



**INFORME GEOTÉCNICO PARA LAS PARCELAS 132 a 139 DEL
POLÍGONO 6 DE LUMBIER (NAVARRA)**

CLIENTE: AYUNTAMIENTO DE LUMBIER

Pamplona, mayo de 2022

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. METODOLOGÍA	4
3. CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO	5
3.1. MARCO GEOLÓGICO. CARTOGRAFÍA	5
3.2. HIDROLOGÍA.....	6
3.3. SISMICIDAD	6
3.4. PROTECCIÓN FRENTE A EXPOSICIÓN AL RADÓN	7
4. RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO.....	9
4.1. SONDEOS MECÁNICOS	9
4.2. ENSAYOS “In Situ” (S.P.T.).....	11
4.3. ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA (UNE EN ISO 22476-2:2008/A1:2014).....	12
5. ENSAYOS DE LABORATORIO	16
6. CÁLCULO DE CARGAS ADMISIBLES	17
6.1. INTERPRETACIÓN ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA.....	17
6.2. ESTIMACIÓN DE CARGAS ADMISIBLES nivel geotécnico 1 y 2	18
6.3. ESTIMACIÓN DE CARGAS ADMISIBLES DEL MACIZO ROCOSO.....	19
7. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA	23
8. SOLUCIONES DE CIMENTACIÓN	27
8.1. TIPOLOGÍA CIMENTACIÓN	27
8.2. ESTIMACIÓN DE ASIENTOS	29
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31

ANEXOS

ANEXO 1: Mapa geológico y leyenda

ANEXO 2: Registro y fotografías de los sondeos

ANEXO 3: Ensayos de Penetración Dinámica DPSH

ANEXO 4: Perfiles de correlación

ANEXO 5: Boletines de los ensayos de laboratorio

ANEXO 6: Plano de ubicación de ensayos

INFORME: IRGE 2308 0422

Revisión	Fecha entrega	Descripción
IRGE 2308 0422.01	17/05/2022	Entrega informe

1. INTRODUCCIÓN

Se solicita a GEEA Geólogos S.L., a requerimiento del AYUNTAMIENTO DE LUMBIER la prestación de servicios profesionales para la redacción del Estudio Geológico y Geotécnico de las parcelas urbanas 132 a 139, ambas incluidas, del polígono 6 de Lumbier (Navarra), en las que está prevista la construcción de viviendas. En el momento de emisión del informe se desconoce el número y tipología de viviendas a construir.



Ortoimagen parcelas objeto de estudio, Sitna 2021

El trabajo contratado se resume básicamente en el estudio geológico-geotécnico del terreno. Se trata de caracterizar el terreno, identificar los diferentes tipos de materiales, obtener las profundidades y situación de estos, las resistencias de los mismos, y aconsejar sobre la base de ello las cimentaciones más apropiadas, las profundidades a las que se deben realizar y las cargas admisibles del terreno.

Los Geólogos que firman el presente informe están avalados por su titulación para la realización de ensayos geotécnicos “in situ”, según se recoge en el Real Decreto 1378/2001 de 7 de diciembre, en el que se definen las funciones profesionales del Geólogo. Los ensayos se han realizado por GEEA GEÓLOGOS S.L. laboratorio acreditado para la realización de dichos ensayos.

Siendo estas cuestiones expuestas en este informe con fecha de mayo de 2022.

2. METODOLOGÍA

Una vez aprobado el presupuesto e indicados los objetivos de la investigación, el método ha sido ordenado de la siguiente manera:

Antecedentes del lugar

1. Gob. De Navarra/Mapa Geológico de Navarra Hoja 174-II (Lumbier), esc. 1:25.000.
2. IGME/Mapa Geológico de España. Hoja 174 (Sangüesa), escala 1:50.000.
3. Gobierno de Navarra/Mapa Geológico de Navarra, escala 1:200.000.
4. Estudios previos realizados en la zona.

Cumplimiento CTE

1. Superficie parcelas objeto de estudio, 46 m x 30 m, se desconoce la tipología de edificación por el momento.
2. Nº de ensayos realizados en campo dos sondeos mecánicos con extracción continua de testigo y tres ensayos D.P.S.H. distribuidos tal y como queda reflejado en el croquis de ubicación (anexo 6).
3. Caracterización del horizonte de cimentación en laboratorio (anexo 5).
4. Secciones geotécnicas (anexo 4).
5. Plano de ubicación de ensayos de campo (anexo 6).

Contenidos en informe

1. Descripción geológica, hidrogeológica y sísmica (apartado 3).
2. Reconocimiento geotécnico, tipo ensayos y profundidades (apartado 4).
3. Cálculo de cargas admisibles (apartado 5).
4. Ensayos de laboratorio (apartado 6).
5. Parámetros geotécnicos, espesores, litologías (apartado 7).
6. Tipología de cimentación y asientos (apartado 8).
7. Cargas admisibles, hundimiento, asientos admisibles, nivel freático, excavabilidad, estabilidad de taludes, agresividad (apartado 9).

3. CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO

3.1. MARCO GEOLÓGICO. CARTOGRAFÍA

El área de estudio se encuentra, desde el punto de vista fisiográfico en el sector meridional de la zona surpireanaica, abarcando un área delimitada por las estribaciones occidentales de los relieves de la Sierra de Leyre, el valle del río Aragón y los relieves meridionales de los montes próximos a la Sierra de Aibar. Las estribaciones occidentales de la Sierra de Leyre se sitúan próximas a los valles del Salazar y del Irati, y conforman los relieves más meridionales del pirineo navarro en este sector. El río Aragón constituye la principal arteria fluvial que discurre con dirección NE-SO y sus aguas se ven alimentadas de otros cursos importantes de procedencia septentrional, tales como el Irati y este a su vez con las del Salazar.

Desde el punto de vista geológico, la hoja 174-II (Lumbier) se enmarca en las estribaciones meridionales del Pirineo occidental, estructurada en un cinturón de pliegues y cabalgamientos de orientación aproximada E-O, con vergencia meridional y desarrollada desde finales del Cretácico Superior y hasta finales del Mioceno inferior, como consecuencia de la colisión de las placas ibérica y europea. A grandes rasgos el Pirineo en la zona de estudio se ha dividido clásicamente según una transversal N-S y de acuerdo a sus características fisiográficas y geológicas en dos grandes unidades: Las Sierras Interiores y Exteriores, Es en la primera unidad en la que se enmarca la zona de estudio, al sur de las sierras interiores y del valle del Salazar, en las estribaciones de la Sierra de Leyre, unidad cabalgante de dirección E-O que cobija a grandes rasgos a las margas de eocenas de relleno de la cuenca de Pamplona.

El área de estudio se ubica sobre margas y margocalizas grises con algunas intercalaciones de areniscas (turbiditas) y niveles de brechas y cantos en la base, Flysch de Irurozqui.

Sobre los materiales descritos, la red de drenaje ha depositado durante el Cuaternario materiales de acarreo y se ha formado una extensa cobertera cuaternaria con un gran desarrollo de terrazas aluviales asociadas al río Salazar y a sus afluentes, con un predominio de cantos rodados en una matriz areno-arcillosa; y una serie de coluviones y glaciares de relativa importancia en laderas y piedemontes formados por limos, limos arcillosos y arenas con cantos dispersos, etc.

3.2. HIDROLOGÍA

Perteneciente a la Cuenca Hidrográfica del Ebro, el cauce principal de la zona lo representan el río Irati y Salazar. Con respecto al comportamiento hidrogeológico se reconocen en la zona dos litologías con un comportamiento hidráulico diferente:

- a. *Los depósitos aluviales cuaternarios*, asociados a las terrazas colgadas del río Salazar. Estos acuíferos, de pequeño espesor, cuya recarga se producirá por infiltración directa de aguas de lluvia, y su capacidad de drenaje dependerá del contenido de arcillas y limos, permiten pequeñas explotaciones por medio de pozos.
- b. *Las margas terciarias*, materiales de baja permeabilidad. En función de la fracturación que presenten, se puede infiltrar parte del agua de lluvia o del agua recogida por la red de drenaje superficial, pero no constituyen, a priori acuíferos de interés.

3.3. SISMICIDAD

El presente apartado tiene como objeto proporcionar los criterios que han de seguirse para la consideración de la acción sísmica en el proyecto, construcción, reforma y conservación de aquellas edificaciones y obras a las que le sea aplicable de acuerdo con las especificaciones dadas en la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02), según lo establecido en el Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre (B.O.E. nº 244 de 11 de octubre de 2002).

Según la clasificación de las construcciones dada por la citada Norma, el tipo de construcción en proyecto se calificaría como de Normal Importancia (aquellas construcciones cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos).

En los edificios en que ha de aplicarse esta Norma se requiere calcular la construcción para la acción sísmica definida en el capítulo 2, mediante los procedimientos descritos en el capítulo 3 y cumplir las reglas de proyecto y las prescripciones constructivas indicadas en el capítulo 4 de la citada Norma.

La aceleración sísmica básica en la zona objeto de estudio es de 0,04·g, según la Norma Sismorresistente (NCSR-02). Según la misma norma se ha calculado un valor del coeficiente C ponderado del terreno $C = 1,06$ para los 30 primeros metros del perfil geológico. En el ca-

so que nos ocupa se considera que los primeros 2,30 m son de material tipo III, el siguiente 1,30 m infrayacente es tipo II y los restantes como tipo I.

ac Aceleracion sismica de calculo	0,033888	$a_c = S \times \rho \times a_b$
ab Aceleración sismica basica	0,04	
ρ coeficiente adimensional de riesgo	1	1,0 Normal imp. 1,3 Especial Imp.
S Coeficiente de ampliación del terreno	0,85	Para $\rho \times a_b < 0,1 \text{ g}$ $S = C/1,25$ Para $0,1 \text{ g} < \rho \times a_b < 0,4 \text{ g}$ $S = C/1,25 + 3,33 (\rho \times a_b / \text{g} - 0,1) (1 - C/1,25)$ Para $0,4 \text{ g} < \rho \times a_b$ $S = 1,0$
El coeficiente C depende del terreno	1,06	

tipo I: roca compacta C=1

tipo II: roca fracturada, suelo granular denso o cohesivo duro C=1,3

tipo III: suelo granular de compactidad media o cohesivo de consistencia firme a muy firme C=1,6

tipo IV: suelo granular suelto o cohesivo blando C=2,0

3.4. PROTECCIÓN FRENTE A EXPOSICIÓN AL RADÓN

El radón es un gas radioactivo y cancerígeno que se genera por la descomposición natural del uranio, el cual se encuentra en casi todos los tipos de suelo. El radón se genera en el subsuelo y asciende entre los poros del terreno hasta alcanzar la superficie. Una vez ha alcanzado la superficie, podrá diluirse entre los gases de la atmósfera o penetrar en el interior de los edificios, ya sean viviendas o lugares de trabajo, a través de los materiales de construcción como las soleras de hormigón, los muros de carga o directamente por las fisuras. Al penetrar en un espacio cerrado como los sótanos o plantas bajas, el gas se va acumulando y va aumentando su concentración de manera imperceptible, ya que es un gas inodoro, incoloro e inerte.

En la sección DB-HS6 del CTE, se establecen las medidas básicas de protección para limitar la penetración del gas radón en los edificios de zonas donde se supera el nivel de referencia anual de 300 Bq/m³.

Las medidas de protección del DB-HS6 son de aplicación obligada en aquellos edificios de nueva construcción y para intervenciones en edificios existentes como ampliaciones, cambios de uso o reformas que estén ubicadas en zonas de riesgo de exposición a Radón. No obstante, estas medidas pueden ser aplicadas de manera preventiva en cualquier edificio con locales habitables, ya sean viviendas o lugares de trabajo.

El DB-HS6 define dos categorías de zonas sobre las que aplicar las medidas de protección en función del nivel de riesgo de radón del municipio en que se ubiquen:

- Zonas de riesgo I: entre 300 y 600 Bq/m³
- Zonas de riesgo II: si superan los 600 Bq/m³

Los municipios aparecen relacionados y clasificados en el apéndice B del DB-HS6.

El Código Técnico de la Edificación (CTE) establece que en aquellos edificios ubicados en los términos municipales en que se supere el nivel de referencia anual y que, por tanto, figuran en el apéndice B, deben implementarse las siguientes soluciones, en función de la zona a la que pertenezcan:

Zona I

En los municipios con un nivel de radón promedio anual esperado de hasta el doble del valor permitido, se dispondrán como mínimo una de las siguientes medidas protectoras:

- a) Barrera de protección entre el terreno y los locales habitables del edificio que limite el paso de los gases provenientes del terreno.
- b) Cámara de aire destinada a mitigar la entrada del gas radón a estos locales, ventilada y separada de los locales habitables mediante un cerramiento sin grietas o fisuras, denominada cámara sanitaria.

Zona II

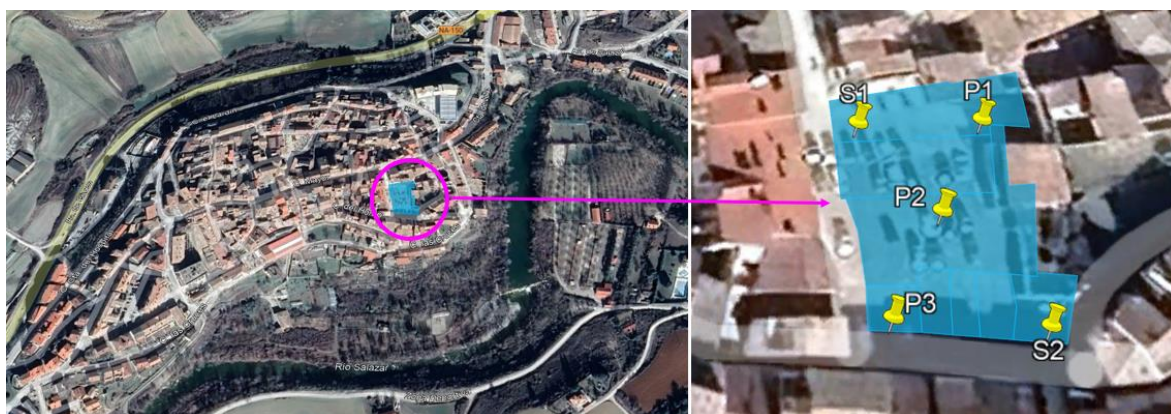
En los municipios que pueden superar el doble del nivel de radón promedio anual permitido se debe implantar la barrera de protección y una de las siguientes medidas:

- a) Cámara de aire destinada a mitigar la entrada del gas radón a estos locales, ventilada y separada de los locales habitables mediante un cerramiento sin grietas o fisuras.
- b) Un sistema de despresurización del terreno que permita extraer los gases contenidos en el terreno colindante al edificio.

