Anejos adicionales del presente documento.

Reconocimientos y ensayos "in situ":

Como se ha indicado anteriormente, se ha realizado un sondeo (Equipo RL-34) con una profundidad de 16,30 m, cuya localización queda reflejada en el plano de situación incluido en la documentación adicional.

Un sondeo es una perforación de pequeño diámetro que permite reconocer la naturaleza y localización de las diferentes capas del terreno así como extraer muestras del mismo y, eventualmente realizar ensayos *in situ*.

La ejecución del sondeo se llevó a cabo mediante perforación a rotación con corona de widia - diamante y extracción de testigo continuo al avance.

Durante el proceso de perforación, a diferentes cotas, se efectuaron ensayos de penetración dinámica estándar (S.P.T.) y se tomaron muestras alteradas para su posterior ensayo en laboratorio.

Los ensayos de penetración dinámica estándar (S.P.T.), a diferencia de los ensayos de penetración dinámica continua (tipo Borro o DPSH), se llevan a cabo de forma puntual dentro del sondeo, obteniéndose además una muestra de suelo mediante la cuchara toma-muestras que se hinca en el terreno.

El proceso de ejecución de este ensayo se ajusta a las indicaciones de la norma UNE 103 800:1992 y su resultado se refleja como el número de penetración estándar (N_{30}), que es la suma del número de golpes de las tandas segunda y tercera, de las 3 o 4 que constituyen el ensayo y que corresponden a una hincia de 15 cm cada una.

En el siguiente cuadro se presenta, de forma esquemática, la columna estratigráfica obtenida en el sondeo, la profundidad alcanzada y los resultados de los ensayos de penetración dinámica estándar (S.P.T.) realizados:

SONDEO S1							
Profundidad (m)	Litología	Profundidad alcanzada (m)	Tipo	Profundidad muestra (m)	N ₃₀	Cota boca aprox. (m)	
0,0 a 0,9	Nivel 0.- Relleno antrópico Arcilla arenosa Blanda	16,30				606,80	
0,9 a 16,3	Nivel 1.- Limo Limo algo a arenoso y arena algo limosa micácea Duro		T	1,20	1,50		
			SPT	2,50	3,10		53
			MI	3,60	4,20		
			SPT	4,20	4,80		41
			MI	5,70	6,10		
			T	6,10	6,40		
			SPT	6,70	7,30		53
			T	9,00	9,30		
			SPT	10,50	11,10		58
			T	13,50	13,80		
			T	14,50	14,70		
			SPT	15,70	16,30		46

La descripción detallada de la columna estratigráfica obtenida en el sondeo se ha incluido en los Anejos adicionales.

Finalmente señalar que durante la ejecución de una parte de la investigación, así como en la medida realizada al finalizar la investigación, se observó la presencia de agua, tomando una muestra de dicho nivel freático para su posterior análisis.

Por otro lado, se realizaron ensayos de penetración dinámica continua, utilizando un penetrómetro tipo DPSH (Equipo CEFRE) de las siguientes características de acuerdo con UNE-103809:2010:

– Peso de la maza: 65,0 kg



- Altura de caída: 50 cm
- Peso de varilla: 6,3 kg/ml
- Tipo de puntaza: cuadrada 16 cm² de sección

Este ensayo consiste básicamente en la hincada de una varilla en el terreno, utilizando la energía de caída de la maza y contabilizando el número de golpes necesarios para cada 20 cm de penetración (N_{20}). El ensayo finaliza cuando se superan los 100 golpes para una penetración de 20 cm ($N_{20} > 100$), lo que se considera como rechazo.

La representación en un gráfico, del número de golpes de cada tanda en función de la profundidad, proporciona una caracterización cualitativa de las variaciones resistentes del terreno con la profundidad, que puede cuantificarse mediante determinadas correlaciones cuya fiabilidad depende de la naturaleza del terreno.

La situación de los puntos donde se realizaron los ensayos de penetración y los gráficos de penetración obtenidos se incluyen en los Anejos adicionales del presente informe.

Las cotas y la profundidad alcanzada en cada ensayo se reflejan en la siguiente tabla.

ENSAYOS DE PENETRACIÓN	Profundidad alcanzada (m)	Cota boca aprox. (m)
P1	3,00	607,20
P2	5,20	606,40
P3	5,40	607,00
P4	2,20	606,40
P5	3,20	607,00

Ensayos de laboratorio:

Sobre las muestras tomadas se efectuó los ensayos más oportunos en función de sus características y de su cota de obtención.

Estos ensayos tienen como fin de la caracterización granulométrica, características de plasticidad, así como la determinación de sus características química, resistencia a compresión simple, resistencia al corte en condiciones drenadas y consolidadas y presión de hinchamiento en banco edométrico.



Los ensayos se llevaron a cabo de acuerdo con las correspondientes normas UNE y NLT, habiéndose efectuado las siguientes determinaciones:

- 7 Uds. de análisis granulométrico por tamizado, s/UNE-103-101:1995
- 7 Uds. de determinación de los límites de Atterberg, s/UNE-103-103 y 103-104:1994
- 7 Uds. de determinación de la humedad natural, s/UNE-EN ISO 17892-1:2015
- 6 Uds. de determinación del contenido en sulfatos, s/UNE 103-202:2019
- 7 Uds. de Clasificación U.S.C.S.
- 3 Uds. de determinación compresión simple en suelo, s/UNE 103-400:1993
- 4 Uds. de determinación de resistencia al corte, s/UNE 103-401:1998
- 1 Uds. de presión de hinchamiento en edómetro, s/UNE 103-602:1996
- 1 Grado potencial de agresividad de un agua al hormigón (Tabla 8.2.3.b EHE-08)

Los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos realizados se recogen en las correspondientes fichas de laboratorio incluidas en los Anejos adicionales.

En el siguiente cuadro se refleja un resumen de los valores obtenidos en los ensayos realizados sobre las analizadas:

MUESTRA	Tipo muestra	PROFUNDIDAD (m)		U.S.C.S	Pasa # 0,08	Pasa # 2,0	LL %	IP %	W %	γ g/cm ³	qu kPa	C' kPa	ϕ °	P. Hinto kPa	SO ₄ mg/kg
S1 M1	T	1,20	1,50	MH	82,14	99,95	52,56	19,04	30,40	1,69	---	---	---	20	898
S1 M2	MI	3,60	4,20	ML	83,42	99,57	46,80	16,96	25,77	1,84	---	38	41,22	---	691
S1 M3	MI	5,70	6,10	ML	68,67	99,85	0,00	NP	21,85	1,91	---	71	30,08	---	644
S1 M4	T	6,10	6,40	ML	57,11	100,00	0,00	NP	20,24	2,01	340	64	29,79	---	525
S1 M5	MA	9,00	9,30	SP-SM	13,94	98,70	0,00	NP	21,44	---	---	---	---	---	---
S1 M6	T	13,50	13,80	ML	94,28	100,00	48,45	18,26	27,30	1,85	249	120	9,05	---	786
S1 M7	T	14,50	14,70	MH	73,38	98,76	63,39	27,25	39,44	1,73	274	---	---	---	1.570

4. DESCRIPCIÓN GEOLOGICO-GEOTÉCNICA DEL TERRENO

Del análisis de las características del terreno existente, definidas en base a la investigación de campo junto con los reconocimientos específicos realizados en el área objeto de estudio, la composición y estructura básica de los terrenos afectados por la construcción, podemos indicar que se trata de un sustrato mioceno de carácter limo - arenoso, enmarcado dentro de las facies toscos plásticos y transición toscos - peñuela.

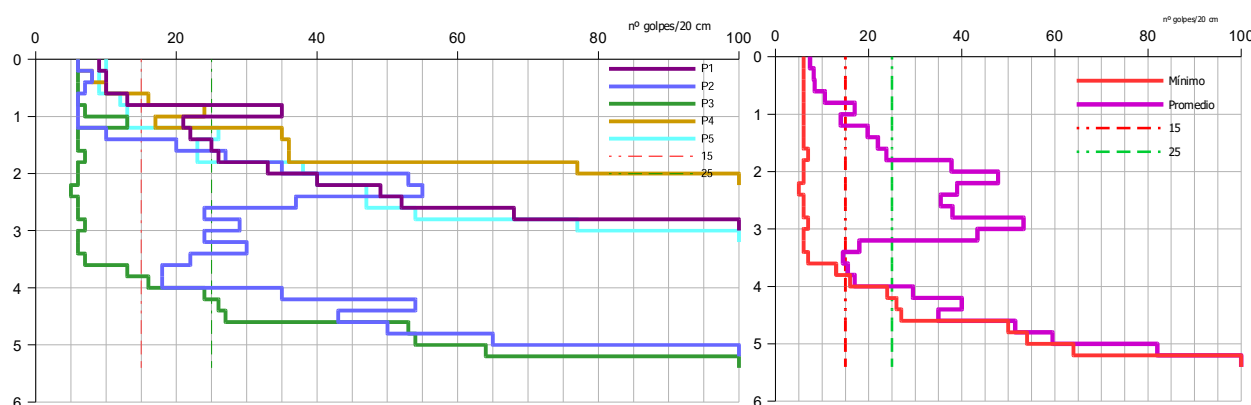
Así, según los reconocimientos realizados, en la zona de estudio pueden diferenciarse los siguientes niveles:

- Nivel 0.- Relleno antrópico. Mezcla de distintos materiales procedentes de la construcción histórica y la degradación del sustrato mioceno.
- Nivel 1.- Limo. Sustrato mioceno compacto formado mayoritariamente por suelos cohesivos plásticos.

4.1. RESISTENCIA DEL TERRENO

Teniendo en cuenta la tipología de la investigación el sustrato se puede delimitar en distintos subniveles. La definición de estos tramos puede observarse gráficamente en la figura siguiente donde se expone la grafía de cada ensayo de penetración.

En dicha representación gráfica, se aprecia como cada uno de los ensayos describe una gráfica escalona, con un tramo inicial de baja resistencia, en la que aumenta el valor de la resistencia hasta alcanzar el rechazo de manera asintótica.



La diferencia entre el conjunto de los ensayos está condicionada por la distinta ubicación de cada punto así como la diferencia en cota topográfica de cada uno de los ensayos.

De acuerdo con el conjunto de los ensayos se pueden definir los siguientes subtramos en base a la resistencia mecánica:

- 0,00 a 4,00 m (promedio de 1,50 m): Suelo de resistencia baja, con un golpeo inferior a 10 golpes/20 cm. Este tramo se correlaciona con el Nivel 0, y la zona parcialmente alterada del sustrato mioceno.
- 4,00 m (promedio de 1,50 m) a final investigación: Suelo de resistencia media, con golpeo creciente que parte de un valor de 20 - 25 golpes/20 cm hasta alcanzar el rechazo describiendo una gráfica asíntota. Este último tramo puede correlacionarse con la naturaleza cohesiva de los niveles miocenos compactos del Nivel 1.

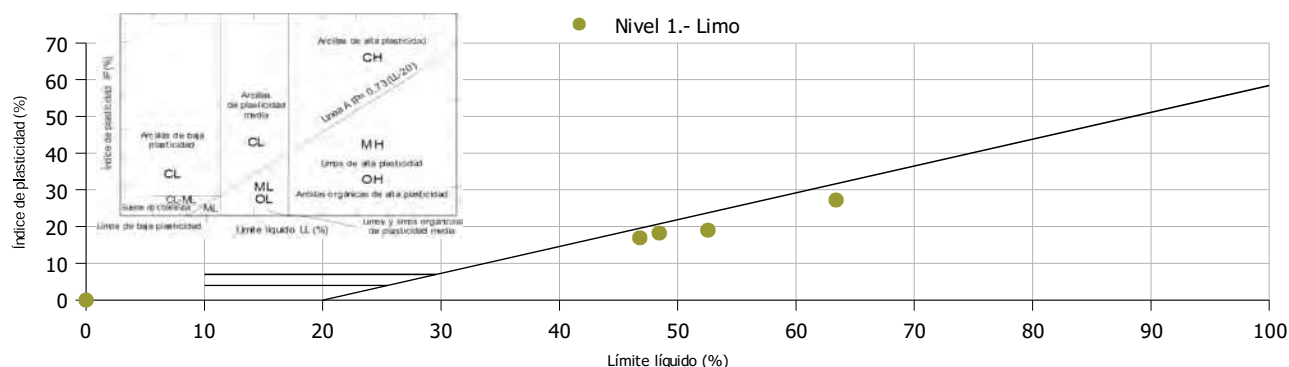
4.2. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

En este apartado se describen las principales características geotécnicas del terreno existente en la zona objeto de estudio:

Granulometría, plasticidad y humedad natural:

Las curvas granulométricas de las muestras analizadas presentan los porcentajes de finos y tamaño arena, así como la plasticidad de las fracciones finas y la humedad natural de los suelos ensayados, que se reflejan en el siguiente listado:

MUESTRA	Tipo muestra	PROFUNDIDAD (m)		U.S.C.S	Pasa # 0,08	Pasa # 2,0	LL %	IP %	W %
S1 M1	T	1,20	1,50	MH	82,14	99,95	52,56	19,04	30,40
S1 M2	MI	3,60	4,20	ML	83,42	99,57	46,80	16,96	25,77
S1 M3	MI	5,70	6,10	ML	68,67	99,85	0,00	NP	21,85
S1 M4	T	6,10	6,40	ML	57,11	100,00	0,00	NP	20,24
S1 M5	MA	9,00	9,30	SP-SM	13,94	98,70	0,00	NP	21,44
S1 M6	T	13,50	13,80	ML	94,28	100,00	48,45	18,26	27,30
S1 M7	T	14,50	14,70	MH	73,38	98,76	63,39	27,25	39,44



La representación de los resultados obtenidos en el gráfico de plasticidad de Casagrande junto con los cernidos granulométricos permite clasificar a estos suelos en términos generales como limo algo arenoso de plasticidad alta o media (MH y ML), junto con tramos de limo arenoso no plástico (ML) e intercalaciones de arena algo limosa no plástica (SP-SM).

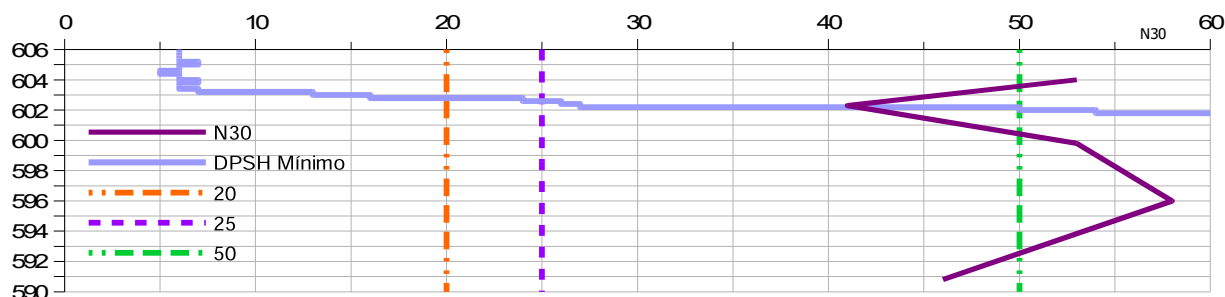
Los cernidos dentro de la fracción arena es de tamaño fina de naturaleza micácea.

Características mecánicas:

Durante la realización del sondeo mecánico se ejecutó un ensayo de penetración dinámica estándar (S.P.T.) donde se han obtenido los siguientes valores de golpeo (N_{30}):

SONDEO S1			
Litología	Profundidad muestra (m)		N_{30}
Nivel 1.- Limo	2,50	3,10	53
	4,20	4,80	41
	6,70	7,30	53
	10,50	11,10	58
	15,70	16,30	46

Si se representa el conjunto de los ensayos SPT en relación con respecto al valor de la penetración dinámica Borro, a cota de realización, se observa una distribución en aumento progresivo, con valores dentro del rango medio de 50 golpes/30 cm.

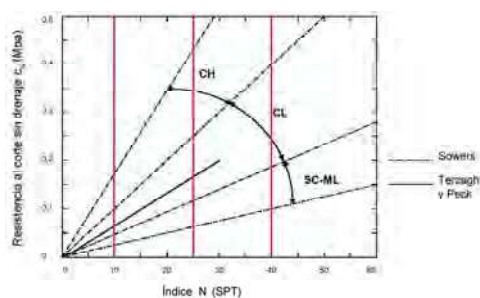


En todo caso por debajo del nivel de empotramiento de la cimentación, se considera que se alcanza un valor N_{30} de al menos 25 golpes/30 cm.

Por otro lado, se han realizado un ensayo de compresión simple, obteniéndose los valores que se reflejan en la siguiente tabla; registros en correspondencia con los valores N_{30} en los ensayos realizados.

MUESTRA	Tipo muestra	PROFUNDIDAD (m)		U.S.C.S	Pasa # 0,08	γ g/cm ³	q_u kPa
S1 M4	T	6,10	6,40	ML	57,11	2,01	340
S1 M6	T	13,50	13,80	ML	94,28	1,85	249
S1 M7	T	14,50	14,70	MH	73,38	1,73	274

Relación N_{30} SPT – C_u para distintos autores



La ponderación de la resistencia al corte sin drenaje (C_u), y en consecuencia la resistencia a compresión simple (q_u) a lo largo del perfil geotécnico se puede evaluar ha evaluado considerando la correlación de la figura contigua así como relaciones empíricas similares; Decour (1989) y Kulhaw y Maine (1990).

Partiendo de los resultados de penetración se puede considerar un valor de resistencia al corte sin drenaje ponderado de unos 125 - 150 kPa (1,25 – 1,50 kp/cm²), en los suelos miocenos del Nivel 1 a nivel de empotramiento de la cimentación.

En lo que respecta a los parámetros de resistencia al corte, se han obtenido los siguientes valores:

MUESTRA	Tipo muestra	PROFUNDIDAD (m)		U.S.C.S	Pasa # 0,08	γ g/cm ³	C' kPa	ϕ °
S1 M2	MI	3,60	4,20	ML	83,42	1,84	38	41,22
S1 M3	MI	5,70	6,10	ML	68,67	1,91	71	30,08
S1 M4	T	6,10	6,40	ML	57,11	2,01	64	29,79
S1 M6	T	13,50	13,80	ML	94,28	1,85	120	9,05

Expansividad:

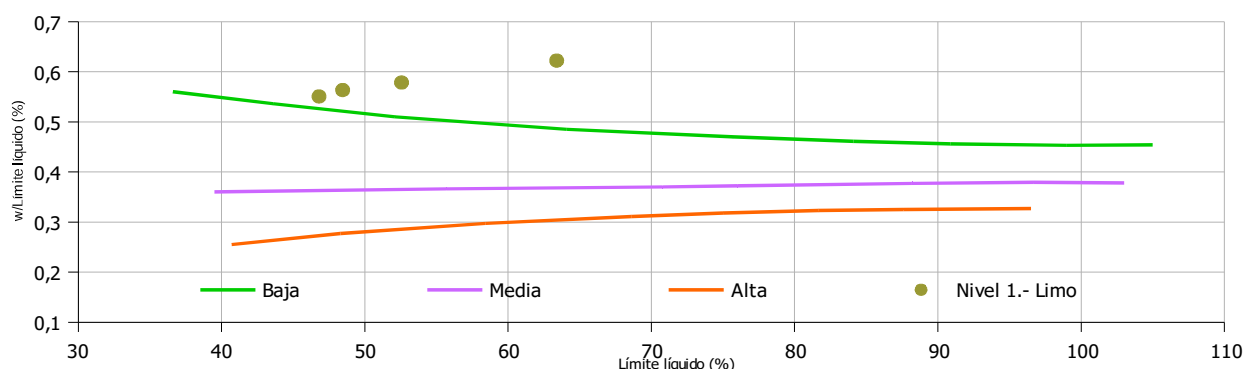
Las características expansivas de los suelos se pueden correlación de acuerdo con los parámetros de identificación de granulometría y plasticidad, tal como se expresa en la siguiente tabla.

Expansividad potencial	IP (%)	LL (%)	<0,08 mm (%)	Presión hinchamiento (kPa)	% de hinchamiento
Baja	< 18	< 30	< 30	< 30	< 1
Media	15-25	30-60	30-60	30 - 120	1 - 5
Alta	25-35	40-60	60-95	120 - 300	3 - 10
Muy alta	> 35	> 60	> 95	> 300	> 10

Elaboración propia

Realizando dicha comprobación mediante ensayos de presión de hinchamiento en edómetro, se ha obtenido una presión de 20 kPa (0,20 kp/cm²).

Si atendemos a la relación humedad/límite líquido, según el criterio Vijayvergiya y Ghazzaly (1973) frente al límite líquido, determina un potencial tal como queda reflejado en el siguiente gráfico.



Del análisis de este gráfico puede interpretarse que los suelos analizados presentan un potencial expansivo bajo ponderado en esta estimación empírica, y que solo se desarrollaría en los suelos limosos miocenos con menor contenido en fracción arenosa.

De todo lo expuesto, se deriva un riesgo potencial de expansividad con grado bajo dentro de la capa activa, que está determinado por las condiciones de humectación - desecación. Si atendemos a las distintas relaciones expuestas, los suelos a nivel de cimentación se caracteriza con un potencial bajo, con un régimen de hinchamiento de presión del orden de 30 kPa (0,30 kp/cm²) con cambios de volumen del 1%

Considerando esta situación, del lado de la seguridad la tensión admisible de servicio, debe generar una presión de cimentación sobre el plano de apoyo superior 50 - 60 kPa (0,50 - 0,60 kp/cm²) para contrarrestar la presión de hinchamiento en caso de desarrollarse por la actividad de los suelos.

Actividad química:

Sobre muestras de suelo extraídas, se ha obtenido valores de 525 a 1.570 mg/kg. Parámetros que no alcanzan el límite inferior de exposición "Qa", de 2.000 mg/kg, por tanto, con respecto a la Instrucción EHE-08 los suelos analizados no presentan agresividad.

Con estos resultados, en principio, no será necesaria la utilización de cementos especiales resistentes a la acción de los sulfatos en la formación de los hormigones en contacto con el terreno, aunque sí conveniente cuidar su ejecución para que estos resulten compactos y poco permeables.

Por otro lado, de la muestra tomada del nivel freático, se ha realizado un análisis químico para cumplimentar los parámetros indicados por la EHE-08 en su Anejo 5.

Parámetro	S1 5,2 m Resultado ensayo	Qb ATAQUE MEDIO
pH	7,4	5,5-4,5
Ión magnesio (mg/l)	17,5	1000-3000
Ión amonio (mg/l)	<15	30-60
Ión sulfato (mg/l)	1.310,1	600-3000
CO ₂ agresivo (mg/l)	-	40-100
Residuo seco (mg/l)	2.771,0	50-75

Siguiendo la instrucción EHE/08, con estos resultados, será necesaria la utilización de cementos especiales adecuados a un ambiente Qb, ataque medio; en todos los elementos estructurales en contacto con el nivel freático.



4.3. NATURALEZA Y DISPOSICIÓN DEL SUBSUELO

Del análisis de las características del terreno existente, definidas en base a la investigación de campo junto con los reconocimientos específicos realizados en el área objeto de estudio, la composición y estructura básica de los terrenos afectados por la construcción, podemos indicar que se trata de un sustrato mioceno de carácter limo plástico y arena micáceas, enmarcado dentro de las facies toscos plásticos y transición toscos - peñuela.

Así, según los reconocimientos realizados, en la zona de estudio pueden diferenciarse los siguientes niveles:

Nivel 0.- Relleno antrópico: Material aportado por los trabajos constructivos, así como procedentes de la degradación del sustrato mioceno, formado por arcilla arenosa marrón y parda.

Presentan una potencia que puede alcanzar los 4,00 m desde la cota de inicio de los reconocimientos, en el punto más desfavorable, presentando una potencia media de unos 1,50 m. Se desarrolla hasta las cotas 606,4 a 603,0 m.

Nivel 1.- Limo: Sustrato mioceno compacto de características cohesivas enmarcado dentro de las facies de transición Toscos – Peñuela y Toscos Plásticos. Representado en la mayor parte del conjunto investigado por limo algo arenoso de plasticidad alta a media, limo arenoso no plástico e intercalaciones decimétricas de arena micácea algo limosa no plástica. El conjunto presenta coloraciones marrones a verdosas.

Se han obtenido registros N_{30} en un intervalo entre 41 a 58 golpes/30 cm, y valores N_{20} superiores a 20-25 golpes/20 cm, una vez que se ha sobrepasado un primer tramo inicial parcialmente alterado o descomprimido en contacto con los rellenos. Considerando el conjunto un suelo de consistencia dura.

Como se ha delimitado en epígrafes anteriores, de acuerdo con la investigación, se desarrolla por debajo de las cotas 606,4 a 603,0 m.

En términos generales, a nivel de empotramiento de la cimentación; se caracteriza con un valor N_{30} de resistencia a la penetración dinámica de 25 - 30 golpes/30 cm, y resistencia al corte sin drenaje ponderado de al menos 125 – 150 kPa (1,25 – 1,50 kp/cm²).

Los parámetros de corte se pueden considera del orden de 30 kPa (0,30 kp/cm²) de cohesión efectiva, frente a un ángulo de rozamiento interno de 28 - 29° y una densidad aparente de 1,90 t/m³. La conjunción

de estos valores medios se ha considerado la variabilidad o alternancia entre tramos limosos plásticos y arenas micáceas.

Hay que considerar que la potencia de este nivel, dada la experiencia geotécnica en el área de estudio, se puede considerar superior a los 10,00 m, manteniendo las mismas características geotécnicas o incrementándolas según se progresa en profundidad.

Con los resultados obtenidos en los reconocimientos y ensayos de laboratorio realizados, a continuación se indican las características geotécnicas medias estimadas en los diferentes niveles de terreno definidos:

NIVEL	Profundidad m	Cota m	N	γ_{ap} t/m ³	C' kPa	ϕ °	K ₃₀ kg/cm ²	E' MPa
Nivel 0.- Relleno antrópico Arcilla arenosa Blanda	0,8 - 4,0	606,4 603,0	<10	1,70	0	27	< 1	< 0,5
Nivel 1.- Limo Limo algo a arenoso y arena algo limosa micácea Duro	- - -	< 603,0	>30	1,90	30	28 - 29	14	35 - 55

5. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

En este apartado se exponen, en función de las características del terreno existente y de los resultados obtenidos en los reconocimientos efectuados, las diferentes recomendaciones constructivas propuestas para la ejecución de la construcción proyectada, para lo cual se analizan aspectos tales como: localización y características del nivel freático, trabajos de excavación (vaciado), y tipo de cimentación y tensión admisible del terreno.

