

ESTUDIO GEOTÉCNICO

EXPEDIENTE N°: EG-9693.

PETICIONARIO: DIRECCIÓN GENERAL TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y ECONOMÍA CIRCULAR

LOCALIZACIÓN: PASEO DE LA CASTELLANA N° 276, DISTRITO CHAMARTÍN, MADRID.

ASUNTO: INFORME GEOTÉCNICO.

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVO.	4
2. RECONOCIMIENTO DEL TERRENO. TRABAJOS REALIZADOS.	6
3. MARCO GEOLÓGICO.	8
3.1. INTRODUCCIÓN	8
3.2. ESTRATIGRAFÍA.	9
3.3. SISMICIDAD	10
3.4. PRESENCIA DEL GAS RADÓN	11
4. MORFOLOGÍA Y TOPOGRAFÍA DE LA PARCELA.	13
5. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL SUBSUELO.	15
6. ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA.	16
6.1. RESULTADOS Y GRÁFICOS DE LOS ENSAYOS	16
7. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES.	19
7.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE UN SUELO	19
7.2. LÍMITES DE ATTERBERG.	19
7.3. HUMEDAD NATURAL DE UN SUELO.	20
7.4. CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELO.	20
7.5. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS.	20
7.6. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL SUELO (ϕ , c , γ , k).	22
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS.	24
8.1. RECOMENDACIONES PARA LOS VIALES.	34
8.2. ÍNDICE DE EXCAVABILIDAD.	42
8.3. NIVEL FREÁTICO Y AGRESIVIDAD DEL MEDIO	44
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y FUENTES DE INFORMACIÓN.	45
10. CONSIDERACIONES GENERALES.	46
ANEXOS	47

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVO.

El presente informe geotécnico ha sido realizado por encargo de la empresa **DIRECCIÓN GENERAL TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y ECONOMÍA CIRCULAR**, para la determinación de las características geotécnicas del subsuelo de una parcela, con objeto de llevar a cabo una electrolinera, en el **PASEO DE LA CASTELLANA Nº 276**, en el distrito de **CHAMARTÍN**, provincia de **MADRID**.

Los trabajos realizados para la redacción del informe han sido los siguientes:

- Un sondeo mecánico a rotación con recuperación continua de testigo:
 - S-1, de 8,60 m de profundidad.
- Dos ensayos de penetración dinámica superpesada DPSH.
- Dos perfiles estratigráficos del terreno.
- Ensayos de laboratorio necesarios para la clasificación del terreno.

Así pues, se ha realizado el reconocimiento geotécnico del subsuelo de parte de una parcela de aproximadamente 1.210 m² de superficie según la ficha catastral, donde se proyecta la construcción de una electrolinera que contará con puntos de recarga para vehículos eléctricos.

Según se define en el CTE, el tipo de construcción sería C-0 (edificaciones de menos de 4 plantas y superficie construida inferior a 300 m²), mientras que el grupo de terreno sería T-3 (terrenos desfavorables, variables en cuanto a composición y estado, suelos blandos o sueltos, con rellenos con espesores superiores a 3 m).

El objetivo de los trabajos realizados ha sido la obtención de los datos necesarios para definir las características básicas del terreno, de manera que se pueda concretar la composición y estratigrafía del subsuelo de la zona de estudio y su capacidad portante.

En los apartados correspondientes de la presente memoria, se describe la metodología seguida, los trabajos realizados, las características estratigráficas del terreno, su inscripción en el marco geológico del entorno, así como parámetros y características geotécnicas básicas de los materiales, entre otros aspectos relacionados con el subsuelo.

En los anexos que aparecen al final del presente informe se registran los resultados extraídos de los trabajos de campo, haciendo uso de columnas y perfiles estratigráficos del terreno, además de las actas de resultados de los ensayos de laboratorio efectuados, así como un reportaje fotográfico de los trabajos efectuados y del material reconocido.

2. RECONOCIMIENTO DEL TERRENO. TRABAJOS REALIZADOS.

La campaña de reconocimiento del terreno se inició con la realización de los trabajos de campo, efectuados el día 7 de octubre de 2024, complementándose posteriormente con la realización de los ensayos de laboratorio más propicios en función del tipo de terreno extraído.

Los trabajos de campo consistieron en la ejecución de un sondeo mecánico a rotación con recuperación continua de testigo y dos ensayos de penetración dinámica superpesada tipo DPSH, con el objeto de reconocer la estratigrafía del subsuelo, tomar muestras para su ensayo en laboratorio, obtener un registro continuo de la resistencia de los materiales atravesados, con lo que poder efectuar la diferenciación de niveles de distinta consolidación, y determinar la existencia o ausencia del nivel freático en las zonas investigadas.

Los ensayos se han distribuido por la superficie de la parcela, siguiendo las indicaciones de la Propiedad, en la zona donde se dispondrán las construcciones y en función del espacio disponible. La localización de los ensayos aparece en el croquis de situación adjunto en los anexos.

El sondeo mecánico se llevó a cabo con una sonda ROLATEC RL-600 montada sobre camión.

La longitud perforada en el sondeo S-1 fue de 8,60 m.

La perforación se ejecutó a rotación, con recuperación continua de testigo, con diámetro de 101 y 86 mm, no habiendo sido necesario el revestimiento de los sondeos, debido a la estabilidad del terreno perforado.

Dadas las características que ofrecía el terreno, en el sondeo se han realizado ensayos estándar de penetración (SPT), y se han recogido dos muestras del registro continuo del sondeo en forma de muestra alterada (MA) y testigo de sondeo (TS), para su ensayo en laboratorio.

Por su parte, los ensayos de penetración dinámica se efectuaron con un equipo de penetración de tipo DPSH montado sobre orugas, modelo ROLATEC ML-76A. Sus características se presentan a continuación en la siguiente tabla:

Varillaje	1 m de longitud, 32 mm de diámetro
Peso de la maza	63,5 kg
Altura de caída	76 cm
Puntaza	<ul style="list-style-type: none"> - Altura 5 cm - Puntaza cónica con vértice en ángulo de 90º - Sección circular de 20 cm²

El ensayo de penetración dinámica continua consiste en la introducción en el terreno de una puntaza de forma cónica unida a un varillaje, mediante el golpeo de una maza de 63,5 kg que cae libremente desde una altura de 76 cm, registrándose el número de golpes necesarios para hincar cada tramo de 20 cm en que se divide el varillaje.

La prueba finaliza cuando el número de golpes requerido para una penetración de 20 cm es superior de 100, cuando se alcanzan 75 golpes para profundizar 20 cm tres veces consecutivas, o si no se obtiene el rechazo, cuando se alcanza la profundidad máxima que se quiera alcanzar.

Los resultados se presentan en un gráfico que relaciona la profundidad con la resistencia del terreno a la hinca dinámica continua (nivel de consolidación del terreno).

Por último, los ensayos de laboratorio se realizan sobre las muestras recogidas en el sondeo, siguiendo las condiciones que marca la normativa.

En general, estos ensayos se clasifican en distintos grupos, que atañen por separado a las distintas características físico-químicas de las muestras analizadas. La diversificación de los ensayos realizados se presenta en la siguiente tabla:

Tipo	Ensayos
Identificación	Granulometría (UNE 103-101-95) Límites de Atterberg (UNE 103-103-94 y UNE 103-104-93)
Estado	Humedad natural (UNE-EN ISO 17892-1:2015)
Químicos	Sulfatos en suelo (determinación cualitativa: UNE 103-202:2019)

3. MARCO GEOLÓGICO.

3.1. INTRODUCCIÓN.

La zona de estudio se encuentra al Norte del municipio de Madrid, encontrándose enclavada en la Hoja Geológica del mismo nombre (Hoja nº 559 del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000).

Desde el punto de vista geológico, se ubica al Sur del Borde Meridional del Sistema Central, en la Cuenca del Tajo o Submeseta Meridional, participando de las características geológicas del Borde Occidental del Tajo, con un esquema estratigráfico mixto en relación a la variación de facies entre el centro y el borde de la cuenca sedimentaria del Tajo.

La Hoja incluye en su ámbito los depósitos continentales miocenos y cuaternarios donde se sitúan Madrid y las localidades aledañas, localizándose en su ángulo noroeste la Cordillera Central (Sierra de Gredos y Guadarrama), compuesta por materiales ígneos y metamórficos atribuidos generalmente a la orogenia hercínica, adosándose a estos materiales, en la vertiente sur, retazos de materiales de edad Cretácica y probable Oligoceno.

Los depósitos existentes en la zona de estudio corresponden principalmente al Terciario (Neógeno), los cuales pueden estar cubiertos por materiales de relleno de origen antrópico.

3.2. ESTRATIGRAFÍA.

En la zona de la ciudad de Madrid aparecen representados varios conjuntos litológicos de características bien diferenciadas. Destacan por su extensión, en la parte occidental y septentrional, los depósitos arcósicos miocenos, que se agrupan bajo la denominación general de Facies Madrid. Dichos depósitos arcósicos forman asimismo un conjunto morfológico netamente individualizable en relación con los sedimentos yesíferos y arcillo-carbonáticos que afloran al Sur y al Este de la ciudad.

La parcela estudiada se localiza sobre materiales arcósicos de edad Mioceno, concretamente sobre la unidad compuesta por arenas arcósicas de grano grueso, gravas y arcillas.

Esta unidad corresponde al último episodio sedimentario arcósico observado dentro de esta área. Viene caracterizado por un importante aumento en el tamaño medio del grano en relación con las unidades arcósicas infrayacentes y el contacto erosivo sobre ellas.

En base a los hallazgos paleontológicos realizados, puede atribuirse una edad Aragoniense superior a los depósitos arcósicos más altos en Madrid.

Su extensión de afloramiento y disposición espacial coinciden a grandes rasgos con la unidad de arcosas, limos y arcillas sobre la que aparece dispuesta. El techo de este conjunto arcósico viene definido por la denominada Superficie de Madrid, con un sistema diversificado de depósitos plio-cuaternarios. El espesor de estas arcosas superiores oscila alrededor de los 80 m en la zona norte de Madrid y los 55 m en las zonas más meridionales.

Las arcosas de esta unidad presentan tonalidades blancas a pardo-anaranjadas. Aparte del tamaño, contrastan con las arcosas infrayacentes por su escasa estructuración en secuencias, hecho correlativo con la baja proporción de fracción fina en la mayor parte de los niveles.

Las secuencias reconocidas consisten en ciclos de 8 a 10 m de espesor que internamente están constituidos por secuencias menores (2-3 m) de carácter granodecreciente. La parte inferior de los ciclos es de granulometría más gruesa, generalmente con abundantes lechos de cantos y de arcosas progresivamente más finas en las bases de las sucesivas mesosecuencias. Cada ciclo presenta en conjunto una granulometría mayor respecto al inmediato ciclo infrayacente, aunque localmente se reconocen algunos episodios de relativa estabilización, más fangosos, con desarrollo incipiente de sílex y sepiolita.

3.3. SISMICIDAD.

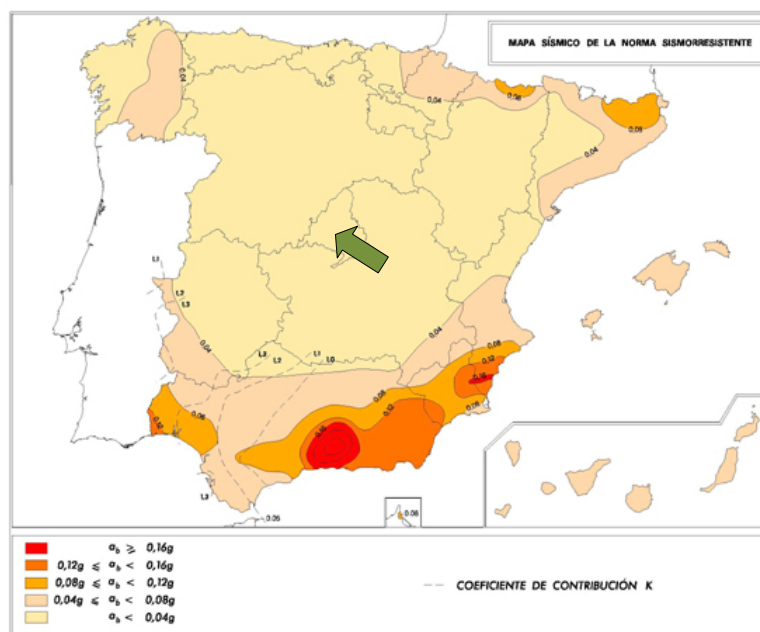
Para la redacción del presente apartado se han seguido las indicaciones de la Norma de Construcción Sismorresistente Española NCSE-02 (publicada en el año 2002).