De acuerdo con la clasificación de municipios en función del potencial de radón (Apéndice B de la Sección HS6 del CTE), Lumbier (Navarra) no se encuentra incluida dentro de las áreas de riesgo, por lo que no será necesario tomar ninguna medida adicional con respecto a la exposición frente al radón.

4. RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO

Para establecer las características geotécnicas de la zona objeto de estudio de acuerdo con el CTE, se ha realizado un reconocimiento que ha consistido en la ejecución de dos sondeos mecánicos con extracción continua de testigo y tres ensayos de penetración dinámica tipo D.P.S.H., distribuidos tal y como se muestran a continuación:



Ubicación en Google Earth de los ensayos realizados en las parcelas objeto de estudio.

Los sondeos de reconocimiento nos permiten reconocer el terreno hasta la profundidad alcanzada y de los testigos obtenidos se han extraído muestras para caracterizar los materiales y determinar la agresividad del terreno con relación a los sulfatos que pudieran existir y que puedan afectar a las cimentaciones.

Las penetraciones dinámicas permiten establecer un perfil de resistencias en función de la profundidad, hasta la cota de finalización del ensayo. Sin embargo, no se obtiene muestra del terreno, por lo que no se puede caracterizar su naturaleza, así como tampoco es posible conocer datos del perfil por debajo de la cota de rechazo.

Adjunto a esta memoria, en la que se describen las características del terreno y las conclusiones y recomendaciones que se deducen del estudio, se presentan unos anexos que contienen el mapa geológico y la leyenda (anexo 1), testificación de los sondeos y las fotos (anexo 2), ensayos de penetración dinámica (anexo 3), perfiles de correlación (anexo 4), ensayos de laboratorio (anexo 5) y un croquis con la ubicación de los ensayos realizados (anexo 6).

4.1. SONDEOS MECÁNICOS

Criterios de reconocimiento

Para la descripción de los sondeos mecánicos se ha seguido los criterios propuestos por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (I.S.M.R.):

GRADO	DENOMINACIÓN	CRITERIOS DE RECONOCIMIENTO
IA	SANA	No hay señales de alteración de la roca matriz.
IB	DÉBILMENTE METEORIZADA	Decoloración de superficies de discontinuidades principales.
II	LIGERAMENTE METEORIZADA	La decoloración indica alteración de roca matriz y de superficies de discontinuidad. La roca matriz puede estar decolorada y puede ser más débil que en su estado sano.
III	MODERADAMENTE METEORIZADA	Menos de la mitad del material descompuesto y/o desintegrado como suelo. Puede haber zonas de roca sana y decolorada, formando un marco continuo o como bloques sanos.
IV	MUY METEORIZADA	Más de la mitad de la roca descompuesta y/o desintegrada en suelo. Puede haber zonas de roca sana o decolorada formando un marco continuo o como bloques / núcleos sanos.
V	COMPLETAMENTE METEORIZADA	Roca descompuesta y/o desintegrada en forma de suelo. Estructura original del macizo fundamentalmente intacta.
VI	SUELO RESIDUAL	Toda la roca convertida en suelo. Destruída la estructura del macizo y material. Se produce un gran cambio de volumen, pero el suelo no ha sido transformado de modo significativo.

Descripción de los sondeos:

El 13 de abril de 2022 se realizaron dos sondeos con un equipo sonda mediante el método de rotación con extracción de testigo continuo. La sonda está compuesta por una batería con una corona cortante unida al equipo mediante un varillaje que le transmite el movimiento de rotación y empuje ejercido por la máquina de perforación. El testigo se aloja en la batería durante la perforación y es extraído cada cierto tiempo. Las baterías de rotación pueden ser de tubo simple, doble o triple (para una mejor recuperación). Durante la ejecución del sondeo se han realizado tres ensayos de resistencia “in situ” (SPT).

Descripción de los sondeos:

DESCRIPCIÓN DEL SONDEO 1

TRAMOS	NIVEL GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN DE LA LITOLOGÍA ATRAVESADA
0,00 - 0,80 m	0	Rellenos antrópicos de naturaleza heterogénea.
0,80 - 2,30 m	1	Arcillas marrones con cantos dispersos.
2,30 - 3,60 m	2	Sustrato rocoso alterado grado III-II formado por unas arcillas margosas y margas arcillosas y margas con decoloraciones ocreas que han perdido su consistencia original y van alcanzando estados más sanos en profundidad.
3,60 - 9,40 m	3	Sustrato rocoso, Flysch de Irurozqui, formado por margas grises y margocalizas.

		Cuentan con planos de fractura subhorizontales de espaciado centimétrico hasta 4,60 m y decimétricos a partir de esta profundidad. Además se testifican puntualmente planos a 45° y 20° que forman cuñas entre ellos. Entre 3,60 y 3,80 m perforado sin agua. RQD: 70%
--	--	---

DESCRIPCIÓN DEL SONDEO 2

TRAMOS	NIVEL GEOTÉCNICO	DESCRIPCIÓN DE LA LITOLOGÍA ATRAVESADA
0,00 - 1,30 m	0	Rellenos antrópicos de naturaleza heterogénea.
1,30 - 1,80 m	1	Sustrato rocoso alterado grado III-II formado por unas arcillas margosas y margas arcillosas y margas con decoloraciones ocreas que han perdido su consistencia original y van alcanzando estados más sanos en profundidad.
1,80 - 9,40 m	3	Sustrato rocoso, Flysch de Irurozqui, formado por margas grises y margocalizas. Cuentan con planos de fractura subhorizontales de espaciado centimétrico a decimétrico, y planos subverticales, a 45° y 20° que forman cuñas entre ellos. Puntualmente los planos de fractura presentan pátinas de oxidación. Cuenta con planos de fractura subhorizontales de espaciado decimétrico y fracturas puntuales a 45° y 70°. Entre 1,80 y 2,00 m está perforado sin gua. RQD: 70%

4.2. ENSAYOS “In Situ” (S.P.T.)

Dentro de los trabajos llevados a cabo durante las dos campañas, durante la ejecución de los sondeos, se han realizado tres ensayos de penetración estándar (S.P.T.).

Cuando el terreno es arenoso - limoso, se utiliza la cuchara de Terzaghi y Peck (normalizado), de 2 pulgadas de diámetro exterior y 1 1/3 pulgadas de diámetro interior, mientras que para gravas se utiliza la puntaza cónica, cerrada en punta, de 2 pulgadas de diámetro y 60° de ángulo en punta.

Objeto y datos del ensayo

El objeto de este ensayo es estimar la resistencia, así como la mayor o menor compacidad de los diferentes estratos atravesados, a partir de la determinación de la resistencia del suelo a la penetración de un tomamuestras tubular de acero, en el interior del sondeo. El

ensayo se encuentra descrito en la norma UNE 103-800. Este ensayo se realiza en el interior de sondeos durante la perforación. Para la ejecución del ensayo, se ha de limpiar la perforación al llegar a la cota deseada para el ensayo, se retira la batería de perforación y en su lugar se instala un tomamuestras de dimensiones estándar. Este tomamuestras se divide en tres elementos: una zapata, un tubo bipartido y la cabeza de acoplamiento al varillaje del equipo sonda. Se hinca en el suelo una longitud de 60 cm contando el número de golpes necesario para hincar tramos de 15 cm. El golpeo se realiza con una maza de 63,5 Kg que cae libremente desde una altura de 76 cm sobre una cabeza de golpeo. Las lecturas del primer y último tramo no se tienen en cuenta por la alteración del suelo provocada por la perforación, en el primer caso, y por la sobrecompactación que pueda producir el golpeo en el segundo caso. Así, con la suma de los valores de los dos tramos centrales se obtiene un valor NSPT, que se correlaciona según unos métodos establecidos para la obtención de la resistencia del terreno. Si el número de golpes para un tramo de 15 cm es superior a 100 se considera como rechazo a la penetración. Si el ensayo se realiza a una cota por debajo del nivel freático, el valor de NSPT se ha de corregir mediante la expresión:

$$N = 15 + (N' - 15)/2.$$

Siendo N' el valor de penetración medido, y siempre y cuando este sea superior a 15. (Terzaghi y Peck, 1948 - en Ayala Carcedo, 1991)

El valor del NSPT se puede correlacionar con una serie de parámetros geotécnicos, según los criterios definidos por varios autores basados en el uso generalizado de este ensayo. Los parámetros geotécnicos deducibles de los ensayos SPT son: la densidad relativa, la compacidad, el ángulo de rozamiento interno (j') en suelos granulares (aplicable a partir de 2 m de profundidad). En la siguiente tabla se muestra la profundidad y los valores obtenidos en los ensayos SPT realizados:

Sondeo	SPT n°:	Profundidad (m)	Valores SPT, (N_{30})	Litología
1	1	1,30-1,90	4-4-7-10 (11)	Arcillas con cantos
1	2	3,00-3,37	40-42-50($R_{\downarrow}7$)	Sustrato rocoso alterado
2	1	1,30-1,74	9-37-50($R_{\downarrow}14$)	Sustrato rocoso alterado

4.3. ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA (UNE EN ISO 22476-2:2008/A1:2014)

Se han realizado tres ensayos de penetración dinámica para conocer la carga admisible de los materiales atravesados en los sondeos ubicados tal y como queda indicado en el anexo 6 del presente informe.

Objeto y datos del ensayo

El ensayo consiste en clavar en el terreno una puntaza maciza de hierro que se encuentra situada en el extremo de una varilla. La varilla tiene un diámetro inferior al de la puntaza,

con objeto de evitar lo máximo posible el rozamiento de la misma en el terreno.

La hincada en el terreno se logra golpeando el conjunto en su parte superior con una maza en caída libre. Esta maza, que pesa 63,5 Kg, se deja caer desde una altura de 75 cm.

La resistencia del terreno a la penetración dinámica se expresa mediante el número de golpes necesarios para clavar la varilla 20 cm en dicho terreno. Este número de golpes se designará en lo sucesivo como N_{20} y servirá para darnos información acerca de las características físicas y geotécnicas del terreno. A partir de N_{20} y con una serie de correlaciones e interpretaciones se puede determinar la carga admisible, la resistencia dinámica en punta, etcétera.

Realización de ensayo y maquinaria utilizada

Introducida la primera varilla en la meseta de guía, se fija la puntaza a su extremo y se sitúa la meseta en su posición definitiva. La puntaza sobresale por su parte inferior y al colocar la meseta horizontal, se clava en el terreno. Si la magnitud que se introduce es del orden de 20 cm, no se consideran los golpes correspondientes a esta primera división.

Cuando por algún motivo, se precisa realizar una excavación en el terreno para la introducción de la puntaza al comienzo del ensayo, se descenderá 20 cm o un múltiplo de esta cantidad, con objeto de poder comenzar el ensayo a una cota concreta.

Se continúa el ensayo mediante los golpes necesarios para introducir cada una de las divisiones de 20 cm de la varilla. La velocidad de golpeo de la maza se debe estimar a razón de 30 golpes por minuto.

Se dará por finalizado el ensayo cuando dadas 2 andanadas de 100 golpes de penetración cada una, la penetración sea igual o inferior a 5 cm (de manera aislada en cada una de ellas), cuando tres valores consecutivos de N_{20} sean iguales o superiores a 75 golpes o cuando se alcance la profundidad que previamente se haya establecido. Siempre que la penetración sea inferior a 20 cm, el número de golpes que se considerará será el proporcional correspondiente.

El resultado de los ensayos de penetración se representa en un gráfico: en ordenadas figura la profundidad que se ensaya en tramos de 20 cm y en abscisas el golpeo obtenido para cada tramo.

El ensayo se ha realizado mediante un penetrómetro automático ROLATEC modelo ML-76-A que cumple con las normas siguientes del SIMSFE (Sociedad internacional de Mecánica del Suelo y Cimentaciones y el Comité Técnico de Pruebas de Penetración de Suelos):

- DPSH-Dynamic Probing Super Heavy
- S.P.T. Standard Penetration Test
- Mecanismo de golpeo automático

El ensayo de penetración se ha realizado siguiendo la norma DPSH:

- Relación longitud/diámetro de la maza $> \phi = 1$ y $< \phi = 2$.

- Masa de la Maza: 63,5 Kg
- Altura de Caída..... 75,0 cm.
- Masa yunque 7,2 Kg.
- Longitud de la varilla 1,0 m.
- Diámetro exterior de la varilla 32,0 mm.
- Masa máxima varilla + niple 6,31 Kg/m
- Desviación máxima en primeros 5 metros 1 %.
- Desviación máxima a partir de 5 metros..... 2 %.
- Sección de la puntaza Cilindro-cónica.
- Área de la puntaza 20,0 cm²
- Angulo de la puntaza 90º
- Cuento de golpes cada N 20,0 cm.

Cálculo de resultados

Sobre la base de los resultados de los ensayos de penetración, se puede estimar la resistencia dinámica del terreno utilizando para ello la fórmula de hinca:

Fórmula dinámica de los holandeses:

La estimación de la resistencia admisible del terreno se realiza a partir de los ensayos de penetración dinámica realizados, para ello se calcula la resistencia dinámica al hundimiento mediante la denominada "Fórmula de los Holandeses", cuya expresión es:

$$R = \frac{(M^2 \cdot H)}{\left((M + P) \cdot A \cdot \left(\frac{20}{N_{20}} \right) \right)}$$

siendo:

M= peso de la maza (=63.5 Kg)

H= altura de caída de la maza (=75 cm)

P= peso de yunque + varillas (8 kg/m)

A= área de la puntaza (20 cm²)

20/N₂₀= penetración por golpe, en cm

Mediante el coeficiente de Buisson, (que para el caso que nos ocupa se ha considerado un coeficiente de 0,5), se establece la correlación entre la resistencia a la penetración dinámica y estática.

Para la obtención de la presión admisible del terreno, aplicamos la fórmula de MEYERHOF simplificada, según la cual:

$$Q_{adm} = \frac{R_e}{F}$$

siendo:

Q_{adm} = presión admisible de cálculo, en kg/cm².

R_e = resistencia estática.

F = coeficiente de seguridad (se ha adoptado un valor de 20).

Para el contraste de los resultados se aplica la formulación de Meyerhof (1956) en suelos cohesivos: sobre la base del número de golpes N_{20} del ensayo de penetración.

para $B > 1,22$ m

$$Q_{adm.} = q_c / 25 \times [(1 + 3,28 B) / (3,28 B)]^2$$

para $B < 1,22$ m

$$Q_{adm.} = q_c / 15$$

B = ancho de la zapata

q_c = Resistencia por punta.

Según Meyerhof: $q_c = \alpha \times 1,428 \times N_{20}$; $\alpha = 2,3$ a $1,8$ según la dureza de las arcillas.