5.1. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL NIVEL FREÁTICO

En la investigación realizada se ha detectado presencia del nivel freático, a lo largo de la realización de la investigación, así como la medida realizada del 3 de marzo del 2021, tanto como durante la realización de la perforación como a la finalización de los trabajos de campo.

El conjunto de medidas se desarrollan a la profundidad media de 5,20 m; emplazando dicho nivel a la cota 601,6 m.

En base a situación, y bajo las condiciones hidrogeológicas observadas, este nivel no afectaría al plano de empotramiento de una cimentación mediante zapatas, aunque si en el desarrollo de una cimentación mediante pilotes o micropilotes.

Con respecto al potencial hidráulico, coeficiente de permeabilidad (K) estimado del Nivel 0.- Relleno antrópico, definido como suelos con la estructura floja y abierta, se puede considerar un coeficiente de permeabilidad del orden de $1 \cdot 10^{-2}$ m/s (Curso Aplicado de Cimentaciones, 5ª Edición, 1993, Rodríguez Ortiz). En el sustrato mioceno considerando un carácter cohesivo se estima un valor del orden de $1 \cdot 10^{-5}$ a $1 \cdot 10^{-9}$ m/s.

De acuerdo con el análisis realizado, los niveles de agua freática presentan agresividad, siendo necesarias medias especiales para proteger los hormigones estructurales de acuerdo por lo delimitado por la EHE/08 frente a un ataque medio; Qb.

5.2. EXCAVACIÓN

La excavación que se realice viene impuesta tanto por la construcción, como por la profundidad que se precise alcanzar para el empotramiento de la cimentación en un sustrato competente.



De acuerdo con la investigación realizada y la superposición de la sección de la construcción, el zanjeo de los puntos de empotramiento debe sobrepasar la cota variable entre la 605,0 a 602,6 m, cotas que representa una sobreexcavación del orden medio de 1,50 – 2,00 m, hasta 4,40 m con respecto a la base topográfica sobre la que se ha realizada la investigación.

Los suelos afectados por la excavación de la cimentación presentan una resistencia mecánica media con lo cual, podrán realizarse con medios mecánicos convencionales. Si bien, la presencia de niveles de características lutíticas dentro del sustrato puede obligar a utilizar medios neumáticos o mecánicos potentes en función de la potencia de estos tramos.

En este proceso, se deberán tomar, además, las medidas oportunas para realizar la excavación sobre materiales degradables y erosionables en aquellos puntos en los que queden al descubierto.

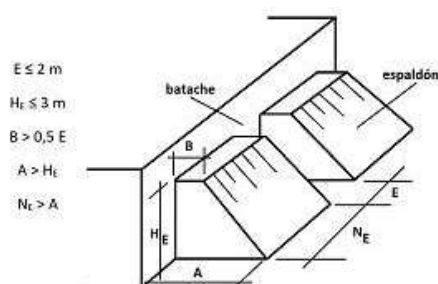
Para dicha excavación temporal se pueden considerar taludes de 4H:3V (37º) en el tramo inicial donde se excavará sobre el Nivel 0.- Relleno antrópico, pasando a taludes no superiores a 1H:2V (63º) en los suelos miocenos del Nivel 1.- Limo.

En todo caso, dicha pendiente del talud será válida para taludes provisionales, por lo que la construcción deberá realizarse en el plazo de tiempo más breve posible con el fin de mantener la estabilidad de los taludes recomendados. Y siempre que no exista afloramiento de agua a la excavación.

En las excavaciones que puedan desarrollarse en la reconstrucción del castillo, puede ejecutarse mediante procedimientos diferentes, en función de la definición final del proyecto, las cuales señalamos:

- Excavación mediante taludes para posteriormente ejecutar un muro de contención convencional.
- Excavación al amparo de un muro pantalla continuo o discontinuo ejecutado previamente.
- Una solución intermedia, realizando el muro de contención por medio de bataches.

Considerando una excavación media del orden de 2,00 m, aunque puntualmente algo superior en el caso del borde sur del Cubo C1, permite considerar la contención de las tierras mediante bataches o sistemas de contención temporal que aseguren la excavación, siempre atendiendo a las consideraciones de contorno y la altura de excavación.



En el caso particular de los bataches, dichos elementos se podrían considerar las medidas expuestas en el gráfico contiguo, de acuerdo con la NTE-CCT.

Estos elementos de contención podrán acompañarse por apeados o presentar alguna medida de contrafuerte provisional.

Para la estimación de los empujes de las tierras adosadas al trasdós de dicho muro se pueden considerar los siguientes parámetros:

NIVEL	Profundidad m	Cota m	γ_{ap} t/m ³	C' kPa	ϕ °
Nivel 0.- Relleno antrópico Arcilla arenosa Blanda	0,8 - 4,0	606,4 603,0	1,70	0	27
Nivel 1.- Limo Limo algo a arenoso y arena algo limosa micácea Duro	- - -	< 603,0	1,90	30	28 - 29

Dichos parámetros se aplicarán de acuerdo a la potencia de los distintos niveles que afecten a la excavación, ajustando dicha profundidad en función el perfil geotécnico de cada zona.

A modo de orientación, como valores del Módulo de balasto (K_h) estimado en cada estrato (ponderado según los parámetros geotécnicos de diseño indicados en los trabajos de Carlos Oteo y Rodríguez Ortiz, en Proyectos de las Obras de Soterramiento de la M-30 y otros Proyectos del Ayuntamiento de Madrid, y METRO, para el diseño de pantallas continuas) podrían adoptarse los siguientes:

- Nivel 0.- Relleno antrópico $K_h = 10 \text{ MN/m}^3$
- Nivel 1.- Limo (considerada como Arena micácea - Tosco plástico) $K_h = 150 - 250 \text{ MN/m}^3$

5.3. CIMENTACIÓN

Teniendo en cuenta la tipología del proyecto y las características geotécnicas de los materiales que conforman el subsuelo, la consolidación de la estructura del castillo así como la cimentación de los nuevos elementos podrá llevarse a cabo a una cota de empotramiento variable según los puntos de investigación.



De acuerdo con la investigación la cota de empotramiento para la Torre de Homenaje y el Torreón 9C, se establece a la cota 605,0 m.

En el caso del Cubo C1, esta cota varía entre la 604,8 m en el caso del flanco norte (punto de investigación P2) a 602,6 m en el caso del flanco sur (punto de investigación P3)

Bajo estos planos de empotramiento se desarrolla el sustrato mioceno del Nivel 1.- Limo que se caracteriza con unos valores de resistencia a la penetración dinámica de al menos a 25 golpes/30 cm y una resistencia al corte sin drenaje (Cu) del orden de 125 kPa (1,25 kp/cm²)

En función de la consideración de la Dirección del Proyecto, la consolidación o cimentación se podrá ejecutan mediante una cimentación semiprofunda o mediante una cimentación profunda mediante pilotes o micropilotes.

Tensión admisible en cimentación mediante zapatas:

La tensión admisible de dicha cimentación vendrá determinada a efectos de agotamiento de la resistencia del terreno por el estado límite por hundimiento, así como por la limitación de asientos permisibles para la estructura.

En esta primera evaluación se analiza la resistencia del terreno para posteriormente contrastarla con los asientos generados por dicha tensión, y comprobar si estos son tolerables.

En el caso de considerar un desarrollo sobre un suelo con características arcillosas, la tensión de hundimiento a corto plazo resulta más restrictiva que a largo plazo, ya que no se considera el aporte del rozamiento interno.

Por tanto, el análisis de carga de hundimiento en suelos cohesivos se realiza, considerando un ángulo de rozamiento cero. En esta situación, la fórmula de Brinch-Hansen queda simplificada tal como se indica en la tabla de cálculo.

Partiendo de una resistencia al corte sin drenaje (Cu) ponderada por los distintos ensayos de penetración dinámica, igual a 125 kPa (1,25 kp/cm²); para los distintos anchos y tipo de zapata las tensiones admisibles

en condiciones de carga sin drenaje para el empotramiento en el sustrato del Nivel 2, se reflejan en la siguiente tabla.

$$q_h = 5,14 C_u s_c d_c + q_0 s_q$$

γ : 1,90 t/m³
Cu: 125 kPa
D: 0,5 m
q₀: 9,5 kPa

Dimensiones cimentación (m)		Coeficientes de forma y empotramiento			TENSIÓN ADMISIBLE kPa
		s_c	d_c	s_q	
Cuadrada	1,5 x 1,5	1,19	1,13	1,19	292
	2,5 x 2,5	1,19	1,08	1,19	279
Rectangular	1,5 x 4,0	1,07	1,13	1,07	262
	2,0 x 5,5	1,07	1,10	1,07	255

Por todo lo expuesto se recomienda tomar una tensión admisible máxima de **250 kPa (2,50 kp/cm²)** para el empotramiento situado a las cotas indicadas previamente; según los puntos investigados, asegurando en todo caso, que la cimentación se empotra en el **Nivel 1.- Limo**.

Asientos estimados en cimentación mediante zapatas:

Una vez calculada la tensión admisible del terreno, deberán evaluarse los asientos generados por la presión determinada con anterioridad.

Para el cálculo de los asientos generados por la carga de la cimentación vertical centrada sobre base rígida, aproximando el terreno a un medio elástico, se ha utilizado el modelo de distribución de tensiones desarrollado por Steinbrenner en el que el terreno bajo el plano de cimentación se divide en tramos.

Este análisis se ha realizado suponiendo un módulo de deformación (E) determinado para cada rebanada correlacionada en base a la información recogida en la investigación.

Básicamente, en el cálculo se considera que el asiento de una capa de espesor "h", sometida a una sobrecarga de cimentación (P), representada por una tensión σ_z , y con un módulo de deformación (E), se puede estimar en base a la expresión:

$$S = (\sigma_z \times h) / E$$

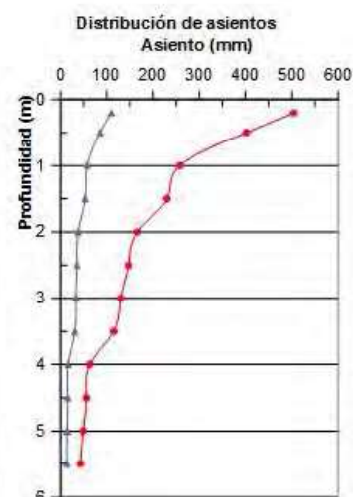
Donde $\sigma_z = 4I_z \times P$; en la que se tiene en cuenta la influencia de la presión añadida con la profundidad (I_z), según el ábaco desarrollado por Steinbrenner. Este modelo se desarrolla en las sucesivas tablas donde se ha esquematizado el terreno bajo el plano de cimentación atendiendo a la investigación realizada y la situación más desfavorable, es decir, con las peores condiciones en cuanto a consistencia, dimensiones y carga vertical máxima.

En el desarrollo de una cimentación mediante zapatas, en la dimensión más desfavorable de 2,50 x 2,50 m, se obtiene un asiento máximo de 1,15 cm permisible para la estructura.

Datos:

Empotramiento (D)	0,5	m
Presión (P)	250	kPa
Cota cimentación	605,0	m
Ancho (2B)	2,5	m
Largo (2L)	2,5	m

Cota - Profundidad base tramo (m)			h_i (m)	z_i (m)	E (MPa)	ν	S Esquina (cm)	S Centro (cm)
Tramo 1	604,0	1,0	0,5	0,25	35,3	0,28	0,0642	0,2681
Tramo 2	603,0	2,0	1,0	1,50	58,8	0,28	0,0804	0,2487
Tramo 3	602,0	3,0	1,0	2,50	47,0	0,28	0,0873	0,1826
Tramo 4	601,0	4,0	1,0	3,50	58,8	0,28	0,0545	0,0884
Tramo 5	600,0	5,0	1,0	4,50	58,8	0,28	0,0414	0,0577
Tramo 6	599,0	6,0	1,0	5,50	64,6	0,28	0,0288	0,0365
Tramo 7	598,0	7,0	1,0	6,50	64,6	0,28	0,0224	0,0268
Tramo 8	597,0	8,0	1,0	7,50	64,6	0,28	0,0178	0,0204
Tramo 9	596,0	9,0	1,0	8,50	64,6	0,28	0,0144	0,0161
Tramo 10	595,0	10,0	1,0	9,50	64,6	0,28	0,0118	0,0129
Tramo 11	594,0	11,0	1,0	10,50	64,6	0,28	0,0099	0,0106
Tramo 12	593,0	12,0	1,0	11,50	64,6	0,28	0,0084	0,0089
h _i : Espesor capa (m)					S (total) en cm		0,44	0,98



Otro factor a tener en cuenta asociado a los asentamientos, son la recomendación para la distorsión angular (asiento diferencial entre dos pilares contiguos dividido por la distancia entre pilares).

Partiendo de un valor de 1/500 y suponiendo una distancia máxima entre pilares en torno a 4,00 - 5,50 m, el asiento diferencial máximo tolerable sería del orden de 0,80 - 1,10 cm, siendo similar al asiento estimado.

Por tanto, en las dimensiones analizadas la tensión admisible de 250 kPa (2,50 kp/cm²) empotrada en el Nivel 1, y alcanzando un asiento máximo de 0,98 cm; cumple las condiciones de hundimiento y limitaciones de asentamientos en la situación límite.

Cimentación profunda mediante pilotes:

Debido a las características del perfil estratigráfico en parte de los puntos de investigación así como las características de la estructura a consolidar, puede considerarse una cimentación mediante pilotes. El nivel de empotramiento de esta cimentación debe rebasar la cota 605,0 a 602,6 m, según las áreas indicadas previamente hasta empotrar dicha cimentación profunda en el sustrato compacto del Nivel 1.- Limo.

Para el cálculo de la carga de hundimiento frente a esfuerzos verticales en pilote unitario, puede emplearse la formulación que responde a la expresión:

$$q_h = \tau_f A_f + R_p A_p$$

Aplicada para los valores de resistencia del sustrato de forma genérica, se obtienen las resistencias unitarias de hundimiento en fuste (sin minorar) y en punta (sin minorar) de la siguiente tabla en condiciones de resistencia sin drenaje:

$$\tau_f = 100 C_u / (100 + C_u) \text{ (kPa)}$$

$$R_p = 9 C_u \text{ (MPa)}$$

Nivel	τ_f (kPa)	R_p (MPa)	Espesor (m)	Cota media base
Nivel 0	---	---	2,0	605,0
Nivel 1	55,6	1,1	4,0	601,0
Nivel 1	63,6	1,6	> 6 diámetros	< 601,0

De acuerdo con la Tabla 2.1. Coeficiente de seguridad parciales Materiales, del Documento Básico SE-C Seguridad Estructural: Cimientos; para el dimensionamiento por hundimiento se puede considerar un coeficiente de seguridad o de minoración de 2 o 3, para los métodos basados en fórmulas analíticas (corto plazo)

En condiciones de resistencia al corte con drenaje se pueden considerar las resistencias unitarias expresadas en la siguiente tabla:

$$\tau_f = \sigma_v k f \tan \phi \text{ (kPa)}$$

$$R_p = 2,5 \sigma_p N_q \text{ (MPa)}$$

Nivel	τ_f (kPa)	R_p (MPa)	Espesor (m)	Cota media base
Nivel 0	---	---	2,0	605,0
Nivel 1	28,7	4,0	4,0	601,0
Nivel 1	55,2	6,1	> 6 diámetros	< 601,0

En este caso considerado a largo plazo, el dimensionamiento por hundimiento se puede estimar aplicando un coeficiente de seguridad o de minoración de 2,5 – 3 en fuste; y de 3 en punta.

En ambas situaciones, las resistencias unitarias expuestas se desarrollan alcanzando una profundidad de pilote de unos 9,00 m.

La tipología del pilotaje debe contemplar la presencia de suelos de baja resistencia así como la presencia de niveles resistentes, en las fracciones lutíticas dentro del sustrato mioceno.

Como alternativa de cimentación profunda, se puede valorar una cimentación mediante micropilotes, teniendo como cota de empotramientos de los mismos la cota relativa mínima de -1,3 m.

La resistencia unitaria en el empotramiento se toma como referencia el cálculo de la resistencia de cálculo frente al modo de fallo de hundimiento según la Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera del Ministerio de Fomento (2.005)

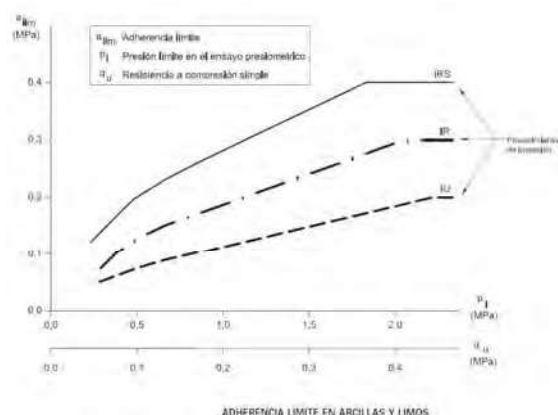
Siguiendo la Guía para el diseño y la ejecución de micropilotes del Ministerio de Fomento (2.005) y considerando que la zona de sellado se localizará sobre suelos miocenos compactos, se obtiene la resistencia de acuerdo con la expresión:

$$R_{e,d} = A_{Le} * f_{e,d} + A_{Pe} * q_{pe,d}$$

donde:

- $R_{e,d}$: Resistencia de cálculo en el empotramiento.
- A_{Le} : Área lateral del micropilote.
- $f_{e,d}$: Resistencia unitaria por fuste.
- A_{Pe} : Área de la sección recta de la punta.
- $q_{pe,d}$: Resistencia unitaria por punta.

De acuerdo con este documento se puede considerar una adherencia unitaria por fuste de empotramiento según se considere un tipo de inyección unitaria (IU), inyección repetitiva (IR) o inyección repetitiva selectiva (IRS); los valores que se reflejan en la siguiente tabla en función de la cota.



Nivel	Cota base (m)	Adherencia unitaria (Mpa)		
		IU	IR	IRS
Nivel 1.- Limo	< 605,0	0,18	0,30	0,40

Estos valores se aplican en el fuste que se desarrolla dentro del sustrato compacto por debajo de las cotas indicadas previamente.

Estas resistencias unitarias límite hay reducirlas mediante un factor de corrección F_r de 1,65 ($r_f = r_{f,lim}/F_r$) por tratarse por estructuras con una duración superior a seis meses.

5.4. OTRAS CONSIDERACIONES

Cimentación de grúas:

Para la cimentación de grúas se deberán seguir los mismos criterios ya indicados en los apartados anteriores.

Si se plantea una cimentación directa para una zapata con ancho en torno a 5,00 m, empotrada en el Nivel 1, a una cota mínima indicada anteriormente, la carga máxima no debe ser superior a 240 kPa (2,40 kp/cm²)

La tensión admisible obtenida en los cálculos realizados, únicamente cumple la condición de hundimiento, por lo que no se han tenido en cuenta las condiciones de vuelco y deslizamiento, puesto que se desconocen los momentos flectores que afectan a la grúa.

En ambas situaciones la tensión admisible será correcta si la transmisión de estos momentos son adecuados a las dimensiones del dado de cimentación que se pretende construir; y si los esfuerzos máximos no superan la carga admisible calculada para el subsuelo y no se produce, por tanto, el vuelco del apoyo que sostiene la grúa torre.

Cimentación de elementos auxiliares:

Para el vallado perimetral, o estructuras auxiliares, donde no sea factible alcanzar el sustrato de empotramiento, se puede considerar una tensión máxima del orden de 50 kPa (0,50 kp/cm²) siempre que la cimentación se desarrolle a una profundidad relativa superior a 1,00 m, siempre que dicho elemento no tenga implicaciones estructurales y tenga una altura reducida, no excediendo el 1,20 m de altura.



Pozos de cimentación:

La necesidad de profundizar el apoyo en determinadas áreas de la parcela, obliga a una cimentación semiprofunda mediante pozos. En la construcción de estos pueden indicarse dos soluciones, entre otras:

- La construcción de pozos de cimentación rellenos con hormigón en masa la altura correspondiente entre el nivel de apoyo necesario y la parte inferior de la zapata proyectada.
- La construcción de la zapata en el fondo de la excavación, relleno posteriormente con un material inerte, e impermeabilizando convenientemente la zona superior del relleno.

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Como resumen de lo expuesto en apartados anteriores se pueden extraer las siguientes conclusiones:

El terreno está constituido por un sustrato formado limo plástico y arena micáceas, enmarcado dentro de las facies toscos plásticos y transición toscos - peñuela.

Se diferencian los siguientes niveles:

Nivel 0.- Relleno antrópico: Material aportado por los trabajos constructivos, así como procedentes de la degradación del sustrato mioceno, formado por arcilla arenosa marrón y parda.

Presentan una potencia que puede alcanzar los 4,00 m. Se desarrolla hasta las cotas 606,4 a 603,0 m.

Nivel 1.- Limo: Sustrato mioceno representado en la mayor parte del conjunto investigado por limo algo arenoso de plasticidad alta a media, limo arenoso no plástico e intercalaciones decimétricas de arena micácea algo limosa no plástica. El conjunto presenta coloraciones marrones a verdosas.

Se han obtenido registros N_{30} en un intervalo entre 41 a 58 golpes/30 cm, y valores N_{20} superiores a 20-25 golpes/20 cm. Considerando el conjunto un suelo de consistencia dura.

De acuerdo con la investigación se desarrolla por debajo de las cotas 606,4 a 603,0 m.

Con los resultados obtenidos en los reconocimientos y ensayos de laboratorio realizados, a continuación se indican las características geotécnicas medias estimadas en los diferentes Niveles de terreno definidos:

NIVEL	Cota m	N	γ_{ap} t/m ³	C' kPa	ϕ °	K_{30} kg/cm ²	E' MPa
Nivel 0.- Relleno antrópico Arcilla arenosa Blanda	606,4 603,0	<10	1,70	0	27	< 1	< 0,5
Nivel 1.- Limo Limo algo a arenoso y arena algo limosa micácea Duro	< 603,0	>30	1,90	30	28 – 29	14	35 - 55



Localización y características del nivel freático:

En la investigación realizada se ha detectado presencia del nivel freático, a lo largo de la realización de la investigación, así como la medida realizada del 3 de marzo del 2.021, tanto como durante la realización de la perforación como a la finalización de los trabajos de campo.

El conjunto de medidas se desarrollan a la profundidad media de 5,20 m; emplazando dicho nivel a la cota 601,6 m.

En base a situación, y bajo las condiciones hidrogeológicas observadas, este nivel no afectaría al plano de empotramiento de una cimentación mediante zapatas, aunque si en el desarrollo de una cimentación mediante pilotes o micropilotes.

Se estima un coeficiente de permeabilidad de $1 \cdot 10^{-2}$ m/s para el Nivel 0.- Relleno antrópico, siendo en el sustrato mioceno del Nivel 1 del orden de $1 \cdot 10^{-5}$ a $1 \cdot 10^{-9}$ m/s

Excavación:

Los suelos afectados por la excavación de la cimentación presentan una resistencia mecánica media con lo cual, podrán realizarse con medios mecánicos convencionales. Si bien, la presencia de niveles de características lutíticas dentro del sustrato puede obligar a utilizar medios neumáticos o mecánicos potentes en función de la potencia de estos tramos.

Para dicha excavación temporal se pueden considerar taludes de 4H:3V (37°) en el tramo inicial donde se excavará sobre el Nivel 0.- Relleno antrópico, pasando a taludes no superiores a 1H:2V (63°) en los suelos miocenos del Nivel 1.- Limo.

Debido a las consideraciones de la estructura del castillo, la contención de las tierras se recomienda se realice mediante bataches o sistemas de contención temporal que aseguren la excavación.

Considerando la estratigrafía observada, es conveniente considerar unos parámetros de corte ponderados en función del conjunto de la investigación siendo estos los reflejados en la siguiente tabla.

NIVEL	Cota m	γ_{ap} t/m ³	C' kPa	ϕ °
Nivel 0.- Relleno antrópico Arcilla arenosa Blanda	606,4 603,0	1,70	0	27
Nivel 1.- Limo Limo algo a arenoso y arena algo limosa micácea Duro	< 603,0	1,90	30	28 – 29

Cimentación:

Teniendo en cuenta la tipología del proyecto y las características geotécnicas de los materiales que conforman el subsuelo, la consolidación de la estructura del castillo así como la cimentación de los nuevos elementos podrá llevarse a cabo a una cota de empotramiento variable según los puntos de investigación.

De acuerdo con la investigación la cota de empotramiento para la Torre de Homenaje y el Torreón 9C, se establece a la cota 605,0 m.

En el caso del Cubo C1, esta cota varía entre la 604,8 m en el caso del flanco norte (punto de investigación P2) a 602,6 m en el caso del flanco sur (punto de investigación P3)

En función de la consideración de la Dirección del Proyecto, la consolidación o cimentación se podrá ejecutar mediante una cimentación semiprofunda o mediante una cimentación profunda mediante pilotes o micropilotes.

Cimentación mediante zapatas:

Se plantea una cimentación mediante zapatas empotradas el canto de la zapata en el sustrato mioceno del Nivel 1.- Limo, a las cotas indicadas previamente; donde se puede alcanzar una tensión admisible máxima de 250 kPa (2,50 kp/cm²) desarrollando un asiento máximo estimado de 0,98 cm de acuerdo con las dimensiones planteadas, en el punto más desfavorable.

Cimentación mediante pilotes:

La resistencia unitaria en el sistema de pilotaje se puede considerar los siguientes valores en condiciones de sin drenaje y con drenaje.

Nivel	τ_f (kPa)	R_p (MPa)	Espesor (m)	Cota media base
Nivel 0	---	---	2,0	605,0
Nivel 1	55,6	1,1	4,0	601,0
Nivel 1	63,6	1,6	> 6 diámetros	< 601,0

Nivel	τ_f (kPa)	R_p (MPa)	Espesor (m)	Cota media base
Nivel 0	---	---	2,0	605,0
Nivel 1	28,7	4,0	4,0	601,0
Nivel 1	55,2	6,1	> 6 diámetros	< 601,0

Cimentación mediante micropilotes:

En el caso de considerar una cimentación mediante micropilotes, se estima una adherencia unitaria por fuste de empotramiento según la tipología de la inyección; los valores que se reflejan en la siguiente tabla:

Nivel	Cota base (m)	Adherencia unitaria (Mpa)		
		IU	IR	IRS
Nivel 1.- Limo	< 605,0	0,18	0,30	0,40

Agresividad:

En principio, no será necesaria la utilización de cementos especiales resistentes a la acción de los sulfatos en la formación de los hormigones en contacto con el terreno, aunque sí conveniente cuidar su ejecución para que estos resulten compactos y poco permeables.