Esta norma proporciona los criterios que han de seguirse dentro del territorio nacional para la consideración de la acción sísmica en el proyecto, construcción, reforma y conservación de aquellas edificaciones y obras a las que sea aplicable.

Recoge explícitamente que la finalidad última de la norma es evitar la pérdida de vidas humanas, y reducir el daño y las pérdidas económicas por terremotos en el futuro, tal como se hace en los principales códigos sísmicos internacionales.

Siguiendo el criterio de la norma y a la vista del mapa de peligrosidad sísmica, la zona de estudio presenta una aceleración sísmica básica a_b/g menor de 0,04, expresada en relación al valor de la gravedad (un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno correspondiente a un periodo de retorno de 500 años).

De acuerdo con la Norma NCSE-02, al presentar la zona de estudio una aceleración sísmica menor de 0,04g, no será necesaria la consideración de acciones sísmicas.



Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02. BOE 11/10/2002

3.4. PRESENCIA DEL GAS RADÓN.

El gas radón es un gas radioactivo de origen natural, potencialmente cancerígeno, producido por la desintegración de los isótopos de uranio y radio presentes en la roca granítica; este gas es más denso que el aire, por lo que tiende a acumularse en sótanos y plantas bajas a través de fisuras o las juntas de los cerramientos del edificio en contacto con el terreno (muros de sótano, soleras, etc.), e incluso a través de la masa de los materiales porosos que forman los propios cerramientos.

En el apéndice B del documento DB-HS 6 Protección frente al radón, del CTE, se incluye el listado de términos municipales en los que, en base a las medidas realizadas por el Consejo de Seguridad Nuclear, se considera que hay una probabilidad significativa de que los edificios allí construidos sin soluciones específicas de protección frente al radón presenten concentraciones de radón superiores al nivel de referencia de 300 bq/m³.

Para verificar el cumplimiento del nivel de referencia en los edificios ubicados en esos municipios, se deberán implementar una serie de soluciones constructivas, variables en función de la zona en la que encuentre la población, que limiten el riesgo de exposición de los usuarios a concentraciones inadecuadas de radón procedente del terreno en el interior de las edificaciones.

En los municipios de la Zona I, se dispondrá una barrera de protección, con las características indicadas en el apartado 3.1 del documento DB-HS 6, entre el terreno y los locales habitables del edificio, que limite el paso de los gases provenientes del terreno.

Como alternativa, 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 según las indicaciones contenidas en el apartado 3.2 del documento DB-HS 6 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.

Por su parte, en los municipios de la Zona II, se dispondrá una barrera de protección, con las características indicadas en el apartado 3.1 del documento DB-HS 6, junto con un sistema adicional que podrá ser:

- un espacio de contención ventilado con las características indicadas en el apartado 3.2 del documento DB-HS 6, situado entre el terreno y los locales a proteger, para mitigar la entrada de radón proveniente del terreno a los locales habitables mediante ventilación natural o mecánica;
- o bien, un sistema de despresurización del terreno con las características indicadas en el apartado 3.3 del documento DB-HS 6, que permita extraer los gases contenidos en el terreno colindante al edificio.

Así pues, como el término municipal de Madrid no figura en el listado del apéndice B del documento DB-HS 6 Protección frente al radón, del CTE, no sería obligatorio adoptar soluciones constructivas que limiten el riesgo de exposición de los usuarios a concentraciones inadecuadas de radón procedente del terreno en el interior de las edificaciones.

4. MORFOLOGÍA Y TOPOGRAFÍA DE LA PARCELA.

La parcela investigada tiene una superficie de unos 1.210 m². Su forma es cuasi rectangular, quedando delimitada por el Oeste por el paseo de la Castellana, y por el resto de sus lados por la calle Daniel Vázquez Díaz.

La superficie de la parcela presenta una parte, hacia el Oeste, que se encuentra ajardinada, mientras que el resto de su superficie está ocupada por las instalaciones de una gasolinera (surtidores, depósitos, tiendas y oficinas, y un túnel de lavado).

En cuanto a la topografía, presenta en general una pendiente ascendente desde el lado oeste (cota topográfica más baja aprox. 730,80 m) hacia el lado este (cota topográfica más alta aprox. 731,20 m), con un desnivel de unos 0,40 m; por lo que se puede considerar que la superficie de la parcela es prácticamente subhorizontal.





5. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL SUBSUELO.

Puede establecerse la estratigrafía del terreno, representada en el anexo 3 del presente informe como columna estratigráfica del sondeo, matizándose la descripción del corte del mismo mediante los datos del laboratorio.

Así pues, tomando como cota de inicio de la columna estratigráfica la cota de emboquille del sondeo, aparecen de techo a base del mismo los siguientes niveles:

SONDEO N° 1 (Cota de inicio aproximada: $\approx 731,06$ m)

NIVEL 1 (de 0,00 m a 4,10 m de profundidad).

Solera de hormigón de 0,30 m de espesor dispuesta sobre una capa de 3,80 m de grosor de rellenos arenosos con algo de limo, de color pardo oscuro y compacidad muy floja-floja. Posible material de relleno de los fosos de los depósitos existentes.

NIVEL 2 (de 4,10 m a 4,90 m de profundidad).

Arenas arcillosas de color grisáceo. Posiblemente nivel contaminado por hidrocarburos.

NIVEL 3 (de 4,90 m a 8,60 m de profundidad, fin del sondeo).

Terreno arcósico mioceno, en forma de arenas medias-finas algo arcillo-limosas con cantos finos dispersos, que a techo presenta una capa de arcillas con arenas. Colores pardos, más oscuros en el tramo con mayor contenido de finos. Compacidad densa.

(Arena tosquiza con un tramo de tosco arenoso. Facies Madrid, edad Mioceno).

Fin del sondeo S-1 a 8,60 m de profundidad respecto de la cota de emboquille. No se detectó el nivel freático ni ningún nivel de agua a la profundidad alcanzada en el sondeo, según las observaciones realizadas el día 7 de octubre de 2024.

6. ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA.

6.1. RESULTADOS Y GRÁFICOS DE LOS ENSAYOS.

Mediante el ensayo de penetración dinámica se determina la resistencia que el terreno opone a la penetración, pudiéndose establecer unos valores orientativos de la tensión admisible del terreno a partir de los resultados obtenidos.

La consecución de tales datos se realiza a través de la llamada fórmula de “los holandeses”, que sin estar normalizada, es la más empleada comúnmente en el campo de la Geotecnia.

En primer lugar se calcula la resistencia dinámica correspondiente al registro de golpeo obtenido, y a partir de ésta, aplicando el factor de seguridad oportuno, se obtiene la tensión admisible del terreno.

$R_d = (M^2 \times H) / ((e + e_1) \times (M + P) \times A)$	<i>R_d</i> Resistencia dinámica en <i>kg/cm²</i>
	<i>H</i> Altura de caída de la maza (76 cm)
	<i>P</i> Peso de las varillas en <i>kg</i> +20 (Cada m de profundidad 6,155 kg)
	<i>M</i> Peso de la maza en <i>kg</i> (63,50 kg)
	<i>e</i> Penetración <i>cm/nº</i> de golpes
	<i>e₁</i> Constante =0,50
	<i>A</i> Sección de la puntaza en <i>cm²</i> (20 <i>cm²</i>)

Para cimentaciones superficiales, en medios homogéneos y tratándose de terreno no cohesivo, puede aplicarse una carga de trabajo de $\sigma = R_d/20$, siempre que exista una relación de empotramiento de $D/B > 1$, siendo **D** el empotramiento de la zapata y **B** el ancho de la misma. Para las cimentaciones profundas (pilotes), puede aceptarse una carga de trabajo de $R_d/12 \leq \sigma < R_d/6$.

A continuación, se realiza una interpretación de los resultados del ensayo DPSH a intervalos de 0,20 metros, calculando la carga admisible del terreno para un factor de seguridad igual a 3.

ACTA DE RESULTADOS DE ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA DPSH

Fecha 07/10/2024

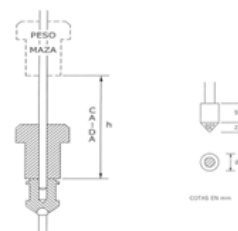
Nº Acta 08323/01

Nº EXPEDIENTE:	9693
PETICIONARIO:	DIR. GRAL. TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y ECONOMÍA CIRCULAR
TIPO DE OBRA:	Electrolinera
DIRECCIÓN:	Pº de la Castellana nº 276, Dto. Chamartín, Madrid.
COTA DE INICIO:	≈ 731,08 m
NIVEL FREÁTICO:	No detectado

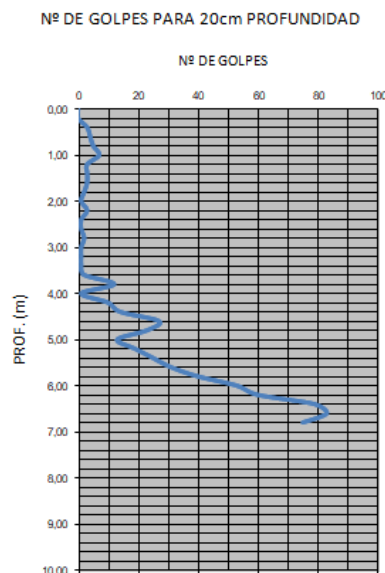
Características del penetrómetro DPSH:

Maquinaria:	ROLATEC ML-76A
Área de la puntaza:	20 cm ²
Altura de caída:	76 cm
Peso de la maza:	63,5 kg
Diámetro del varillaje:	3,2 cm
Intervalo de golpeo:	20 cm

ESQUEMA DEL PENETRÓMETRO



PENETRÓMETRO Nº 1



Firma Técnico Responsable
Petar Yordanov

Firma Jefe de Área GTC
Negia María Milián

Thelma

[Signature]

ACTA DE RESULTADOS DE ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA SUPERPESADA DPSH

Fecha 07/10/2024

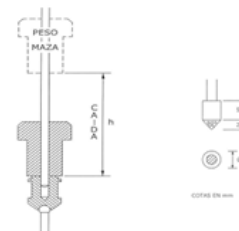
Nº Acta 08323/02

Nº EXPEDIENTE:	9693
PETICIONARIO:	DIR. GRAL TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y ECONOMÍA CIRCULAR
TIPO DE OBRA:	Electrolinera
DIRECCIÓN:	Pº de la Castellana nº 276, Dto. Chamartín, Madrid.
COTA DE INICIO:	≈ 731,01 m
NIVEL FREÁTICO:	No detectado

Características del penetrómetro DPSH:

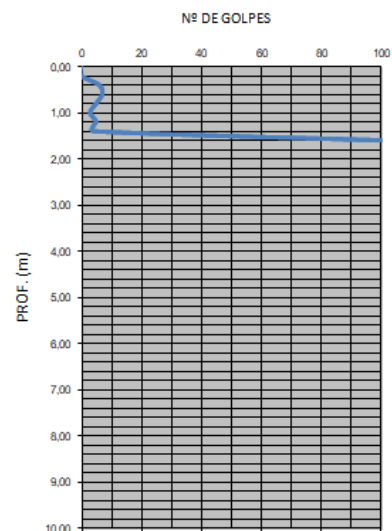
Maquinaria:	ROLATEC ML-76A
Área de la puntaza:	20 cm ²
Altura de caída:	76 cm
Peso de la maza:	63,5 kg
Diámetro del varillaje:	3,2 cm
Intervalo de golpeo:	20 cm

ESQUEMA DEL PENETRÓMETRO



PENETRÓMETRO Nº 2

Nº DE GOLPES PARA 20cm PROFUNDIDAD



Firma Técnico Responsable
Petar Yordanov

Firma Jefe de Área GTC
Negia María Milián




7. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES.

A partir de la toma de muestras “in situ”, se pueden determinar las principales características del terreno mediante la realización de los oportunos ensayos de laboratorio.