A partir del valor de la resistencia dinámica R_p es posible estimar la resistencia en punta estática q_c (véase Buisson y otros), mediante unas correlaciones y coeficientes de transformación, éstos dependen fundamentalmente de la naturaleza del terreno y de su estado en el momento de efectuar el ensayo.

5. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los resultados de los ensayos se han obtenido de acuerdo con la Normativa o, en su defecto, a través de técnicas habituales en mecánica de suelos. Cada ensayo tiene un grado de precisión recogido en la Norma asignada y, generalmente, en la bibliografía técnica.

Las características de los sucesivos materiales localizados en los ensayos, más allá de los puntos analizados, se pueden inferir a partir de los resultados en los mencionados puntos. Ahora bien, es necesario considerar que el conjunto no presenta variaciones litológicas y/o mecánicas bruscas. Esta condición previa puede ser, en ocasiones, incorrecta, declinando esta empresa toda responsabilidad derivada de la proyección de los resultados fuera de los puntos de ensayo.

Sobre la base del perfil litológico, obtenido de los sondeos de reconocimiento, se seleccionaron muestras representativas de los distintos niveles geotécnicos identificados para ser trasladadas al laboratorio acreditado, donde fueron examinadas por personal técnico especializado, realizándose los oportunos ensayos de clasificación y caracterización geomecánica. El número y tipo de ensayos ejecutados se han realizado según la siguiente normativa:

	S2	S1	S2	S1	Norma
Referencia	N17682	N17680	N17683	N17681	
Litología	RELLENOS	ARCILLAS	SUST. ROC.	SUST. ROC.	
Profundidad (m)	0,50	1,00-1,50	3,10-3,30	5,40-5,60	
Límites Atterberg: LL/LP/IP	--	35/21/14	--	--	UNE 103103/94 103104/93
% pasa tamiz 0,08/0,4/2	--	78/92/100	--	--	UNE 103103/95
Sulfatos (mg/kg SO ₄ ²⁻)	10265,51	<100	<100	--	UNE 83001/2000
Humedad %	--	--	1,13	--	UNE103300/93
Densidad húmeda/seca (gr/cm ³)	--	--	2,57/2,54	--	UNE 103301/94
Compresión simple (kg/cm ²)	--	--	238,60	121,70	UNE 22950/90
CLASIF. SUCS / AASTHO	--	CL/A6	--	--	

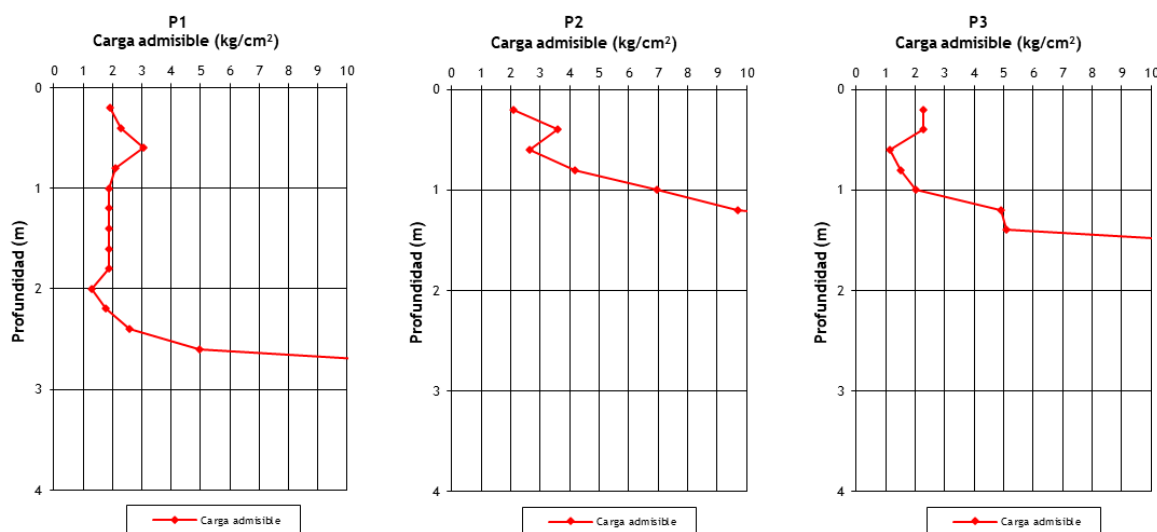
6. CÁLCULO DE CARGAS ADMISIBLES

6.1. INTERPRETACIÓN ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA

Se han realizado tres ensayos de penetración dinámica para estimar las cargas admisibles de las litologías atravesadas en los sondeos de reconocimiento. La ubicación de los ensayos se incluye en el anexo 6 del presente informe. En el anexo 3 se muestran las gráficas correspondientes a los ensayos.

A partir de la interpretación de los ensayos por varios métodos, se obtienen valores de carga admisibles para el terreno ensayado. A continuación, se muestran las gráficas en las que queda representado el perfil de cargas admisibles obtenido para cada tramo de 20 cm ensayado hasta la profundidad alcanzada en los ensayos realizados (rechazo). Hay que señalar que las profundidades indicadas son a partir del inicio del ensayo, que se corresponden con la rasante de ejecución de los mismos en el momento de su realización.

A continuación, se incluye la gráfica obtenida en el ensayo realizado.



A partir de estas gráficas y correlacionándolas con los materiales identificados en los sondeos, se estiman las siguientes cargas:

- Nivel geotécnico 0, rellenos urbanización: estos materiales no son aptos para el desplante de la cimentación deberán ser previamente retirados por lo que no se le asigna una tensión admisible.
- Nivel geotécnico 1, arcillas con cantos, con cargas admisibles que se sitúan en general torno a 1,50 kg/cm².
- Nivel geotécnico 2, sustrato rocoso alterado grado III-IB con carga admisibles que

varían entre 2,00 kg/cm² en el techo del tramo y valores superiores a 3,00 kg/cm² conforme se van alcanzando estados más sanos de la roca.

A partir de los sondeos mecánicos y los ensayos D.P.S.H realizados se han elaborado tres perfiles de correlación que se incluyen en el anexo 4 del presente informe. En los perfiles se estima la distribución de los distintos niveles geotécnicos identificados en los sondeos e interpretados en los penetrómetros.

Se debe insistir que el perfil de resistencias aportado por los ensayos D.P.S.H. carece de reconocimiento visual de los horizontes, por lo que las estimaciones realizadas pueden no ser representativas de la realidad del terreno.

Para la determinación de los parámetros geomecánicos de los materiales consideraremos los golpes obtenidos en los ensayos D.P.S.H. y SPT realizados. Para el cálculo de los parámetros geotécnicos tomaremos una media entre el N₃₀ obtenido de los ensayos de resistencia SPT y los golpes de los ensayos de penetración dinámica realizados:

- N.G. 0, rellenos, con un N₃₀ de 17.
- N.G. 1, arcillas con cantos, con un N₃₀ de 14.
- N.G. 2, sustrato rocoso alterado, con un N₃₀ de 38.

6.2. ESTIMACIÓN DE CARGAS ADMISIBLES nivel geotécnico 1 y 2

Para verificar la capacidad portante del nivel geotécnico 1 (arcillas con cantos) y 2 (sustrato rocoso alterado), contamos con un N₃₀ de 14 y 38 respectivamente obtenidos a partir de los ensayos de resistencia realizados.

A partir de estos valores y usando correlaciones, obtenemos una compresión simple de 1,75 kg/cm² para el N.G. 1 y 4,75 para el N.G. 2.

En tal caso la presión de hundimiento del terreno cohesivo vendría definido por la formulación de Terzaghi:

$$P_{vh} = c \times N_c + q \times N_q + 1/2 \gamma \times B \times N_\gamma$$

Según este método, la presión vertical de hundimiento se compone de tres términos que permiten evaluar el aporte de capacidad soporte debido a la resistencia del terreno, a su peso propio y a la sobrecarga al nivel de cimentación.

Siendo:

- P_{vh}, la presión vertical de hundimiento
- c, la cohesión del material

- q , la sobrecarga actuante al nivel del plano de cimentación
- γ , el peso específico del terreno
- B , el ancho del cimiento
- N_c , N_q , N_γ , los factores de capacidad de carga, dependientes del ángulo de rozamiento interno del material.

Teniendo en cuenta que se trata de un terreno principalmente cohesivo, la situación del análisis más desfavorable coincide con la hipótesis de corto plazo, es decir, sin permitir el drenaje de las presiones intersticiales. Esta consideración implica que el ángulo de rozamiento interno del material es nulo, por lo que los factores anteriores quedan:

$$N_c = \pi + 2 = 5,14; N_q = (1+0/1-0) \times e^{\pi \tan 0} = 1; N_\gamma = 1,5 (0-1) \tan 0 = 0$$

Por lo tanto, la expresión queda de la siguiente forma:

$$P_{vh} = c \times N_c$$

Por otra parte, la cohesión a emplear se corresponde a la resistencia al corte sin drenaje del terreno cohesivo, la cual y según el criterio de Möhr, es la mitad de la resistencia a compresión simple obtenida, por lo podemos considerar la cohesión $0,88 \text{ Kg/cm}^2$ para el N.G. 1 y $2,38 \text{ Kg/cm}^2$ para el N.G.2.

Aplicando los parámetros obtenidos a la formulación de Terzaghi, obtenemos que la presión de hundimiento para el horizonte cohesivo es:

$$\text{Nivel geotécnico 1: } P_{vh} = 0,88 \times 5,14 = 4,52 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Nivel geotécnico 2: } P_{vh} = 2,38 \times 5,14 = 12,23 \text{ Kg/cm}^2$$

Para obtener la tensión admisible en la base de la zapata, se debe afectar la carga de hundimiento por un coeficiente de seguridad, que, en la práctica habitual, para situaciones permanentes (cimentaciones) se sitúa entre 3 y 5.

$$\text{Nivel geotécnico 1, } q_{adm} = P_{vh}/3 = 3,23/3 = 1,07 \text{ Kg/cm}^2 \approx 1,00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Nivel geotécnico 2, } q_{adm} = P_{vh}/4 = 12,23/4 = 3,05 \text{ Kg/cm}^2 \approx 3,00 \text{ Kg/cm}^2$$

6.3. ESTIMACIÓN DE CARGAS ADMISIBLES DEL MACIZO ROCOSO

Para el cálculo de la carga admisible del macizo rocoso alterado utilizaremos la metodología de Serrano y Olalla (1993) para macizos rocosos homogéneos e isótropos.

El macizo rocoso está formado por margas, margocalizas (Flysch). Para el cálculo de la carga admisible q_{adm} se han realizado ensayos de compresión simple tal y como se especifica a continuación:

S1 a 5,40 m: 121,70 kg/cm²

S2 a 3,10 m: 238,60 kg/cm²

Para el cálculo de la carga admisible del macizo rocoso, tomaremos una compresión simple de 121,70 kg/cm², por ser la más desfavorable y restrictiva.

Como parámetros de partida para realizar el cálculo, obtenemos el índice RMR (Bieniawski, 1989) que se utiliza para estimar la calidad del macizo rocoso:

Parámetros de clasificación		LUMBIER
Resistencia de la matriz rocosa (Compresión simple 121,70 Kg/cm ²)		2
R.Q.D.		13
Separación discontinuidades		5
Características discontinuidades		22
Condiciones hidráulicas		15
Corrección orientación discount.		-7
RMR	Valoración	50
	Clasificación	III Media

La carga de hundimiento se estima a partir de los siguientes parámetros:

i_2 - inclinación de la carga con respecto a la vertical

σ_1 - presión vertical actuante en el contorno situado junto a la cimentación correspondiente a la sobrecarga de tierras por encima de la base de las zapatas.

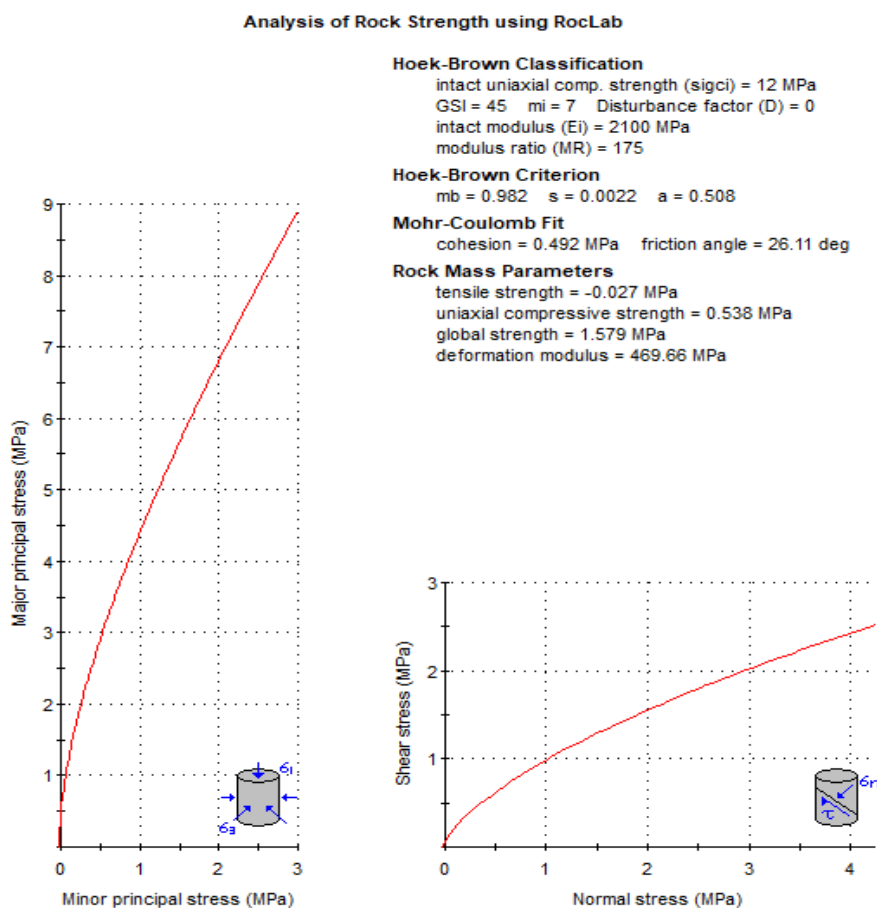
α - inclinación de la superficie del terreno junto a la zapata.

Para nuestros cálculos, consideramos que los valores de i_2 y el de α son iguales a cero, y como valor de σ_1 tomamos 0,34 kg/cm² (para una excavación mínima de 1,80 metros, y una densidad media del terreno excavado de 1,90 Kg/cm³).