Por otro lado, el agua freática analizada presenta un régimen de agresividad media, ambiente Qb, lo que obliga a la protección de aquellos elementos estructurales en posible contacto con el nivel freático.



Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org

www.geotecnia.org

Las recomendaciones anteriores se basan en prospecciones puntuales. Si se observan durante la fase de ejecución diferencias con lo aquí descrito, se nos deberá comunicar por si hubiese que establecer alguna recomendación complementaria.

Humanes de Madrid, Abril de 2.021



Fdo.: JESÚS FCO. RODRÍGUEZ DE GUZMÁN

Geólogo

Colegiado nº 2.704



Fdo.: ALFREDO COMENDADOR COLORADO

Director del Laboratorio

Colegiado nº 3.635

GEOTECNIA Y MEDIOAMBIENTE 2000, S.L. LABORATORIO OFICIALMENTE ACREDITADO. Organismo Acreditador: Dirección General de Arquitectura y Vivienda de la Comunidad de Madrid, Fecha 4 de Marzo del 2005. Áreas **EHA**: Control del hormigón, sus componentes y de las armaduras de acero (**N.R.-03061EHA05**), **GTL**: Ensayos de laboratorio de geotecnia (**N.R.-03062GTL05**), **GTC**: Sondeos, toma de muestras y ensayos "in-situ" para reconocimientos geotécnicos (**N.R.-03063GTC05**), **AMC**: Control de morteros para albañilería (**N.R.-03064AMC05**)



Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org



www.geotecnia.org

ANEJOS A LA MEMORIA

Tipo Construcción: RESTAURACIÓN DEL CASTILLO PUÑONROSTRO (FASE III)
Dirección: CALLE REAL, 3
Municipio: TORREJÓN DE VELASCO (MADRID)
Referencia: EG-202101/16269



Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org

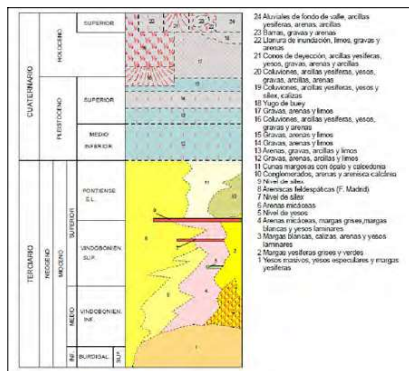
www.geotecnia.org

ANEJO N°1.- MAPA GEOLÓGICO REGIONAL Y CROQUIS DE SITUACIÓN DE RECONOCIMIENTOS

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA Escala 1:50.000

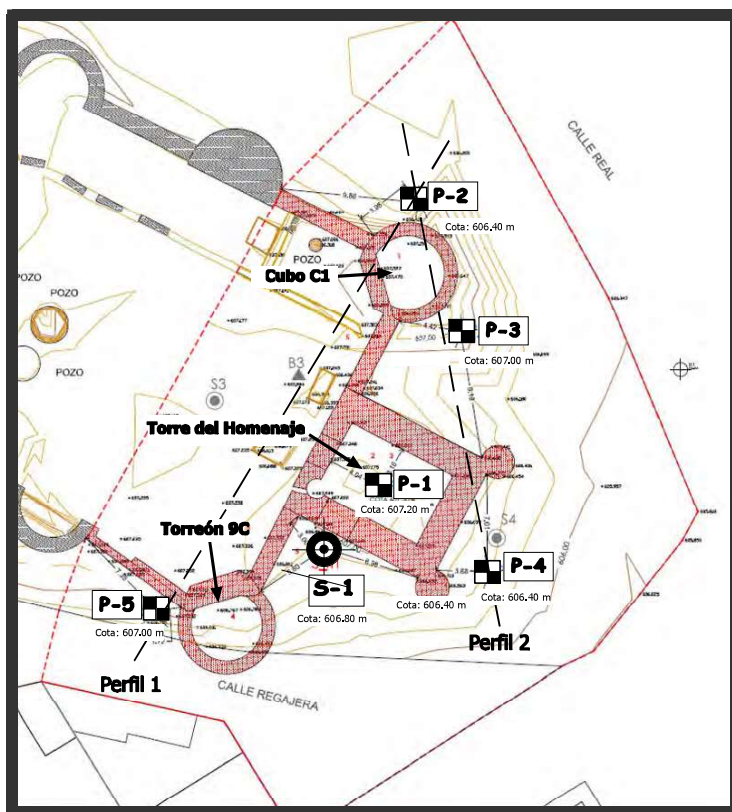
Fuente: Hoja 582 - Getafe

Leyenda



Marco Geológico





Leyenda

- Sondeo a Rotación Mecánica
- Ensayo de Penetración Dinámica



Proyecto: **RESTAURACIÓN DEL CASTILLO PUÑONROSTRO (Fase III).**
Calle Real nº 3. Torrejón de Velasco (Madrid).

Peticionario: **DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO CULTURAL. CONSEJERÍA DE CULTURA Y TURISMO.**

Referencia: **EG-202101/16269**

Fecha: **ABRIL - 2.021**

Plano de situación de los reconocimientos



Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org

www.geotecnia.org

ANEJO Nº2.- GRÁFICOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA



GEOTECNIA Y MEDIOAMBIENTE 2000, S.L.

C/ Adelfa 11, Pol. Ind. Los Calahorros IV
28970 Humanes de Madrid (Madrid)
Tf: 91-
<http://www.geotecnia.org>

Nº ACTA:	FECHA ACTA	MUESTRA	CÓD. OBRA
1	04/03/2021	.2021/1668	16269

Ensayo: **P- 1**

OBRA:

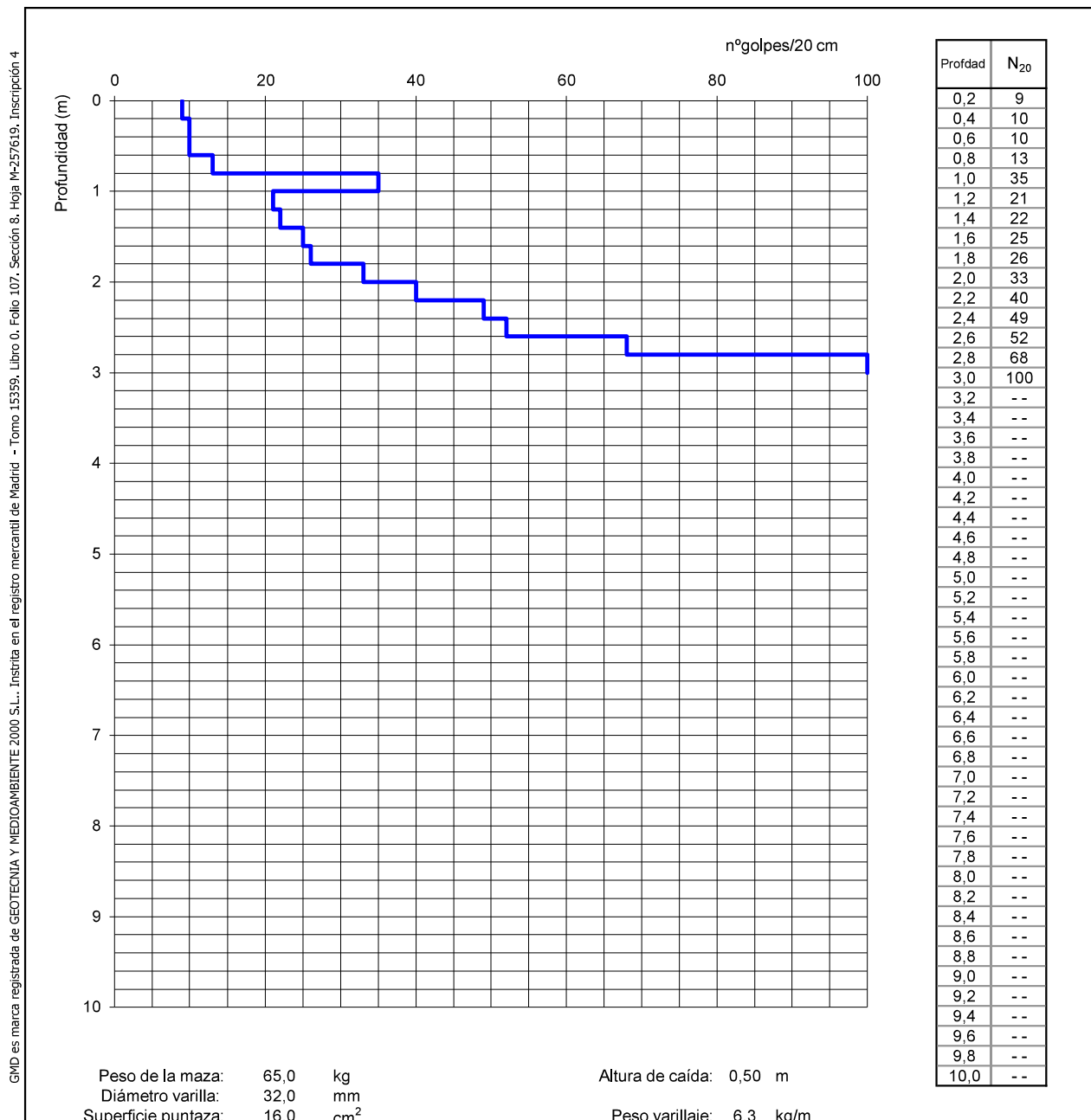
Fecha: 03/03/2021

RESTAURACION CASTILLO DE PUÑONROSTRO (FASE III)

C/ REAL Y C/ REGAJERA TORREJON DE VELASCO (MADRID)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA TIPO BORRO (UNE 103809:2010)

RESULTADO DEL ENSAYO



Estudios Geotécnicos, Ensayos para el Control de Calidad: EH (hormigones, áridos, aguas, armaduras pasivas, mallas electrosoldadas, cementos, etc.), EA (Inspección por líquidos penetrantes y ultrasónicos), EFA (Morteros para albañilería, revoco y enlucido), GT (Identificación y estado de suelos, resistencia y deformación de suelos, agresividad de suelos, resistencia y deformación de rocas, agresividad del agua al hormigón, toma de muestras in situ, penetración dinámica, carga con placa estática, resistencia y determinación de permeabilidad de suelos)
Registro General de Laboratorios de Ensayo para la Calidad de la Edificación: MAD-L-002. Inscripción en CC.AA: MAD-L-128

Este informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo, no contiene ningún consejo o recomendación derivado de los resultados obtenidos. No deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del GMD



GEOTECNIA Y MEDIOAMBIENTE 2000, S.L.

C/ Adelfa 11, Pol. Ind. Los Calahorros IV
28970 Humanes de Madrid (Madrid)
Tf: 91 [REDACTED]
<http://www.geotecnia.org>

Nº ACTA:	FECHA ACTA	MUESTRA	CÓD. OBRA
2	04/03/2021	.2021/1668	16269

Ensayo: **P- 2**

OBRA:

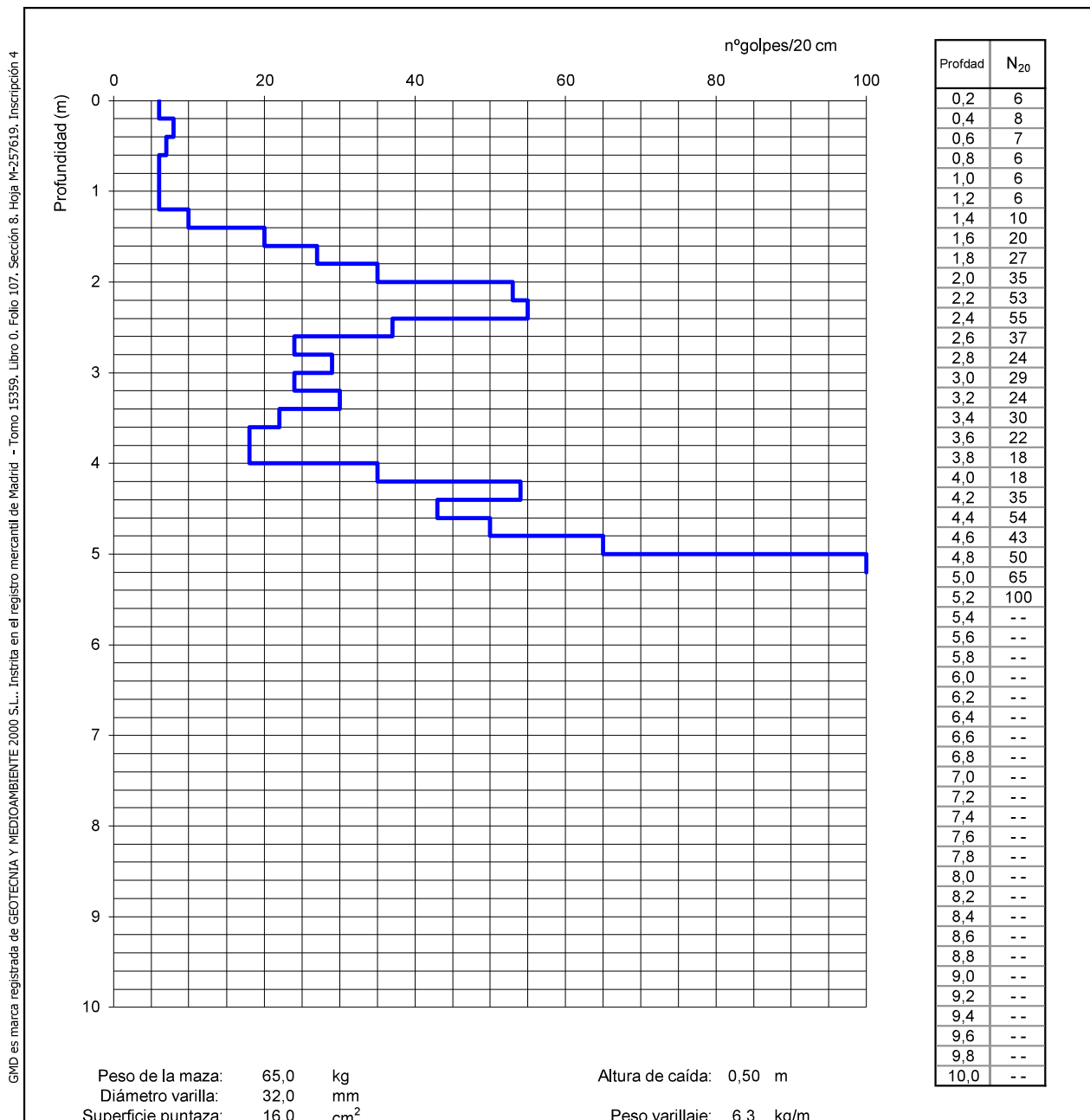
Fecha: 03/03/2021

RESTAURACION CASTILLO DE PUÑONROSTRO (FASE III)

C/ REAL Y C/ REGAJERA TORREJON DE VELASCO (MADRID)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA TIPO BORRO (UNE 103809:2010)

RESULTADO DEL ENSAYO



Estudios Geotécnicos, Ensayos para el Control de Calidad: EH (hormigones, áridos, aguas, armaduras pasivas, mallas electrosoldadas, cementos, etc.), EA (Inspección por líquidos penetrantes y ultrasónicos), EFA (Morteros para albañilería, revoco y enlucido), GT (Identificación y estado de suelos, resistencia y deformación de suelos, agresividad de suelos, resistencia y deformación de rocas, agresividad del agua al hormigón, toma de muestras in situ, penetración dinámica, carga con placa estática, resistencia y determinación de permeabilidad de suelos)
Registro General de Laboratorios de Ensayo para la Calidad de la Edificación: MAD-L-002. Inscripción en CC.AA: MAD-L-128

Este informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo, no contiene ningún consejo o recomendación derivado de los resultados obtenidos. No deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del GMD



GEOTECNIA Y MEDIOAMBIENTE 2000, S.L.

C/ Adelfa 11, Pol. Ind. Los Calahorros IV
28970 Humanes de Madrid (Madrid)
Tf: 91-
<http://www.geotecnia.org>

Nº ACTA:	FECHA ACTA	MUESTRA	CÓD. OBRA
3	04/03/2021	.2021/1668	16269

Ensayo: **P- 3**

OBRA:

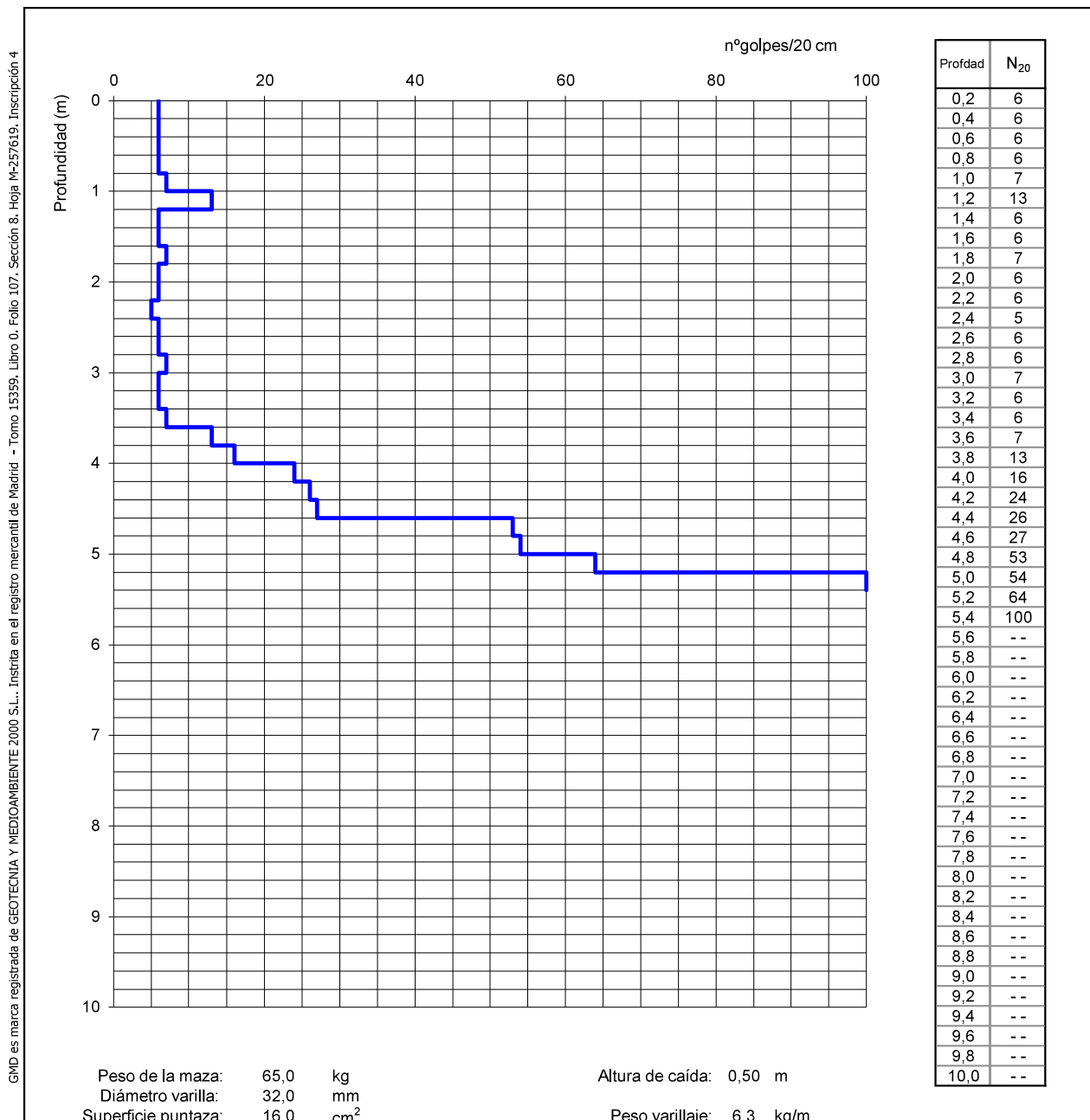
Fecha: 03/03/2021

RESTAURACION CASTILLO DE PUÑONROSTRO (FASE III)

C/ REAL Y C/ REGAJERA TORREJON DE VELASCO (MADRID)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA TIPO BORRO (UNE 103809:2010)

RESULTADO DEL ENSAYO



Estudios Geotécnicos, Ensayos para el Control de Calidad: EH (hormigones, áridos, aguas, armaduras pasivas, mallas electrosoldadas, cementos, etc.), EA (Inspección por líquidos penetrantes y ultrasónicos), EFA (Morteros para albañilería, revoco y enlucido), GT (Identificación y estado de suelos, resistencia y deformación de suelos, agresividad de suelos, resistencia y deformación de rocas, agresividad del agua al hormigón, toma de muestras in situ, penetración dinámica, carga con placa estática, resistencia y determinación de permeabilidad de suelos)
Registro General de Laboratorios de Ensayo para la Calidad de la Edificación: MAD-L-002. Inscripción en CC.AA: MAD-L-128

Este informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo, no contiene ningún consejo o recomendación derivado de los resultados obtenidos. No deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del GMD



GEOTECNIA Y MEDIOAMBIENTE 2000, S.L.

C/ Adelfa 11, Pol. Ind. Los Calahorros IV
28970 Humanes de Madrid (Madrid)
Tf: 91 [REDACTED]
<http://www.geotecnia.org>

Nº ACTA:	FECHA ACTA	MUESTRA	CÓD. OBRA
4	04/03/2021	.2021/1668	16269

Ensayo: **P- 4**

OBRA:

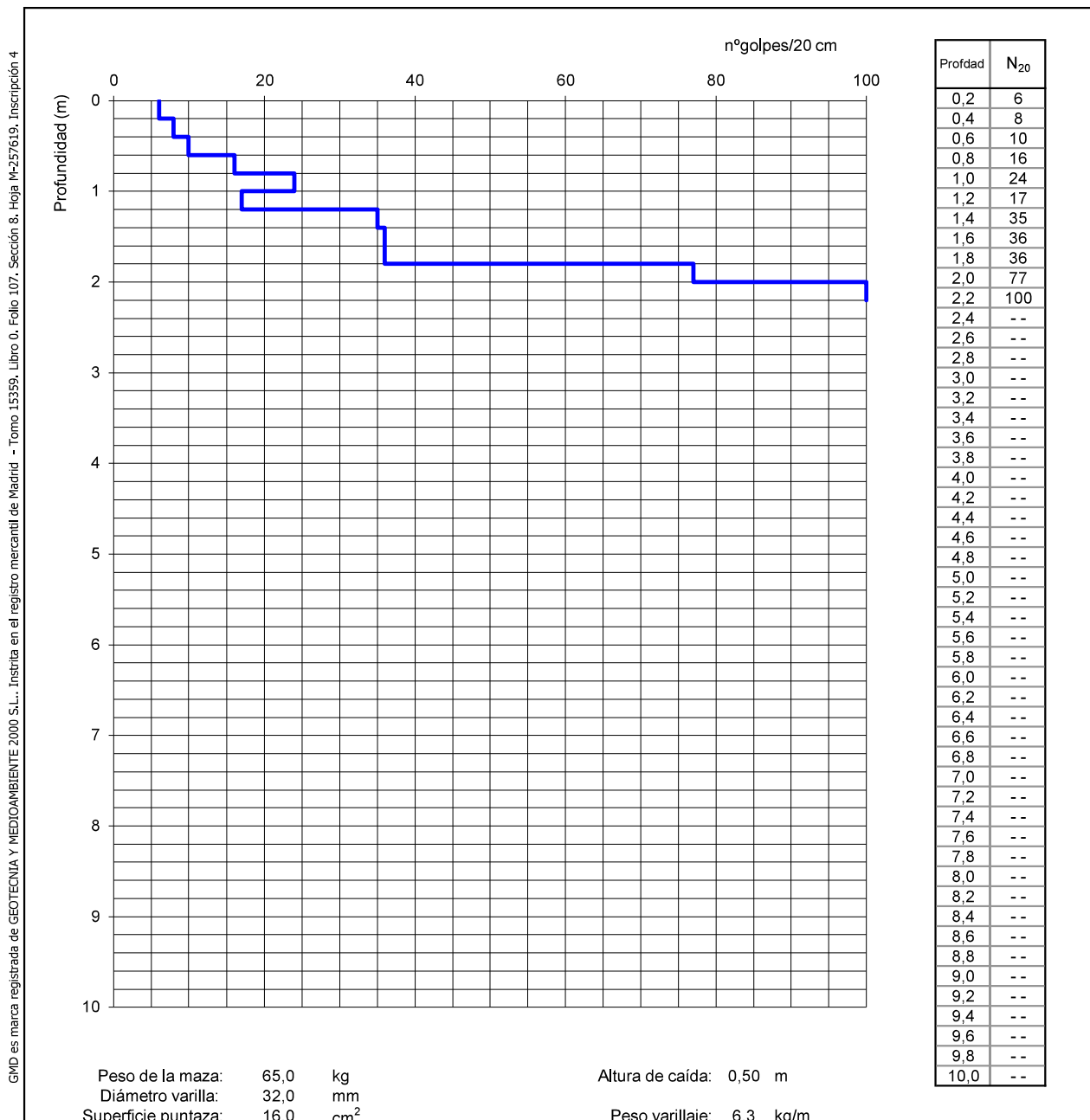
Fecha: 03/03/2021

RESTAURACION CASTILLO DE PUÑONROSTRO (FASE III)

C/ REAL Y C/ REGAJERA TORREJON DE VELASCO (MADRID)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA TIPO BORRO (UNE 103809:2010)

RESULTADO DEL ENSAYO



Estudios Geotécnicos, Ensayos para el Control de Calidad: EH (hormigones, áridos, aguas, armaduras pasivas, mallas electrosoldadas, cementos, etc.), EA (Inspección por líquidos penetrantes y ultrasónicos), EFA (Morteros para albañilería, revoco y enlucido), GT (Identificación y estado de suelos, resistencia y deformación de suelos, agresividad de suelos, resistencia y deformación de rocas, agresividad del agua al hormigón, toma de muestras in situ, penetración dinámica, carga con placa estática, resistencia y determinación de permeabilidad de suelos)
Registro General de Laboratorios de Ensayo para la Calidad de la Edificación: MAD-L-002. Inscripción en CC.AA: MAD-L-128

Este informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo, no contiene ningún consejo o recomendación derivado de los resultados obtenidos. No deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del GMD



GEOTECNIA Y MEDIOAMBIENTE 2000, S.L.