Es importante indicar que los resultados obtenidos en los ensayos llevados a cabo sólo afectan a las muestras analizadas, teniendo éstos un carácter puntual.

7.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE UN SUELO.

Se han realizado dos análisis granulométricos por tamizado para determinar los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, obteniendo el porcentaje de éstas que pasan por los diferentes tamices, y definiendo finalmente el contenido de gravas, arenas y finos (limos y arcillas).

7.2. LÍMITES DE ATTERBERG.

Se ha efectuado dos ensayos para definir las propiedades plásticas de las fracciones finas del terreno y se realizan mediante el empleo del aparato de Casagrande.

- **LÍMITE LÍQUIDO.**

Se define el Límite Líquido como la humedad que tiene un suelo amasado con agua y extendido en la cuchara del aparato de Casagrande, cuando un surco de 2 mm de anchura que divide ese suelo en dos mitades, realizado con un acanalador normalizado, se cierra a lo largo de su fondo en una longitud de 13 mm, tras haber dejado caer 25 veces la cuchara desde una altura de 10 mm sobre la base del mencionado aparato.

- **LÍMITE PLÁSTICO.**

Se define el Límite Plástico como la humedad más baja con la que se puede amasar con un suelo bastoncillos de 3 mm de grosor, rodando dicho suelo con la palma de la mano sobre una superficie lisa, hasta que la muestra empieza a resquebrajarse.

- **ÍNDICE DE PLASTICIDAD.**

El Índice de Plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

7.3. HUMEDAD NATURAL DE UN SUELO.

Se han realizado dos ensayos para determinar la humedad de un suelo mediante secado en estufa, definiéndose la humedad como el cociente, expresado en tanto por ciento, entre la masa de agua que pierde el suelo al secarlo y la masa del suelo seco.

7.4. CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELO.

Se han realizado dos ensayos para reconocer la existencia de sulfatos solubles en suelo, pasándolos a disolución con agua y haciendo precipitar posteriormente los sulfatos disueltos mediante una disolución de cloruro bórico. La definición de este parámetro resulta útil para definir la agresividad del terreno frente al hormigón.

7.5. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS.

A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos en los ensayos identificativos y químicos realizados sobre las muestras analizadas. Para identificar el terreno se ha seguido la clasificación USCS.

SONDEO S-1. (1,60-2,00 m). ARENA BIEN CLASIFICADA CON LIMO (SW-SM)

GRANULOMETRÍA		LÍMITES DE ATTERBERG
TAMIZ UNE (mm)	% PASA	LÍMITE LÍQUIDO
20	100	No plástico
5	97,4	LÍMITE PLÁSTICO
2	85,4	No plástico
0,4	14,6	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
0,08	5,8	No plástico
SULFATOS EN SUELO		HUMEDAD
NO CONTIENE		3,9 %

SONDEO S-1. (4,90-5,30 m). ARCILLA DE MEDIA PLASTICIDAD ARENOSA (CL)

GRANULOMETRÍA		LÍMITES DE ATTERBERG
TAMIZ UNE (mm)	% PASA	LÍMITE LÍQUIDO
20	100	37,5
5	99,6	LÍMITE PLÁSTICO
2	96,7	18,7
0,4	70,2	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
0,08	56,6	18,8
SULFATOS EN SUELO		HUMEDAD
NO CONTIENE		11,3 %

7.6. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL SUELO (ϕ , c , γ , k).

Para la determinación de los parámetros intrínsecos del terreno se pueden tomar como referencia los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio, así como los establecidos en las tablas “D.26. Valores orientativos de densidades de suelos”, “D.27. Propiedades básicas de los suelos” y “D.28. Valores orientativos del coeficiente de Permeabilidad” incluidas en el Código Técnico de la Edificación (CTE), o los indicados en la bibliografía geotécnica habitual.

En base a los tipos de terreno existentes en el subsuelo de la parcela, según las observaciones efectuadas y los datos bibliográficos disponibles, se tendrían los siguientes parámetros:

NIVEL 1. RELLENOS ANTRÓPICOS			
Parámetros característicos del suelo	Resultados de laboratorio	Valores CTE	Otros valores bibliográficos
Ángulo de rozamiento interno (ϕ)	-	25-30°	25-28°
Cohesión (C)	-	-	0-5 kPa
Densidad seca (γ_s)	-	-	1,20-1,60 g/cm³
Densidad aparente (γ_a)	-	1,70 g/cm³	1,80 g/cm³
Humedad (H)	3,9 %	-	5-20 %
Coeficiente de permeabilidad (k)	-	-	-

NIVEL 2. ARENA TOSQUIZA (aprox. 25-40% finos)			
Parámetros característicos del suelo	Resultados de laboratorio	Valores CTE	Otros valores bibliográficos
Ángulo de rozamiento interno (ϕ)	-	30-36°	33-37°
Cohesión (C)	-	-	10-50 kPa
Densidad seca (γ_s)	-	1,30-1,60 g/cm³	1,80-1,93 g/cm³
Densidad aparente (γ_a)	-	1,80-2,00 g/cm³	2,05 g/cm³
Humedad (H)	-	-	9-14 %
Coeficiente de permeabilidad (k)	-	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁹ m/s	10 ⁻² -10 ⁻⁴ m/s

NIVEL 2. TOSCO ARENOSO (aprox. 40-60% finos)			
Parámetros característicos del suelo	Resultados de laboratorio	Valores CTE	Otros valores bibliográficos
Ángulo de rozamiento interno (ϕ)	-	16-28°	31-35°
Cohesión (C)	-	-	40-100 kPa
Densidad seca (γ_s)	-	1,40-2,10 g/cm³	1,75-1,88 g/cm³
Densidad aparente (γ_a)	-	1,60-2,20 g/cm³	2,08 g/cm³
Humedad (H)	11,3 %	-	11-16 %
Coeficiente de permeabilidad (k)	-	< 10 ⁻⁹ m/s	10 ⁻⁷ m/s

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En una parcela de unos 1.210 m² se proyecta la construcción de una electrolinera.

La forma de la parcela es cuasi rectangular, quedando delimitada por el Oeste por el paseo de la Castellana, y por el resto de sus lados por la calle Daniel Vázquez Díaz.

La superficie de la parcela presenta una parte, hacia el Oeste, que se encuentra ajardinada, mientras que el resto de su superficie está ocupada por las instalaciones de una gasolinera (surtidores, depósitos, tiendas y oficinas, y un túnel de lavado).

En cuanto a la topografía, presenta en general una pendiente ascendente desde el lado oeste (cota topográfica más baja aprox. 730,80 m) hacia el lado este (cota topográfica más alta aprox. 731,20 m), con un desnivel de unos 0,40 m; por lo que se puede considerar que la superficie de la parcela es prácticamente subhorizontal.

Para la elaboración de este informe se ha efectuado un sondeo de 8,60 m de profundidad y dos ensayos de penetración dinámica DPSH que han alcanzado el rechazo entre 1,60 y 6,80 m de profundidad.

Tomando como referencia las cotas del plano topográfico existente, se podrían considerar las siguientes cotas de inicio aproximadas, para los diferentes ensayos de campo realizados:

Ensayo	Cota de inicio aproximada
S-1	731,06 m
P-1	731,08 m
P-2	731,01 m

A partir de los resultados obtenidos en los trabajos llevados a cabo, se puede establecer que el subsuelo de la zona investigada estaría compuesto por:

NIVEL 1

Desde la superficie del terreno hasta 1,60 m de profundidad en el ensayo de penetración P-1, y hasta 4,10-4,20 m de profundidad tanto en el sondeo como en el ensayo de penetración P-2, aparecerían rellenos arenosos con algo de limo, de color pardo oscuro. En estos materiales se han registrado índices N_{DPSH} de entre 1 y 12, y un índice N_{SPT} de 3; que indican que este nivel presenta una compacidad muy floja-floja.

Se corresponderían con el material empleado en el relleno de los fosos de los depósitos o zanjas existentes.

NIVEL 2

Por debajo, desde 4,10 a 4,90 m de profundidad en el sondeo, se detectó un nivel posiblemente contaminado por hidrocarburos, con un espesor de aproximadamente 0,80 m, que se puede extrapolar a la cota de entre 4,10 hasta 5,20 m de profundidad en el ensayo de penetración P-1. En estos materiales se han registrado índices N_{DPSH} de entre 13 y 27; que indican que este nivel presenta una compacidad media.

NIVEL 3

Por debajo, desde 4,90-5,20 m hasta 8,60 m de profundidad en el sondeo (cota máxima reconocida), aparecería terreno arcósico mioceno, en forma de arenas medias-finas algo arcillo-limosas con cantos finos dispersos, que a techo presenta una capa de arcillas con arenas. Colores pardos, más oscuros en el tramo con mayor contenido de finos. En este tramo se han registrado índices N_{DPSH} de entre 25 y 83, e índices N_{SPT} de entre 55 y 59, lo que indica que estos materiales presentarían una consistencia muy firme-dura/compacidad media-densa.

Teniendo en cuenta la composición del terreno mioceno, para los cálculos se tomarán los valores más restrictivos, correspondientes a los del terreno arcilloso.

En el Código Técnico de la Edificación (CTE) aparecen reflejadas algunas de las relaciones más usuales entre la resistencia a la rotura a la compresión simple (q_u) y los índices N_{SPT} y la consistencia de las arcillas:

Valores orientativos de N_{SPT} y q_u Extracto de la tabla D.23 SE-C Cimientos (CTE)		
Consistencia del suelo	N_{SPT}	q_u (kPa)
Muy blando	< 10	0 - 80
Blando	10 - 25	80 - 150
Medio	25 - 50	150 - 300
Compacto	50 - R	300 - 500

Consistencia de las arcillas Tabla D.3 SE-C Cimientos (CTE)	
Clasificación	q_u (kPa)
Muy blanda	0 - 25
Blanda	25 - 50
Media	50 - 100
Firme	100 - 200
Muy firme	200 - 400
Dura	> 400

Según se indica en la tabla D.23 del Documento Básico SE-C Cimientos (CTE-2007), para estos materiales se podría estimar un valor orientativo para la resistencia a la compresión simple de entre 1,50 y 3,00 kg/cm², en función del menor de los índices N_{DPSH}/N_{SPT} obtenidos en ese tramo.

Al mismo tiempo, según la tabla D.3 del Documento Básico SE-C Cimientos (CTE-2007), si se considera que los materiales de este nivel tienen una consistencia muy firme-dura, se podría estimar un valor orientativo para la resistencia a la compresión simple de entre 2,00 y >4,00 kg/cm².

De esta manera, en función de ambas estimaciones, se puede considerar que los materiales del Nivel 3 tendrían una resistencia a la compresión simple de 2,50 kg/cm².

En cuanto a la presencia de aguas subterráneas en la parcela, no se detectó en ninguno de los ensayos realizados, el nivel freático ni ningún nivel de agua a las profundidades alcanzadas, según observaciones efectuadas el día 7 de octubre de 2024. No obstante, en el caso de aflorar a lo largo de la ejecución de la obra, se deberá de informar a la empresa encargada del Estudio Geotécnico, así como tomar una muestra y analizar su agresividad frente al hormigón.

Para la implantación de la electrolinera se prevé demoler la estación de servicio existente y acondicionar la superficie de la parcela.

A la cota de fondo de nivelación finalmente alcanzada, previsiblemente aparecería el denominado Nivel 1 (rellenos en zonas de depósitos y zanjas); materiales arenosos, con algo de limo, de color pardo oscuro, que presentan una compacidad muy floja-floja.

Estos materiales, así como los materiales del Nivel 2 (de muy poco espesor), no se consideran adecuados para soportar la cimentación de las edificaciones, por lo que lo más recomendable sería que la cimentación de cada elemento se produzca de manera homogénea en materiales de las mismas características, alcanzando en todos los casos el terreno arcósico mioceno del Nivel 3, materiales de consistencia muy firme-dura/compacidad media-densa.

Para ello, en función del espesor que se detecte de los niveles superiores, en cada zona de la parcela, se podría hacer uso de diferentes tipos de cimentación.

En el caso de encontrar zonas con poco o moderado espesor de los niveles superiores, se podría emplear zapatas estructurales y/o pozos de cimentación rellenos de hormigón en masa, culminados por zapatas estructurales, que atravesasen los materiales existentes por debajo de la cota final de excavación, alcanzando siempre el Nivel 3.