La carga de hundimiento P_h se obtiene de la expresión: $P_h = \beta \cdot (N_\beta - \zeta)$

en donde: $\beta = \frac{m \cdot \sigma_{ci}}{8}$ y $\zeta = \frac{8 \cdot s}{m^2}$

siendo m y s los parámetros del criterio de Hoek y Brown (1980) y σ_{ci} el valor de la resistencia a compresión simple. Los valores de m y s los hemos obtenido a partir del RocLab:



Parámetros	LUMBIER
m	0,982
s	0,0022

Por otra parte, N_β es el coeficiente de carga y se obtiene en función de la inclinación de las cargas (i_2) y de la sobrecarga externa normalizada (σ_{01}) actuando alrededor de la zapata, que se determina como:

$$\sigma_{01} = \left(\frac{\sigma_1}{\beta} \right) + \zeta$$

El valor del coeficiente N_β se obtiene a partir de un gráfico que relaciona estos dos factores.

Así, para un valor de $\sigma_{ci} = 121,70 \text{ Kg/cm}^2$ (resistencia a la compresión obtenida a partir de los ensayos realizados).

$$\beta = 14,94$$

$$\zeta = 0,018$$

$$\sigma_{01} = 0,04$$

$$N_\beta \approx 6,20$$

$P_h = 92,35 \text{ Kg/cm}^2$ para una excavación hasta el sustrato rocoso de margas

La carga admisible, q_{amd} vendrá determinada por el cociente de la presión de hundimiento por un factor de seguridad (F) determinado en función del valor del RMR y del valor de σ_{ci} .

$F = 15$ (Coeficiente de seguridad para una probabilidad de rotura $< 10^{-4}$ (Serrano y Olalla, 1996)

$$Q_{ad} = 92,35/15 = 6,16 \text{ kg/cm}^2 \approx 6,00 \text{ kg/cm}^2$$

7. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

El objeto de todo estudio geotécnico es definir las características de los diferentes estratos y niveles litológicos reconocidos, a fin de contar con los datos necesarios para un adecuado planteamiento posterior de la tipología y cota de cimentación, etc.

Los datos mostrados a continuación han sido obtenidos por métodos directos mediante la descripción de los sondeos mecánicos realizados por el momento, así como los resultados de laboratorio, y por métodos indirectos a partir de los ensayos de resistencia SPT y D.P.S.H realizados. Posteriormente se han contrastado todos los datos obtenidos, además de consultar referencias bibliográficas.

Se han diferenciado 4 niveles geotécnicos tal y como se especifica a continuación. Los espesores de los horizontes se estiman por testificación directa en los puntos en los que se han realizado los sondeos y a partir de la interpretación de los golpes en los puntos en los que se han realizado los ensayos de penetración dinámica.

Los horizontes litológicos que se han diferenciado son los siguientes:

- **Nivel geotécnico 0, rellenos:** horizonte formado por materiales de naturaleza heterogénea. En la siguiente tabla se indica el espesor de estos materiales localizados en los distintos puntos ensayados:

N.G. 0, rellenos	S1	S2	P1	P2	P3
Cota estimada boca ensayo	463,60	462,10	463,90	463,00	461,90
Profundidad techo (m) referida a boca ensayo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Profundidad base (m) referida boca ensayo	0,80	1,30	0,80	0,60	1,00
Espesor (m)	0,80	1,30	0,80	0,60	1,00

Estos materiales no son aptos para el desplante de la cimentación y deberán ser previamente retirados. Para el caso de pantallas, pilotes o micropilotes los valores de resistencia unitaria por fuste deberán considerarse negativos. Los parámetros geotécnicos estimados para este nivel geotécnico a partir de los ensayos D.P.S.H/ SPT realizados son los siguientes:

Naturaleza: granular

Compacidad: media

Angulo de rozamiento interno Φ' : 28° (estimado)

Cohesión c' : 0,05 kg/cm² (estimado)

Micropilotaje N_{30} de 17:*Resistencia unitaria por fuste: 0,75* kg/cm²*Pilotaje N_{30} de 17:*Resistencia unitaria por fuste: 0,43 kg/cm²**Resistencia unitaria por punta: 34,00 kg/cm²*

- **Nivel geotécnico 1, arcillas con cantos.** Horizonte formado por arcillas marrones que contienen cantos. En la siguiente tabla se indica los puntos en los que se han localizado estos materiales así como el espesor de los mismos.

N.G. 1, arcillas con cantos	S1	S2	P1	P2	P3
Cota estimada boca ensayo	463,60	NO SE TESTIFICA	463,90	NO SE DETECTA	
Profundidad techo (m) referida a boca ensayo	0,80		0,80		
Cota estimada techo N.G. 1	462,80		463,10		
Profundidad base (m) referida boca ensayo	2,30		2,20		
Espesor (m)	1,50		1,40		

Los parámetros geotécnicos estimados para este nivel geotécnico a partir de los ensayos de resistencia realizados son los siguientes:

*Naturaleza: cohesiva**Consistencia: compacta**Densidad natural: 1,80-1,85 gr/cm³ (bibliográfico)**Angulo de rozamiento interno Φ_u : 0 (N_{30} - 14)**Resistencia a la compresión simple, q_u : 1,75 kg/cm² (N_{30} - 14)**Cohesión sin drenaje c_u : 0,88 kg/cm² (N_{30} - 14)**Módulo elástico: 119,80 kg/cm² (N_{30} - 14)**Angulo de rozamiento interno Φ' : 20° (estimado)**Cohesión c' : 0,20 kg/cm² (estimado)**Carga admisible: 1,50 kg/cm²**Módulo balasto: $K_{\phi 30} = 4,58$ kg/cm³; $K_{30 \times 30} = 3,87$ kg/cm³ (SPT N_{30} - 14)**Clasificación SUCS / AASTHO: CL / A-7-6*Micropilotaje:*Resistencia unitaria por fuste: 1,00* kg/cm²*Pilotaje:*Resistencia unitaria por fuste: 0,47 kg/cm²**Resistencia unitaria por punta: 7,88 kg/cm²*

- **Nivel geotécnico 2, sustrato rocoso alterado grado alteración III-II.** Horizonte formado por unas arcillas margosas, margas arcillosas (grado alteración III) y margas con decoloraciones ocreas en la matriz (grado alteración II) que han perdido su consistencia original y van alcanzando estados más sanos en profundidad. En la siguiente tabla se muestra la profundidad y espesor al que se localiza este horizonte en los puntos muestreados:

N.G. 2, sustrato rocoso alterado	S1	S2	P1	P2	P3
Cota estimada boca ensayo	463,60	462,10	463,90	463,00	461,90
Profundidad techo (m) referida a boca ensayo	2,30	1,30	0,80	0,60	1,00
Cota estimada techo N.G. 2	461,30	460,80	463,10	462,40	460,90
Profundidad base (m) referida boca ensayo	3,60	1,80	2,40	1,40	1,60
Espesor (m)	1,30	0,50	1,60	0,80	0,60

Los parámetros geotécnicos estimados para este nivel geotécnico son los siguientes:

Naturaleza: cohesiva

Consistencia: dura

Densidad húmeda/seca: 2,04/2,10 T/m³ (bibliografía)

Angulo de rozamiento interno, Φ_u : 0 (N₃₀- 38)

Resistencia a la compresión simple, q_u : 4,75 kg/cm² (N₃₀- 38)

Cohesión sin drenaje, c_u : 2,38 kg/cm² (N₃₀- 38)

Módulo elástico: 298,25 kg/cm² (N₃₀- 38)

Angulo de rozamiento interno, Φ' : 25° (estimado)

Cohesión c' : 0,40 kg/cm² (estimado)

Carga admisible: 3,00 kg/cm².

Módulo balasto: $K_{\phi 30} = 12,43$ kg/cm³; $K_{30 \times 30} = 10,53$ kg/cm³ (SPT N₃₀- 38)

Micropilotaje:

Resistencia unitaria por fuste: 1,60 kg/cm²*

Pilotaje:

Resistencia unitaria por fuste: 0,70 kg/cm²

Resistencia unitaria por punta: 21,3863 kg/cm²

- **Nivel geotécnico 3, sustrato rocoso sano.** Horizonte formado por margas y margocalizas (Flysch), que cuentan con planos de fractura subhorizontales de espaciado centimétrico/decimétrico y puntualmente a 45° y subverticales formando cuñas entre ellos. En la siguiente tabla se indica la profundidad a la que se localizan estos materiales en los puntos muestreados.

N.G. 3, sustrato rocoso	S1	S2	P1	P2	P3
Cota estimada boca ensayo	463,60	462,10	463,90	463,00	461,90
Profundidad techo (m) referida a boca ensayo	3,60	1,80	2,40	1,40	1,60
Cota estimada techo N.G. 3	460,00	460,30	461,50	461,60	460,30
Profundidad (m) alcanzada en sondeo	9,40	9,40	*		

*Se correlaciona la profunddad a la que se obtiene el rechazo al ensayo con el techo del sustrato rocoso.

Los parámetros geotécnicos estimados para este nivel geotécnico son los siguientes:

Densidad húmeda/seca gr/cm^3 : 2,57/2,54 (laboratorio)

Cohesión: $4,92 \text{ kg}/\text{cm}^2$ (Roclab)

Angulo de rozamiento interno: $26,11^\circ$ (Roclab)

Módulo de elasticidad (E): 4696 (Roclab)

Coeficiente de Poisson (ν): 0,25

Compresión simple (kg/cm^2): 121,70 y 238,60. Para el cálculo de carga admisible y parámetros se utiliza un valor $121,70 \text{ kg}/\text{cm}^2$ por ser la más restrictiva.

Carga admisible (q_d): $6,00 \text{ kg}/\text{cm}^2$ según el método de Serrano y Olalla de 1993.

Módulo balasto: $K_{\phi 30} = 30\text{-}500 \text{ kg}/\text{cm}^3$ (rango rocas blandas o alteradas)

Micropilotaje:

Resistencia unitaria por fuste: $2,50^\text{-}3,50^* \text{ kg}/\text{cm}^2$*

Resistencia unitaria por punta: $8,52 \text{ kg}/\text{cm}^2$

Pilotaje:

Resistencia unitaria por fuste: $6,98 \text{ kg}/\text{cm}^2$

Resistencia unitaria por punta: $34,08^ \text{ kg}/\text{cm}^2$*

* Los valores de resistencia unitaria para cimentaciones profundas pueden sufrir variaciones en función del tipo de inyección aplicada para la realización de los micropilotes: IU, inyección única global; IR, inyección repetitiva; IRS, inyección repetitiva y selectiva

8. SOLUCIONES DE CIMENTACIÓN

Se expone a continuación el desarrollo de las soluciones que se consideran como válidas a utilizar en el diseño de las cimentaciones de las edificaciones objeto de los trabajos. La elección de la más adecuada es potestad del técnico proyectista de la obra, una vez considerados otros criterios además de los estrictamente geotécnicos.

Debe hacerse mención que los planteamientos aquí expuestos, están realizados a partir de los datos obtenidos con los medios de investigación utilizados y sus limitaciones, referidas a lo largo del presente informe.

Se recomienda que las conclusiones emitidas en el presente informe, sean corroboradas y matizadas durante los trabajos de ejecución, considerando necesario que durante la excavación y cimentación esté presente un geólogo, ante la posibilidad de la aparición de elementos singulares, como pueden ser cambios laterales de facies muy puntuales que hagan que varíe la profundidad de los materiales que aparecen en este informe, de difícil detección mediante la extrapolación de los resultados obtenidos.

8.1. TIPOLOGÍA CIMENTACIÓN

A partir de los trabajos realizados, los resultados obtenidos en ellos y considerando que el N.G. 1 no se localiza en todos los puntos ensayados se proponen dos alternativas de cimentación tal y como se indican a continuación:

1. Cimentación desplantada en el nivel geotécnico 2, sustrato rocoso alterado:

- En este caso se recomienda la realización de una cimentación superficial/semiprofunda mediante zapatas aisladas o corridas desplantadas en el N.G. 2, sustrato rocoso alterado, una vez eliminado el nivel geotécnico 0 (rellenos) y 1 (arcillas con cantos).
- La tensión de diseño será igual o inferior a 3,00 kg/cm².
- A partir de la testificación de los sondeos e interpretación del D.P.S.H. se estima que el N.G. 2 se localiza a las siguientes profundidades en los puntos ensayados:

N.G. 2, sustrato rocoso alterado	S1	S2	P1	P2	P3
Cota estimada boca ensayo	463,60	462,10	463,90	463,00	461,90
Profundidad techo (m) referida a boca ensayo	2,30	1,30	0,80	0,60	1,00
Cota estimada techo N.G. 2	461,30	460,80	463,10	462,40	460,90

- En el caso de que en el momento de la excavación se localice en alguno de los puntos de apoyo el nivel geotécnico inferior se deberán bajar el resto de cimentaciones a es-

te nivel, prevaleciendo el criterio de desplantar toda la cimentación sobre una planta geomecánicamente homogénea.

2. Cimentación desplantada en el nivel geotécnico 3, sustrato rocoso:

- En este caso se recomienda la realización de una cimentación semiprofunda mediante zapatas aisladas o corridas desplantadas en el N.G. 3, sustrato rocoso, una vez eliminado el nivel geotécnico 0 (rellenos), 1 (arcillas con cantos) y 2 (sustrato rocoso alterado).
- La tensión de diseño será igual o inferior a **6,00 kg/cm²**.
- A partir de los ensayos realizados, se estima que el N.G. 3 se localiza en los puntos ensayados a las siguientes profundidades (referidas al inicio del ensayo coincidente con la rasante de la parcela en el momento de la ejecución de los ensayos):

N.G. 3, sustrato rocoso	S1	S2	P1	P2	P3
Cota estimada boca ensayo	463,60	462,10	463,90	463,00	461,90
Profundidad techo (m) referida a boca ensayo	3,60	1,80	2,40	1,40	1,60
Cota estimada techo N.G. 3	460,00	460,30	461,50	461,60	460,30

Todas las cimentaciones propuestas deberán cumplir los siguientes puntos:

- El desplante de la zapata deberá realizarse desde una planta geomecánicamente homogénea, por lo que se deberán alcanzar en todos los puntos de apoyo los mismos o similares materiales que así lo garanticen. En caso de detectar humedades y/o blancones que puedan afectar a alguno de los puntos de apoyo, estos deberán ser saneados y corregidos definitivamente.
- Para cimentaciones semiprofundas, los pozos tendrán idénticas dimensiones en planta que las zapatas correspondientes y un canto igual a la profundidad requerida y citada anteriormente, menos la profundidad existente hasta cara baja de zapata. Se utilizará, en su ejecución, hormigón pobre o ciclópeo, una vez retirado el terreno inadecuado. Sobre los pozos se apoyarán a la cota requerida, las zapatas de hormigón armado correspondientes.
- En cualquier caso, una vez realizada la excavación de la parcela se deberá proceder continuamente a realizar la cimentación no permitiendo la variación de las características geotécnicas de estos materiales por fenómenos climáticos o de otra naturaleza, ya que pueden variar las condiciones geomecánicas de los materiales.