C/ Adelfa 11, Pol. Ind. Los Calahorros IV
28970 Humanes de Madrid (Madrid)
Tf: 91- [REDACTED]
<http://www.geotecnia.org>

Nº ACTA:	FECHA ACTA	MUESTRA	CÓD. OBRA
5	16/03/2021	.2021/1668	16269

Ensayo: **P- 5**

OBRA:

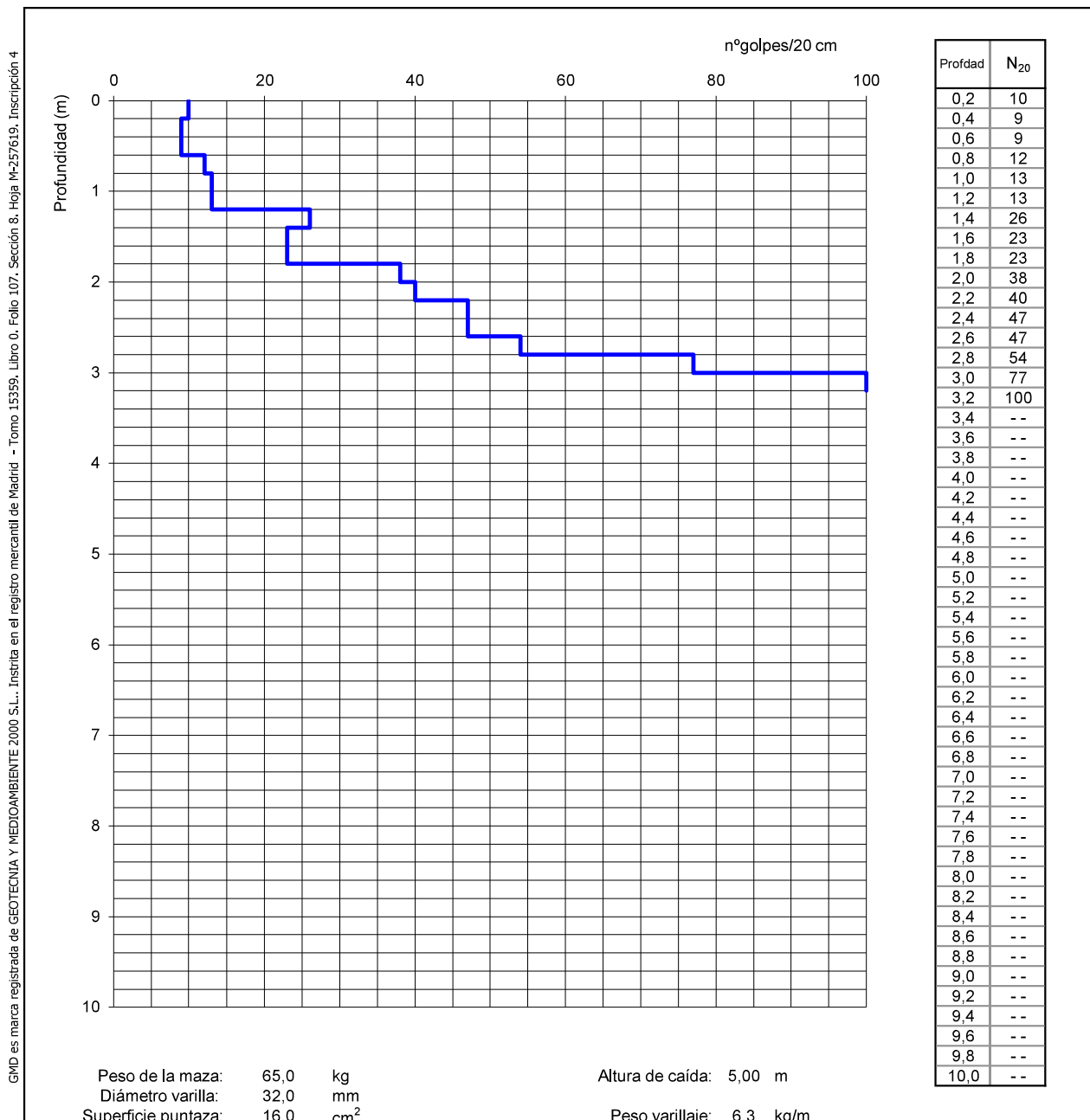
Fecha: 21/03/2021

RESTAURACION CASTILLO DE PUÑONROSTRO (FASE III)

C/ REAL Y C/ REGAJERA TORREJON DE VELASCO (MADRID)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA TIPO BORRO (UNE 103809:2010)

RESULTADO DEL ENSAYO



Estudios Geotécnicos, Ensayos para el Control de Calidad: EH (hormigones, áridos, aguas, armaduras pasivas, mallas electrosoldadas, cementos, etc.), EA (Inspección por líquidos penetrantes y ultrasónicos), EFA (Morteros para albañilería, revoco y enlucido), GT (Identificación y estado de suelos, resistencia y deformación de suelos, agresividad de suelos, resistencia y deformación de rocas, agresividad del agua al hormigón, toma de muestras in situ, penetración dinámica, carga con placa estática, resistencia y determinación de permeabilidad de suelos)
Registro General de Laboratorios de Ensayo para la Calidad de la Edificación: MAD-L-002. Inscripción en CC.AA: MAD-L-128

Esté informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo, no contiene ningún consejo o recomendación derivado de los resultados obtenidos. No deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del GMD



Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org

www.geotecnia.org

ANEJO Nº3.- CORTES ESTRATIGRAFICOS Y PERFILES LITOLÓGICO



PERFIL DEL SONDEO.

REFERENCIA: EG - 202101/16269
 CÓDIGO LABORATORIO: G-20037-21
 OBRA: Restauración del Castillo Puñonrostro. Torrejón de Velasco (Madrid).
 PETICIONARIO: DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO CULTURAL.
 CONSEJERÍA DE CULTURA Y TURISMO.

SISTEMA DE PERFORACIÓN: Rotación, batería y corona de Widia

MÁQUINA: ROLATEC RL-34

COTA DE BOCA: 606.80 m

NIVEL FREÁTICO: - 5.20 m

FIN DEL SONDEO: - 16.30 m

SONDEO: S - 1

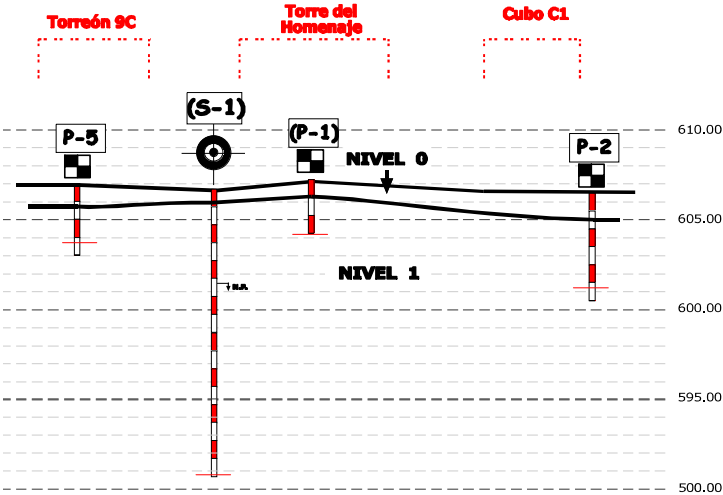
FECHA EJECUCIÓN: 03 de Marzo de 2021

POTENCIA (m)		PROF m	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	S.P.T. / MUESTRA (Nº GOLPES)						ENSAYOS DE LABORATORIO					FOTOS CAJAS SONDEOS		
					PROF.	TIPO	15cm	15cm	15cm	15cm	N ₃₀	HU	LL	LP	<200 (%)	Clasificación U.S.C.S.		
0.90	0.90	0.00 m		Nivel 0.- Relleno antrópico Arcilla arenosa marrón y parda, Blanda														
		1.00 m		Nivel 1.- Limo algo arenoso de plasticidad alta a media, limo arenoso no plástico e intercalaciones decimétricas de arena micácea algo limosa no plástica Coloraciones marrones a verdosas Duro	1.20 m							30.40	52.56	33.52	82.14	MH		
		2.00 m			1.50 m	TESTIGO												
		3.00 m			2.50 m													
		4.00 m			2.80 m	S.P.T.	13	23	30	37	53							
		5.00 m			3.60 m													
		6.00 m			4.20 m	INALT.	17	21	26	31		25.77	46.80	29.84	83.42	ML		
		7.00 m			4.80 m	S.P.T.	12	18	23	33	41							
		8.00 m				5.70 m												
		9.00 m				6.10 m	INALT.	12	28	50 R		21.85	0.00	0.00	68.67	ML		
		10.00 m				6.40 m	TESTIGO					20.24	0.00	0.00	57.11	ML		
		11.00 m				6.70 m												
		12.00 m				7.30 m	S.P.T.	13	23	30	37	53						
		13.00 m																
		14.00 m																
		15.00 m																
		16.00 m																
		16.30																

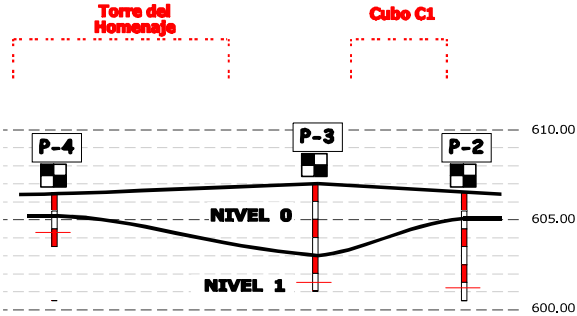
LEYENDA:
 SPT: Ensayo de penetración estándar
 INALT: Muestra inalterada a percusión
 ALTER: Muestra alterada
 TP: Testigo parafinado

Restauración del Castillo Puñonrostro (Fase III). Calle Real nº 3. Torrejón de Velasco (Madrid).

Perfil 1



Perfil 2



Cota mínima de empotramiento cimentación:
Torre de Homenaje y el Torreón 9C a la 605,0 m
Cubo C1 entre la 604,8 m y 602,6 m

LEYENDA:
Nivel 0.- Relleno antrópico
Nivel 1.- Limo

⊕- Sondeo mecánico a rotación.
■ Ensayo de penetración dinámica continua.
() Reconocimiento proyectado sobre la línea de corte
N.F: Nivel freático



Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org

www.geotecnia.org

ANEJO Nº4.- RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO



Código de entrada: G-20037-21

Pagina: 2

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: 17/03/21

Resumen de ensayos de laboratorio

Descripción	Unidades	Ensayo 7	Ensayo 8	Ensayo 9	Ensayo 10	Ensayo 11	Ensayo 12
Designación de muestra		S1; M7					
Tipo de muestra		Testigo					
Profundidad	(m)	14,50-14,70					
Clasificación U.S.C.S.		MH					
Clasificación H.R.B							
Índice de grupo							
Densidad aparente	(g/cm ³)	1,729					
Densidad seca	(g/cm ³)	1,203					
Peso específico	(g/cm ³)						
Humedad natural	(%)	39,44					
Limite Líquido	(%)	63,39					
Limite plástico	(%)	36,14					
Índice de plasticidad		27,25					
% que pasa T-0,080 UNE	(%)	73,38					
% que pasa T-2 UNE	(%)	98,76					
% que pasa T-5 UNE	(%)	99,91					
Proctor Humedad óptima	(%)						
Proctor Densidad Máxima	(t/m ³)						
Índice CBR	(%)						
Presión de hinchamiento	(kp/cm ²)						
Hinchamiento libre	(%)						
Lambe índice	(kp/cm ²)						
Lambe Clasificación							
Sulfatos	(mg/kg suelo)	1570					
Carbonatos	(%)						
Materia orgánica	(%)						
Compresión Simple	(kp/cm ²)	2,74					
Deformación	(mm)	6,20					
Edométrico Cc							
Cohesión	(kp/cm ²)						
Angulo de fricción	(°)						

Observaciones.-

Código de entrada: G-20037-21

Página: 3

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: 17/03/2021

Granulometría por Tamizado

Designación: UNE 103-101

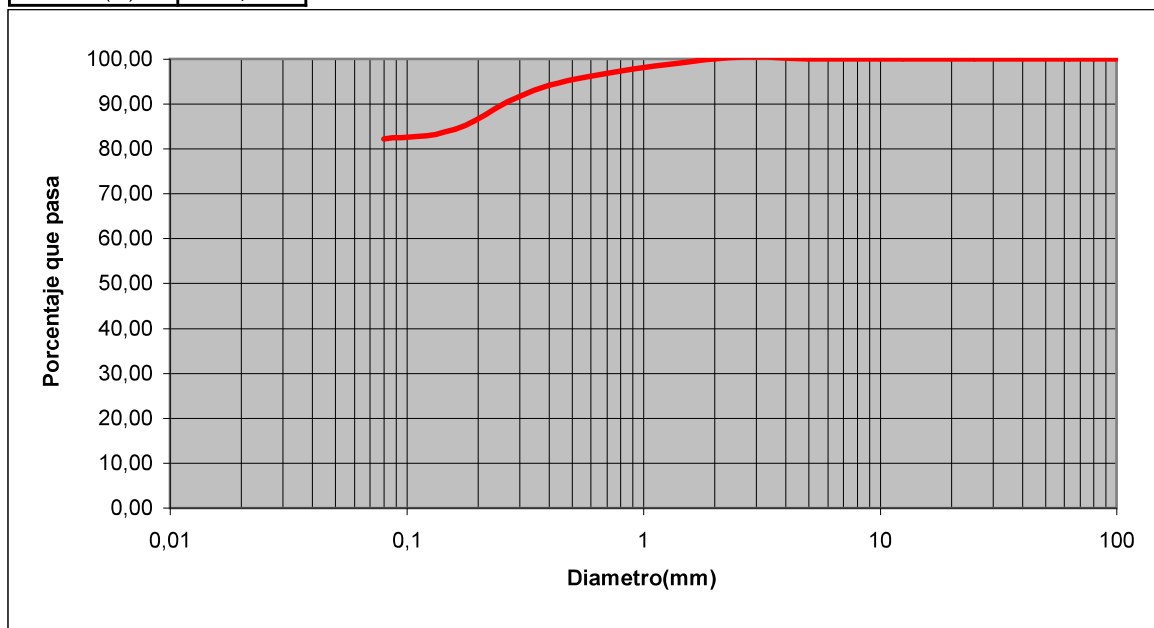
Muestra **S1; M1**

Profundidad: **1,20-1,50**

Muestra(tipo) **Testigo**

Pasa T-0,08(%)	82,14
Pasa T-2(%)	99,95
Pasa T-5(%)	100,00

Fracción Gruesa:		Tamices	Retenido	Retenido	% retenido	% que pasa
> T-2		UNE	acumulado	cada tamiz	cada tamiz	cada tamiz
		(mm)	(Gramos)	(Gramos)	(%)	(%)
F+G+agua	382,90	100	0,00	0,00	0,00	100,00
G>T-2	0,16	80	0,00	0,00	0,00	100,00
F<T-2+agua	382,74	63	0,00	0,00	0,00	100,00
Fino seco	293,51	50	0,00	0,00	0,00	100,00
F+G(seco)	293,63	40	0,00	0,00	0,00	100,00
Fracción Fina:		25	0,00	0,00	0,00	100,00
< T-2		20	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo+agua	382,90	12,5	0,00	0,00	0,00	100,00
Humedad	30,40	10	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo seco	293,63	5	0,00	0,00	0,00	100,00
Humedad Higroscópica		2	0,16	0,16	0,05	99,95
T+suelo+agua	937,56	0,4	17,36	17,20	5,86	94,09
T+suelo	848,29	0,16	46,10	28,74	9,79	84,30
Tara	554,66	0,08	52,44	6,34	2,16	82,14
Suelo	293,63					
Agua	89,27					
Humedad(%)	30,40					



Limo/arcilla 82,14

Arena 17,80

Grava 0,05

Limite Liquido:	52,56	% pasa T 0,08	82,14	Clasificación USCS MH Limo de alta plasticidad
Limite Plástico:	33,52	% reten. T-2	0,05	
Índice Plástico:	19,04	% reten. T-5	0,00	

Código de entrada: G-20037-21

Página: 4

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: 17/03/2021

Granulometría por Tamizado

Designación: **UNE 103-101**

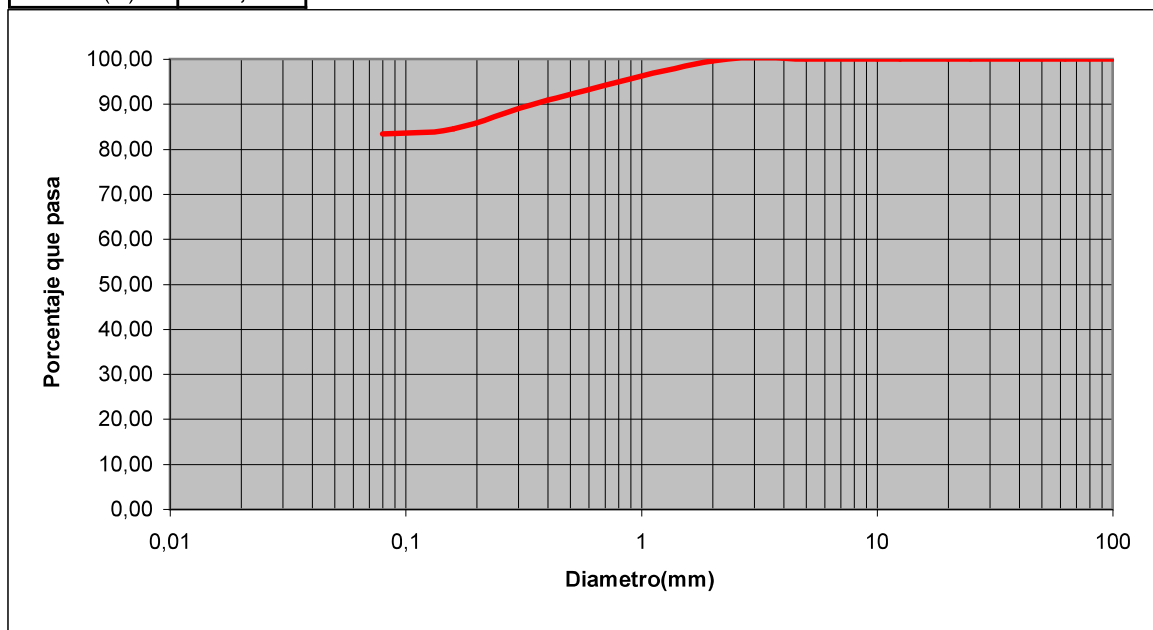
Muestra **S1; M2**

Profundidad: **3,60-4,20**

Muestra(tipo) **Inalterada**

Pasa T-0,08(%)	83,42
Pasa T-2(%)	99,57
Pasa T-5(%)	100,00

Fracción Gruesa:		Tamices	Retenido	Retenido	% retenido	% que pasa
> T-2		UNE	acumulado	cada tamiz	cada tamiz	cada tamiz
		(mm)	(Gramos)	(Gramos)	(%)	(%)
F+G+agua	282,18	100	0,00	0,00	0,00	100,00
G>T-2	0,96	80	0,00	0,00	0,00	100,00
F<T-2+agua	281,22	63	0,00	0,00	0,00	100,00
Fino seco	223,61	50	0,00	0,00	0,00	100,00
F+G(seco)	224,37	40	0,00	0,00	0,00	100,00
Fracción Fina:		25	0,00	0,00	0,00	100,00
< T-2		20	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo+agua	282,18	12,5	0,00	0,00	0,00	100,00
Humedad	25,77	10	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo seco	224,37	5	0,00	0,00	0,00	100,00
Humedad Higroscópica		2	0,96	0,96	0,43	99,57
T+suelo+agua	839,22	0,4	20,50	19,54	8,71	90,86
T+suelo	781,41	0,16	34,88	14,38	6,41	84,45
Tara	557,04	0,08	37,21	2,33	1,04	83,42
Suelo	224,37					
Agua	57,81					
Humedad(%)	25,77					



Limo/arcilla 83,42

Arena 16,16

Grava 0,43

Limite Líquido:	46,80	% pasa T 0,08	83,42	Clasificación USCS ML Limo de baja plasticidad
Limite Plástico:	29,84	% reten. T-2	0,43	
Índice Plástico:	16,95	% reten. T-5	0,00	

Código de entrada: G-20037-21

Página: 5

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: 17/03/2021

Granulometría por Tamizado

Designación: **UNE 103-101**

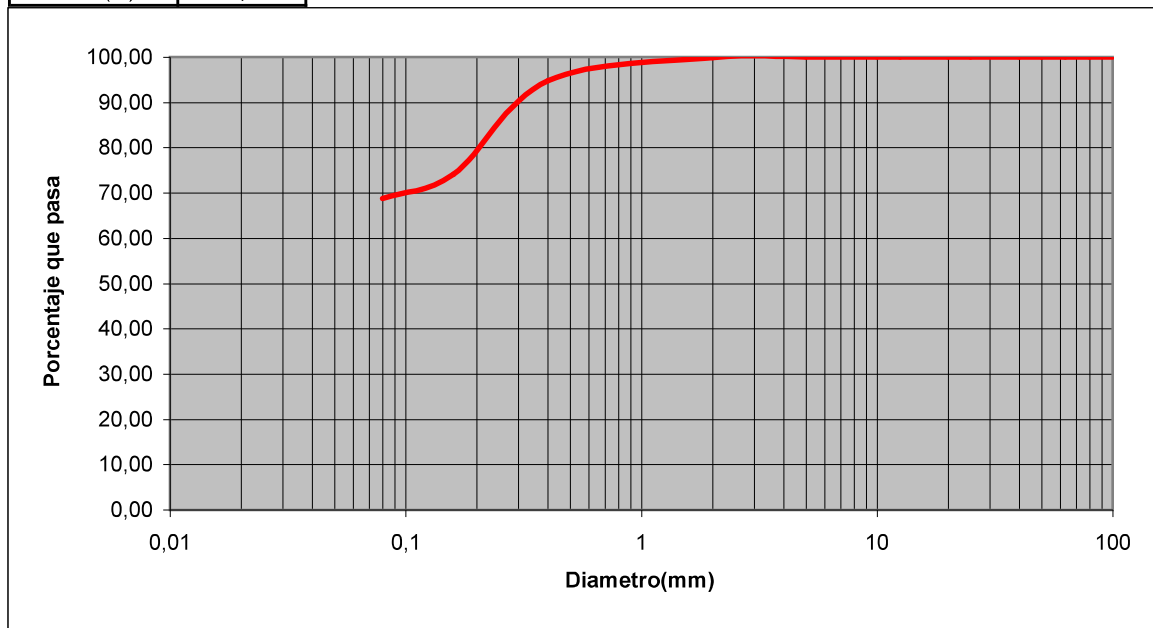
Muestra **S1; M3**

Profundidad: **5,70-6,10**

Muestra(tipo) **Inalterada**

Pasa T-0,08(%)	68,67
Pasa T-2(%)	99,85
Pasa T-5(%)	100,00

Fracción Gruesa:		Tamices	Retenido	Retenido	% retenido	% que pasa
> T-2		UNE	acumulado	cada tamiz	cada tamiz	cada tamiz
		(mm)	(Gramos)	(Gramos)	(%)	(%)
F+G+agua	207,26	100	0,00	0,00	0,00	100,00
G>T-2	0,26	80	0,00	0,00	0,00	100,00
F<T-2+agua	207,00	63	0,00	0,00	0,00	100,00
Fino seco	169,89	50	0,00	0,00	0,00	100,00
F+G(seco)	170,10	40	0,00	0,00	0,00	100,00
Fracción Fina:		25	0,00	0,00	0,00	100,00
< T-2		20	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo+agua	207,26	12,5	0,00	0,00	0,00	100,00
Humedad	21,85	10	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo seco	170,10	5	0,00	0,00	0,00	100,00
Humedad Higroscópica		2	0,26	0,26	0,15	99,85
T+suelo+agua	745,79	0,4	8,79	8,53	5,01	94,83
T+suelo	708,63	0,16	43,96	35,17	20,68	74,16
Tara	538,53	0,08	53,29	9,33	5,49	68,67
Suelo	170,10					
Agua	37,16					
Humedad(%)	21,85					



Limo/arcilla 68,67

Arena 31,18

Grava 0,15

Limite Líquido:	0,00	% pasa T 0,08	68,67	Clasificación USCS ML Limo no plástico
Limite Plástico:	0,00	% reten. T-2	0,15	
Índice Plástico:	NP	% reten. T-5	0,00	