La cimentación se empotrará un mínimo de 0,20 m en el terreno arcósico mioceno que compone el Nivel 3, pudiéndose emplear una tensión de trabajo de 2,50 kg/cm².

Cuando aparezcan zonas de mayor espesor de los niveles superiores, se deberá emplear una cimentación profunda mediante micropilotes.

Los micropilotes tienen la ventaja de ejecutarse con maquinarias de reducidas dimensiones, lo cual permite trabajar en lugares de acceso complicado, y con ellos también se atravesarían los niveles superficiales menos resistentes y se transmitirían las cargas a niveles compactos profundos.

Los micropilotes se ejecutarían en grupos unidos por encepados, empotrados en el Nivel 3 (compuesto por terreno arcósico mioceno de elevada resistencia). Debe procurarse que las cargas concentradas coincidan con el centro de gravedad de cada encepado del grupo de micropilotes, de forma que no se produzcan giros o desplazamientos horizontales del apoyo. Ello se conseguiría con grupos de tres o más micropilotes, simétricamente dispuestos.

La estabilidad del apoyo mejora si se da a los micropilotes una ligera inclinación hacia afuera (generalmente unos 15º), abriendo el grupo, pero ello no es absolutamente necesario, e incluso puede dar problemas si los micropilotes son muy largos y atraviesan capas comprensibles, ya que pueden inducirse en ellos flexiones importantes. En bastantes casos la inclinación obedece a una mayor facilidad constructiva.

En cualquier caso, la ejecución del micropilotaje se deberá desarrollar de manera tal que no se produzcan acciones secundarias indeseadas en las edificaciones colindantes, garantizando en todo momento la seguridad de las construcciones y de las personas.

Para el predimensionamiento de los micropilotes se recomienda emplear el método de cálculo establecido por Michel Bustamante, que se explica a continuación.

CÁLCULO REFERENTE AL MICROPILOTAJE (Método de Michel Bustamante)

En primer lugar hay que indicar que la resistencia de un micropilote depende de varios factores, como el modo de sellado, el número de pasadas de inyección, las cantidades finales de lechada inyectada, las presiones efectivas de inyección, los caudales de inyección, la naturaleza de la lechada, etc.

De este modo, se pueden distinguir dos tipos principales de modo de sellado:

- Tipo IRS (Inyección Repetitiva y Selectiva): sistemas que emplean una inyección repetitiva o selectiva.
- Tipo IGU (Inyección Global Unificada): sistemas en los cuales la inyección se realiza globalmente, y más frecuentemente en una pasada única.

Las pruebas comparativas muestran, que por lo general, el modo de sellado IRS es el que mejor resistencia le otorga al micropilote.

La resistencia de los micropilotes sometidos a compresión, se expresa a través de la fórmula:

$$Q_L = Q_L^P + Q_L^S$$

Donde:

Q_L : carga límite, en la cabeza del micropilote

Q_L^P : resistencia de punta límite del micropilote

Q_L^S : fricción límite a lo largo del sellado

La resistencia de punta límite del micropilote no excede generalmente del 15-20% del término de la fricción lateral, por lo que en la práctica se considera válida la aplicación de la siguiente ecuación:

$$Q_L^P = 0,15 \times Q_L^S$$

Para el cálculo de la fricción límite a lo largo del sellado, podemos considerar que el valor de la fricción lateral movilizable bajo tracción es igual al valor movilizable a la hora de la carga, obteniendo:

$$Q_L^S = T_L = \pi_i \times D_s \times L_s \times q_s$$

Siendo:

T_L : tracción límite del micropilote

D_s : diámetro medio del bulbo de sellado

q_s : fricción lateral unitaria límite a lo largo de la superficie lateral del bulbo

L_s : longitud de sellado de micropilote

D_s depende del diámetro de taladro D_d , de la naturaleza y compacidad de los suelos y del modo de sellado. En función de estos parámetros se introduce un coeficiente de mayoración (α), que en el presente caso tanto para los materiales del Nivel 3 (terreno arcósico mioceno), oscilaría entre 1,2 y 1,4 para inyección tipo IGU e IRS respectivamente.

Para los materiales del Nivel 3, la cantidad mínima de lechada aconsejada (V_l) sería de 1,5 veces el volumen del bulbo de sellado (V_s) para la inyección tipo IGU de 1,5 a 2,0 V_s para la inyección tipo IRS.

Los valores de la fricción lateral límite unitaria, q_s , dependen de la naturaleza del suelo, de su consistencia o compacidad y del modo de sellado elegido, siendo facilitados por diversos ábacos.

En el caso de que el sellado del micropilote se realizara sobre varias capas, tendremos en cuenta a nivel de cálculo los valores q_{si} de cada una de las capas interesadas. Ello se reduce a escribir como ocurre en el caso de pilotes:

$$T_L = \sum_r \pi \times D_{si} \times l_{si} \times q_{si}$$

Donde l_{si} es la longitud de sellado en la capa “i”

En lo que respecta a los micropilotes, cuya longitud sellada L_s alcanza siempre, por regla general, la superficie del terreno natural o la plataforma de trabajo, podremos considerar, salvo una configuración geotécnica muy particular, que para los 5 primeros metros siempre es preferible contar únicamente con un sellado de calidad IGU.

Según los resultados de los ensayos de campo realizados “in situ”, así como los obtenidos en los ensayos de laboratorio llevados a cabo, se estiman, a partir de la bibliografía empleada, los siguientes parámetros para los distintos materiales que se verían afectados por el micropilotaje.

	Nivel 1 Rellenos		Nivel 2 Arenas arcillosas contaminadas		Nivel 3 Terreno arcóscico mioceno	
N_{SPT}	3		-		55-59	
N_{DPSH}	1-12		13-27		25-83	
Cotas de aparición	Desde la superficie del terreno hasta 1,60-4,20 m		Desde 4,10-4,20 m hasta unos 4,90-5,20 m		Por debajo y hasta el final de los ensayos (cota máxima alcanzada 8,60 m)	
q_s (kg/cm²)	-	-	-	-	2,80	3,30
D_s (cm)	-	-	-	-	1,1 × D _d	1,4 × D _d
L_s (cm)	420	420	100	100	200	200
Cantidad mínima de lechada (V_i)	-	-	-	-	1,5 V _s	1,5-2,0 V _s
Modo de Sellado	IGU	IRS	IGU	IRS	IGU	IRS

Considerando los espesores más desfavorables para los niveles afectados, se ha estimado que los micropilotes se ejecutarán a partir de la cota actual de la parcela, y se desarrollarían en al menos 4,20 m de rellenos (Nivel 1), y en 1,00 m de arenas arcillosas contaminadas, de compacidad media (Nivel 2), y quedarían empotrados al menos 2,00 m en el terreno arcósico mioceno compuesto por arenas arcillosas y arcillas arenosas, de elevada resistencia (Nivel 3).

Se descarta la colaboración tanto del Nivel 1 como del Nivel 2.

Partiendo de las cargas límites se calculan los valores de servicio o admisibles, aplicando el coeficiente de seguridad más apropiado, según la tabla siguiente:

Tipo de cimentación	Duración de utilización	Valor del coeficiente de seguridad F_s según el modo de sollicitación	
		Arrancamiento	Compresión
Anclaje	Provisional	1,8	-
	Permanente	2,0	-
Micropilote	Provisional	2,0	1,8
	Permanente	2,0	2,0

Por tanto, tomando los espesores anteriormente considerados para cada nivel afectado y aplicando un coeficiente de seguridad de 2, el cálculo de la carga admisible unitaria (por fuste y por punta) para diferentes diámetros de micropilotes sería el siguiente:

Ø Micropilotes (cm)	Tipo de Sellado	Nivel 1. 4,20 m espesor más desfavorable. Q_L^S (toneladas)	Nivel 2. 1,00 m espesor más desfavorable. Q_L^S (toneladas)	Nivel 3. mínimo 2,00 m empotramiento. Q_L^S (toneladas)	Nivel 3. Q_L^P (toneladas)	$Q_L^S + Q_L^P$ Q_L total (toneladas)
15	IGU	0,00	0,00	14,51	2,18	16,69
	IRS	0,00	0,00	21,77	3,27	25,04
20	IGU	0,00	0,00	19,35	2,90	22,25
	IRS	0,00	0,00	29,03	4,35	33,38
25	IGU	0,00	0,00	24,19	3,63	27,82
	IRS	0,00	0,00	36,29	5,44	41,73

Siguiendo el modelo de cálculo propuesto, la Dirección Facultativa de la obra y/o la empresa encargada del micropilotaje, podrán adaptar los resultados obtenidos a las necesidades particulares de la obra, empleando distintos diámetros de micropilote, diferente profundidad de empotramiento, o el empleo de mayor o menor número de micropilotes, cumpliendo en cualquier caso los criterios de seguridad oportunos y haciendo notar que resulta prudente contar en la práctica corriente con unas longitudes de sellado L_s de cómo mínimo 4,00 m, y que se suele despreciar la resistencia por punta (Q_L^p), dada la esbeltez del micropilote.

Es importante mencionar que durante la ejecución de los sondeos, no se detectó la presencia del nivel de agua y/o nivel freático, sin embargo, se recomienda el control de su posible aparición según se produzca el desarrollo y ejecución de los micropilotes. También se llevará a cabo el control del material atravesado durante el micropilotaje, para determinar con exactitud el espesor y la compacidad de los diferentes tramos afectados, adaptando en cada caso el diseño final del micropilotaje a las condiciones existentes realmente en obra.

En cualquier caso, la ejecución del micropilotaje se deberá desarrollar de manera tal que no se produzcan acciones secundarias indeseadas en los viales adyacentes, garantizando en todo momento la seguridad de dichas edificaciones y del personal técnico que realice los trabajos de micropilotaje.

Otra opción de cimentación podría ser mediante la ejecución de losas de cimentación apoyadas sobre un relleno estructural.

Para la ejecución del relleno estructural se deberán retirar totalmente los rellenos del Nivel 1. El nivel de relleno estructural tendría un espesor de entre 1,60 y 4,20 m de profundidad respecto de la superficie actual de la parcela y deberá rellenarse mediante la realización de una mejora estructural de tipo terraplén, ejecutada mediante la extensión y compactación de sucesivas tongadas de 0,20-0,30 m de espesor de materiales de aporte, convenientemente compactadas.

Este relleno estructural serviría para generar un nivel homogéneo que soportaría las cimentaciones de las edificaciones.

Si la extensión y compactación de las tongadas se realizase de la manera adecuada, por debajo del plano de apoyo de las diferentes cimentaciones se debería mantener un espesor suficiente de terreno homogéneo y con características geotécnicas suficientes para garantizar una tensión admisible de 1,00 kg/cm².

El canto de la losa será el que establezca la Dirección Facultativa en base a sus cálculos estructurales. Con objeto de facilitar unos datos orientativos para esos cálculos, se podrían estimar unos valores para el módulo de balasto (K_{30}) del terreno de entre 10 y 30 MN/m³, según se establecen en la tabla D.29 del Documento Básico SE-C del CTE para los materiales del relleno.

Es importante destacar que el análisis y las conclusiones recogidas en el presente informe están basados en una interpretación razonable de los datos obtenidos en los ensayos puntuales realizados, por lo que se recomienda comprobar durante la ejecución de la obra que los materiales existentes coinciden con los reconocidos en el presente estudio y que la consistencia del terreno de apoyo es la adecuada.

Para evitar modificaciones en las condiciones de humedad del terreno, que pudieran dar lugar a hipotéticas alteraciones en las características resistentes del subsuelo, se estima imprescindible realizar las excavaciones necesarias y el hormigonado de la cimentación en el menor tiempo posible, evitando que dichas excavaciones queden expuestas a la intemperie durante prolongados espacios de tiempo.

Además, se guardarán en todo momento las medidas de seguridad oportunas que garanticen la seguridad de la obra y del personal a su disposición.

8.1. RECOMENDACIONES PARA LOS VIALES.

Para el diseño del firme de la electrolinera se podrá considerar la aplicación de la norma 6.1-IC, salvo que la Dirección Facultativa de la obra establezca lo contrario en el proyecto de ejecución.