8.2. ESTIMACIÓN DE ASIENTOS

8.2.1. Método de SCHMERTMANN para cimentaciones convencionales

La estimación de asientos para el nivel geotécnico 2 (sustrato rocoso alterado) se realiza mediante el método de Schmertmann, que supone que los asientos para zapatas cuadradas o circulares quedan limitados a una profundidad $Z = 2B$,

siendo B el ancho de la zapata. El asiento se calcula por:

$$s = C_1 \cdot q \cdot \sum \frac{I_{zi}}{E_i} \cdot \Delta Z_i$$

siendo:

- C_1 : Un factor de forma que depende de la profundidad de empotramiento de la zapata y de valor: $C_1 = 1 - 0,5 \cdot \frac{q_0}{q}$
- I_{zi} un coeficiente de influencia, que depende de la relación Z/B , siendo Z la profundidad y B el ancho de zapata, y de la forma de la cimentación.
- E_i el módulo de deformabilidad, que según Schmertmann puede estimarse por:

$$E = 2,5 \cdot R_p \text{ (zapatas cuadradas)}$$

$$E = 3,5 \cdot R_p \text{ (zapatas corridas)}$$

Siendo R_p la resistencia a penetración estática con cono, que se puede correlacionar con el N_{30} obtenido en los ensayos de penetración dinámica a partir del suelo de afección. Para los materiales que nos ocupan: gravas, dicha relación es igual a 3,50 y sustrato rocoso alterado es de 2,50.

Tomando un golpeo N_{30} de 38 obtenemos por lo tanto para una zapata cuadrada, un módulo de deformación $E = 237,50 \text{ kg/cm}^2$ y para una zapata corrida de $E = 332,50 \text{ kg/cm}^2$.

Los asientos estimados para el nivel geotécnico 2 (sustrato rocoso alterado) y una carga aplicada de $3,00 \text{ kg/cm}^2$ son los siguientes:

Asiento en mm						
Ancho de zapata	1,00 m	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m	3,50 m
Zapata cuadrada	5,21	7,81	10,42	13,02	15,63	18,23
Ancho de zapata	0,60 m	0,80 m	1,00 m	1,20 m	1,40 m	1,60 m
Zapata corrida	4,57	6,09	7,62	9,14	10,66	12,19

8.2.2. Método de ELÁSTICO para sustrato rocoso

Podemos estimar para la formación margosa un asiento por medio de la teoría de la elasticidad que para un suelo homogéneo e isótropo proporciona como valor de asiento el siguiente, siendo:

S = asiento en mm.

B = ancho de zapata

Q = carga admisible en Kg/cm²

V = módulo de Poisson

K = coeficiente k

E = módulo de deformación

$$S = \frac{B * q * (1 - \nu^2)}{E} k$$

Para una carga de diseño de 6,00 kg/cm², considerando valores del módulo de deformación (E) para el sustrato rocoso de 4696 kg/cm² (RocLab para el dato de compresión simple utilizado), un coeficiente de forma (K) de 1,12 y un módulo de Poisson (ν) de 0,25; el asiento máximo estimado para diferentes anchos de zapatas cuadradas es el siguiente:

Asiento en mm						
Ancho de zapata (m)	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50
Zapata cuadrada (mm)	1,34	2,01	2,68	3,35	4,02	4,70

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

TENSIONES ADMISIBLES

Nivel geotécnico 2 (sustrato rocoso alterado): aplicando los parámetros obtenidos a la formulación de Terzaghi, obtenemos que la presión de hundimiento para el horizonte cohesivo es:

$$\text{Nivel geotécnico 2: } P_{vh} = 2,38 \times 5,14 = 12,23 \text{ Kg/cm}^2$$

Para obtener la tensión admisible en la base de la zapata, se debe afectar la carga de hundimiento por un coeficiente de seguridad, que, en la práctica habitual, para situaciones permanentes (cimentaciones) se sitúa entre 3 y 5.

$$\text{Nivel geotécnico 2, } q_{adm} = P_{vh}/4 = 12,23/4 = 3,05 \text{ Kg/cm}^2 \approx 3,00 \text{ Kg/cm}^2$$

Nivel geotécnico 3 (sustrato rocoso): la presión de diseño será igual o inferior a $\sigma = 6,00 \text{ kg/cm}^2$ siempre que se garantice haber alcanzado la formación sana, ya que la carga de hundimiento del macizo rocoso anisótropo es del orden de 9,23 MPa, que aplicando el factor de seguridad según el coeficiente para una probabilidad de rotura $< 10^{-4}$ (Serrano y Ollala, 1996) se obtiene una carga admisible para sustrato rocoso Q_{adm} igual o inferior a 6,16 Kg/cm².

ASIENTOS ADMISIBLES

Método de SCHMERTMANN para la cimentación desplantada en el nivel geotécnico 2 (sustrato rocoso alterado): los asientos totales estimados para el caso de cimentación convencional desplantada en el nivel geotécnico 2 mediante zapatas cuadrada o corridas con las dimensiones y tensiones indicadas, son admisibles, según NTE 1998, "Acondicionamiento del Terreno y Cimentación".

Método elástico, los asientos totales estimados para las cimentaciones propuestas desplantada en el nivel geotécnico 3 (sustrato rocoso sano) con las dimensiones y tensiones indicadas, son admisibles, según NTE 1998, "Acondicionamiento del Terreno y Cimentación".

En cuanto a los asientos diferenciales deberán ser comprobados con el plano de cimentación conjugando las dimensiones de las zapatas con las distancias entre ellas.

Asiento	Máximo en mm.		Diferencial (mm/m)
	Granular	Cohesivo	
Edificios monumentales	12	25	1,3

Edificios hormigón armado gran rigidez	35	50	2,0
Edificio de fabrica de ladrillo de pórticos de hormigón y acero de pequeña rigidez	50	75	2,0
Estructuras metálicas isostáticas, de madera y provisionales	50	75	2,0

Asientos Admisibles (Según NTE 1998, "Acondicionamiento del Terreno y Cimentación")

Si alguna de las zapatas posee mayor asiento del indicado en esta tabla, o bien entre dos zapatas consecutivas existe un asiento diferencial relativo a su separación, superior al indicado en la misma, se rebajará la presión de diseño de la zapata que asiente más, aumentando sus dimensiones hasta que cumpla, o se diseñará de nuevo la cimentación en el sustrato rocoso más sano.

AGUAS FREÁTICAS

Una vez realizados los sondeos no se detectó la presencia de agua.

No obstante, en función de la época de año en la que se realicen los trabajos de excavación, puede localizarse presencia de agua en el contacto N.G. 0 y N.G. 1, o bien en el contacto N.G. 1 con N.G. 2 o contacto N.G. 2 y N.G. 3.

En caso de localizar niveles saturados durante los trabajos de excavación y/o cimentación de la actuación proyectada, se debe contemplar la necesidad del drenaje del mismo durante los trabajos de excavación y cimentación de las estructuras proyectadas.

Además, en caso de no prever drenes laterales en los trasdoses de los muros y la evacuación de estas aguas fuera del ámbito del edificio, se deberá considerar la posible acumulación de agua entre el vaciado y la construcción, y por ende, se deberán considerar las preceptivas soluciones de impermeabilización, las presiones hidrostáticas sobre muros-estructura y subpresión sobre cimentación-soleras.

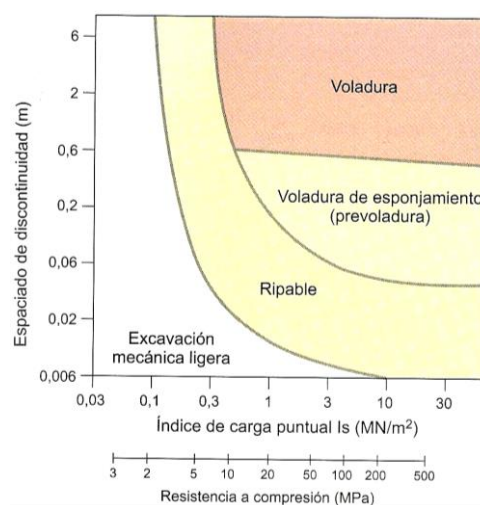
EXCAVABILIDAD Y ESTABILIDAD DE TALUDES**Excavabilidad:**

Los movimientos de tierras previstos para la adecuación de las zapatas pueden afectar a los niveles geotécnicos 0, 1, 2 y 3.

La excavación de los niveles geotécnicos 0, 1 y 2 podrá realizarse con medios mecánicos convencionales tipo retroexcavadora.

En cuanto al sustrato rocoso, la facilidad o dificultad al arranque que presente el macizo rocoso frente a los distintos métodos de perforación, y las propiedades que definen la excavabilidad son las siguientes:

- Resistencia de la matriz rocosa
- Dureza y abrasividad
- Fracturación
- Índices de calidad geomecánica



En el caso concreto de la parcela objeto de estudio, la resistencia de la matriz rocosa se varía entre 121,70 kg/cm² y 238,60 kg/cm². El espaciado de las discontinuidades estimado a partir de los sondeos se sitúa en torno a 0,10 y >1,5 m.

A partir de los datos obtenidos, y según la clasificación de rocas para su excavabilidad de Franklin, 1974, el material se clasifica como ripable, aunque en función del espaciado del diaclasado (en zonas donde sea superior a 0,20-0,60 cm), puede requerirse la utilización puntual del martillo neumático.

Estabilidad:

Para los taludes de excavación en suelos (rellenos, arcillas con cantos, sustrato rocoso alterado), se recomiendan taludes provisionales máximos 1H:1V (45°) hasta una altura máxima de 3,00 m, aunque en caso de no presentar cohesión los materiales afectados por la excavación pueden requerir taludes más tendidos 2H:1V (27°).

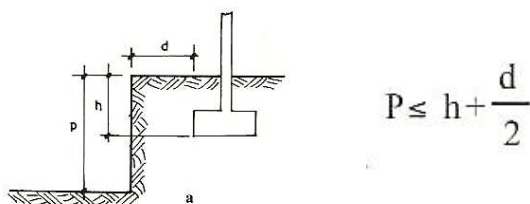
Una vez alcanzado el sustrato rocoso se podrán realizar inicialmente taludes subverticales, aunque se comprobarán in situ las orientaciones del diaclasado (en los sondeos realizados se identifican planos de fractura subhorizontales, a 45° y subverticales formando cuñas entre ellos puntualmente), en las correspondientes visitas a obra por un geólogo, para comprobar las posibles inestabilidades que puedan surgir provocadas por estos planos de fractura en función de la orientación de los taludes. En caso de considerarse inestable, se recomendarían las preceptivas soluciones de contención y estabilización.

Otros factores que pueden incidir en la desestabilización de los taludes son: los agentes atmosféricos, las surgencias de aguas freáticas, las sobrecargas, o conducciones subterráneas paralelas a la excavación.

En caso de requerirse taludes más verticalizados se recomienda soluciones de contención simultaneas al excavado como son entibaciones o bataches o bien la realización de soluciones de contención previas al vaciado como son muros pantalla, pantallas de micropilotes o pilotes. Los parámetros geotécnicos necesarios para el cálculo de la pantalla se localizan en el apartado 7 del presente informe.

No obstante, quedan a criterio y juicio del técnico proyectista, las soluciones de contención y sostenimiento lateral del terreno, una vez ponderados y valorados otros criterios además de los específicamente geotécnicos.

En taludes lindantes con edificaciones contiguas, en el caso de excavar por debajo del desplante de la cimentación colindante y no poderse mantener que la distancia desde el canto de la zapata más próximo al talud, sea igual o superior que la distancia restante desde la parte superior de la zapata hasta la parte baja del talud, según requisito de la N.T.E. Acondicionamiento del Terreno, Cimentaciones, 1998 (ver figura), se deberán tomar las medidas adicionales de contención como son pantallas de micropilotes, muros pantalla para evitar la descompresión de los horizontes sobre los que se desplanta la cimentación colindante.



En caso que las cimentaciones colindantes sean lineales de hormigón armado y conserven su rigidez estructural, se podrá plantear la ejecución de obra tradicional mediante bataches cortos, aunque este último método ofrece menos seguridad que los anteriores.

ESTIMACIÓN DEL GRADO DE PERMEABILIDAD DE LOS HORIZONTES

Referentes al grado de impermeabilidad de los horizontes definidos en el Informe Geotécnico, y teniendo en cuenta el CTE, Sección HS 1 Protección frente a la humedad; Diseño; Muros; Grado de impermeabilidad, se efectúan las siguientes consideraciones:

MUROS:

El grado de impermeabilidad mínimo exigido a los muros que están en contacto con el terreno frente a la penetración del agua del terreno y de las escorrentías se obtiene en la tabla 2.1 en función de la presencia de agua y del coeficiente de permeabilidad del terreno.

		Coeficiente de permeabilidad del terreno		
		$K_s \geq 10^{-2}$ cm/s	$10^{-5} < K_s < 10^{-2}$ cm/s	$K_s \leq 10^{-5}$ cm/s
Presencia de agua	Alta	5	5	4
	Media	3	2	2
	Baja	1	1	1

Tabla 2.1 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a los muros

SUELOS:

El grado de impermeabilidad mínimo exigido a los suelos que están en contacto con el terreno frente a la penetración del agua de éste y de las escorrentías se obtiene en función de la presencia de agua del coeficiente de permeabilidad del terreno.

		Coeficiente de permeabilidad del terreno	
		$K_s > 10^{-5}$ cm/s	$K_s \leq 10^{-5}$ cm/s
Presencia de agua	Alta	5	4
	Media	4	3
	Baja	2	1

Tabla 2.3 Grado de impermeabilidad mínimo exigido a suelos

Tanto para muros como para suelos, la presencia de agua se considera:

- baja cuando la cara inferior del suelo en contacto con el terreno se encuentra por encima del nivel freático.
- media cuando la cara inferior del suelo en contacto con el terreno se encuentra a la misma profundidad que el nivel freático o a menos de dos metros por debajo.
- alta cuando la cara inferior del suelo en contacto con el terreno se encuentra a dos o más metros por debajo del nivel freático.

En el caso que nos ocupa, se contemplan los siguientes horizontes y los coeficientes estimados de permeabilidad en cm/s correspondientes a los siguientes horizontes en función del análisis granulométrico, experiencias previas y valores típicos contemplados en bibliografía son los siguientes:

K en cm/s	10 ²	10 ¹	1,0	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Drenaje	Muy bueno		Bueno				Malo		Prácticamente impermeable			
Tipo de suelo	Grava limpia		Arenas limpias, zahorras			Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena limosa y arcillas, depósitos glaciares, arcillas estratigráficas, etc.			Suelos impermeables como arcillas homogéneas			
			Suelos impermeables por efecto de la vegetación y la intemperie									
Determinación directa de K	Realizar test de permeabilidad, directamente en el emplazamiento a estudiar. Para obtener resultados fidedignos se requiere mucha experiencia.											
	Obtener K mediante el permeámetro de carga constante. Se requiere poca experiencia.											
Determinación indirecta de K			Usar permeámetro de carga variable requiere poca experiencia			Con el permeámetro de carga decreciente, se requiere mucha experiencia.			Con el permeámetro de carga decreciente se requiere bastante experiencia por lo que es medianamente fiable.			
	Obtener K a partir de la curva granulométrica. Sólo sirve para arenas y gravas poco cohesivas y limpias								Obtener K a partir de ensayos de consolidación. Se requiere bastante experiencia.			