Código de entrada: G-20037-21

Página: 6

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: 17/03/2021

Granulometría por Tamizado

Designación: **UNE 103-101**

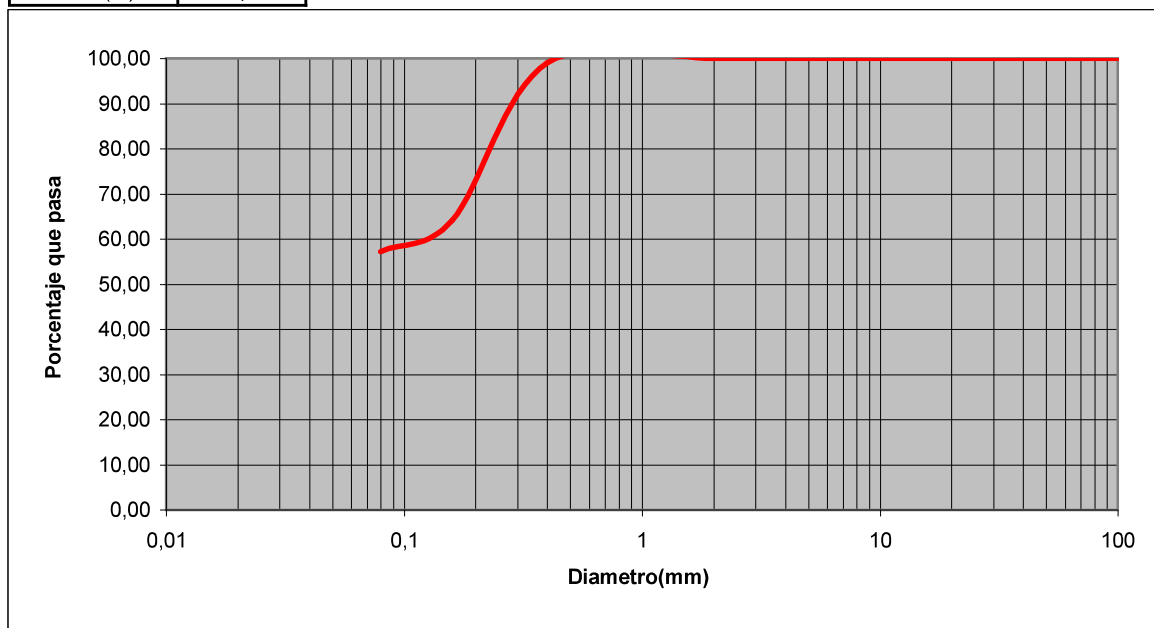
Muestra **S1; M4**

Profundidad: **6,10-6,40**

Muestra(tipo) **Testigo**

Pasa T-0,08(%)	57,11
Pasa T-2(%)	100,00
Pasa T-5(%)	100,00

Fracción Gruesa:		Tamices	Retenido	Retenido	% retenido	% que pasa
> T-2		UNE	acumulado	cada tamiz	cada tamiz	cada tamiz
		(mm)	(Gramos)	(Gramos)	(%)	(%)
F+G+agua	384,38	100	0,00	0,00	0,00	100,00
G>T-2	0,00	80	0,00	0,00	0,00	100,00
F<T-2+agua	384,38	63	0,00	0,00	0,00	100,00
Fino seco	319,68	50	0,00	0,00	0,00	100,00
F+G(seco)	319,68	40	0,00	0,00	0,00	100,00
Fracción Fina:		25	0,00	0,00	0,00	100,00
< T-2		20	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo+agua	384,38	12,5	0,00	0,00	0,00	100,00
Humedad	20,24	10	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo seco	319,68	5	0,00	0,00	0,00	100,00
Humedad Higroscópica		2	0,00	0,00	0,00	100,00
T+suelo+agua	942,06	0,4	3,38	3,38	1,06	98,94
T+suelo	877,36	0,16	114,88	111,50	34,88	64,06
Tara	557,68	0,08	137,12	22,24	6,96	57,11
Suelo	319,68					
Agua	64,70					
Humedad(%)	20,24					



Limo/arcilla 57,11

Arena 42,89

Grava 0,00

Limite Liquido:	0,00	% pasa T 0,08	57,11	Clasificación USCS ML Limo no plástico
Limite Plástico:	0,00	% reten. T-2	0,00	
Índice Plástico:	NP	% reten. T-5	0,00	

Código de entrada: G-20037-21

Página: 7

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: 17/03/2021

Granulometría por Tamizado

Designación: UNE 103-101

Muestra **S1; M5**

Profundidad: **9,00-9,30**

Muestra(tipo) **Alterada**

Pasa T-0,08(%)	13,94
Pasa T-2(%)	98,70
Pasa T-5(%)	99,53

Fracción Gruesa:		Tamices	Retenido	Retenido	% retenido	% que pasa
> T-2		UNE	acumulado	cada tamiz	cada tamiz	cada tamiz
		(mm)	(Gramos)	(Gramos)	(%)	(%)
F+G+agua	525,00	100	0,00	0,00	0,00	100,00
G>T-2	5,60	80	0,00	0,00	0,00	100,00
F<T-2+agua	519,40	63	0,00	0,00	0,00	100,00
Fino seco	427,71	50	0,00	0,00	0,00	100,00
F+G(seco)	432,32	40	0,00	0,00	0,00	100,00
Fracción Fina:		25	0,00	0,00	0,00	100,00
< T-2		20	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo+agua	525,00	12,5	0,00	0,00	0,00	100,00
Humedad	21,44	10	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo seco	432,32	5	2,04	2,04	0,47	99,53
Humedad Higroscópica		2	5,60	3,56	0,82	98,70
T+suelo+agua	1082,16	0,4	105,66	100,06	23,14	75,56
T+suelo	989,48	0,16	354,81	249,15	57,63	17,93
Tara	557,16	0,08	372,06	17,25	3,99	13,94
Suelo	432,32					
Agua	92,68					
Humedad(%)	21,44					



Limo/arcilla 13,94

Arena 84,77

Grava 1,30

Limite Liquido:	0,00	% pasa T 0,08	13,94	Clasificación USCS SP-SM Arena mal graduada limosa
Limite Plástico:	0,00	% reten. T-2	1,30	
Índice Plástico:	NP	% reten. T-5	0,47	

Código de entrada: G-20037-21

Página: 8

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: 17/03/2021

Granulometría por Tamizado

Designación: **UNE 103-101**

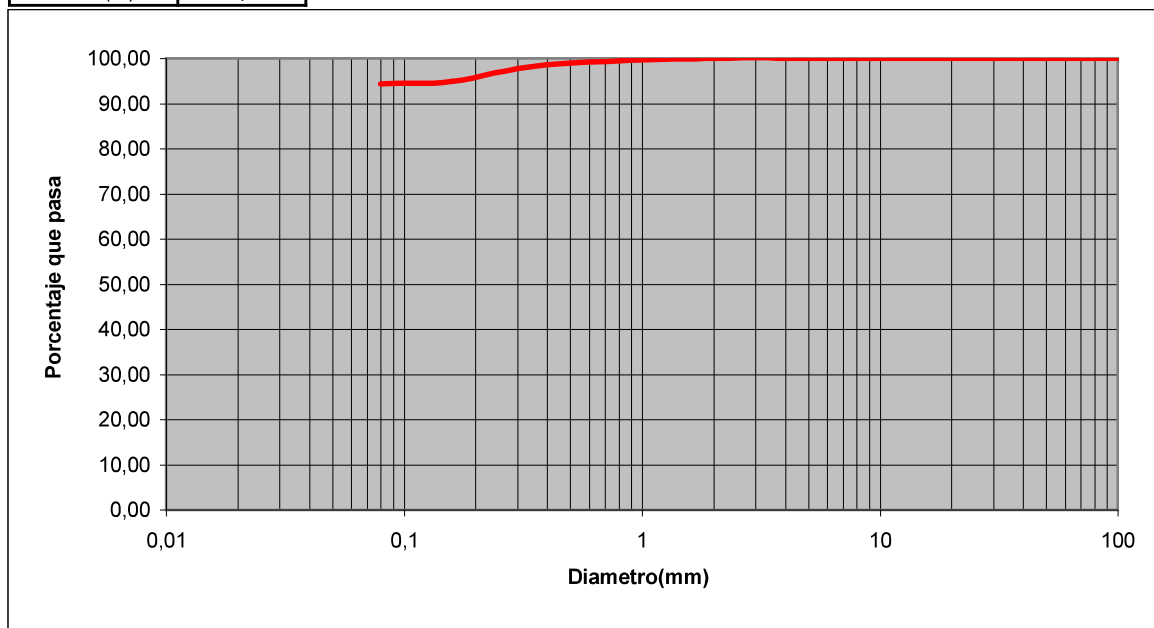
Muestra **S1; M6**

Profundidad: **13,50-13,80**

Muestra(tipo) **Testigo**

Pasa T-0,08(%)	94,28
Pasa T-2(%)	100,00
Pasa T-5(%)	100,00

Fracción Gruesa:		Tamices	Retenido	Retenido	% retenido	% que pasa
> T-2		UNE	acumulado	cada tamiz	cada tamiz	cada tamiz
		(mm)	(Gramos)	(Gramos)	(%)	(%)
F+G+agua	362,42	100	0,00	0,00	0,00	100,00
G>T-2	0,00	80	0,00	0,00	0,00	100,00
F<T-2+agua	362,42	63	0,00	0,00	0,00	100,00
Fino seco	284,70	50	0,00	0,00	0,00	100,00
F+G(seco)	284,70	40	0,00	0,00	0,00	100,00
Fracción Fina:		25	0,00	0,00	0,00	100,00
< T-2		20	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo+agua	362,42	12,5	0,00	0,00	0,00	100,00
Humedad	27,30	10	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo seco	284,70	5	0,00	0,00	0,00	100,00
Humedad Higroscópica		2	0,00	0,00	0,00	100,00
T+suelo+agua	918,30	0,4	4,02	4,02	1,41	98,59
T+suelo	840,58	0,16	14,52	10,50	3,69	94,90
Tara	555,88	0,08	16,28	1,76	0,62	94,28
Suelo	284,70					
Agua	77,72					
Humedad(%)	27,30					



Limo/arcilla 94,28

Arena 5,72

Grava 0,00

Limite Líquido:	48,45	% pasa T 0,08	94,28	Clasificación USCS ML Limo de baja plasticidad
Limite Plástico:	30,19	% reten. T-2	0,00	
Índice Plástico:	18,26	% reten. T-5	0,00	

Código de entrada: G-20037-21

Página: 9

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: 17/03/2021

Granulometría por Tamizado

Designación: UNE 103-101

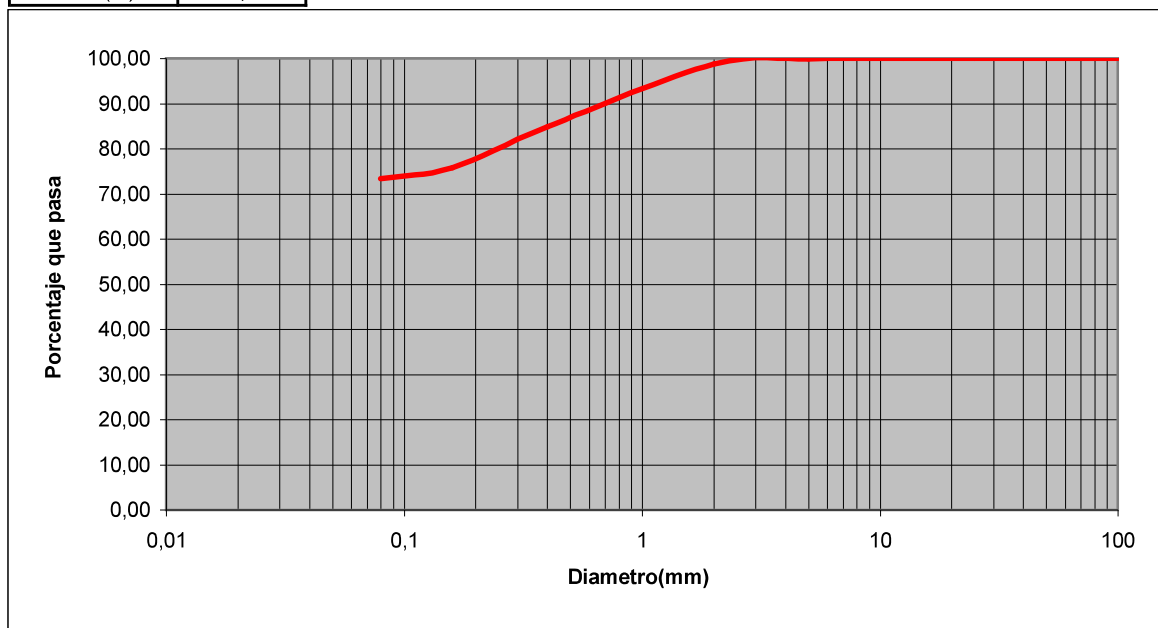
Muestra **S1; M7**

Profundidad: **14,50-14,70**

Muestra(tipo) **Testigo**

Pasa T-0,08(%)	73,38
Pasa T-2(%)	98,76
Pasa T-5(%)	99,91

Fracción Gruesa:		Tamices	Retenido	Retenido	% retenido	% que pasa
> T-2		UNE	acumulado	cada tamiz	cada tamiz	cada tamiz
		(mm)	(Gramos)	(Gramos)	(%)	(%)
F+G+agua	466,04	100	0,00	0,00	0,00	100,00
G>T-2	4,13	80	0,00	0,00	0,00	100,00
F<T-2+agua	461,91	63	0,00	0,00	0,00	100,00
Fino seco	331,27	50	0,00	0,00	0,00	100,00
F+G(seco)	334,23	40	0,00	0,00	0,00	100,00
Fracción Fina:		25	0,00	0,00	0,00	100,00
< T-2		20	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo+agua	466,04	12,5	0,00	0,00	0,00	100,00
Humedad	39,44	10	0,00	0,00	0,00	100,00
Suelo seco	334,23	5	0,29	0,29	0,09	99,91
Humedad Higroscópica		2	4,13	3,84	1,15	98,76
T+suelo+agua	1023,43	0,4	50,58	46,45	13,90	84,87
T+suelo	891,62	0,16	80,88	30,30	9,07	75,80
Tara	557,39	0,08	88,96	8,08	2,42	73,38
Suelo	334,23					
Agua	131,81					
Humedad(%)	39,44					



Limo/arcilla 73,38

Arena 25,38

Grava 1,24

Limite Líquido:	63,39	% pasa T 0,08	73,38	Clasificación USCS MH Limo de alta plasticidad
Limite Plástico:	36,14	% reten. T-2	1,24	
Índice Plástico:	27,25	% reten. T-5	0,09	

Código de entrada: G-20037-21

Página: 10

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: 17/03/2021

Limites de Atterberg

Designación:

LL UNE 103-103

LP UNE 103-104

Muestra S1; M1

Profundidad: 1,20-1,50

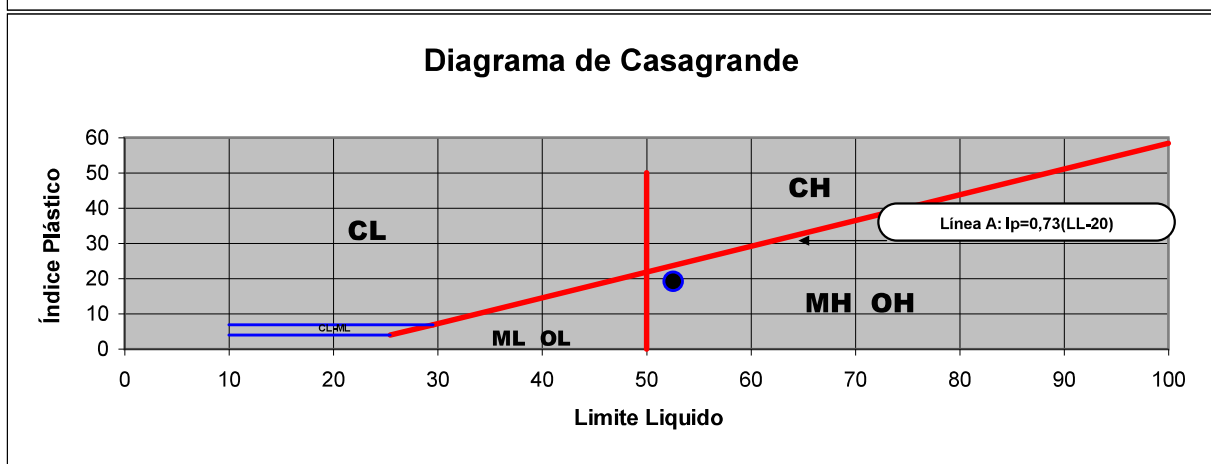
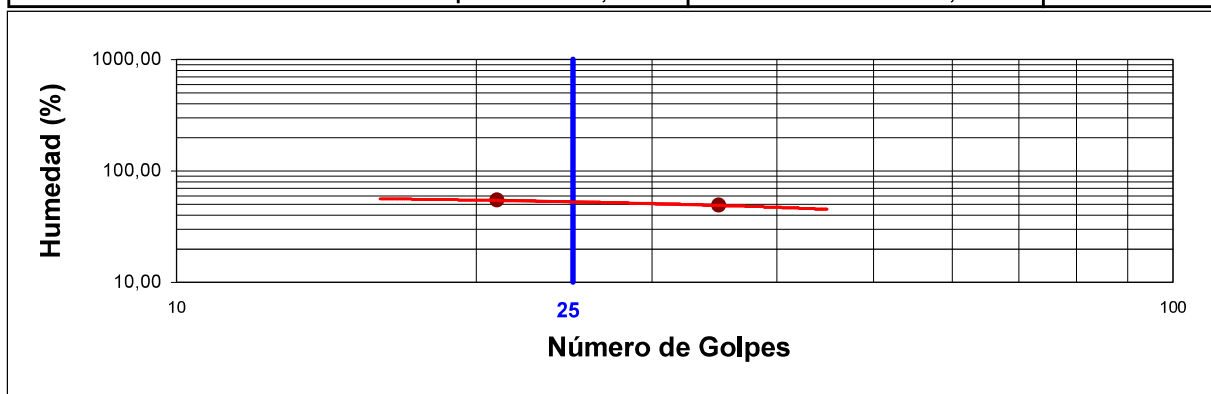
Muestra(tipo) Testigo

LL 52,56

LP 33,52

IP 19,04

	Limite Liquido		Limite Plástico		
Descripción	1	2	1	2	Observaciones
Tara/recipiente	65	66	2	60	
No de golpes	35	21			
Peso tara+suelo húmedo (g)	37,94	34,88	34,64	68,89	
Peso tara +suelo seco (g)	29,64	27,10	32	67,45	
Peso de tara (g)	12,63	12,71	24,15	63,14	
Peso suelo seco (g)	17,01	14,39	7,85	4,31	
Peso de agua (g)	8,30	7,78	2,64	1,44	
Humedad %	48,79	54,07	33,63	33,41	
	Limite Liquido 52,56		Limite Plástico 33,52		



Limite Liquido:	52,56	% pasa T 0,08	82,14	Clasificación USCS MH Limo de alta plasticidad
Limite Plástico:	33,52	% reten. T-2	0,05	
Índice Plástico:	19,04	% reten. T-5	0,00	

Código de entrada: G-20037-21

Página: 11

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: 17/03/2021

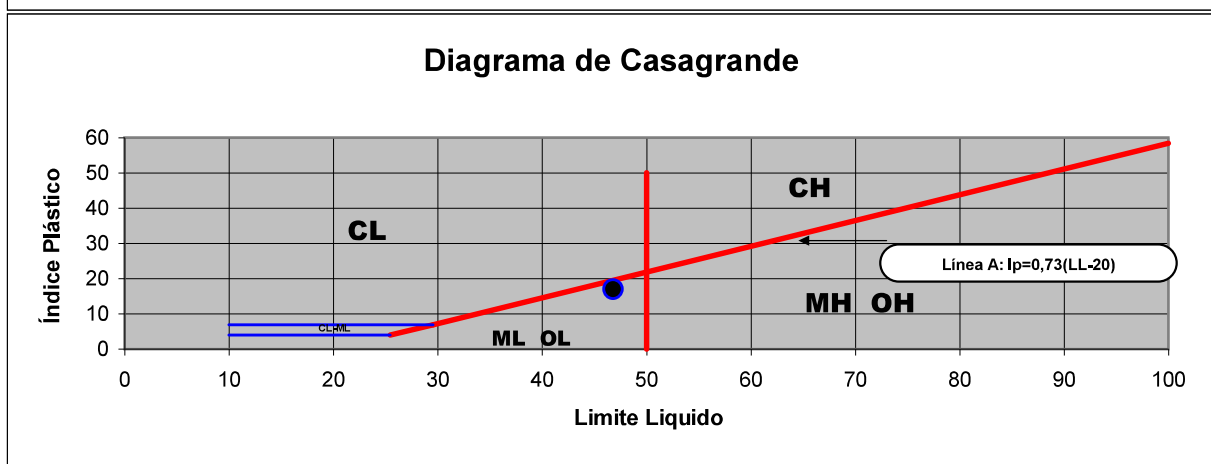
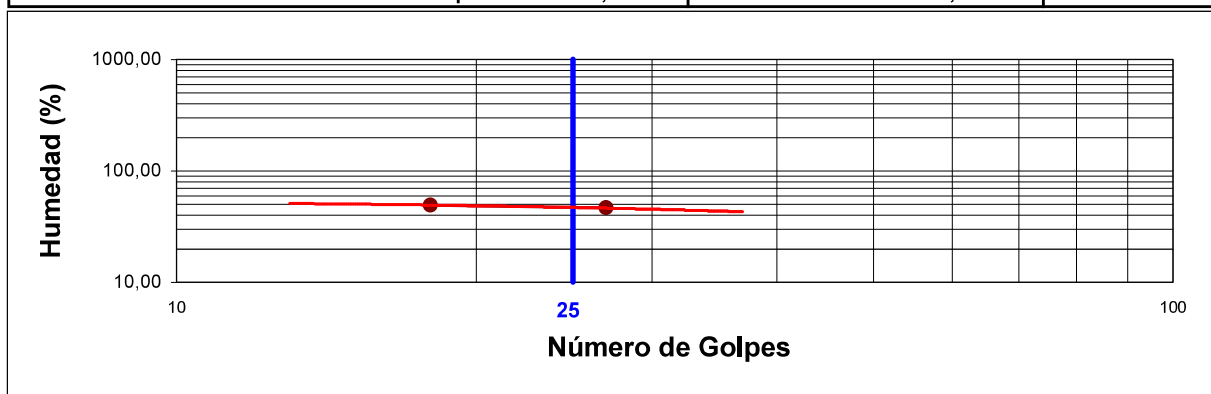
Limites de Atterberg

Designación: LL UNE 103-103
LP UNE 103-104

Muestra S1; M2
Profundidad: 3,60-4,20
Muestra(tipo) Inalterada

LL	46,80
LP	29,84
IP	16,95

	Limite Liquido		Limite Plástico		
Descripción	1	2	1	2	Observaciones
Tara/recipiente	44	17	8	52	
No de golpes	27	18			
Peso tara+suelo húmedo (g)	34,17	34,60	32,68	31,66	
Peso tara +suelo seco (g)	27,39	27,35	30,76	30,06	
Peso de tara (g)	12,69	12,60	24,30	24,72	
Peso suelo seco (g)	14,70	14,75	6,46	5,34	
Peso de agua (g)	6,78	7,25	1,92	1,60	
Humedad %	46,12	49,15	29,72	29,96	
	Limite Liquido 46,80		Limite Plástico 29,84		



Limite Liquido:	46,80	% pasa T 0,08	83,42	Clasificación USCS ML Limo de baja plasticidad
Limite Plástico:	29,84	% reten. T-2	0,43	
Índice Plástico:	16,95	% reten. T-5	0,00	

Código de entrada: G-20037-21

Página: 12

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: 17/03/2021

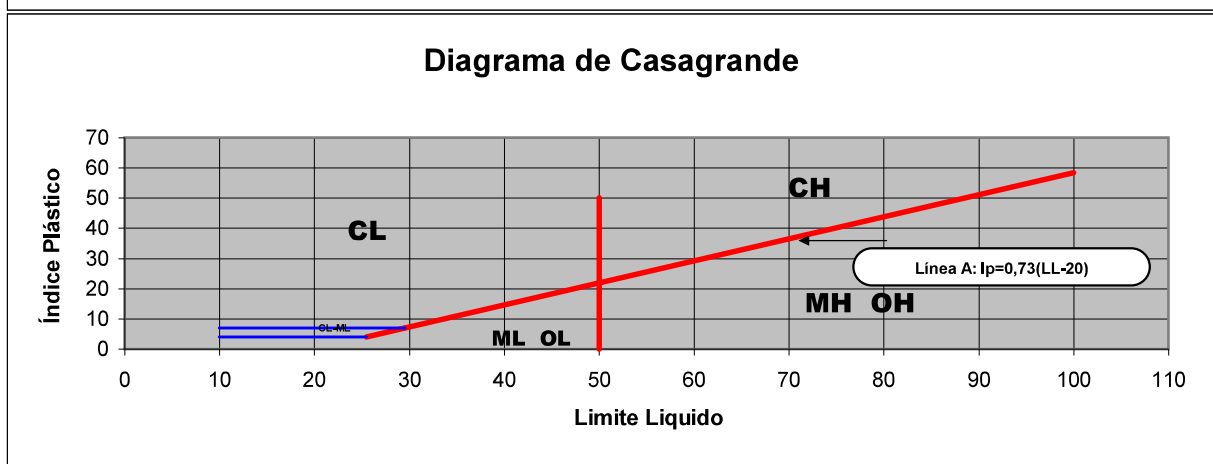
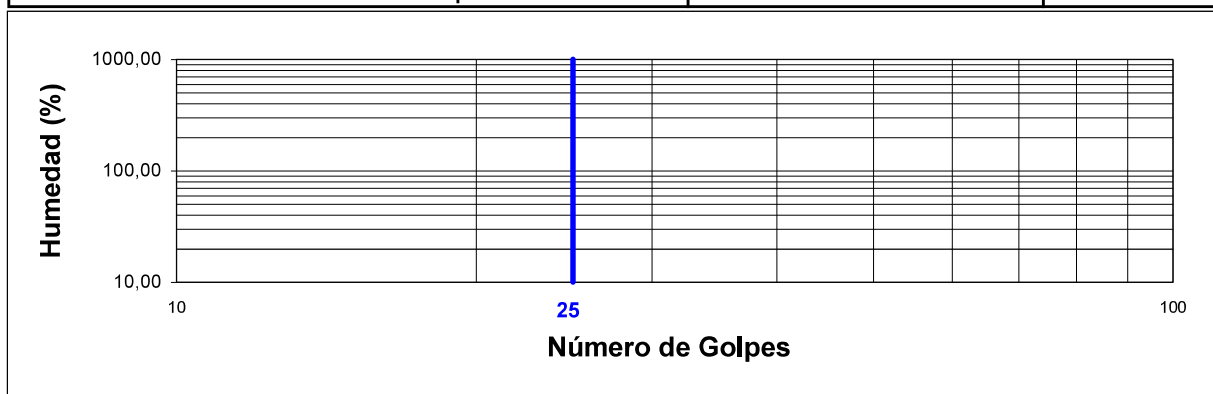
Limites de Atterberg

Designación: LL UNE 103-103
LP UNE 103-104

Muestra S1; M3
Profundidad: 5,70-6,10
Muestra(tipo) Inalterada

LL	
LP	
IP	NP

	Limite Liquido		Limite Plástico		
Descripción	1	2	1	2	Observaciones
Tara/recipiente					
No de golpes					
Peso tara+suelo húmedo (g)	NO PLÁSTICO				
Peso tara +suelo seco (g)					
Peso de tara (g)					
Peso suelo seco (g)					
Peso de agua (g)					
Humedad %					
	Limite Liquido		Limite Plástico		