La norma 6.1-IC distingue entre “explanación” y “explanada”. La explanación es el terreno natural, en caso de desmonte, mientras que la explanada sería la coronación de un relleno de tipo terraplén.

Además, según se expone en la Norma 6.1-IC, la estructura del firme deberá adecuarse, entre otros factores, a la acción prevista del tráfico, fundamentalmente del más pesado, durante la vida útil del firme y a la categoría de la explanada.

Por ello, la sección estructural del firme dependerá en primer lugar de la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDp) que se prevea en los viales en el año de puesta en servicio. Dicha intensidad se utilizará para establecer la categoría de tráfico pesado.

A los efectos de aplicación de esta norma, se definen ocho categorías de tráfico pesado, según la IMDp que se prevea para el vial proyectado en el año de puesta en servicio. La tabla 1A presenta las categorías T00 a T2, mientras que las categorías T3 y T4, que se dividen en dos cada una de ellas, aparecen recogidas en la tabla 1B.

Tabla 1A				
Categorías de tráfico pesado T00 a T2				
Categoría de tráfico pesado	T00	T0	T1	T2
IMDp (vehículos pesados/día)	≥ 4000	< 4000 ≥ 2000	< 2000 ≥ 800	< 800 ≥ 200

Tabla 1B				
Categorías de tráfico pesado T3 a T4				
Categoría de tráfico pesado	T31	T32	T41	T42
IMDp (vehículos pesados/día)	< 200 ≥ 100	< 100 ≥ 50	< 50 ≥ 25	< 25

Para la formación de la explanada, y a los efectos de definir la estructura del firme en cada caso, se establecen tres categorías de explanada, denominadas respectivamente E1, E2 y E3. Estas categorías se determinan según el módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga (E_{v2}), obtenido de acuerdo con la norma NLT-357 «Ensayo de carga con placa», cuyos valores se recogen en la tabla 2.

Tabla 2			
Módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga			
Categoría de explanada	E1	E2	E3
E_{v2} (MPa)	≥ 60	≥ 120	≥ 300

Por tanto en función del tráfico previsto y del tipo de suelo de la explanación, se diseñará la explanada que servirá de base al paquete de firme, que culminaría con una capa de aglomerado asfáltico o una solera de hormigón.

Sobre la explanada se realizarían las placas de carga para comprobar que se ha alcanzado el módulo mínimo exigido para cada categoría de explanada.

Salvo justificación en contrario, será preceptivo proyectar una capa de separación (estabilización “in situ” con cal en 15 cm de espesor, geotextil, membrana plástica, etc.) entre los suelos inadecuados o marginales con finos plásticos y las capas de suelo adecuado o seleccionado, para la formación de explanadas del tipo E2 y E3 en las categorías de tráfico pesado T00 a T2.

Por otro lado la superficie de la explanada deberá quedar al menos a 60 cm por encima del nivel más alto previsible de la capa freática donde el suelo utilizado sea seleccionado, a 80 cm donde sea adecuado y a 100 cm donde sea tolerable y a 120 cm donde sean marginales o inadecuados. A tal fin se adoptarán medidas tales como la elevación de la rasante de la explanada, la colocación de drenes subterráneos, la interposición de geotextiles o de una capa drenante, etc., y se asegurará la evacuación del agua infiltrada a través del firme de la calzada y de los arcenes.

La formación de las explanadas de las distintas categorías se recoge en la figura 1 que aparece a continuación, dependiendo del tipo de suelo de la explanación o de la obra de tierra subyacente, y de las características y espesores de los materiales disponibles, según se definen en el artículo 330 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

Para la correcta aplicación de la figura 1 se deberán tener en cuenta que todos los espesores que se indican son los mínimos especificados para cualquier punto de la sección transversal de la explanada.













Al mismo tiempo, los materiales empleados han de cumplir las prescripciones contenidas en los correspondientes artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3), además de las complementarias recogidas en la Norma 6.1-IC.

La figura 1 se estructura según el tipo de suelo de la explanación en el caso de los desmontes, o de la obra de tierra subyacente en el caso de los terraplenes, los pedraplenes o los rellenos todo-uno. Se consideran los siguientes tipos: inadecuados y marginales (IN), tolerables (0), adecuados (1), seleccionados (2), seleccionados con $\text{CBR} \geq 20$ en las condiciones de puesta en obra (3) y roca (R).

En las figuras 2 y 3 se recogen las secciones de firme según la categoría de tráfico pesado y la categoría de explanada.

TIPOS DE SUELOS DE LA EXPLANACIÓN (DESMONTES) O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (TERRAPLENES, PEDRAPLENES O RELLENOS TODO-UNO)						
	SUELOS INADECUADOS O MARGINALES (IN)	SUELOS TOLERABLES (0)	SUELOS ADECUADOS (1)	SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3)	ROCA (R)	
CATEGORIA DE EXPLANADA	E1 $E_{v2} \geq 60\text{MPa}$	<div><div>1</div><div>IN</div></div> <div><div><div>S-EST1</div><div>1</div></div><div>30</div><div>IN</div></div> <div><div><div>S-EST1</div><div>0</div></div><div>60</div><div>IN</div></div> <div><div><div>S-EST1</div><div>30</div></div><div>30</div><div>IN</div></div> <div><div>2</div><div>35</div><div>IN</div></div> <div><div>1</div><div>50</div><div>IN</div></div>	<div><div>1</div><div>60</div></div> <div><div>0</div><div>45</div></div> <div><div><div>S-EST1</div><div>25</div></div><div>0</div></div>	<div><div>1</div><div>min 100</div></div>		
	E2 $E_{v2} \geq 120\text{MPa}$	<div><div>2</div><div>IN</div></div> <div><div><div>S-EST2</div><div>1</div></div><div>30</div><div>IN</div></div> <div><div><div>S-EST1</div><div>0</div></div><div>70</div><div>IN</div></div> <div><div><div>S-EST1</div><div>30</div></div><div>30</div><div>IN</div></div> <div><div>3</div><div>40</div><div>IN</div></div> <div><div>1</div><div>60</div><div>IN</div></div>	<div><div>2</div><div>75</div></div> <div><div>0</div><div>25</div></div> <div><div><div>S-EST2</div><div>25</div></div><div>0</div></div> <div><div>2</div><div>40</div></div> <div><div>1</div><div>50</div></div> <div><div>0</div><div>25</div></div> <div><div><div>S-EST1</div><div>25</div></div><div>0</div></div>	<div><div>2</div><div>55</div></div> <div><div>1</div><div>25</div></div> <div><div><div>S-EST2</div><div>25</div></div><div>1</div></div> <div><div>3</div><div>35</div></div> <div><div>1</div><div>min 100</div></div>		
	E3 $E_{v2} \geq 300\text{MPa}$	<div><div><div>S-EST3</div><div>30</div></div><div><div>S-EST1</div><div>50</div></div><div>IN</div></div> <div><div><div>S-EST3</div><div>30</div></div><div><div>2</div><div>50</div></div><div>IN</div></div> <div><div><div>S-EST1</div><div>30</div></div><div>IN</div></div> <div><div>30</div><div>IN</div></div> <div><div><div>S-EST3</div><div>30</div></div><div><div>1</div><div>75</div></div><div>IN</div></div>	<div><div><div>S-EST3</div><div>30</div></div><div><div>2</div><div>30</div></div><div>0</div></div> <div><div><div>S-EST3</div><div>30</div></div><div><div>1</div><div>50</div></div><div>0</div></div>	<div><div><div>S-EST3</div><div>30</div></div><div>1</div></div>	<div><div><div>S-EST3</div><div>30</div></div><div>2</div></div> <div><div><div>S-EST3</div><div>25</div></div><div>3</div></div>	<div><div>HM-20</div><div>R</div></div>
IN	Suelo inadecuado o marginal (Art. 330 del PG-3)	Suelo tolerable (Art. 330 del PG-3)	Suelo adecuado (Art. 330 del PG-3)	Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3)	tipo de material espesor mínimo en cm. suelo de explanación o de la obra de tierra subyacente	
S-EST 1	Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3)	S-EST 2	Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3)	S-EST 3	Hormigón espesor mínimo: 15 cm (Art. 610 del PG-3)	

Figura 1. Norma 6.1-IC. Secciones de Firme. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (2003)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
	T00		T0	T1
	T2			
E1	   			
E2	   			
E3	   			

Esposores mínimos en cm

MB Mezclas bituminosas

HF Hormigón de firme

HM Hormigón magro

GC Gravacemento

SC Suelocemento

ZA Zahorra artificial

(1) Para las categorías de tráfico pesado T00 y T0 se emplearán únicamente pavimentos continuos de hormigón armado con los espesores indicados.

(2) Capas tratadas con cemento que deberán prefisurarse con espaciamientos de 3 a 4 m, de acuerdo con el artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

(3) Para poder proyectar esta solución será preceptivo que la capa superior de la explanada E2 esté estabilizada con cemento.

Figura 2. Norma 6.1-IC. Secciones de Firme. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (2003)

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
CATEGORÍA DE EXPLANADA	T31	T32	T41
	T42		
E1	3111 MB 20 ZA 40 3112 MB 15 SC 30 3114 HF 21 ZA 30	3211 MB 18 ZA 40 3212 MB 12 SC 30 3214 HF 21 ZA 20	4211 MB 5 ⁽¹⁾ ZA 35 4212 MB 5 SC 25 4214 HF 18 ZA 20
E2	3121 MB 16 ZA 40 3122 MB 12 SC 30 3124 HF 21 ZA 25	3221 MB 15 ZA 35 3222 MB 10 SC 30 3224 HF 21 ZA 20	4221 MB 5 ⁽¹⁾ ZA 25 4222 MB 5 SC 22 4224 HF 18 ZA 20
E3	3131 MB 16 ZA 25 3132 MB 12 SC 22 3134 HF 21 ZA 20	3231 MB 15 ZA 20 3232 MB 10 SC 22 3234 HF 21 ZA 20	4231 MB 5 ⁽¹⁾ ZA 20 4232 MB 5 SC 20 4234 HF 18 ZA 20

Espesores mínimos en cm

 Mezclas bituminosas
 Hormigón de firme
 Suelocemento
 Zahorra artificial

(1) Estas capas bituminosas podrán ser proyectadas con mezclas bituminosas en caliente muy flexibles, gravaemulsión sellada con un tratamiento superficial o mezcla bituminosa abierta en frío sellada con un tratamiento superficial.

Nota 1: Para las categorías de tráfico pesado T3 (T31 y T32) las capas tratadas con cemento deberán prefisurarse con espaciamientos de 3 a 4 m, de acuerdo con el artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

Nota 2: En la categoría de tráfico pesado T42 con tráficos de intensidad reducida (menor que 100 vehículos/carril/día) podrá disponerse un riego con aravilla bicana como sustitución de los 5 cm de mezcla bituminosa.

Figura 3. Norma 6.1-IC. Secciones de Firme. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (2003)

La explanada necesaria se realizaría como un relleno estructural de tipo terraplén, para lo que habría que retirar totalmente los materiales del Nivel 1 (rellenos antrópicos).

El terraplén se ejecutará adecuadamente, mediante la extensión y compactación de material de aporte adecuado/seleccionado según la clasificación del PG-3.

El material empleado deberá ser extendido en tongadas de 0,20-0,30 m de espesor para garantizar su adecuada compactación al 95-100% de su Próctor de referencia.

Para la comprobación de la densidad y de la humedad alcanzados en la compactación de cada tongada, se podrán llevar a cabo series de mediciones mediante el método de los isótopos radiactivos (aparato tipo Troxler).

Los materiales a emplear en la ejecución del terraplén, se identifican según la clasificación del suelo dada en el Artículo 330 del PG-3, distinguiéndose los siguientes tipos: inadecuados, marginales, tolerables, adecuados y seleccionados.