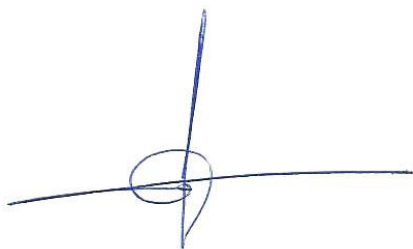
Tabla 1. Coeficiente de permeabilidad K (cm/s) de suelos (según Casagrande Y Fadum)

De $K = 10^{-6}$ a $K = 10^{-10}$ cm/s Nivel geotécnico 1. Arcillas con cantos.
De $K = 10^{-6}$ a $K = 10^{-8}$ cm/s Nivel geotécnico 2. Sustrato rocoso alterado
De $K = 10^{-4}$ a $K = 10^{-9}$ cm/s Nivel geotécnico 3. Sustrato rocoso

ANALÍTICA DE LABORATORIO

Los resultados de los ensayos de laboratorio realizados, indican que el contenido de sulfatos solubles en suelos ($\text{mg SO}_4^{2-}/\text{Kg}$) es de 10265,51 en el nivel de rellenos, ataque medio, por lo que sería **necesario el uso de cementos sulforresistivos con tipo de exposición Qb** en todas las estructuras de hormigón soterradas que pueden estar en contacto con este nivel.

En el N.G. 1(arcillas con cantos) y 2 (sustrato rocoso) el contenido de sulfatos solubles en $\text{mg SO}_4^{2-}/\text{Kg}$ es inferior a 100 por lo que no presentan ataque al hormigón



Firmado: EDUARDO ARANA RICO, Geólogo. Col. Nº 3.461

Pamplona, mayo de 2022.



Firmado: GUILLERMO ERICE LACABE, Geólogo. Col. Nº 2.577

ANEXO 1

Mapa geológico y Leyenda



GEEA GEÓLOGOS, S.L.

Pamplona: P.I. Areta, c/Irumuga 45 31620 Huarte

Estella: P.I. Miguel de Eguía, c/ Zaraputz 2, 31200, Estella

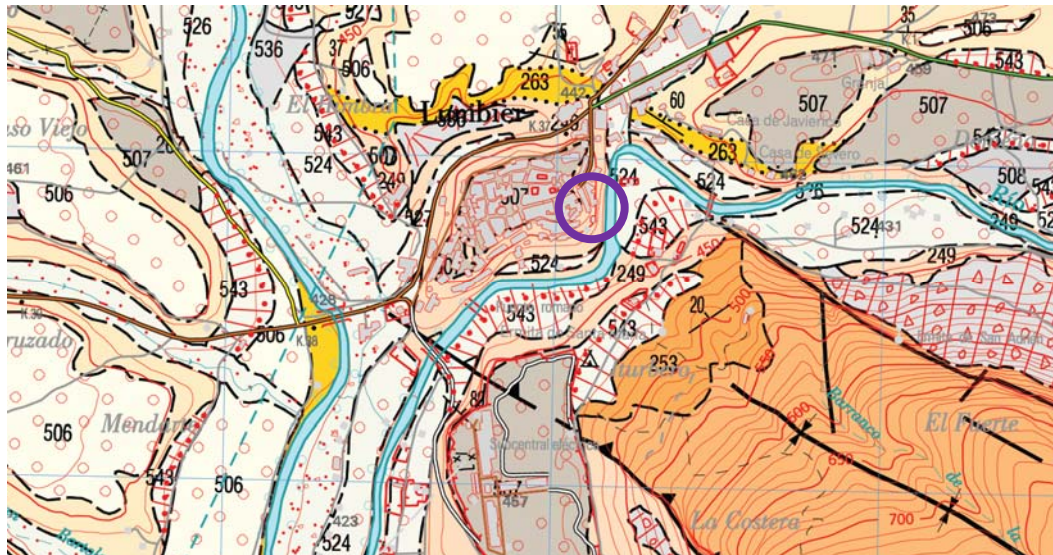
Logroño: Baltasar Gracián nº 11, 1º of. 5, 26.006

Lugar: Viviendas en parcelas 132 a 139 de Lumbier (Navarra)

Ref. informe: IRGE 2308 0422

Hojas: Gob. de Navarra 1:25.000 Lumbier (hoja 174-II).

MAPA GEOLÓGICO



LEYENDA

EPOCAS	PERÍODOS	SUBPERÍODOS	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
CUATERNARIO	HOLOCENO		526, 536, 506, 543, 524, 507, 541, 545, 548, 547, 536, 527, 537, 549, 548, 547, 536	550.- Acumulaciones antrópicas. Escombros 548.- Cantos y bloques a veces algo cementados. Cerdiales y coluviones de cantos 547.- Bloques y cantos con margas y lutitas. Coluviones de bloques 545.- Lutitas y margas con cantos y bloques. Deslizamientos 543.- Lutitas con cantos y bloques. Coluviones 541.- Lutitas algo margosas. Zonas de drenaje deficiente 537.- Lutitas y cantos. Aluvial-coluvial 536.- Lutitas con cantos y bloques en ocasiones cementados. Conos aluviales
			526, 536, 506, 543, 524, 507, 541, 545, 548, 547, 536, 527, 537, 549, 548, 547, 536	530.- Graves, arenas y limos. Cauces abandonados 527.- Lutitas, arenas y cantos. Fondos de valle 526.- Graves, arenas y cantos. Cauces activos 523.- Lutitas rojas con cantos. Arcillas de descalcificación 519.- Graves, arenas y lutitas con cantos y bloques. Glacis de acumulación 518.- Lutitas con cantos. Glacis de cobertura 513.- Graves y lutitas rojas con cantos y bloques ocasionalmente cementados. Conos aluviales antiguos 502 a 508, 524.- Graves y arenas a veces algo cementados. Terrazas
NEÓGENO	MIOCENO	Medio	407, 406, 409, 404, 402, 405, 401, 399, 364, 367, 366, 365, 360, 363	409.- Areniscas y lutitas ocreas. "Areniscas y lutitas de Ujál" 398.- Areniscas y lutitas rojas y ocreas
		Interior		
PALEÓGENO	EOCENO	Sup.	273, 272, 271, 270, 269, 268, 267, 266, 265, 264, 263, 262, 261, 260, 259, 258, 257, 256, 255, 254, 253, 252, 251, 212, 211, 210, 209, 208, 207, 206, 205, 204, 203, 202, 201, 190, 189, 188, 187, 186, 185, 183, 182	280.- Inter. de calizas margosas. "Areniscas y lutitas de Javier" 280.- Areniscas grises con intercalaciones de lutitas rojas "Areniscas de Lildena" 279.- Areniscas grises con intercalaciones de lutitas grises "Areniscas de Lildena" 278.- Margas y lutitas rojas con pequeñas intercalaciones de areniscas. "Margas fajeadas" 274.- Margas grises. Margas de Iruñeta 273.- Areniscas y lutitas. Areniscas de Taber 272.- Alternancia de areniscas ocreas y lutitas Turbiditas de Gongolaz y Yasa 271.- Margas grises con algunas intercalaciones de areniscas. Turbiditas de Gongolaz y Yasa 267.- Margas grises. Margas de Pamplona 263.- Margas, margocalizas y limolitas. Nivel de Uroz 249.- Margas y margocalizas grises con algunas intercalaciones de areniscas (turbiditas) y niveles de brechas y cantos en la base. Flysch de Iruñeta 247.- Margas, margocalizas, calizas resedimentadas y calcarenitas. Megaturbidita 258.- Calizas ocreas y grises. Olistolito 254.- Margas y margocalizas con niveles de brechas y "slumps" 253.- Calcarenitas, margas y margocalizas ocreas 212.- Alter. de margas y margocalizas grises y ocreas. Rilmila 215.- Calizas ocreas y grises de aspecto masivo. Caliza de Guara 211.- Calizas grises con alveolinas
		Medio		
		Sup.		
		Barioniense		
		Lutecien.		
		Ilardiense		
		Thaniense		
		Montiense		
		Daniense		
		Maastrichtiense		
		Campaniense		

ANEXO 2

Registros y fotografías de los sondeos

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, GEOFÍSICOS E HIDROGEOLOÓGICOS GEOLÓGOS S.L. Delegación PAMPLONA Pol. ind. Areta, c/ Irurruaga 45 31620 HUARTE - PAMPLONA T: 948 382 975 F: 948 382 319					PERFIL LITOLÓGICO SONDEO DE RECONOCIMIENTO															SONDEO:		COORDENADAS UTM	
OBRA: Viviendas en parcelas 132 a 139, pol. 6 de Lumbier (Navarra)															FECHA: 13 de abril de 2022					SM-1		X: - Y: - Z: -	
CLIENTE: AYUNTAMIENTO LUMBIER										REF.: G14983			REF. INFORME: IRGE 2308 0422										
Batería	Diámetro	Profundidad (m)	Espesor (m)	Columna litológica	Descripción de materiales	Nivel freático	R.Q.D.				Grado de meteorización	Prof. (m)	S.P.T.	PLT	C.S.	Densidad hum/seca g/cm³	Humedad %	Límites Atterberg Lp	Granulometría % pasa 0.4-0.08	Sulfatos mg/kg	Clasificación Casagrande/AASHTO	FOTOGRAFÍAS SONDEO.	
							20	40	60	80	V	IV	III	II	I								
BW	113		0,80		Rellenos antrópicos heterogéneos.																		
		1	0,80		Arcillas marrones con cantos dispersos.																		
			1,50																				
		2																					
		2,30			Sustrato rocoso alterado grado III-II, arcillas margosas ocre y margas arcillosas grises.																		
		3	1,30																				
BW	86	3,60			Sustrato rocoso sano, margas grises con niveles de margo calizas.																		
		4			Entre 3,60-3,80 m, perforado sin agua.																		
		5			Presenta fracturas subhorizontales de espaciado centimétrico hasta 4,60 m, y decimétricas a partir de 4,60 m.																		
		6			Planos de fractura puntuales a 45° y 20°, formando cuñas.																		
TD	86	5,80																					
		7																					
		8																					
		9																					
		9,40			FIN DE SONDEO																		
		10																					
		11																					

Tipo de Sonda RL-48, M.I.: Muestra inalterada; R: Rechazo; C.S.: Ensayo de compresión simple. B: Batería simple; T: Batería doble tubo; W: Corona de Widia; D: Corona de diamante; C: Corona de carburo

E.:1/75

PERFIL LITOLÓGICO SONDEO DE RECONOCIMIENTO

SONDEO: **SM-2**
 COORDENADAS UTM
 X: -
 Y: -
 Z: -

OBRA: Viviendas en parcelas 132 a 139, pol. 6 de Lumbier (Navarra)
 FECHA: 13 de abril de 2022
 CLIENTE: AYUNTAMIENTO LUMBIER
 REF.: G14984
 REF. INFORME: IRGE 2308 0422

Batería	Diámetro	Profundidad (m)	Espesor (m)	Columna litológica	Descripción de materiales	Nivel freático	R.Q.D.				Grado de meteorización		Prof. (m)	S.P.T.	PLT	C.S.	Densidad hum/seca g/cm³	Humedad %	Límites Atterberg L/Ip	Granulometría % pasa 0,4-0,08	Sulfatos mg/kg	Clasificación Casagrande/AASHTO	FOTOGRAFÍAS SONDEO.		
							20	40	60	80	V	IV		III	II	I								N15	Is (50) Mpa
BW	113	1	1,30		Rellenos antrópicos heterogéneos.							0,50													
		1,30	0,50		Sustrato rocoso alterado grado III-II, arcillas margosas y margas arcillosas.							1,30-1,74	9-37-50(R)14												
		1,80			Sustrato rocoso sano, margas grises con niveles de margo calizas.																				
TD	86	2			Entre 1,80-2,00 m, perforado sin agua.																				
		3			Presenta fracturas subhorizontales de espaciado centimétrico a decimétricos, formando cuñas con planos subverticales y a 45° y 20°.							3,10-3,30			238,6	2,57/2,54	1,13								
		4	7,60		Puntualmente los planos de fractura presentan pátinas de oxidación.																				
		5																							
		6																							
		7																							
		8																							
		9																							
		9,40																							
				10																					
		11																							
					FIN DE SONDEO																				

ANEXO 3

**Ensayos de penetración dinámica
tipo D.P.S.H.**



www.geea.es

GEEA GEÓLOGOS, S.L.