Limite Liquido:	0,00	% pasa T 0,08	68,67	Clasificación USCS ML Limo no plástico
Limite Plástico:	0,00	% reten. T-2	0,15	
Índice Plástico:	NP	% reten. T-5	0,00	

Código de entrada: G-20037-21

Página: 13

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: 17/03/2021

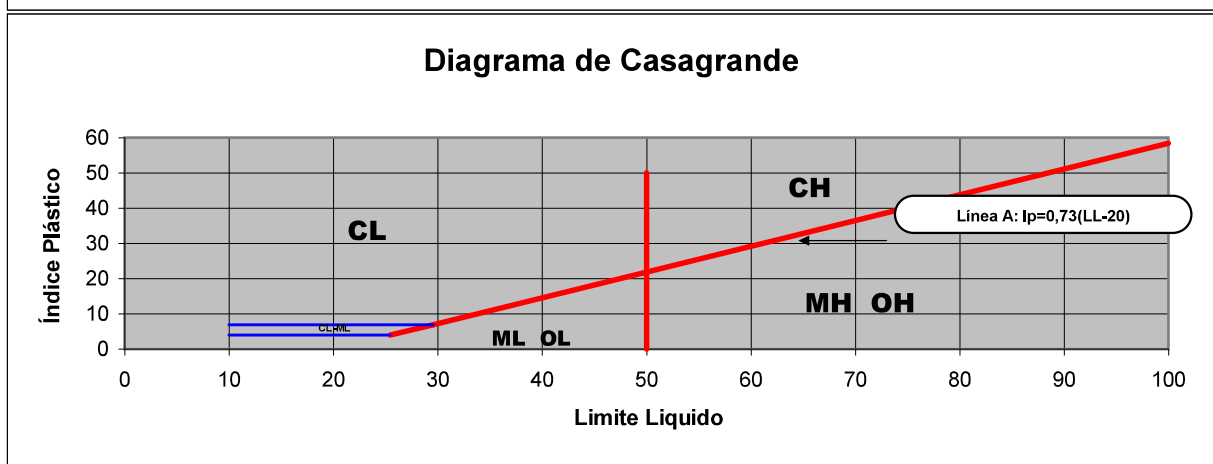
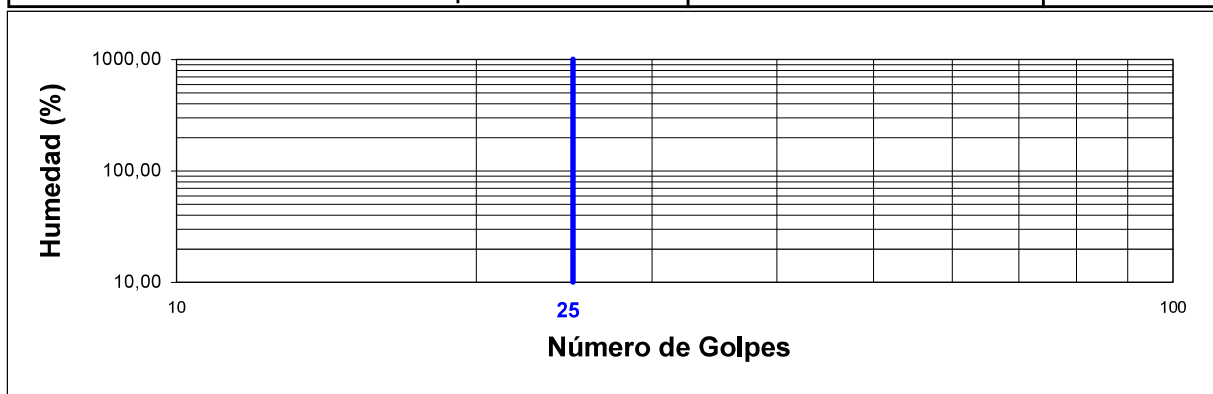
Limites de Atterberg

Designación: LL UNE 103-103
LP UNE 103-104

Muestra S1; M4
Profundidad: 6,10-6,40
Muestra(tipo) Testigo

LL	
LP	
IP	NP

	Limite Liquido		Limite Plástico		
Descripción	1	2	1	2	Observaciones
Tara/recipiente					
No de golpes					
Peso tara+suelo húmedo (g)	NO PLÁSTICO				
Peso tara +suelo seco (g)					
Peso de tara (g)					
Peso suelo seco (g)					
Peso de agua (g)					
Humedad %					
	Limite Liquido		Limite Plástico		



Limite Liquido:	0,00	% pasa T 0,08	57,11	Clasificación USCS ML Limo no plástico
Limite Plástico:	0,00	% reten. T-2	0,00	
Índice Plástico:	NP	% reten. T-5	0,00	

Código de entrada: G-20037-21

Página: 14

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: 17/03/2021

Limites de Atterberg

Designación:

LL UNE 103-103

LP UNE 103-104

Muestra

S1; M5

Profundidad:

9,00-9,30

Muestra(tipo)

Alterada

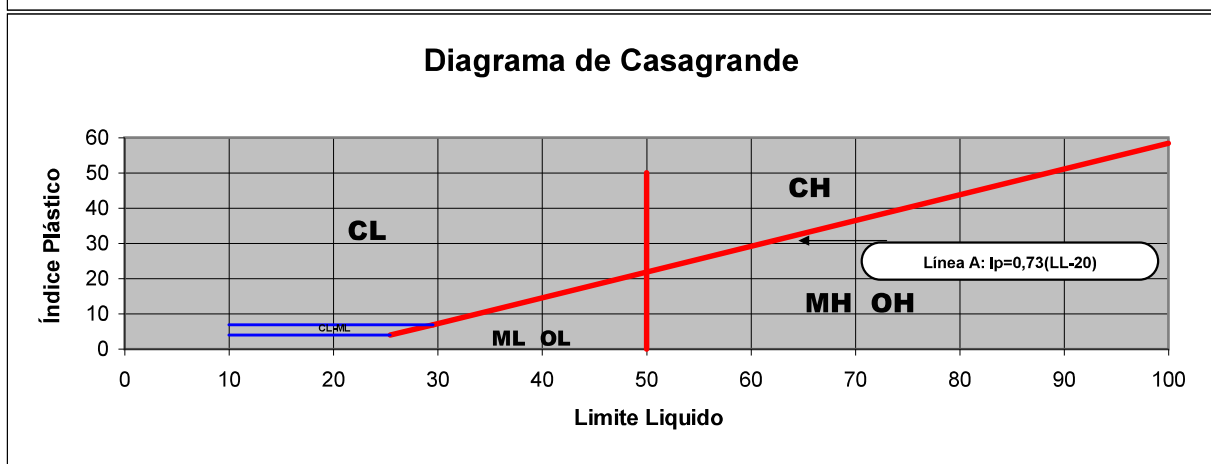
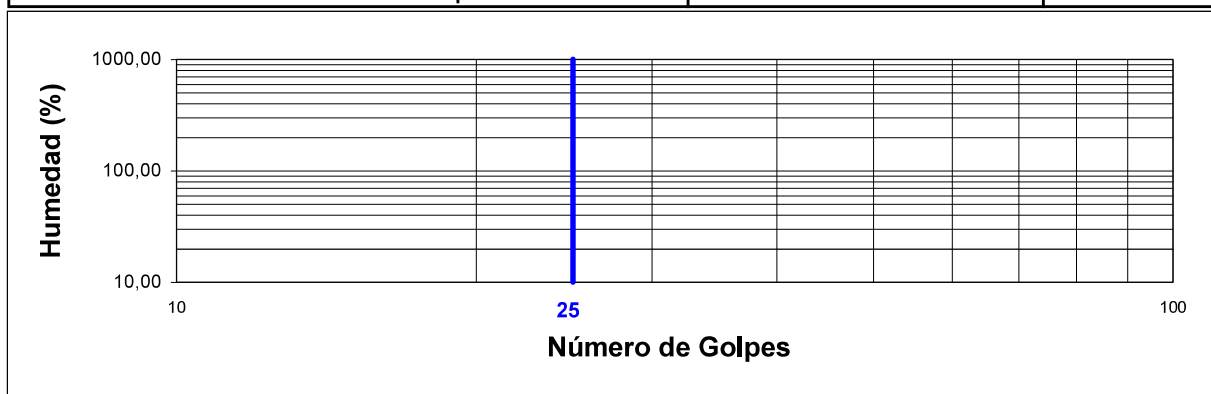
LL

LP

IP

NP

	Limite Liquido		Limite Plástico		
Descripción	1	2	1	2	Observaciones
Tara/recipiente					
No de golpes					
Peso tara+suelo húmedo (g)	NO PLÁSTICO				
Peso tara +suelo seco (g)					
Peso de tara (g)					
Peso suelo seco (g)					
Peso de agua (g)					
Humedad %					
	Limite Liquido		Limite Plástico		



Limite Liquido:	0,00	% pasa T 0,08	13,94	Clasificación USCS SP-SM Arena mal graduada limosa
Limite Plástico:	0,00	% reten. T-2	1,30	
Índice Plástico:	NP	% reten. T-5	0,47	

Código de entrada: G-20037-21

Página: 15

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: 17/03/2021

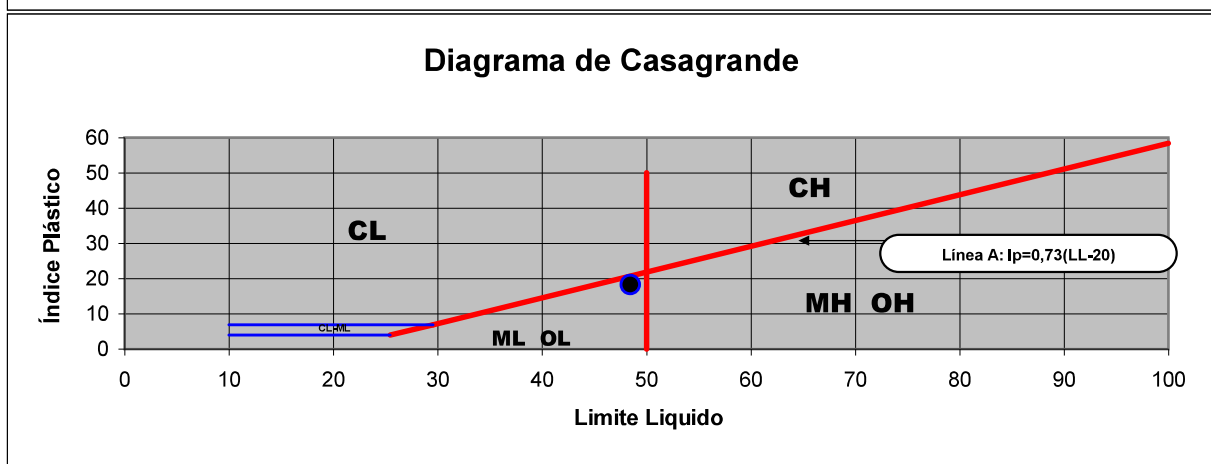
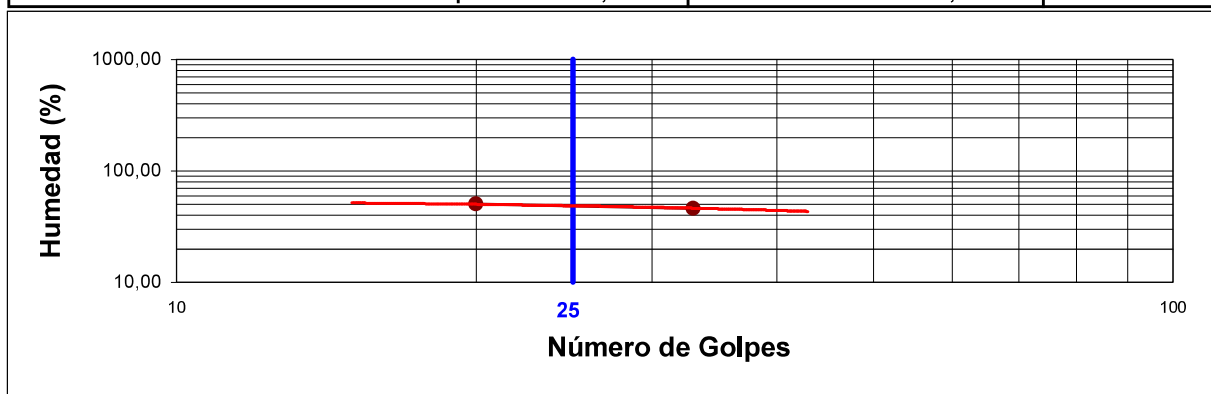
Limites de Atterberg

Designación: LL UNE 103-103
LP UNE 103-104

Muestra S1; M6
Profundidad: 13,50-13,80
Muestra(tipo) Testigo

LL	48,45
LP	30,19
IP	18,26

	Limite Liquido		Limite Plástico		
Descripción	1	2	1	2	Observaciones
Tara/recipiente	35	41	50	50	
No de golpes	33	20			
Peso tara+suelo húmedo (g)	35,86	33,70	32,79	31,12	
Peso tara +suelo seco (g)	28,50	26,70	30,85	29,55	
Peso de tara (g)	12,53	12,68	24,40	24,37	
Peso suelo seco (g)	15,97	14,02	6,45	5,18	
Peso de agua (g)	7,36	7,00	1,94	1,57	
Humedad %	46,09	49,93	30,08	30,31	
	Limite Liquido 48,45		Limite Plástico 30,19		



Limite Liquido:	48,45	% pasa T 0,08	94,28	Clasificación USCS ML Limo de baja plasticidad
Limite Plástico:	30,19	% reten. T-2	0,00	
Índice Plástico:	18,26	% reten. T-5	0,00	

Código de entrada: G-20037-21

Página: 16

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: 17/03/2021

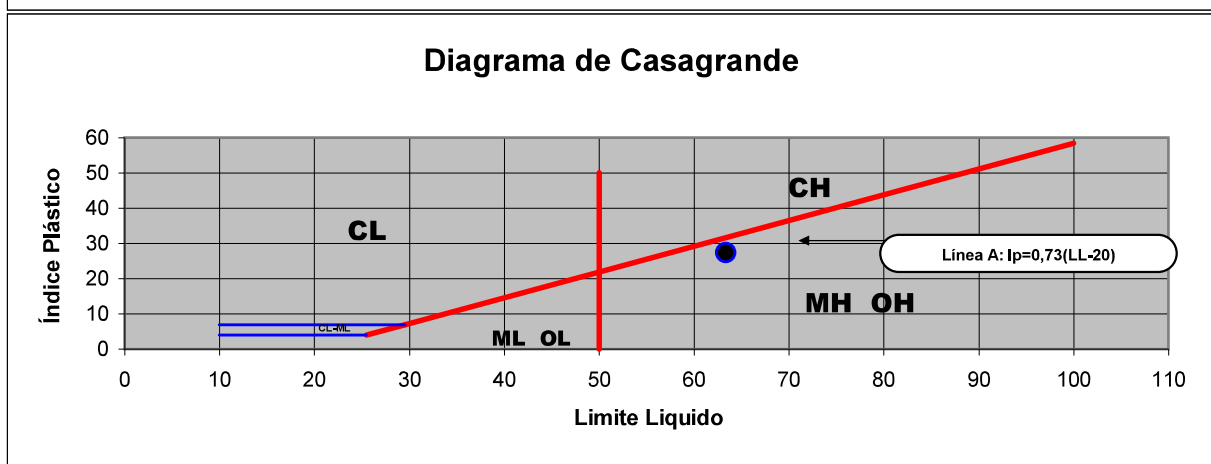
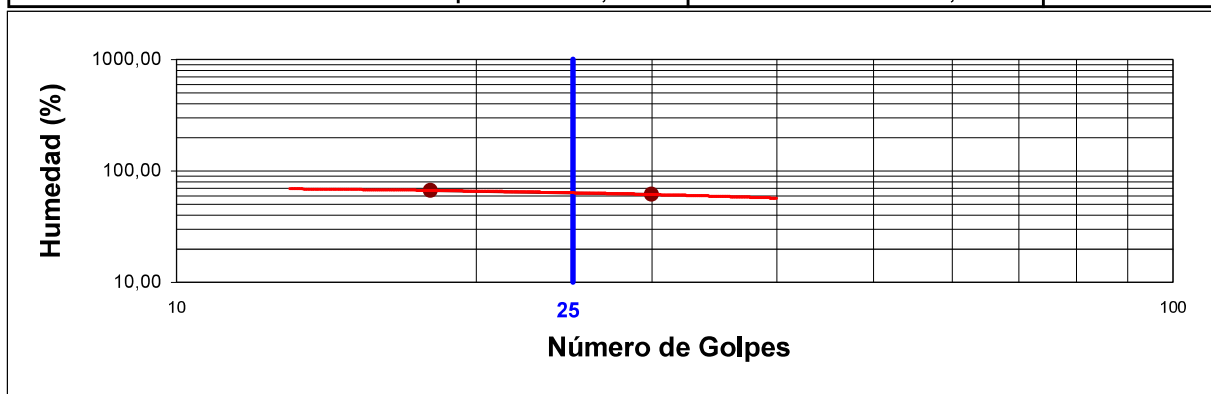
Limites de Atterberg

Designación: LL UNE 103-103
LP UNE 103-104

Muestra S1; M7
Profundidad: 14,50-14,70
Muestra(tipo) Testigo

LL	63,39
LP	36,14
IP	27,25

	Limite Liquido		Limite Plástico		
Descripción	1	2	1	2	Observaciones
Tara/recipiente	37	14	40	3	
No de golpes	30	18			
Peso tara+suelo húmedo (g)	39,54	35,36	32,98	30,28	
Peso tara +suelo seco (g)	29,40	26,30	30,67	28,65	
Peso de tara (g)	12,82	12,68	24,32	24,11	
Peso suelo seco (g)	16,58	13,62	6,35	4,54	
Peso de agua (g)	10,14	9,06	2,31	1,63	
Humedad %	61,16	66,52	36,38	35,90	
	Limite Liquido 63,39		Limite Plástico 36,14		



Limite Liquido:	63,39	% pasa T 0,08	73,38	Clasificación USCS MH Limo de alta plasticidad
Limite Plástico:	36,14	% reten. T-2	1,24	
Índice Plástico:	27,25	% reten. T-5	0,09	

Código: G-20037-21**Página:** 17**Dirección:** Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)**Provincia:** Madrid**Fecha:** 17/03/2021**Det. Cuantitativa del contenido de sulfatos solubles de un suelo**

Designación: UNE 83963:2008 Erratum

mg de SO_4^{-2} 898

Muestra Numero S1; M1
Profundidad muestreo 1,20-1,50
Tipo de Muestra Testigo

Descripción	Unidades	Ensayo 1	Ensayo 2	Grado de agresividad		
				Débil	Medio	Fuerte
Peso de suelo	(g)	50,01590	50,01670			
Peso de suelo	(kg)	5,00159E-02	5,00167E-02			
Crisol	(g)	22,8242	21,2786			
Crisol+precipitado	(g)	22,9291	21,392			
Precipitado de BaSO_4	(g)	0,10490	0,11340			
Precipitado de BaSO_4	(mg)	104,90000	113,40000			
mg de SO_4^{-2} /kg de suelo seco	(mg/kg suelo)	863,2623	933,1971			
Promedio	(mg/kg suelo)	898		2000-3000	3000-12000	> 12000

mg de SO_4^{-2} 691

Muestra Numero S1; M2
Profundidad muestreo 3,60-4,20
Tipo de Muestra Inalterada

Descripción	Unidades	Ensayo 1	Ensayo 2	Grado de agresividad		
				Débil	Medio	Fuerte
Peso de suelo	(g)	50,02200	50,02020			
Peso de suelo	(kg)	5,00220E-02	5,00202E-02			
Crisol	(g)	23,8594	23,7693			
Crisol+precipitado	(g)	23,9434	23,8533			
Precipitado de BaSO_4	(g)	0,08400	0,08400			
Precipitado de BaSO_4	(mg)	84,00000	84,00000			
mg de SO_4^{-2} /kg de suelo seco	(mg/kg suelo)	691,1839	691,2088			
Promedio	(mg/kg suelo)	691		2000-3000	3000-12000	> 12000

mg de SO_4^{-2} 644

Muestra Numero S1; M3
Profundidad muestreo 5,70-6,10
Tipo de Muestra Inalterada

Descripción	Unidades	Ensayo 1	Ensayo 2	Grado de agresividad		
				Débil	Medio	Fuerte
Peso de suelo	(g)	50,01380	50,00920			
Peso de suelo	(kg)	5,00138E-02	5,00092E-02			
Crisol	(g)	18,991	20,8095			
Crisol+precipitado	(g)	19,069	20,8879			
Precipitado de BaSO_4	(g)	0,07800	0,07840			
Precipitado de BaSO_4	(mg)	78,00000	78,40000			
mg de SO_4^{-2} /kg de suelo seco	(mg/kg suelo)	641,9188	645,2701			
Promedio	(mg/kg suelo)	644		2000-3000	3000-12000	> 12000

Código: G-20037-21**Página:** 18**Dirección:** Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)**Provincia:** Madrid**Fecha:** 17/03/2021**Det. Cuantitativa del contenido de sulfatos solubles de un suelo**

Designación: UNE 83963:2008 Erratum

mg de SO_4^{-2} 525

Muestra Numero S1; M4
Profundidad muestreo 6,10-6,40
Tipo de Muestra Testigo

Descripción	Unidades	Ensayo 1	Ensayo 2	Grado de agresividad		
				Débil	Medio	Fuerte
Peso de suelo	(g)	50,02730	50,02510			
Peso de suelo	(kg)	5,00273E-02	5,00251E-02			
Crisol	(g)	20,777	22,7698			
Crisol+precipitado	(g)	20,8407	22,8338			
Precipitado de BaSO_4	(g)	0,06370	0,06400			
Precipitado de BaSO_4	(mg)	63,70000	64,00000			
mg de SO_4^{-2} /kg de suelo seco	(mg/kg suelo)	524,0922	526,5837			
Promedio	(mg/kg suelo)	525		2000-3000	3000-12000	> 12000

mg de SO_4^{-2} 786

Muestra Numero S1; M6
Profundidad muestreo 13,50-13,80
Tipo de Muestra Testigo

Descripción	Unidades	Ensayo 1	Ensayo 2	Grado de agresividad		
				Débil	Medio	Fuerte
Peso de suelo	(g)	50,04540	50,04220			
Peso de suelo	(kg)	5,00454E-02	5,00422E-02			
Crisol	(g)	21,619	33,2196			
Crisol+precipitado	(g)	21,7146	33,3152			
Precipitado de BaSO_4	(g)	0,09560	0,09560			
Precipitado de BaSO_4	(mg)	95,60000	95,60000			
mg de SO_4^{-2} /kg de suelo seco	(mg/kg suelo)	786,2653	786,3155			
Promedio	(mg/kg suelo)	786		2000-3000	3000-12000	> 12000

mg de SO_4^{-2} 1570

Muestra Numero S1; M7
Profundidad muestreo 14,50-14,70
Tipo de Muestra Testigo

Descripción	Unidades	Ensayo 1	Ensayo 2	Grado de agresividad		
				Débil	Medio	Fuerte
Peso de suelo	(g)	50,02590	50,02660			
Peso de suelo	(kg)	5,00259E-02	5,00266E-02			
Crisol	(g)	21,9467	22,2429			
Crisol+precipitado	(g)	22,1387	22,4325			
Precipitado de BaSO_4	(g)	0,19200	0,18960			
Precipitado de BaSO_4	(mg)	192,00000	189,60000			
mg de SO_4^{-2} /kg de suelo seco	(mg/kg suelo)	1579,7257	1559,9573			
Promedio	(mg/kg suelo)	1570		2000-3000	3000-12000	> 12000

Código de entrada:

G-20037-21

Página: 19**Dirección:**

Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia:

Madrid

Fecha: 17/03/2021**Densidad de un Suelo: Método de la Balanza Hidrostática**

Designación: UNE-EN ISO 17892-3:1018

Características de la muestra

Sondeo/Calicata/otros

Profundidad(m):

Tipo de muestra:

--

Densidad de la parafina

Densidad de la parafina	(g/cm ³)				0,906
-------------------------	----------------------	--	--	--	-------

Humedad de la muestra (UNE-EN ISO 17892-1: 2015)

Designación		S1; M1	S1; M2	S1; M3	
Profundidad	(m)	1,20-1,50	3,60-4,20	5,70-6,10	
Tipo de muestra		Testigo	Inalterada	Inalterada	
Tara/recipiente	Nº	29	27	28	
Masa de tara	(g)	33,64	35,15	33,39	
Masa tara+suelo+agua	(g)	92,16	90,92	82,18	
Masa tara+suelo seco	(g)	73,34	79,78	73,01	
Masa del agua	(g)	18,82	11,14	9,17	
Masa de suelo seco	(g)	39,70	44,63	39,62	
Humedad	(%)	47,41	24,96	23,14	

Masa y determinación de Densidades (húmeda y seca)

Designación		S1; M1	S1; M2	S1; M3	
Masa de la muestra húmeda (al aire)	(g)	487,25	143,08	133,25	
Masa de la muestra húmeda parafinada (al aire)	(g)	507,55	152,59	142,21	
Masa de la parafina utilizada	(g)	20,30	9,51	8,96	
Volumen de la parafina utilizada	(cm ³)	22,406	10,497	9,890	
Masa de la muestra parafinada (sumergido)	(g)	196,26	64,32	62,61	
Volumen de la muestra húmeda	(cm ³)	288,88	77,77	69,71	
Densidad húmeda	(g/cm ³)	1,687	1,840	1,911	
Densidad seca	(g/cm ³)	1,144	1,472	1,552	

Observaciones.-

Código de entrada:

G-20037-21

Página: 20**Dirección:**

Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia:

Madrid

Fecha: 17/03/2021**Densidad de un Suelo: Método de la Balanza Hidrostática**

Designación: UNE-EN ISO 17892-3:1018

Características de la muestra

Sondeo/Calicata/otros

Profundidad(m):

Tipo de muestra:

--

Densidad de la parafina

Densidad de la parafina	(g/cm ³)				0,906
-------------------------	----------------------	--	--	--	-------

Humedad de la muestra (UNE-EN ISO 17892-1: 2015)