Las características que definen cada tipo de suelo se reflejan en la tabla siguiente:

Suelos inadecuados	Suelos marginales	Suelos tolerables	Suelos adecuados	Suelos seleccionados
<p>Los que no se pueden incluir en las siguientes categorías</p> <p>Las turbas y otros suelos que contengan materiales perecederos u orgánicos tales como tocones, ramas, etc.</p> <p>Los que pueden resultar insalubres para las actividades que sobre ellos se desarrollen.</p>	Los que no se pueden incluir en categorías superiores y cumplen las siguientes condiciones:	Los que no se pueden incluir en categorías superiores y cumplen las siguientes condiciones:	Los que no se pueden incluir en la categoría superior y cumplen las siguientes condiciones:	
			Tamaño máximo < 100 mm	Tamaño máximo < 100 mm
			<p>Menos del 80% en peso de partículas de dimensión < 2 mm (tamiz 2 UNE)</p> <p>Menos del 35 % en peso de partículas de dimensión < 0,08 mm (tamiz 0,08 UNE)</p>	<p>Menos del 15% en peso de partículas de dimensión < 0,40 mm (tamiz 0,40 UNE)</p> <p>ó</p> <p>Menos del 80% en peso de partículas de dimensión < 2 mm (tamiz 2 UNE)</p> <p>Menos del 75% en peso de partículas de dimensión < 0,40 mm (tamiz 0,40 UNE)</p> <p>Menos del 25 % en peso de partículas de dimensión < 0,08 mm (tamiz 0,08 UNE)</p>
	si L.L. > 90, I.P. > 0,73 (L.L.-20)	L.L. < 65 si L.L. > 40, I.P. > 0,73 (L.L.-20)	L.L. < 40 si L.L. > 30, I.P. > 4	L.L. < 30 , I.P. < 10
	Hinchamiento libre < 5%	Hinchamiento libre < 3%		
		Colapso < 1%		
		Yeso < 5% Contenido en sales solubles distintas de Yeso < 1%	Contenido en sales solubles, incluido el Yeso < 0,2%	Contenido en sales solubles, incluido el Yeso < 0,2%
	Contenido materia orgánica < 5 %	Contenido materia orgánica < 2 %	Contenido materia orgánica < 1 %	Contenido materia orgánica < 0,20 %

8.2. ÍNDICE DE EXCAVABILIDAD.

La determinación del grado de dificultad de excavación del terreno es de suma importancia a la hora de seleccionar el equipo de excavación adecuado. En el supuesto de que el subsuelo esté formado por materiales rocosos, la determinación se realizaría basándonos en las tablas de Hadjigeorgiou y Scoble. Mientras que, si el subsuelo del emplazamiento está formado por suelos, o incluso rocas blandas, la dificultad de excavación depende esencialmente de los siguientes parámetros: resistencia del terreno, densidad aparente, factor de esponjamiento y la humedad natural del terreno.

Actualmente no existe un sistema cuantitativo claro y ampliamente aceptado a la hora de determinar la dificultad de excavación en suelos o formaciones disgregadas, por lo que usualmente la evaluación se realiza en base a experiencias previas de excavaciones similares realizadas en la zona o, si se diera el caso, durante la ejecución de calicatas de investigación. Sin embargo, basándonos en la densidad aparente y la humedad natural, se puede obtener de manera cualitativa un factor de esponjamiento y un grado de dificultad de excavación relativo:

DETERMINACIÓN CUALITATIVA DEL GRADO DE DIFICULTAD DE EXCAVACIÓN				
Tipo de Suelo	Humedad natural	Densidad aparente (g/cm³)	Coefficiente de esponjamiento	Excavabilidad
Grava con pocos finos	3-9 %	1,90-2,30	1,25	Fácil
Arenas con pocos finos	4-15 %	1,80-2,00	1,15	Fácil
Mezcla de gravas y arenas con pocos finos	3-9%	2,00-2,40	1,15	Fácil
Arcillas y limos poco-medianamente consolidados	20-55%	1,65-2,00	1,30	Medio
Arcillas y limos consolidados-duros	14-28%	2,10-2,20	1,35	Medio-Difícil
Mezcla de arcillas/limos, gravas y/o arenas	5-13 %	2,00-2,25	1,30	Medio
Fragmentos rocosos alterados, formaciones cementadas/litificadas o granulares gruesos-muy gruesos	2-7%	2,10-2,30	1,20-1,30	Difícil
<p>Fácil: Materiales sueltos y disgregados poco cohesionados, fácilmente excavables, como arenas y gravas con pocos cantos y/o bloques y un grado de desarrollo de la fracción fina bajo.</p> <p>Medio: Materiales con cohesión, medianamente excavables, como arcillas y limos poco consolidados, o gravas y mezclas de arenas y gravas con una matriz o contenido en finos importantes.</p> <p>Difícil: Materiales de cohesión elevada, como arcillas y limos consolidados-duros. Gravas con un elevado contenido en cantos y bloques o niveles cementados/litificados con fragmentos rocosos alterados o costras.</p>				

Los trabajos de zanjeado de la cimentación afectarán principalmente al Nivel 1.

Los materiales que componen el Nivel 1 (rellenos), tendrían una compacidad floja-media.

De esta manera, para el Nivel 1 podemos considerar que la dificultad de la excavación sería fácil.

Las excavaciones previstas se podrán efectuar con maquinaria retroexcavadora convencional, de la suficiente potencia para acometer con garantías los movimientos de tierras necesarios.

Las excavaciones previstas se podrán efectuar con maquinaria retroexcavadora convencional que cuente con martillo picador, para la retirada de las soleras existentes, así como de la cimentación de los depósitos, y la suficiente potencia para acometer con garantías los movimientos de tierras necesarios.

Se deberán guardar en todo momento las medidas de seguridad oportunas que garanticen la seguridad de la obra, del vial y edificaciones adyacentes así como del personal a su disposición.

8.3. NIVEL FREÁTICO Y AGRESIVIDAD DEL MEDIO.

En las observaciones realizadas durante la ejecución de los trabajos de campo, efectuados el día 7 de octubre de 2024, no se detectó la presencia de ningún nivel de agua a las profundidades reconocidas, habiéndose alcanzado una profundidad máxima de 8,60 m respecto de la cota de emboquille de cada ensayo.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL TERRENO.

Los ensayos para la determinación del contenido en sulfatos solubles de un suelo, realizados sobre dos muestras del terreno que compone el subsuelo del emplazamiento, han dado en todos los casos como resultado un contenido nulo (NO CONTIENE).

El Código Estructural establece un contenido de ión sulfato de entre 2.000 y 3.000 mg/kg para la clasificación de ataque químico débil (ambiente XA1), de entre 3.000 y 12.000 mg/kg para la clasificación de ataque químico medio (ambiente XA2), y de más de 12.000 mg/kg para la clasificación de ataque químico fuerte (ambiente XA3).

Según esto, los materiales ensayados no serían agresivos frente al hormigón, ya que los resultados obtenidos son inferiores al rango de valores definido para la clasificación de ataque químico débil.

CONCLUSIONES RESPECTO DE LA AGRESIVIDAD.

El Código Estructural establece el uso de hormigón sulforresistente en obra a partir de un contenido de sulfatos solubles en suelo superior a 3.000 mg/kg (ambiente XA2), o de un contenido de sulfatos solubles en agua superior a 600 mg/l (ambiente XA2).

Con los ensayos de laboratorio efectuados se ha determinado que el terreno que compone el subsuelo de la parcela no sería agresivo frente al hormigón, por lo que no sería necesario emplear hormigones sulforresistentes.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y FUENTES DE INFORMACIÓN.

- Mapa Geológico de España, escala 1:50.000, IGME.
- Código Técnico de la Edificación. 2007.
- RD 732/2019, de 20 de diciembre. 2019.
- RD 470/2021, de 26 de junio. 2021.
- Norma de construcción sismorresistente NCSE-02, parte general y edificación. 2002.
- Jiménez Salas, J.A., de Justo Alpañés, J.L. Geotecnia y Cimientos I. Ed. Rueda, Madrid, 1971.
- Rodríguez Ortiz, J.M.; Serra Gesta, J.; Oteo Mazo, C. Curso aplicado de cimentaciones. COAM, Madrid, 1982.
- González de Vallejo, L.I.; Ferrer, M.; Ortuño, L.; Oteo Mazo, C. Ingeniería Geológica. Pearson Educación, Madrid, 2002.
- Oteo Mazo, C.; Rodríguez Ortiz, J.M.; Mendaña Saavedra, F. Sobre los sistemas y parámetros geotécnicos de diseño en la ampliación del Metro de Madrid. Revista de Obras Públicas nº 3429, Madrid, 2003.
- Sede Electrónica del Catastro.
<https://www1.sedecatastro.gob.es/>

10. CONSIDERACIONES GENERALES.

Todas las consideraciones de este estudio se basan en los reconocimientos efectuados, por lo que dado el carácter puntual de los mismos, sería necesario comprobar durante la excavación de las cimentaciones que las características del subsuelo son coincidentes con las observadas en los puntos investigados.

Además, es importante indicar que las conclusiones expuestas en este informe son apropiadas para las condiciones en que se encontraba la parcela y su subsuelo en la fecha de realización de los trabajos de campo.

No son descartables, por tanto, variaciones respecto a las hipótesis aquí consideradas, por lo que se estima necesaria la supervisión de las obras por un técnico competente que corrobore o modifique las conclusiones aquí incluidas.

Así pues, las conclusiones ofrecidas se someten a consideración de la Dirección Facultativa de la obra, por ser ésta una interpretación de los resultados obtenidos en los puntos muestreados.

Deberá garantizarse en cualquier caso la seguridad de la obra y del personal a su disposición, adoptando en cada situación las medidas oportunas.

Este informe no podrá ser modificado y/o reproducido de forma total o parcial sin la aprobación de Geología, Materiales y Construcción S.L.

La presente memoria consta de 57 hojas, numeradas correlativamente y selladas en Madrid, a 24 de octubre de 2024.



Emma Arias García
Geóloga
Nº de colegiada – 6272



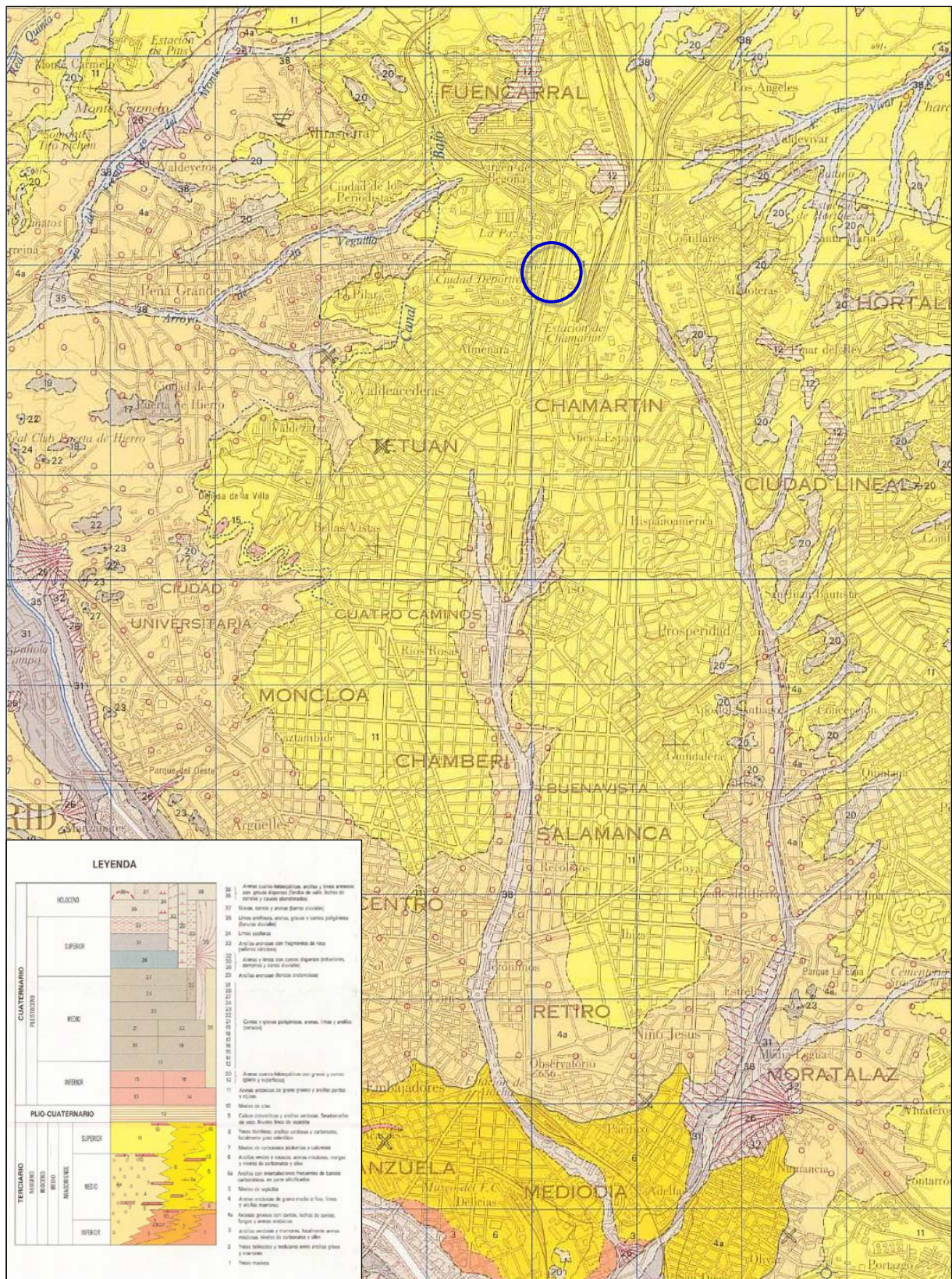
Negia María Milián Rodríguez
Directora Técnica GMC Ingeniería