P.I. Miguel de Eguía, c/Zarapuz 2, **31200 Estella**

T: 948 554 811; F: 948 111 131; M: 606 507 335

P. I. Areta, c/ Irumuga 45, 31620 **Huarte Pamplona**

T: 948 382 975, F: 948 382 319, M: 696 435 907

Baltasar Gracián nº 11, 1º, of 5, 26006 **Logroño**

T: 941 509 482, M: 695 363336

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA (D.P.S.H)

Obra: Viviendas en parcelas 132 a 139, pol. 6 de Lumbier (Navarra)

Cliente: AYUNTAMIENTO LUMBIER

Ref. Inf.: IRGE 2308 0422

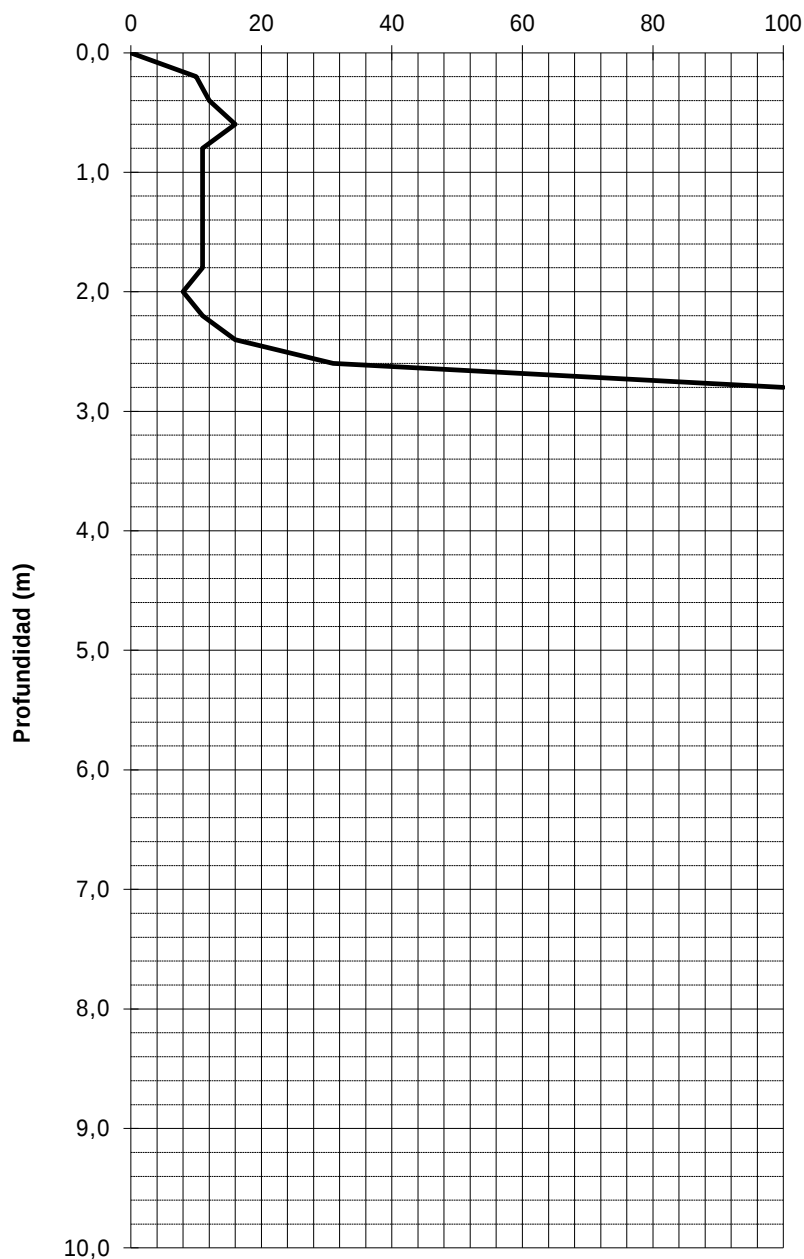
Penetración N°: P-1

Referencia: G15022

Fecha: 22 de abril de 2022

Prof. (m)	Nº Golpes(N20)
0.00-0.20	10
0.20-0.40	12
0.40-0.60	16
0.60-0.80	11
0.80-1.00	11
1.00-1.20	11
1.20-1.40	11
1.40-1.60	11
1.60-1.80	11
1.80-2.00	8
2.00-2.20	11
2.20-2.40	16
2.40-2.60	31
2.60-2.80	RECHAZO
2.80-3.00	
3.00-3.20	
3.20-3.40	
3.40-3.60	
3.60-3.80	
3.80-4.00	
4.00-4.20	
4.20-4.40	
4.40-4.60	
4.60-4.80	
4.80-5.00	
5.00-5.20	
5.20-5.40	
5.40-5.60	
5.60-5.80	
5.80-6.00	
6.00-6.20	
6.20-6.40	
6.40-6.60	
6.60-6.80	
6.80-7.00	
7.00-7.20	
7.20-7.40	
7.40-7.60	
7.60-7.80	
7.80-8.00	
8.00-8.20	
8.20-8.40	
8.40-8.60	
8.60-8.80	
8.80-9.00	
9.00-9.20	
9.20-9.40	
9.40-9.60	
9.60-9.80	
9.80-10.00	

Golpeos





www.geea.es

GEEA GEÓLOGOS, S.L.

P.I. Miguel de Eguía, c/Zarapuz 2, **31200 Estella**

T: 948 554 811; F:948 111 131; M: 606 507 335

P. I. Areta, c/ Irumuga 45, 31620 **Huarte Pamplona**

T: 948 382 975, F: 948 382 319, M: 696 435 907

Baltasar Gracián nº 11, 1º, of 5, 26006 **Logroño**

T: 941 509 482, M: 695 363336

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA (D.P.S.H)

Obra: Viviendas en parcelas 132 a 139, pol. 6 de Lumbier (Navarra)

Cliente: AYUNTAMIENTO LUMBIER

Ref. Inf.: IRGE 2308 0422

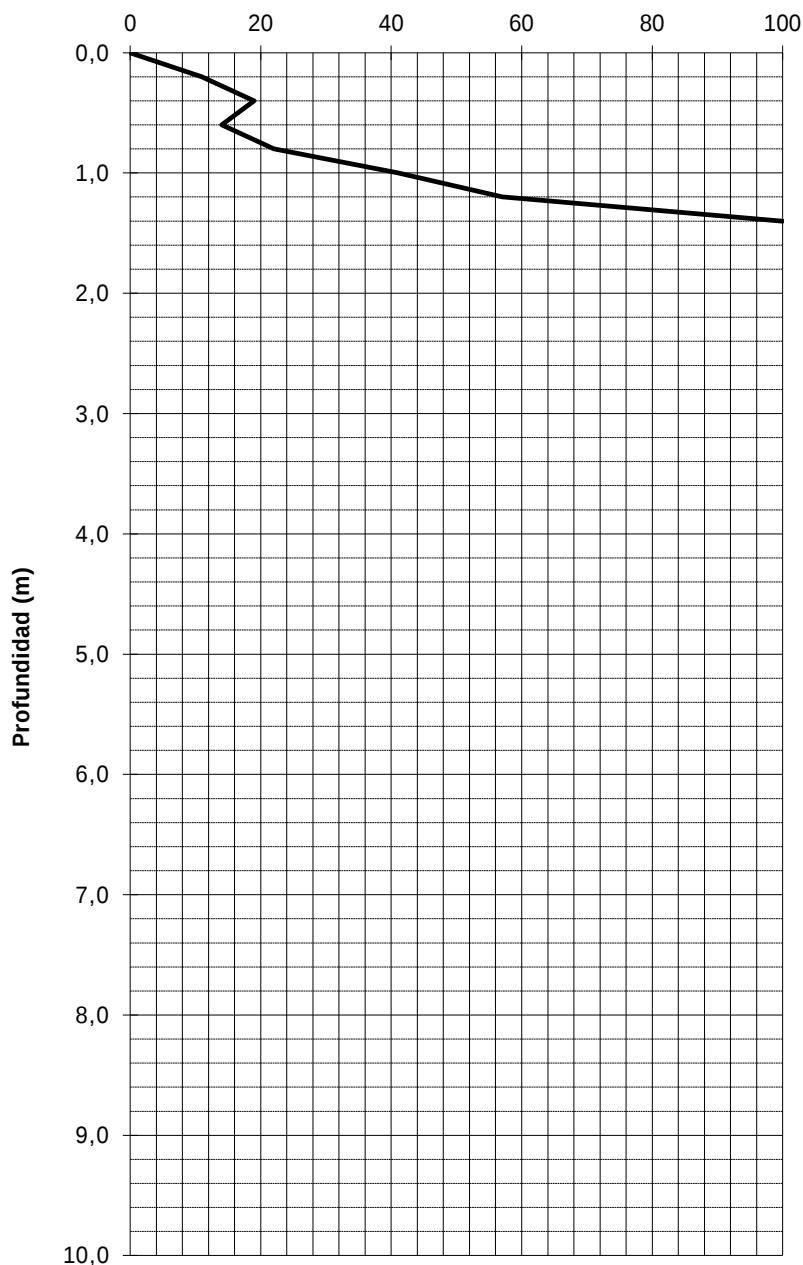
Penetración N°: P-2

Referencia: G15022

Fecha: 22 de abril de 2022

Prof. (m)	Nº Golpes(N20)
0.00-0.20	11
0.20-0.40	19
0.40-0.60	14
0.60-0.80	22
0.80-1.00	41
1.00-1.20	57
1.20-1.40	RECHAZO
1.40-1.60	
1.60-1.80	
1.80-2.00	
2.00-2.20	
2.20-2.40	
2.40-2.60	
2.60-2.80	
2.80-3.00	
3.00-3.20	
3.20-3.40	
3.40-3.60	
3.60-3.80	
3.80-4.00	
4.00-4.20	
4.20-4.40	
4.40-4.60	
4.60-4.80	
4.80-5.00	
5.00-5.20	
5.20-5.40	
5.40-5.60	
5.60-5.80	
5.80-6.00	
6.00-6.20	
6.20-6.40	
6.40-6.60	
6.60-6.80	
6.80-7.00	
7.00-7.20	
7.20-7.40	
7.40-7.60	
7.60-7.80	
7.80-8.00	
8.00-8.20	
8.20-8.40	
8.40-8.60	
8.60-8.80	
8.80-9.00	
9.00-9.20	
9.20-9.40	
9.40-9.60	
9.60-9.80	
9.80-10.00	

Golpeos





www.geea.es

GEEA GEÓLOGOS, S.L.

P.I. Miguel de Eguía, c/Zarapuz 2, **31200 Estella**

T: 948 554 811; F:948 111 131; M: 606 507 335

P. I. Areta, c/ Irumuga 45, 31620 **Huarte Pamplona**

T: 948 382 975, F: 948 382 319, M: 696 435 907

Baltasar Gracián nº 11, 1º, of 5, 26006 **Logroño**

T: 941 509 482, M: 695 363336

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA (D.P.S.H)

Obra: Viviendas en parcelas 132 a 139, pol. 6 de Lumbier (Navarra)