Designación		S1; M4	S1; M6	S1; M7	
Profundidad	(m)	6,10-6,40	13,50-13,80	14,50-14,70	
Tipo de muestra		Testigo	Testigo	Testigo	
Tara/recipiente	N°	30	81	84	
Masa de tara	(g)	34,19	34,68	34,23	
Masa tara+suelo+agua	(g)	97,16	93,89	90,44	
Masa tara+suelo seco	(g)	84,28	79,69	73,35	
Masa del agua	(g)	12,88	14,20	17,09	
Masa de suelo seco	(g)	50,09	45,01	39,12	
Humedad	(%)	25,71	31,55	43,69	

Masa y determinación de Densidades (húmeda y seca)

Designación		S1; M4	S1; M6	S1; M7	
Masa de la muestra húmeda (al aire)	(g)	397,49	450,67	399,80	
Masa de la muestra húmeda parafinada (al aire)	(g)	411,44	466,69	415,52	
Masa de la parafina utilizada	(g)	13,95	16,02	15,72	
Volumen de la parafina utilizada	(cm ³)	15,397	17,682	17,351	
Masa de la muestra parafinada (sumergido)	(g)	198,54	205,26	166,92	
Volumen de la muestra húmeda	(cm ³)	197,50	243,75	231,25	
Densidad húmeda	(g/cm ³)	2,013	1,849	1,729	
Densidad seca	(g/cm ³)	1,601	1,406	1,203	

Observaciones.-



Código de entrada: G-20037-21

Pagina: 21

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: #####

Datos de Ensayo Corte Directo CD (Consolidado y Drenado)

Designación: UNE 103-401

Muestra S1; M2

Profundidad: 3,60-4,20

Muestra(tipo) Inalterada

Fecha inicial: 09/03/21

Final: #####

N° de Probeta	Datos de consolidación				Datos de corte			
	P. de hinclamiento	P. de Consolidacion	Tiempo de Consolidacion		Velocidad	Presion V	Inundado	
	(kg/cm2)	(kg/cm2)	Inicial	Final	(mm/s)	(kg/cm2)	(si/no)	
Probeta N° 1	0,40	0,30	9:49:00	10:50:00	0,040	0,50	S	
Probeta N° 2	0,40	0,30	12:03:00	13:50:00	0,040	1,00	S	
Probeta N° 3	0,40	0,30	9:10:00	10:30:00	0,040	1,50	S	
Probeta N° 4								
N° de Probeta	Peso Sh+A	Humedad antes del ensayo				Peso		
		Tara	Peso Sh+tara	Peso tara	Peso Ss+tara	Humedad	húmedo	seco
Probeta N° 1	150,00	28	83,00	33,45	72,73	26,15	68,17	54,04
Probeta N° 2	150,76	26	92,23	33,48	79,92	26,51	68,93	54,49
Probeta N° 3	149,94	21	85,82	33,74	74,45	27,93	68,11	53,24
Probeta N° 4								
N° de Probeta	Peso Sh+A	Humedad despues del ensayo				Peso		
		Tara	Peso Sh+tara	Peso tara	Peso Ss+tara	Humedad	húmedo	seco
Probeta N° 1	151,99	83	104,60	33,92	88,36	29,83	70,16	54,04
Probeta N° 2	153,15	86	105,80	34,12	88,88	30,90	71,32	54,49
Probeta N° 3	152,12	81	105,55	34,86	88,40	32,03	70,29	53,24
Probeta N° 4								

Nº de Probeta	Diametro	Tension- deformacion			
		Altura	Tension de rotura (kPa)		Deformacion (%)
Probeta Nº 1	50,00	18,46	77,715		1,204
Probeta Nº 2	50,00	18,45	128,130		1,760
Probeta Nº 3	50,00	18,44	164,428		2,051
Probeta Nº 4					

Angulo de fricción(°)	41,22
Cohesión (kPa)	38,21

Código de entrada: G-20037-21

Pagina: 22

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: #####

Datos de Ensayo Corte Directo CD (Consolidado y Drenado)

Designación: UNE 103-401

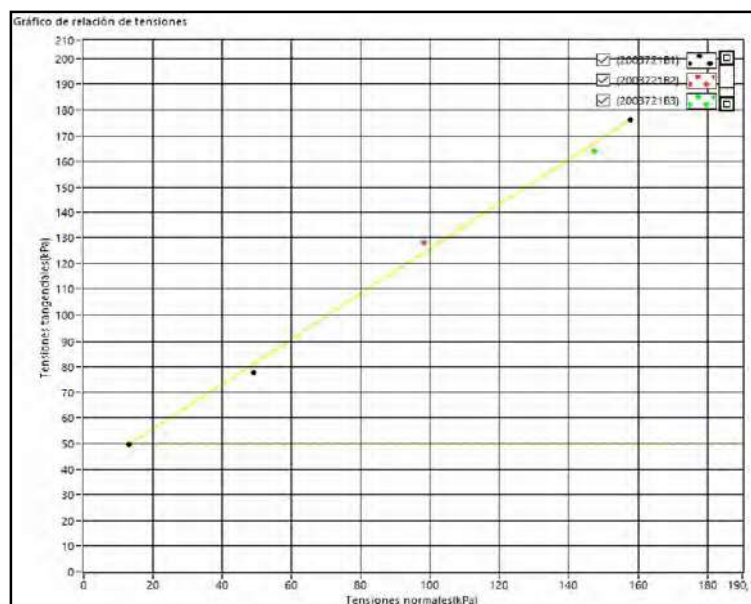
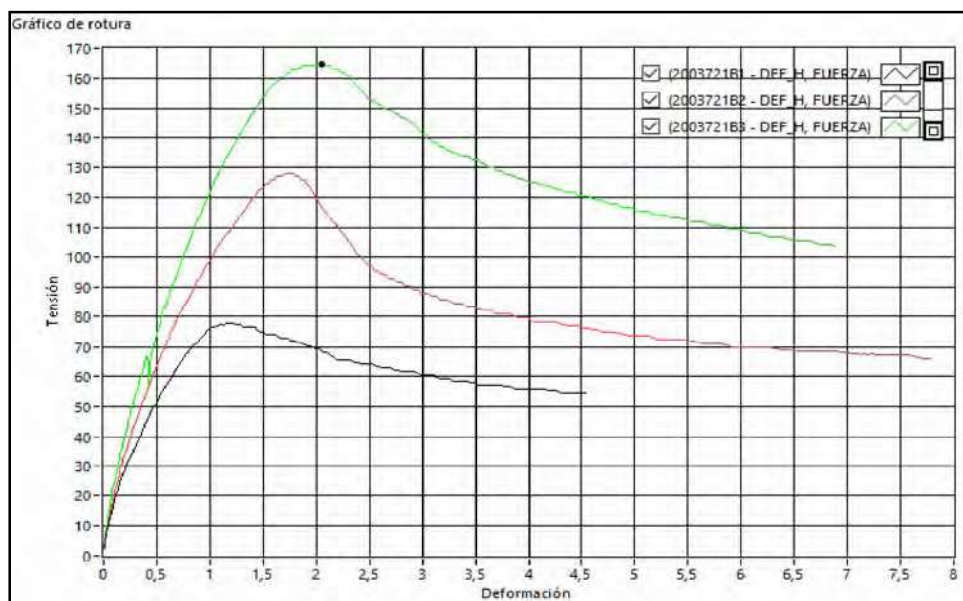
Muestra S1; M2

Profundidad: 3,60-4,20

Muestra(tipo) Inalterada

Fecha inicial: 09/03/21

Final: #####



Angulo de fricción(°)	41,22
Cohesión (kPa)	38,21

Código de entrada: G-20037-21**Pagina:** 23**Dirección:** Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)**Provincia:** Madrid**Fecha:** #####**Datos de Ensayo Corte Directo CD (Consolidado y Drenado)**

Designación: UNE 103-401

Muestra S1; M3**Profundidad:** 5,70-6,10**Muestra(tipo)** Inalterada**Fecha inicial:** 10/03/21**Final:** #####

N° de Probeta	Datos de consolidación				Datos de corte			
	P. de hinclamiento	P. de Consolidacion	Tiempo de Consolidacion		Velocidad	Presion V	Inundado	
	(kg/cm2)	(kg/cm2)	Inicial	Final	(mm/s)	(kg/cm2)	(si/no)	
Probeta N° 1	0,35	0,65	12:05:00	13:25:00	0,060	1,00	S	
Probeta N° 2	0,35	0,65	15:47:00	16:18:00	0,060	1,50	S	
Probeta N° 3	0,35	0,65	9:44:00	10:45:00	0,060	2,00	S	
Probeta N° 4								
N° de Probeta	Peso Sh+A	Humedad antes del ensayo				Peso		
		Tara	Peso Sh+tara	Peso tara	Peso Ss+tara	Humedad	húmedo	seco
Probeta N° 1	150,89	30	78,27	34,20	70,32	22,01	69,06	56,60
Probeta N° 2	152,76	27	97,85	35,15	86,62	21,82	70,93	58,23
Probeta N° 3	152,60	29	95,79	33,65	85,05	20,89	70,77	58,54
Probeta N° 4								
N° de Probeta	Peso Sh+A	Humedad despues del ensayo				Peso		
		Tara	Peso Sh+tara	Peso tara	Peso Ss+tara	Humedad	húmedo	seco
Probeta N° 1	153,78	86	106,45	34,17	91,03	27,12	71,95	56,60
Probeta N° 2	153,51	84	107,80	34,29	94,00	23,11	71,68	58,23
Probeta N° 3	154,68	83	107,95	34,33	93,49	24,44	72,85	58,54
Probeta N° 4								

Nº de Probeta	Diametro	Tension- deformacion			
		Altura	Tension de rotura (kPa)		Deformacion (%)
Probeta Nº 1	50,00	18,30	125,263		2,571
Probeta Nº 2	50,00	18,23	185,159		2,626
Probeta Nº 3	50,00	18,27	182,182		2,225
Probeta Nº 4					

Angulo de fricción(°)	30,08
Cohesión (kPa)	71,01

Código de entrada: G-20037-21

Pagina: 24

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: #####

Datos de Ensayo Corte Directo CD (Consolidado y Drenado)

Designación: UNE 103-401

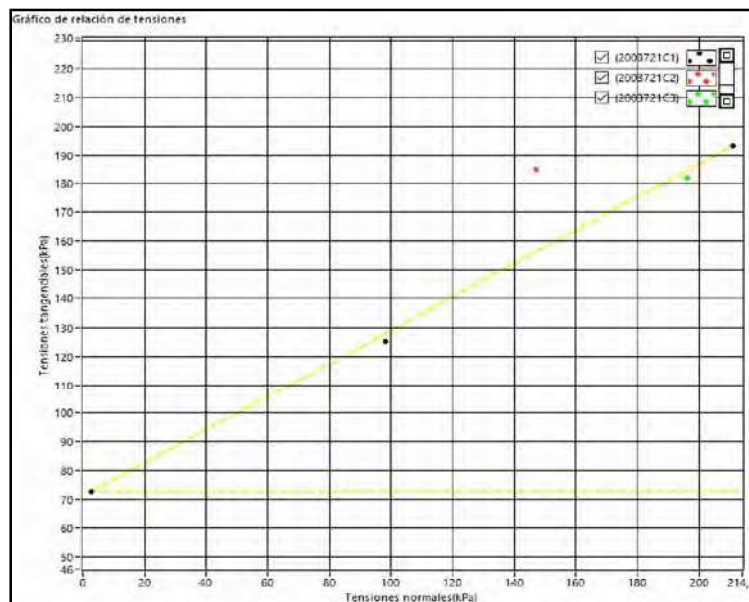
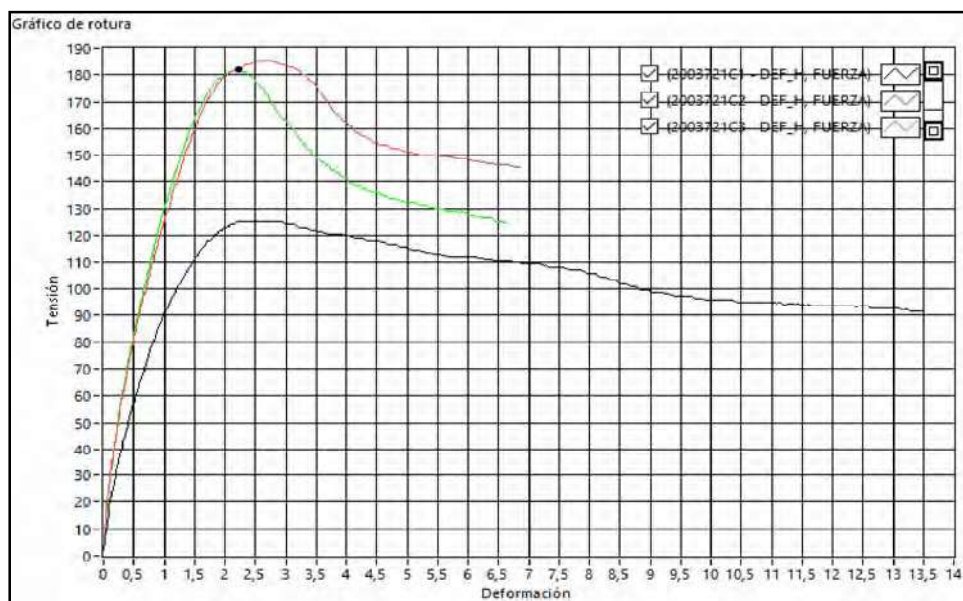
Muestra S1; M3

Profundidad: 5,70-6,10

Muestra(tipo) Inalterada

Fecha inicial: 10/03/21

Final: #####



Angulo de fricción(°)	30,08
Cohesión (kPa)	71,01

**Código de entrada:** G-20037-21**Pagina:** 25**Dirección:** Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)**Provincia:** Madrid**Fecha:** #####**Datos de Ensayo Corte Directo CD (Consolidado y Drenado)**

Designación: UNE 103-401

Muestra S1; M4**Profundidad:** 6,10-6,40**Muestra(tipo)** Testigo**Fecha inicial:** 11/03/21**Final:** #####

N° de Probeta	Datos de consolidación				Datos de corte			
	P. de hinclamiento	P. de Consolidacion	Tiempo de Consolidacion		Velocidad	Presion V	Inundado	
	(kg/cm2)	(kg/cm2)	Inicial	Final	(mm/s)	(kg/cm2)	(si/no)	
Probeta N° 1	0,60	0,60	12:29:00	14:00:00	0,040	0,50	S	
Probeta N° 2	0,60	0,60	15:53:00	16:50:00	0,040	1,00	S	
Probeta N° 3	0,60	0,60	9:16:00	11:10:00	0,040	1,50	S	
Probeta N° 4								
N° de Probeta	Peso Sh+A	Humedad antes del ensayo				Peso		
		Tara	Peso Sh+tara	Peso tara	Peso Ss+tara	Humedad	húmedo	seco
Probeta N° 1	150,70	26	98,26	33,48	84,22	27,67	68,87	53,94
Probeta N° 2	150,70	21	94,97	33,75	81,90	27,14	68,87	54,17
Probeta N° 3	151,82	76	96,58	34,38	83,92	25,56	69,99	55,74
Probeta N° 4								
N° de Probeta	Peso Sh+A	Humedad despues del ensayo				Peso		
		Tara	Peso Sh+tara	Peso tara	Peso Ss+tara	Humedad	húmedo	seco
Probeta N° 1	153,43	87	105,67	34,51	88,12	32,74	71,60	53,94
Probeta N° 2	153,35	82	103,95	33,02	86,74	32,04	71,52	54,17
Probeta N° 3	153,98	86	106,55	34,03	90,06	29,43	72,15	55,74
Probeta N° 4								

Nº de Probeta	Diametro	Tension- deformacion			
		Altura	Tension de rotura (kPa)		Deformacion (%)
Probeta Nº 1	50,00	18,40	56,243		0,644
Probeta Nº 2	50,00	18,39	121,501		1,481
Probeta Nº 3	50,00	18,34	149,517		1,851
Probeta Nº 4					

Angulo de fricción(°)	29,79
Cohesión (kPa)	64,01

Código de entrada: G-20037-21

Página: 26

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: #####

Datos de Ensayo Corte Directo CD (Consolidado y Drenado)

Designación: UNE 103-401

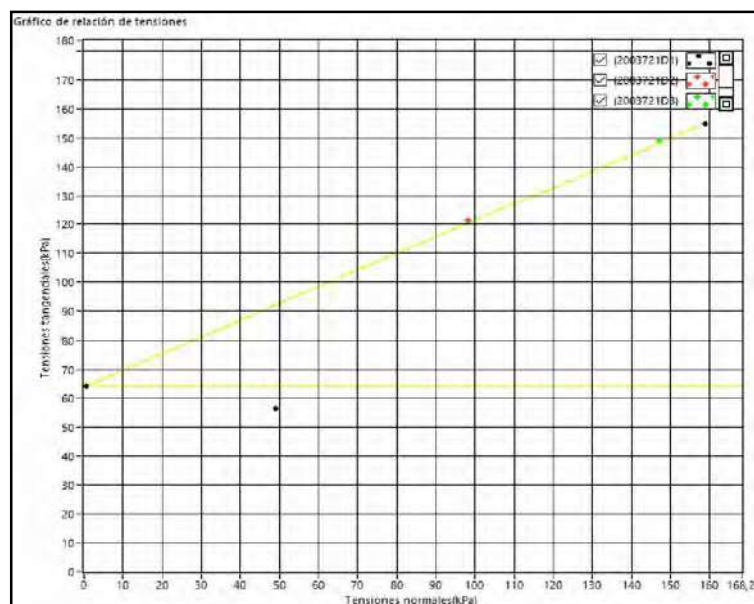
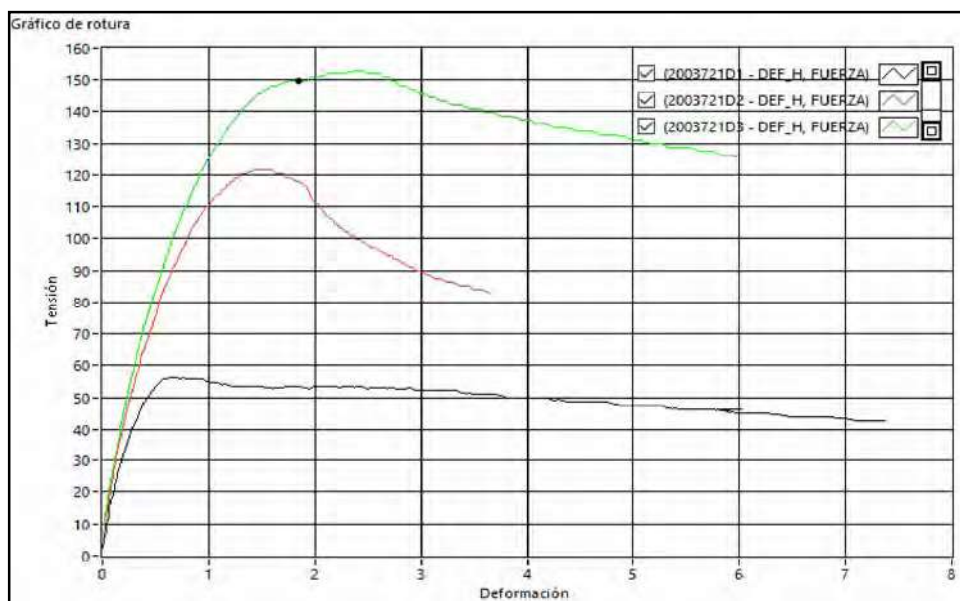
Muestra S1; M4

Profundidad: 6,10-6,40

Muestra(tipo) Testigo

Fecha inicial: 11/03/21

Final: #####



Angulo de fricción(°)	29,79
Cohesión (kPa)	64,01



Código de entrada: G-20037-21

Pagina: 27

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: #####

Datos de Ensayo Corte Directo CD (Consolidado y Drenado)

Designación: UNE 103-401

Muestra S1; M6

Profundidad: 13,50-13,80

Muestra(tipo) Testigo

Fecha inicial: 15/03/21

Final: #####

N° de Probeta	Datos de consolidación				Datos de corte			
	P. de hinclamiento	P. de Consolidacion	Tiempo de Consolidacion		Velocidad	Presion V	Inundado	
	(kg/cm2)	(kg/cm2)	Inicial	Final	(mm/s)	(kg/cm2)	(si/no)	
Probeta N° 1	0,50	0,45	9:29:00	10:40:00	0,040	1,00	S	
Probeta N° 2	0,50	0,45	12:18:00	13:45:00	0,040	2,00	S	
Probeta N° 3	0,50	0,45	15:36:00	16:30:00	0,040	3,00	S	
Probeta N° 4								
N° de Probeta	Peso Sh+A	Humedad antes del ensayo				Peso		
		Tara	Peso Sh+tara	Peso tara	Peso Ss+tara	Humedad	húmedo	seco
Probeta N° 1	148,66	27	94,34	35,14	82,33	25,45	66,83	53,27
Probeta N° 2	145,95	30	93,82	34,18	79,96	30,28	64,12	49,22
Probeta N° 3	147,04	29	96,77	33,64	83,08	27,69	65,21	51,07
Probeta N° 4								
N° de Probeta	Peso Sh+A	Humedad despues del ensayo				Peso		
		Tara	Peso Sh+tara	Peso tara	Peso Ss+tara	Humedad	húmedo	seco
Probeta N° 1	151,46	86	104,49	34,09	87,95	30,71	69,63	53,27
Probeta N° 2	148,79	81	102,68	34,68	84,66	36,05	66,96	49,22
Probeta N° 3	150,88	84	102,84	34,23	84,97	35,22	69,05	51,07
Probeta N° 4								

Nº de Probeta	Diametro	Tension- deformacion			
		Altura	Tension de rotura (kPa)		Deformacion (%)
Probeta Nº 1	50,00	18,37	145,791		1,938
Probeta Nº 2	50,00	18,34	153,105		2,751
Probeta Nº 3	50,00	18,32	168,899		3,701
Probeta Nº 4					

Angulo de fricción(°)	9,05
Cohesión (kPa)	119,73

Código de entrada: G-20037-21

Pagina: 28

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

Provincia: Madrid

Fecha: #####

Datos de Ensayo Corte Directo CD (Consolidado y Drenado)

Designación: UNE 103-401

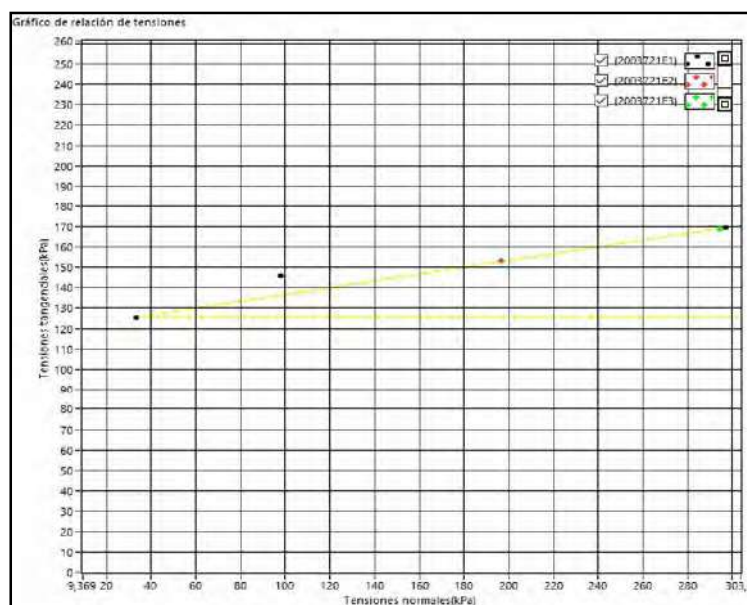
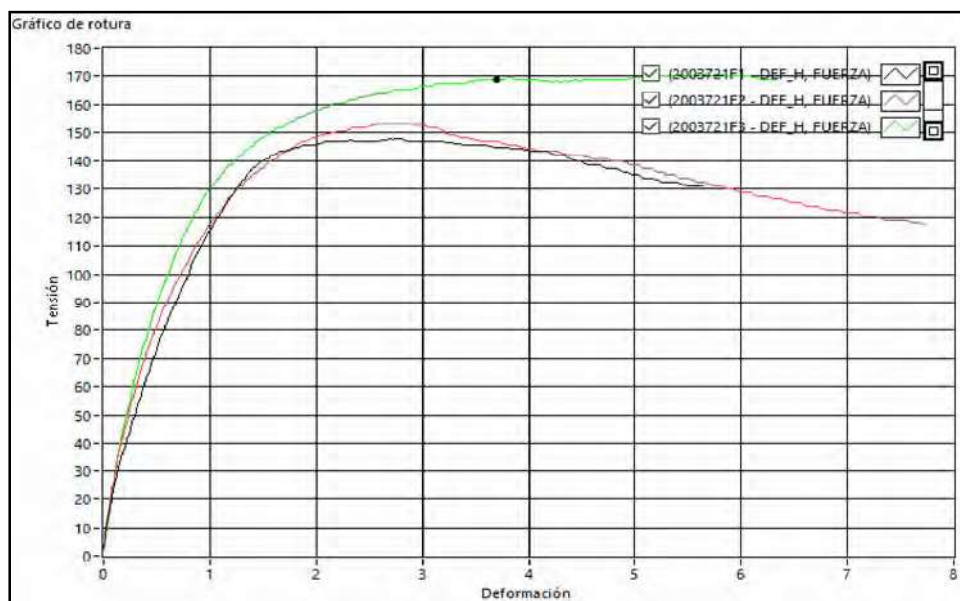
Muestra S1; M6

Profundidad: 13,50-13,80

Muestra(tipo) Testigo

Fecha inicial: 15/03/21

Final: #####



Angulo de fricción(°)	9,05
Cohesión (kPa)	119,73

Código de entrada: G-20037-21

Página: 29

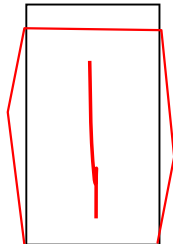
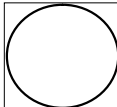
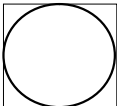