GEOLOGÍA MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN SL
C/ REYES CATÓLICOS Nº 6 - NAVE 108
28108 ALCOBENDAS (MADRID)
B-83569699
gmc@gmcingenieria.com

ANEXOS

- Anexo 1.- MAPA GEOLÓGICO.**
- Anexo 2.- CROQUIS DE SITUACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO.**
- Anexo 3.- COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL SONDEO.**
- Anexo 4.- PERFILES ESTRATIGRÁFICOS DEL TERRENO.**
- Anexo 5.- ACTAS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.**
- Anexo 6.- REPORTAJE FOTOGRÁFICO.**


ANEXO 1

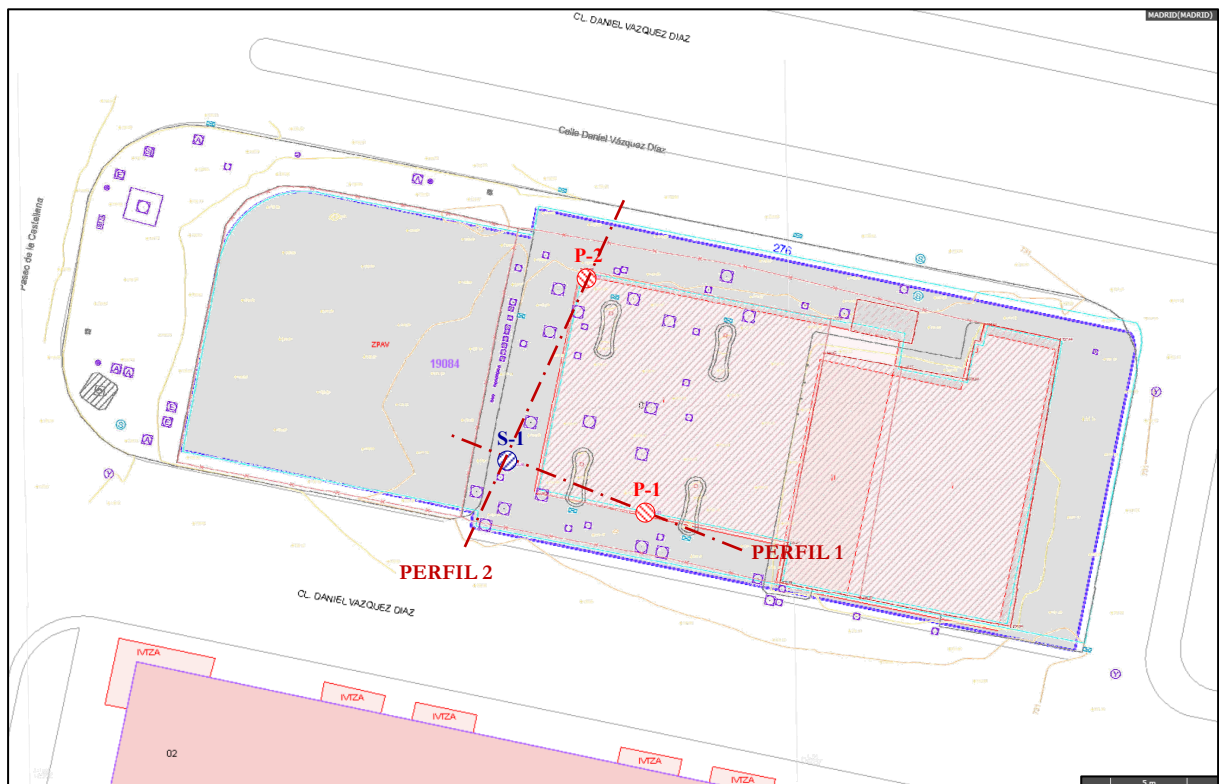


ANEXO 2



 Sondeo

 Ensayo de penetración DPSH



ANEXO 3

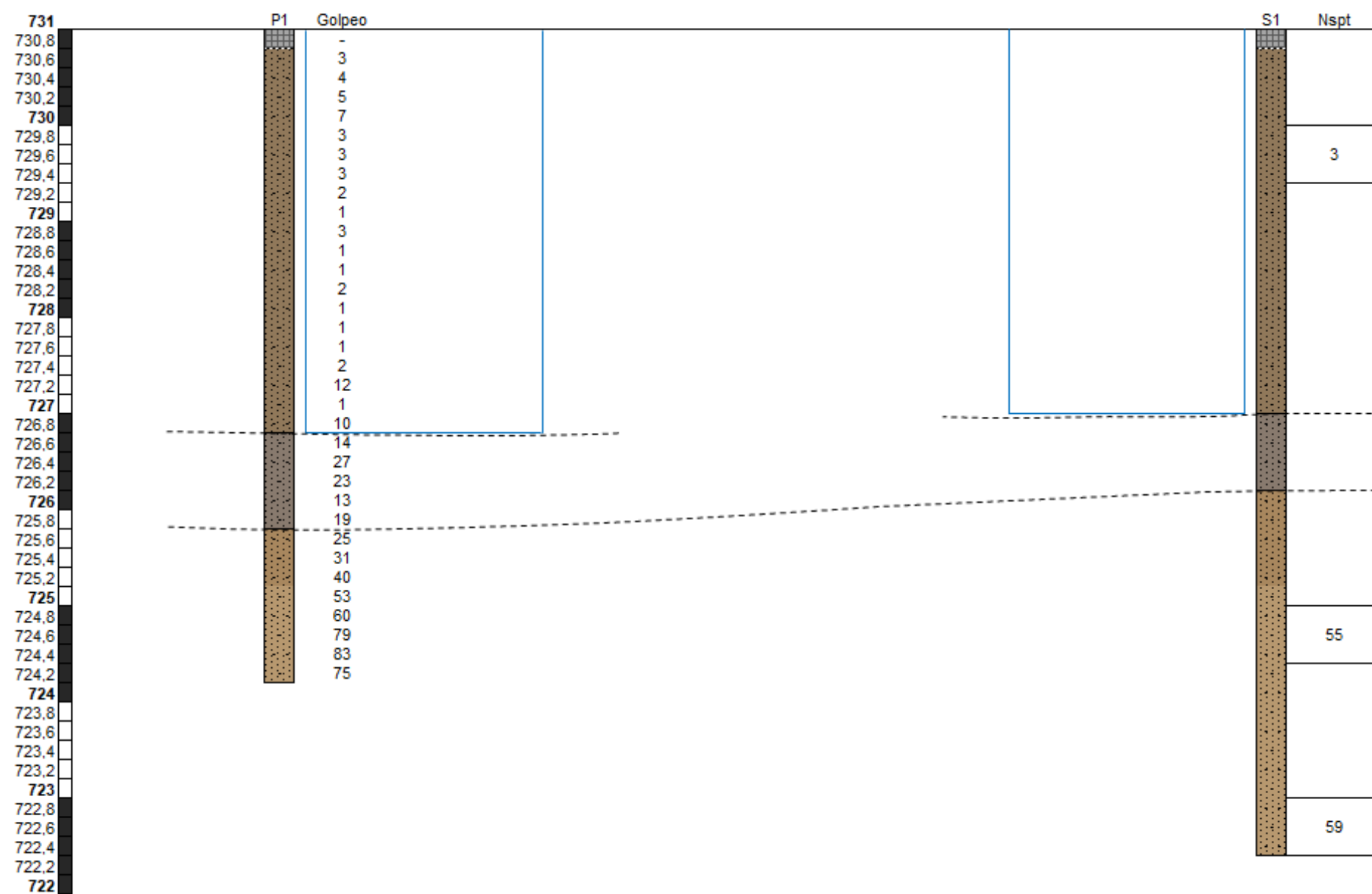
<div><div>E3</div><div>gmc</div><div>ingeniería</div></div>				Dirección: PASEO DE LA CASTELLANA Nº 276, DTO. CHAMARTÍN, MADRID.										Nº Expediente: 9693		Maquinaria: RL-600			
				Peticionario DIR. GRAL. TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y ECONOMIA CIRCULAR										Fecha realización: 07/10/24		Cota inicio: ≈ 731,06 m			
				Sondeo Nº: 1		Profundidad alcanzada: 8,60 m			Nivel freático: NO DETECTADO					Localización: SEGÚN CROQUIS					
Perforación		Profundidad (m)	Potencia (m)	Recuperación (%)	Litología	Muestras			Ensayos laboratorio										Naturaleza del Terreno
Tipo	Ø					Prof (m)	Tipo	N ₃₀	Granulometría			Límites Atterberg			USCS	SO ₄ mg/kg mg/l	CS kg/cm²	PH kg/cm²	
									gravas (%)	arenas (%)	finos (%)	LL	LP	IP					
RSW	101	1				1,00													0,30 M DE SOLERA DE HORMIGÓN SOBRE RELLENOS ARENOSOS CON ALGO DE LIMO. COLOR PARDO OSCURO. COMPACIDAD MUY FLOJA-FLOJA. (POSIBLE MATERIAL DE RELLENO DE LOS FOSOS DE LOS DEPÓSITOS EXISTENTES).
						SPT	3												
		2	4,10			1,60	MA	-	14,6	79,6	51,8	NP	NP	NP	SW-SM	0	-	-	
		2,00																	
		3																	
		4																	
		4,10																	4,10 m
		5	0,80	100		4,90	TS	-	3,3	40,1	56,6	37,5	18,7	18,8	CL	0	-	-	4,90 m
RSW	86	5,30																	
		6				6,00													
						SPT	55												
		6,60																	
		7																	
		3,70																	
		8				8,00													
						SPT	59												
		8,60																	8,60 m
		9																	
		10																	
		11																	
		12																	
Leyenda perforación:		RS: Rotación batería simple W: Corona de widia		RD: Rotación batería doble D: Corona de diamante		P: Percusión S: Perforación en seco		B: Barrena helicoidal A: Perforación con agua		Rto: Revestimiento		Ø: Diámetro de perforación NF: Nivel freático							
Leyenda muestras:		MA: Muestra Alterada MI: Muestra Inalterada		TP: Testigo Parafinado TS: Testigo Sondeo		MH ₂ O: Muestra de agua subterránea SPT: Ensayo de Penetración Estándar		N ₃₀ : Índice de golpeo del SPT R: Rechazo en SPT		LL: Límite líquido LP: Límite plástico		IP: Índice de plasticidad USCS: Clasificación muestra							

ANEXO 4

PERFIL ESTRATIGRÁFICO 1

Paseo de la Castellana nº 276, Dto. Chamartín, Madrid.

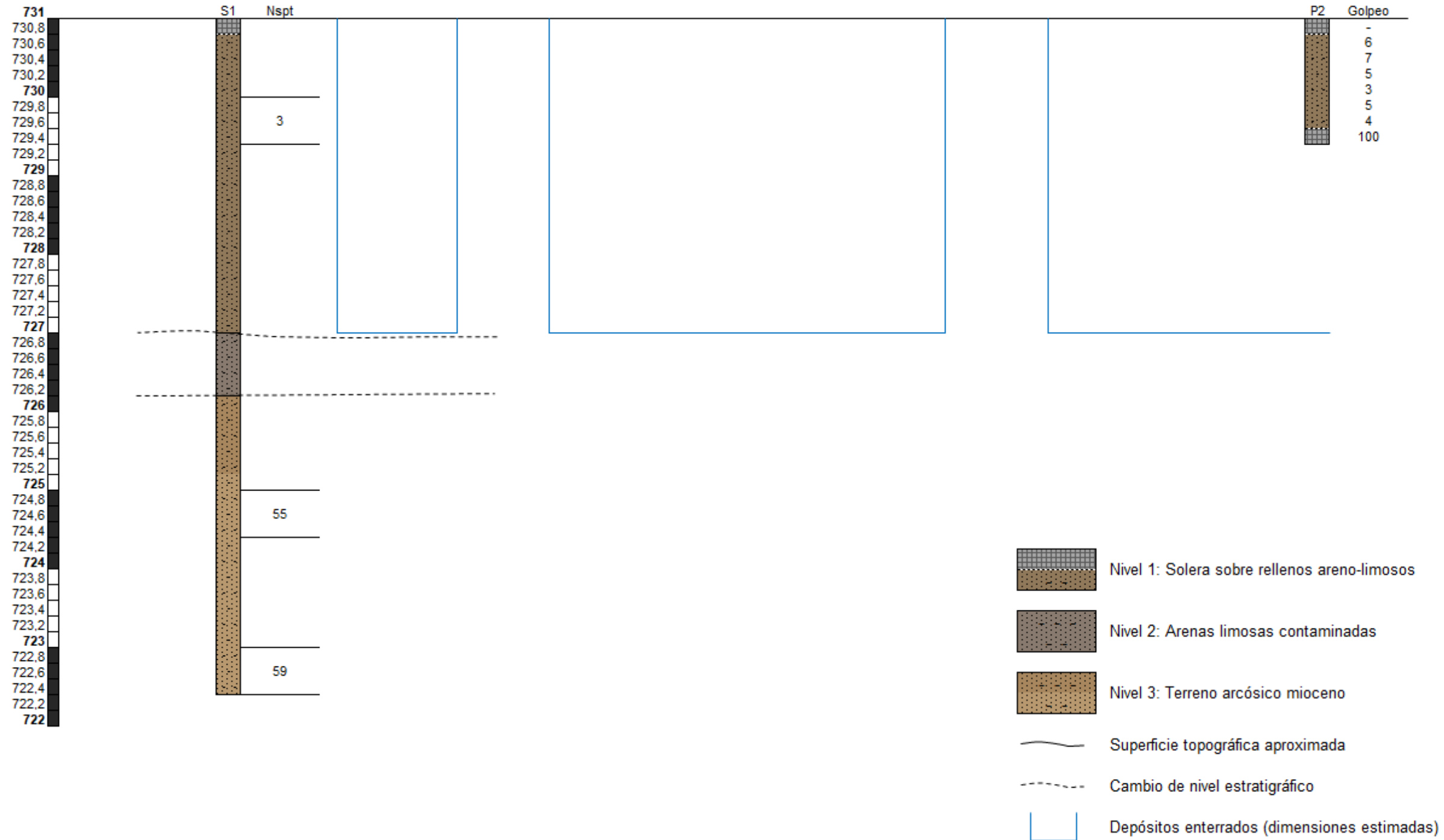
Cota (m)



PERFIL ESTRATIGRÁFICO 2

Paseo de la Castellana nº 276, Dto. Chamartín, Madrid.

Cota (m)



ANEXO 5



Fecha de emisión: 17/10/2024

Nº de acta: 1978/24

TIPO DE ENSAYO

Análisis granulométrico de suelos por tamizado, s/norma UNE 103-101-95, Determinación de los límites de Atterberg en un suelo, s/norma UNE 103-103-94 y UNE 103-104-93, Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo, s/norma UNE 103-202-2019, Determinación de la humedad, s/norma UNE EN ISO 17892-1:2015

DATOS DE LA OBRA

Nº DE EXPEDIENTE: 9693

TIPO DE OBRA: Electrolinera

DIRECCIÓN: Pº de la Castellana nº 276, Dto. Chamartín, Madrid

DATOS DEL CLIENTE

CLIENTE: DIR. GRAL. TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y ECONOMÍA CIRCULAR

DATOS DE LA MUESTRA

Nº DE MUESTRA: L. 2024/1189

TIPO DE MUESTRA: Muestra Alterada

PROCEDENCIA: Sondeo 1

Cota: de 1.60 a 2.00m

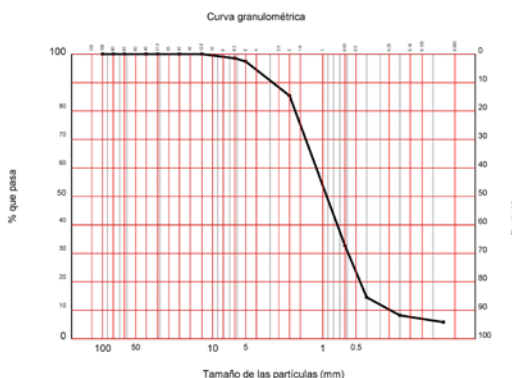
Laboratorio inscrito en el Registro General de Laboratorios de Ensayo para el Control de Calidad en la Edificación, Ref: MAD-L-063

Análisis granulométrico de suelos por tamizado														
Tamiz (mm)	100	80	63	40	31.5	20	12.5	6.3	5	2	0.63	0.4	0.2	0.08
Pasa (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.5	97.4	85.4	32.8	14.6	8.2	5.8

Distribución granulométrica S/ASTM-D 2487		
Bloques (escala Wentworth)	Más de 300 mm.	0.0%
Cantos (escala Wentworth)	De 75 a 300 mm.	0.0%
Gravas (3.6%)	gruesas De 19 a 75 mm.	0.0%
	finas De 4.75 a 19 mm.	3.6%
Arenas (91.0%)	gruesas De 2 a 4.75 mm.	11.1%
	medias De 0.425 a 2 mm.	68.8%
	finas De 0.075 a 0.425 mm.	11.1%
Limos y arcillas	Menos de 0.075 mm.	5.4%

Clasificación USCS S/ASTM D2487

SW-SM : Arena bien clasificada con limo



LÍMITES POR EL MÉTODO DE LA CUCHARA DE CASAGRANDE S/UNE 103.103 y UNE 103.104	
Límite líquido	No plástico
Límite plástico	No plástico
Índice de plasticidad	No plástico

Determinación de la humedad de un suelo	
Humedad	% 3.9

Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles	
No contiene	



Negia María Milián Rodríguez
Dir. Técnico Laboratorio

David Barreno
Jefe de Laboratorio

Hoja 1 de 1

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra ensayada, GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6 NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingenieria.com - comercial@gmcingenieria.com

GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.

Hoja 54 de 57





Fecha de emisión: 17/10/2024

Nº de acta: 1979/24

TIPO DE ENSAYO

Análisis granulométrico de suelos por tamizado, s/norma UNE 103-101.95, Determinación de los límites de Atterberg en un suelo, s/norma UNE 103-103.94 y UNE 103-104.93, Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo, s/norma UNE 103-202.2019, Determinación de la humedad, s/norma UNE EN ISO 17892-1:2015

DATOS DE LA OBRA

Nº DE EXPEDIENTE: 9693

TIPO DE OBRA: Electrolinera

DIRECCIÓN: Pº de la Castellana nº 276, Dto. Chamartín, Madrid

DATOS DEL CLIENTE

CLIENTE: DIR. GRAL. TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y ECONOMÍA CIRCULAR

DATOS DE LA MUESTRA

Nº DE MUESTRA: L. 2024/1190

TIPO DE MUESTRA: Testigo de Sondeo

PROCEDENCIA: Sondeo 1

Cota: de 4.90 a 5.30m

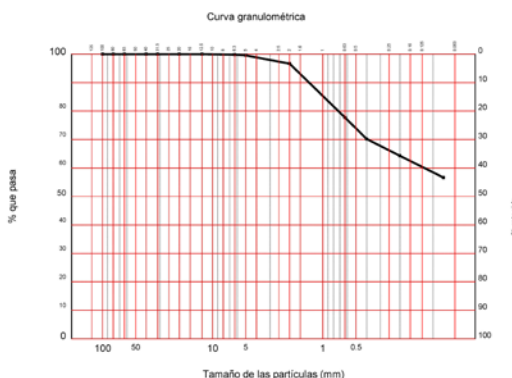
Laboratorio inscrito en el Registro General de Laboratorios de Ensayo para el Control de Calidad en la Edificación, Ref: MAD-L-063

Análisis granulométrico de suelos por tamizado														
Tamiz (mm)	100	80	63	40	31.5	20	12.5	6.3	5	2	0.63	0.4	0.2	0.08
Pasa (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	99.6	96.7	77.8	70.2	64.2	56.6

Distribución granulométrica S/ASTM-D 2487		
Bloques (escala Wentworth)	Más de 300 mm.	0.0%
Cantos (escala Wentworth)	De 75 a 300 mm.	0.0%
Gravas (0.7%)	gruesas De 19 a 75 mm.	0.0%
	finas De 4.75 a 19 mm.	0.7%
Arenas (46.2%)	gruesas De 2 a 4.75 mm.	2.7%
	medias De 0.425 a 2 mm.	25.6%
	finas De 0.075 a 0.425 mm.	17.9%
Limos y arcillas	Menos de 0.075 mm.	53.1%

Clasificación USCS S/ASTM D2487

CL : Arcilla de media plasticidad arenosa



LÍMITES POR EL MÉTODO DE LA CUCHARA DE CASAGRANDE S/UNE 103.103 y UNE 103.104	
Límite líquido	37.5
Límite plástico	18.7
Índice de plasticidad	18.8

Determinación de la humedad de un suelo	
Humedad	% 11.3

Determinación cualitativa del contenido en sulfatos solubles	
No contiene	



Negia María Milián Rodríguez
Dir. Técnico Laboratorio

David Barreno
Jefe de Laboratorio

Hoja 1 de 1

Los resultados de estos ensayos afectan únicamente a la muestra ensayada, GMC Ingeniería no se hace responsable en ningún caso de la incorrecta interpretación o uso de este documento por parte de terceros.

PARQUE EMPRESARIAL GRUPO GEO - CALLE REYES CATÓLICOS Nº6 NAVE 108 - 28108 ALCOBENDAS MADRID

T. 91 490 13 05 - M. 620 506 418 - www.gmcingenieria.com - comercial@gmcingenieria.com

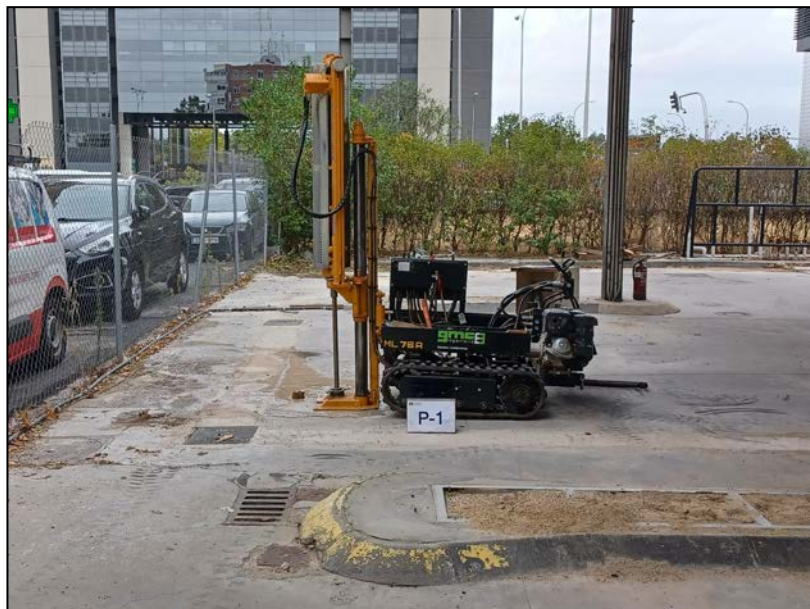
GMC GEOLOGÍA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN S.L.

Hoja 55 de 57



ANEXO 6

PENETRÓMETRO P-1



PENETRÓMETRO P-2



SONDEO S-1