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

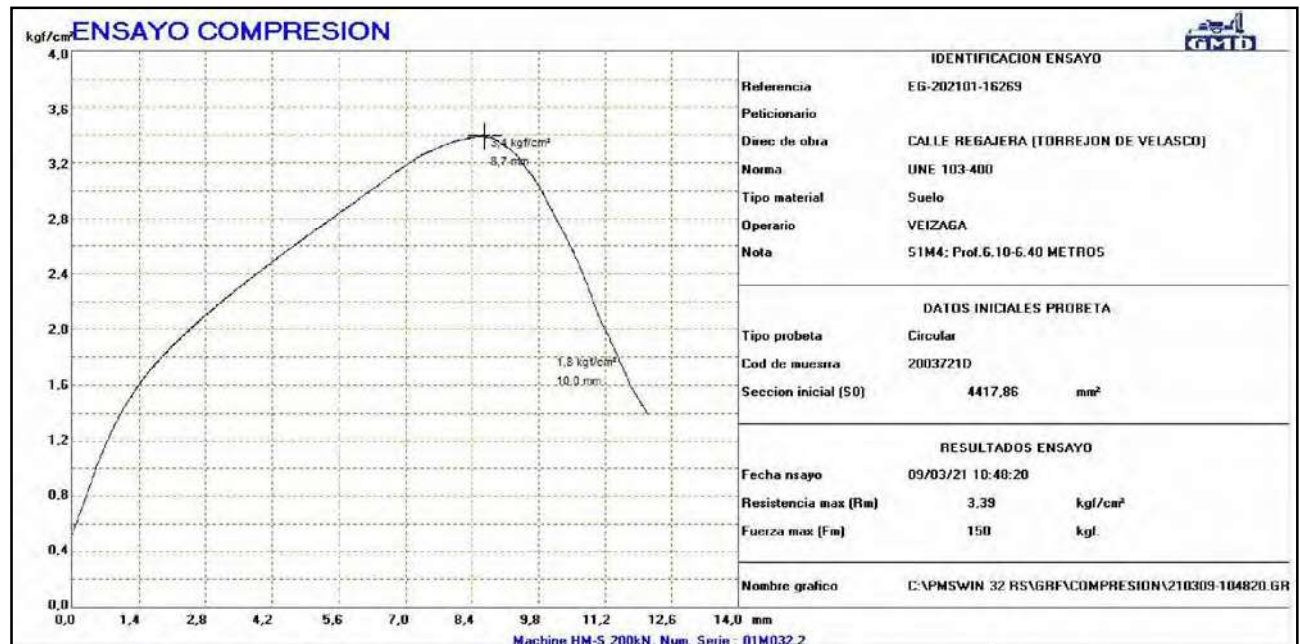
Provincia: Madrid

Fecha: 17-3-21

Propiedades mecánicas de suelos / rocas

Compresión uniaxial UNE 22-950-90 (Rocas); UNE 103-400-93(Suelos)

Designación de muestra: S1; M4			Fecha: 09-03-21			
Tipo de muestra: Testigo			Profundidad: 6,10-6,40			
Humedad natural		Observaciones probeta			Forma de rotura 	
Peso de tara (gr)		Área superior:	X			
Peso suelo húmedo(gr)		Circular plana				
Peso seco(gr)		Sup. irregular				
Humedad (%)	20,24	Desconchado				
Datos de Probeta		Área inferior:	X			
Diámetro (mm)	75,00	Circular plana				
Altura (mm)	153,00	Sup. irregular				
Área (cm2)	44,179	Desconchado				
Volumen (cm3)	675,933	Área lateral		Transversal		
Peso probeta(gr)	1286,71	Regular plano		X	Diagonal	
Densidad aparente (gr/cm3)	1,904	Con oquedades			Longitudinal	x
Densidad seca (gr/cm3)	1,583	Manchas			Aplastamiento	X
Fuerza de rotura (kg)	150,00	Grietas			Otros	
Presión de rotura (kg/cm2)	3,40	Testigo curvo				
Deformación (mm)	8,70	Otros				



Código de entrada: G-20037-21

Página: 30

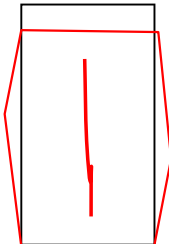
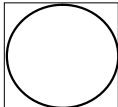
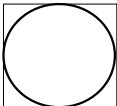

Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

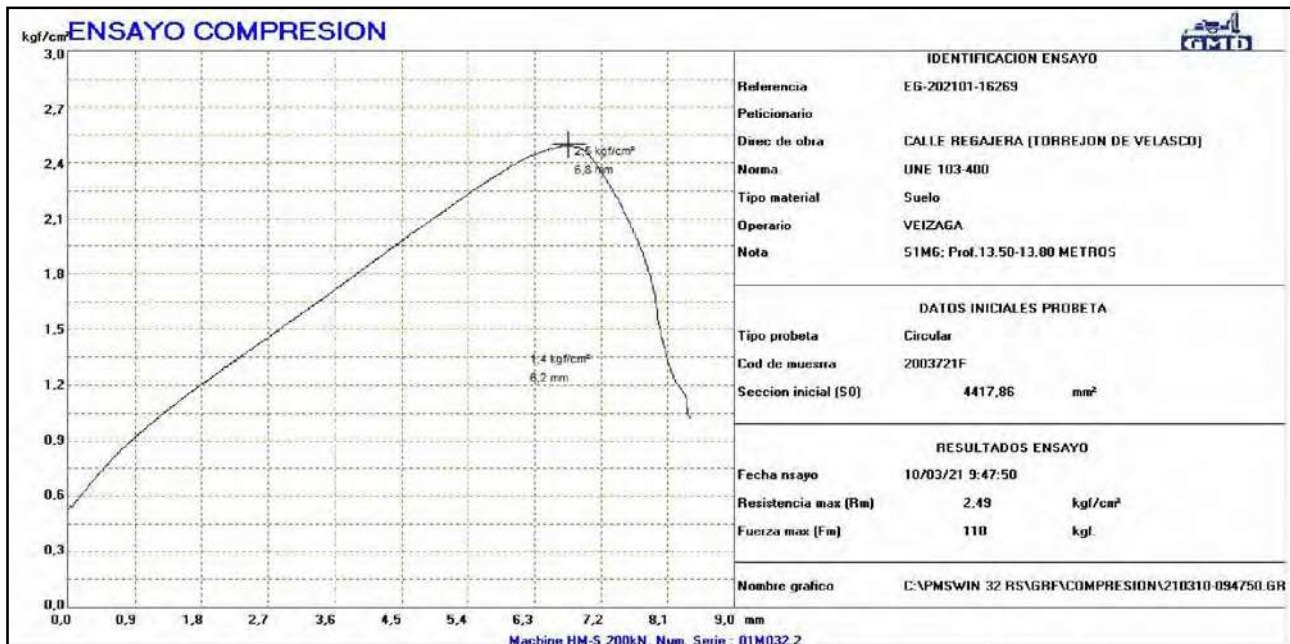
Provincia: Madrid

Fecha: 17-3-21

Propiedades mecánicas de suelos / rocas

Compresión uniaxial UNE 22-950-90 (Rocas); UNE 103-400-93(Suelos)

Designación de muestra: S1; M6			Fecha: 09-03-21			
Tipo de muestra: Testigo			Profundidad: 13,50-13,80			
Humedad natural		Observaciones probeta			Forma de rotura 	
Peso de tara (gr)		Área superior:	X			
Peso suelo húmedo(gr)		Circular plana				
Peso seco(gr)		Sup. irregular				
Humedad (%)	27,30	Desconchado				
Datos de Probeta		Área inferior:	X			
Diámetro (mm)	75,00	Circular plana				
Altura (mm)	151,00	Sup. irregular				
Área (cm2)	44,179	Desconchado				
Volumen (cm3)	667,098	Área lateral	X			Transversal
Peso probeta(gr)	1207,98	Regular plano			Diagonal	x
Densidad aparente (gr/cm3)	1,811	Con oquedades			Longitudinal	
Densidad seca (gr/cm3)	1,422	Manchas			Aplastamiento	x
Fuerza de rotura (kg)	110,00	Grietas			Otros	
Presión de rotura (kg/cm2)	2,49	Testigo curvo				
Deformación (mm)	6,80	Otros				



Código de entrada: G-20037-21

Página: 31

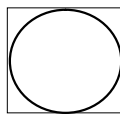
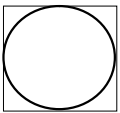
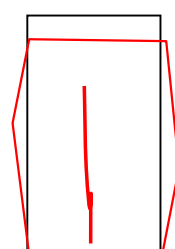
Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)

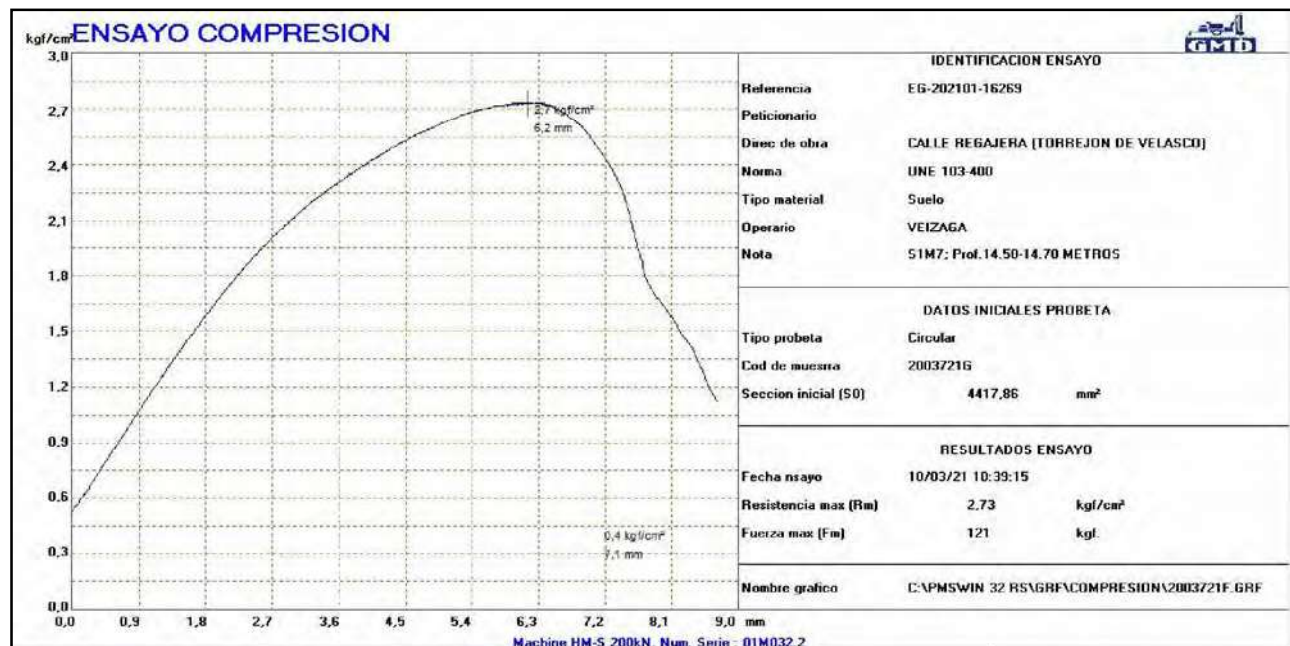
Provincia: Madrid

Fecha: 17-3-21

Propiedades mecánicas de suelos / rocas

Compresión uniaxial UNE 22-950-90 (Rocas); UNE 103-400-93(Suelos)

Designación de muestra: S1; M7		Fecha: 10-03-21		
Tipo de muestra: Testigo		Profundidad: 14,50-14,70		
Humedad natural		Observaciones probeta		
Peso de tara (gr)		Área superior:		
Peso suelo húmedo(gr)		Circular plana		
Peso seco(gr)		Sup. irregular		
Humedad (%)	39,44	Desconchado		
Datos de Probeta		Forma de rotura		
Diámetro (mm)	75,00	Área inferior:		
Altura (mm)	153,00	Circular plana		
Área (cm2)	44,179	Sup. irregular		
Volumen (cm3)	675,933	Desconchado		
Peso probeta(gr)	1146,26	Área lateral		
Densidad aparente (gr/cm3)	1,696	Regular plano		Transversal
Densidad seca (gr/cm3)	1,216	Con oquedades		Diagonal
Fuerza de rotura (kg)	121,00	Manchas		Longitudinal
Presión de rotura (kg/cm2)	2,74	Grietas		Aplastamiento
Deformación (mm)	6,20	Testigo curvo		Otros
		Otros		



Código de entrada: G-20037-21
Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)
Provincia: Madrid

Página: 32

Fecha: 17-03-21

Presión de hinchamiento en Edómetro

Designación: UNE 103-602

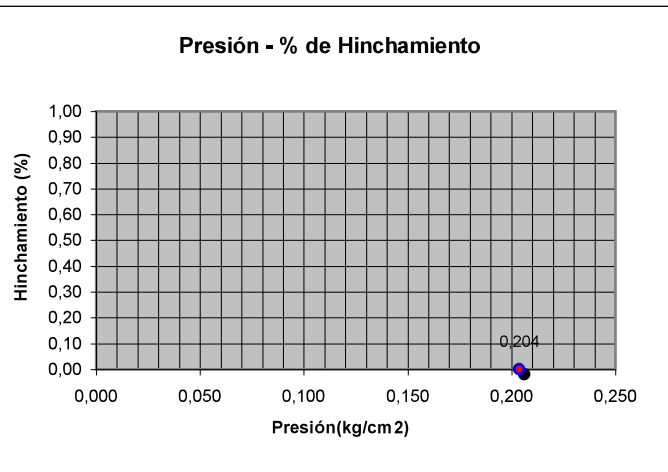
Sondeo/Calicata/otros: S1; M1
Profundidad(m): 1,20-1,50
Tipo de muestra: Testigo

Humedad nat. % p/T-0,08
LL % p/T-5
LP USCS

Presión de hinch.(kg/cm²) 0,20
Hinchamiento libre %

Datos de la muestra ensayada:

Descripción	Unidades	
Molde		III
Diámetro del molde	(mm)	50,00
Altura del molde	(mm)	20,00
Area del molde	(mm ²)	1963,50
Volumen del molde	(mm ³)	39269,91
Peso del molde	(gr)	86,40
Peso de muestra + molde antes ensayo	(gr)	151,91
Peso de muestra después del ensayo	(gr)	154,48
Peso seco de la muestra	(gr)	132,42
Humedad inicial	(%)	42,35
Humedad final	(%)	47,94
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	1,668
Densidad seca	(gr/cm ³)	1,172



Periodo de carga				Periodo de descarga					
Fecha/hora	Peso en el Colgadero	Fuerza s/muestra	Presión Ejercido	Fecha/hora	Presión (kg/cm ²)	Fuerza (kg)	Pesa en colgadero	Lectura comparador	Porcentaje Hinchamien.
11-3-21 13:00	0,10	1,00	0,051						
13:02	0,30	3,00	0,153	11-3-21 17:00	Ph	0,204	4,00	0,4	0,000
13:09	0,30	3,00	0,153						
13:46	0,40	4,00	0,204						
15:22	0,40	4,00	0,204						
16:30	0,40	4,00	0,204						
11-3-21 17:00	0,40	4,00	0,204						

Observaciones.-

GMD

**Estudios Geotécnicos
y Control de Materiales**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Código de entrada: G-20037-21 **Pagina:** 33
Dirección: Calle Real y calle Regajera (Torrejón de Velasco)
Provincia: Madrid **Fecha:** 17/03/21

Este anejo de resultados de Ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos consta de 33 hojas(incluida esta pagina)numeradas de 1 al 33 y selladas.

Este Anejo no deberá reproducirse total o parcialmente sin la aprobación por escrito de **GEOTECNIA Y MEDIOAMBIENTE 2000, S.L.**

Este Anejo de Ensayos no contiene ningún consejo o recomendación derivado de los resultados de los ensayos.

Este Anejo de Ensayos solo afecta a las muestras sometidas al ensayo.

Fecha: 17/03/21



Fdo.: Alfredo Comendador Colorado
DIRECTOR DE LABORATORIO

Fdo.: Margarita Arroyo Zamarrón
JEFE LABORATORIO ÁREA GTL

GEOTECNIA Y MEDIOAMBIENTE 2000, S.L.

EH: Control del hormigón, sus componentes y de las armaduras de acero

GT: Sondeos, toma de muestras y ensayos "in-situ" para reconocimientos geotécnicos y ensayos de laboratorio de geotecnia.

EFA: Control de morteros para albañilería

EA: Control de la soldadura de perfiles estructurales de acero



C/ Adelfa 11; Pol. Industrial Los
Calahorros IV
28970 Humanes de Madrid
http://www.geotecnia.org
e-mail: gmd@geotecnia.org
Teléfono: F

OBRA:

Dirección de la Obra:	C/ REAL Nº 3, TORREJON DE VELASCO		
Provincia:	MADRID		
Referencia Informe:	EG-202102/16269	Nº de Muestra:	AG-3013-21
Tipo de agua-Puntos recogida:		Fecha recogida:	03/03/2021
Profundidad de muestreo:	S-1 5,20 M		

Página: 1 de 2

Grado potencial de agresividad de un agua al hormigón Tabla 8.2.3.b EHE-08

ANÁLISIS DEL AGUA		GRADO DE AGRESIVIDAD		
PARÁMETRO	RESULTADO ENSAYO	DÉBIL (Qa)	MEDIO (Qb)	FUERTE (Qc)
VALOR DEL pH	7,4	6.5 - 5.5	5.5 - 4.5	< 4.5
MAGNESIO (mg Mg ²⁺ / l)	17,5	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
AMONIO (mg NH ₄ ⁺ / l)	<15	15 - 30	30 - 60	> 60
SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ / l)	1310,1	200 - 600	600 - 3000	> 3000
CO ₂ AGRESIVO (mg CO ₂ / l)	-	15 - 40	40 - 100	> 100
RESIDUO SECO (mg / l)	2771,0	75 - 150	50 - 75	< 50

Normativa: pH (UNE 83952:08), Magnesio (UNE 83955:2008), Amonio (UNE 83954:08), Sulfato (UNE 83956:08), CO₂ agresivo (UNE-EN 13577), Residuo seco (UNE 83957:08)

EVALUACION:

AGRESIVIDAD MEDIA AL HORMIGON

Observaciones:

GEOTECNIA Y MEDIOAMBIENTE 2000 S.L.
C.I.F. B-82644477
C/ ADELFA, 11 - 28970 HUMANES
TELF:
FAX:

Estudios Geotécnicos

Ensayos para el Control de Calidad: EH (hormigones, áridos, aguas, armaduras pasivas, mallas electrosoldadas, cementos, etc), EA (Inspección por líquidos penetrantes y ultrasonidos), EFA (Morteros para albañilería, revoco y enlucido). GT (Identificación y estado de suelos, resistencia y deformación de suelos, agresividad de suelos, resistencia y deformación de rocas, agresividad del agua al hormigón, toma de muestras in situ, penetración dinámica, carga con placa estática, resistencia y determinación de permeabilidad de suelos)

Registro General de Laboratorios de Ensayo para la Calidad de la Edificación: MAD-L-002
Inscripción en CC.AA: MAD-L-128



C/ Adelfa 11
Pol. Industrial Los Calahorros IV
28970 Humanes de Madrid
http:// www.geotecnia.org
e-mail: gmd@geotecnia.org
Teléfono: F: [REDACTED]

ÁREA DE ENSAYOS DE LABORATORIO DE GEOTÉCNIA (GTL)

Referencia: EG-202102/16269 Página: 2 de 2
Dirección: C/ REAL Nº 3, TORREJON DE VELASCO
Provincia: MADRID Fecha: 15-03-21

Este anejo de resultados de Ensayos de Laboratorio de Geotécnia consta de 2 hojas (incluida esta página) numeradas de 1 al 2 y selladas.

Este Anejo no deberá reproducirse total o parcialmente sin la aprobación por escrito de **GEOTÉCNIA Y MEDIOAMBIENTE 2000, S.L.**

Este Anejo de Ensayos no contiene ningún consejo o recomendación derivado de los resultados de los ensayos.

Este Anejo de Ensayos solo afecta a las muestras sometidas al ensayo.



DÑA. MARGARITA ARROYO ZAMARRÓN
JEFE DE ÁREA GTL

D. ALFREDO COMENDADOR COLORADO
DIRECTOR DE LABORATORIO

Estudios Geotécnicos

Ensayos para el Control de Calidad: EH (hormigones, áridos, aguas, armaduras pasivas, mallas electrosoldadas, cementos, etc), EA (Inspección por líquidos penetrantes y ultrasonidos), EFA (Morteros para albañilería, revoco y enlucido). GT (Identificación y estado de suelos, resistencia y deformación de suelos, agresividad de suelos, resistencia y deformación de rocas, agresividad del agua al hormigón, toma de muestras in situ, penetración dinámica, carga con placa estática, resistencia y determinación de permeabilidad de suelos)

Registro General de Laboratorios de Ensayo para la Calidad de la Edificación: MAD-L-002

Inscripción en CC.AA: MAD-L-128



Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org

www.geotecnia.org

ANEJO Nº5.- FOTOGRAFÍAS DE TRABAJOS DE CAMPO



Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org



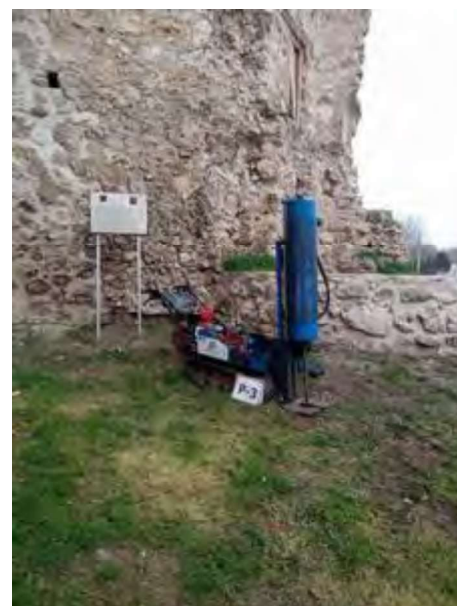
www.geotecnia.org



Ensayo de penetración dinámica P1



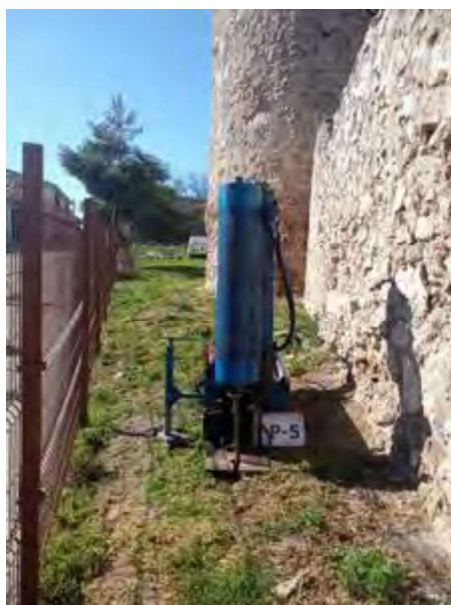
Ensayo de penetración dinámica P2



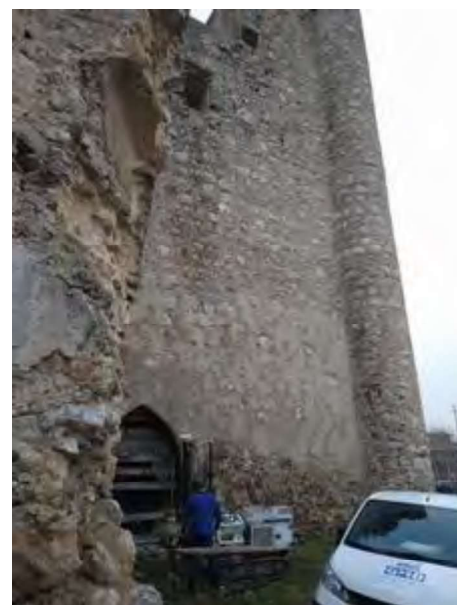
Ensayo de penetración dinámica P3



Ensayo de penetración dinámica P4



Ensayo de penetración dinámica P5



Sondeo mecánico S1



Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org

www.geotecnia.org

BIBLIOGRAFÍA



Estudios Geotécnicos y
Control de Materiales



gmd@geotecnia.org

www.geotecnia.org

BIBLIOGRAFIA

AENOR, (2001). EDIFICACIÓN. PARTICIONES. Manual de Normas UNE-EN., Ed. AENOR, abril - Madrid.

AENOR, (1999). GEOTECNIA: *Ensayos de Campo y de Laboratorio*. Ed. AENOR, Madrid.

AENOR, (1999). GEOTECNIA: *Hormigón Estructural*. Tomo 3. Ed. AENOR, Madrid.

AENOR, (1999). EUROCÓDIGO 7. PROYECTO GEOTÉCNICO, PARTE 1, 2 y 3: REGLAS GENERALES. ENSAYOS DE LABORATORIO. ENSAYOS "IN SITU". Ed. AENOR, Madrid.

CTE (2006), Código Técnico de la Edificación, Partes I y II. Ministerio de Vivienda.

EHE-08 INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL Y RC-08 INSTRUCCIÓN PARA LA RECEPCIÓN DE CEMENTOS.

BUSTILLO, M. R. & otros, (2001). MANUAL DE SONDEOS. Aplicaciones. Madrid.

CALAVERA, J., (2000). CALCULO DE ESTRUCTURAS DE CIMENTACIONES. 4ª Edición, Ed. INFOPRINT S.A., Madrid.

CASSAN, M., (1982). LOS ENSAYOS IN SITU EN LA MECANICA DEL SUELO. Su ejecución y aplicación. TOMO I. Ed. Técnicos Asociados, S.A. Barcelona.

DELGADO, M. V., (1999). INGENIERIA DE CIMENTACIONES. Fundamentos e Introducción al Análisis Geotécnico. 2ª Edición. Alfaomega. México - DF.

JIMENEZ SALAS, J. E.; DE JUSTO ALPAÑES, J. L. & SERRANO GONZALEZ, A. A., (1981). GEOTECNIA Y CIMIENTOS I, II y III: *Mecánica del Suelo y de las Rocas*. 2ª Edición, Ed. Rueda, Madrid.

LOPEZ MARINAS, J. M., (2000). GEOLOGÍA APLICADA A LA INGENIERIA CIVIL. Ed. CIE Inversiones. Madrid.

RODRÍGUEZ ORTIZ, J. M.; SERRA GESTA, J. & OTEO MAZO, C., (1982). CURSO APLICADO DE CIMENTACIONES. Ed. GRAFICINCO. MADRID.

TERZAGHI, K. & PECK, R. B., (1976). MECANICA DEL SUELO EN LA INGENIERIA PRÁCTICA. Ed. Ateneo, 2ª edición. Barcelona.

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA, serie cartográfica a diferentes escalas elaborada por el Instituto Tecnológico Geominero de España (incluido en Anexos como Mapa Geológico Regional).