Cliente: AYUNTAMIENTO LUMBIER

Ref. Inf.: IRGE 2308 0422

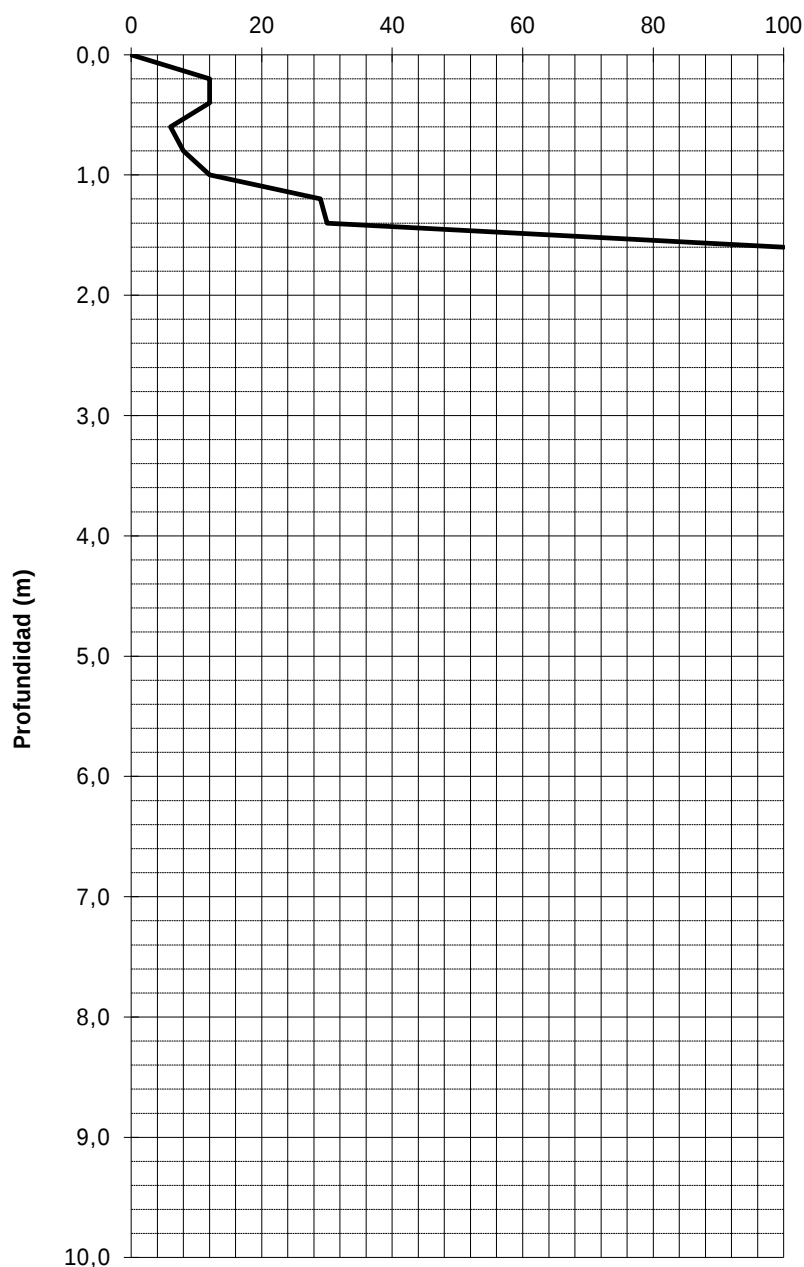
Penetración N°: P-3

Referencia: G15022

Fecha: 22 de abril de 2022

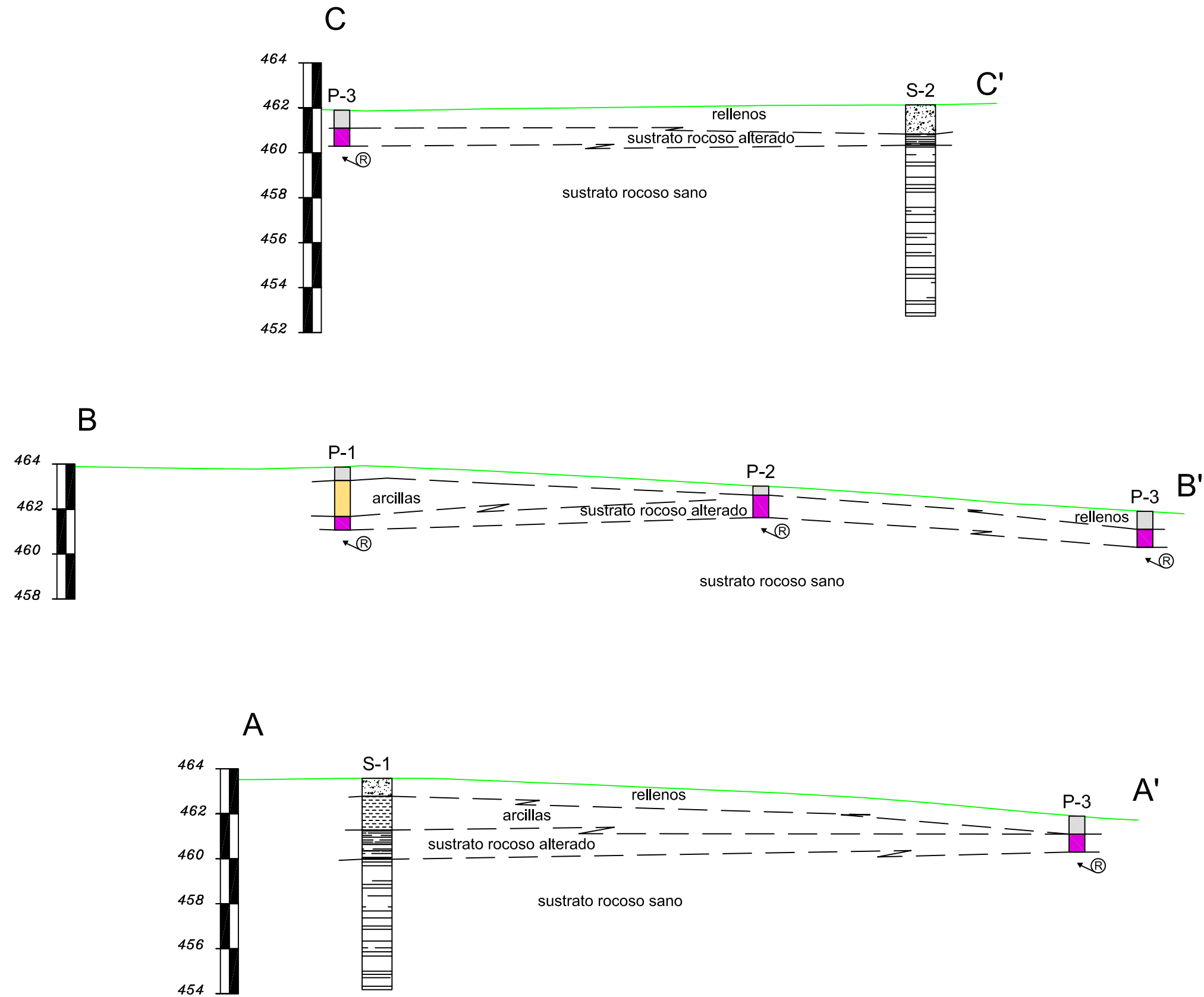
Prof. (m)	Nº Golpes(N20)
0.00-0.20	12
0.20-0.40	12
0.40-0.60	6
0.60-0.80	8
0.80-1.00	12
1.00-1.20	29
1.20-1.40	30
1.40-1.60	RECHAZO
1.60-1.80	
1.80-2.00	
2.00-2.20	
2.20-2.40	
2.40-2.60	
2.60-2.80	
2.80-3.00	
3.00-3.20	
3.20-3.40	
3.40-3.60	
3.60-3.80	
3.80-4.00	
4.00-4.20	
4.20-4.40	
4.40-4.60	
4.60-4.80	
4.80-5.00	
5.00-5.20	
5.20-5.40	
5.40-5.60	
5.60-5.80	
5.80-6.00	
6.00-6.20	
6.20-6.40	
6.40-6.60	
6.60-6.80	
6.80-7.00	
7.00-7.20	
7.20-7.40	
7.40-7.60	
7.60-7.80	
7.80-8.00	
8.00-8.20	
8.20-8.40	
8.40-8.60	
8.60-8.80	
8.80-9.00	
9.00-9.20	
9.20-9.40	
9.40-9.60	
9.60-9.80	
9.80-10.00	

Golpeos

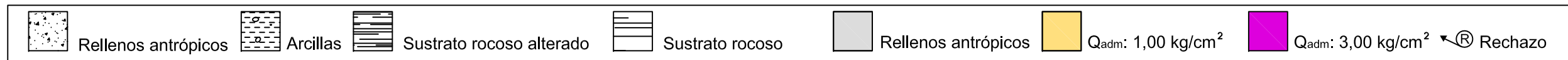


ANEXO 4

Perfiles de correlación



LEYENDA SONDEOS Y PENETRÓMETROS



ANEXO 5

Boletín de los ensayos de laboratorio

	GEEA GEÓLOGOS S.L.		Ensayo CONTENIDO DE	
	Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11		SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS	
			Norma UNE 83001:2000	
		Acta n° AN060344	N° Copia Copia 1. AYUNTAMIENTO	

Referencia Muestra....	N17682	Referencia Informe.....	EN-506
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S2 0,5 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	AYUNTAMIENTO
FECHA ENTRADA	26 DE ABRIL DE 2022	DEN. OBRA	LUMBIER

RESULTADO ENSAYO	
$SO_4^{=}(mg/kg \text{ de suelo seco}) = (0,416 * ((T+R) - T)) / M$	
$SO_4^{=}$ (mg/kg de suelo seco)	10265,51

Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo



VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

Estella, 13 E MAYO DE 2022

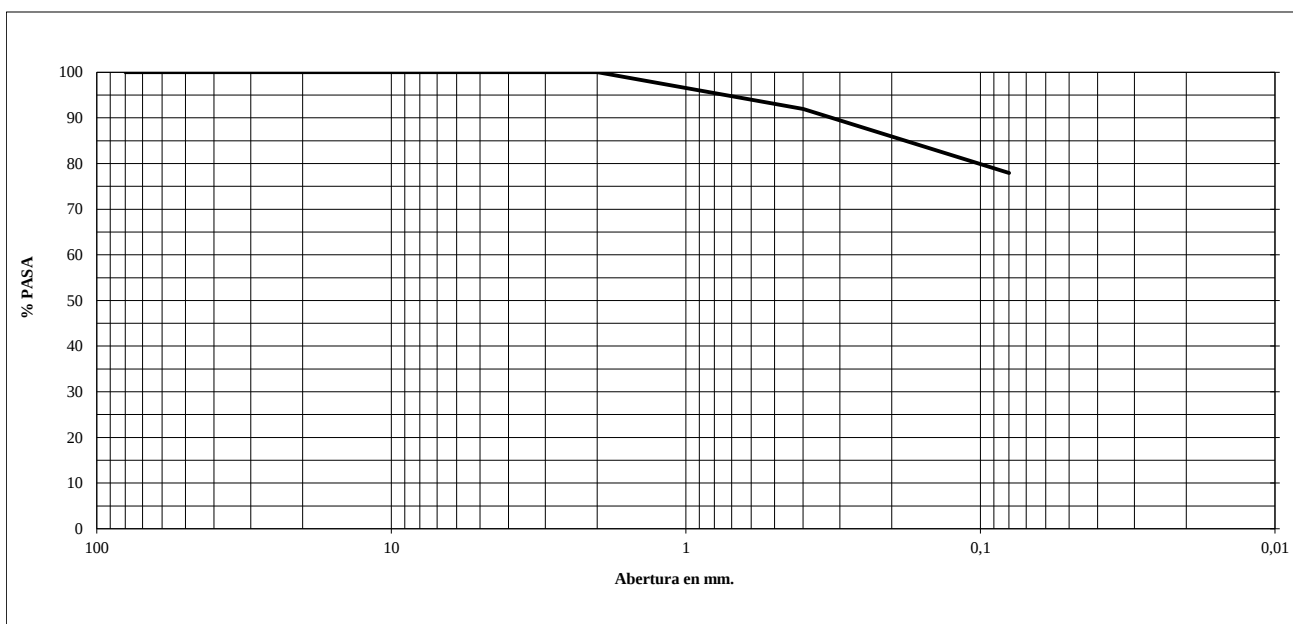
HOJA 1 DE 1

 GEEA GEÓLOGOS S.L. Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11	Ensayo GRANULOMETRÍA DE SUELOS POR TAMIZADO	
	Norma UNE 103101/95	
	Acta nº AN060340	Nº Copia Copia 1. AYUNTAMIENTO

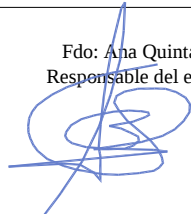
Referencia Muestra....	N17680	Referencia Informe.....	EN-506
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S1 DE 1 A 1,5 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	AYUNTAMIENTO
FECHA ENTRADA	26 DE ABRIL DE 2022	DEN. OBRA	LUMBIER

CALCULOS PREVIOS		
A	Muestra total seca al aire	124,9
B	Gruesos lavados	0,0
$C = (A - B) * f$	Fracción fina seca	124,8
$D = (B + C)$	Muestra total seca	124,8
E	Frac. fina ensayada seca al aire	124,9
$F = E * f$	Frac. fina ensayada seca	124,8
C/F		1,0

CALCULO CURVA GRANULOMETRICA POR TAMIZADO					
Tamiz U.N.E.	Tamiz ASTM	Retenido entre tamices		Pasa en muestra total	
		gs. en parte fina ensayada	gs. en Muestra total	gramos	%
125	5				
100	4			0,0	
80	3			0,0	100
63	2,5			0,0	100
50	2			0,0	100
40	1,5			0,0	100
25	1			0,0	100
20	3/4			0,0	100
12,5	1/2			0,0	100
10	3/8			0,0	100
5	4			0,0	100
2	10			124,8	100
0,4	40	10,0	10,0	114,8	92
0,08	200	17,6	17,6	97,3	78

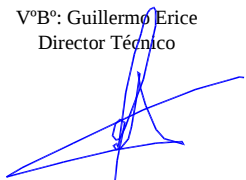


Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo





VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

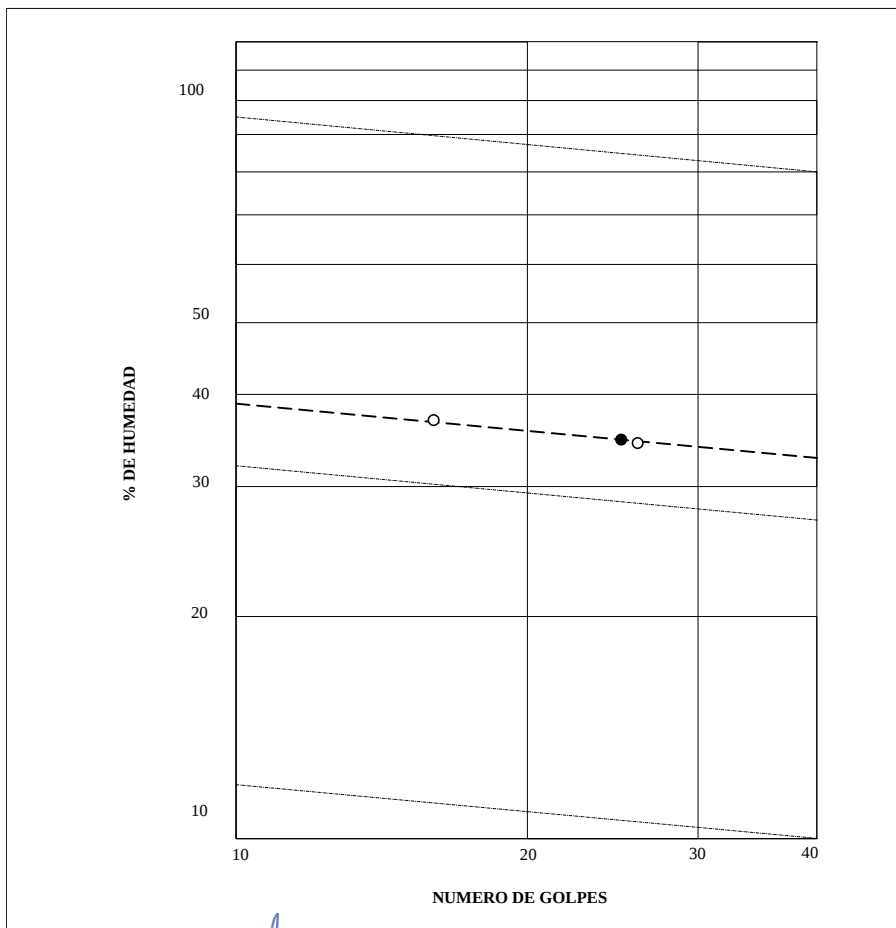


Estella,
13 DE MAYO DE 2022
HOJA 1 DE 3

 GEEA GEÓLOGOS S.L. Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11	Ensayo DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG	
	Norma	UNE 103103/94 103104/93
	Acta nº AN060341	Nº Copia Copia 1. AYUNTAMIENTO

Referencia Muestra.... N17680	Referencia Informe..... EN-506
PROCEDENCIA SONDEO	REF. CLIENTE S1 DE 1 A 1,5 METROS
TIPO DE MUESTRA ALTERADA	PETICIONARIO AYUNTAMIENTO
FECHA ENTRADA 26 DE ABRIL DE 2022	DEN. OBRA LUMBIER

CALCULO LIMITE LIQUIDO				CALCULO LIMITE PLASTICO			
-	Nº de golpes	16	26	-	Referencia tara	J26	J7
-	Referencia tara	J25	J5	a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	0,69	0,94
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	3,33	2,99	t+s+a	Tara + suelo + agua	13,15	14,67
t+s+a	Tara + suelo + agua	21,65	20,85	t+s	Tara + suelo	12,46	13,73
t+s	Tara + suelo	18,32	17,86	t	Tara	9,15	9,22
t	Tara	9,30	9,15	s=(t+s)-t	Suelo	3,31	4,51
s=(t+s)-t	Suelo	9,02	8,71	w=100*(a/s)	% Humedad	20,8	20,8
w=100*(a/s)	% Humedad	36,9	34,3				



RESULTADOS DEL ENSAYO	
LIMITE LIQUIDO =	34,7
LIMITE PLASTICO =	20,8
INDICE PLASTICIDAD =	13,9

Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo

VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

Estella, 13 DE MAYO DE 2022

HOJA 2 DE 3

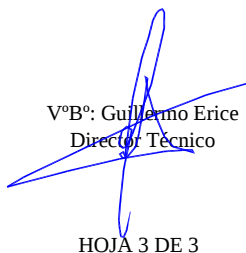
	GEEA GEÓLOGOS S.L.		<i>Ensayo</i>		CONTENIDO DE	
					SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS	
	Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11		<i>Norma</i>		UNE 83001:2000	
			<i>Acta nº</i> AN060342		<i>Nº Copia</i> Copia 1. AYUNTAMIENTO	

Referencia Muestra....	N17680	Referencia Informe.....	EN-506
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S1 DE 1 A 1,5 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	AYUNTAMIENTO
FECHA ENTRADA	26 DE ABRIL DE 2022	DEN. OBRA	LUMBIER

RESULTADO ENSAYO	
$SO_4^{=}$ (mg/kg de suelo seco) = $(0,416 * ((T+R) - T)) / M$	
$SO_4^{=}$ (mg/kg de suelo seco)	<100


 Edo: Ana Quintanar
 Responsable del ensayo




 VºBº: Guillermo Erice
 Director Técnico

Estella,

13 DE MAYO DE 2022

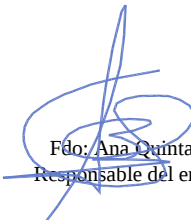
HOJA 3 DE 3

	GEEA GEÓLOGOS S.L.		Ensayo DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD NATURAL DE UN SUELO	
	Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11		Norma UNE 103300/93	
			Acta nº AN060345	Nº Copia Copia 1. AYUNTAMIENTO

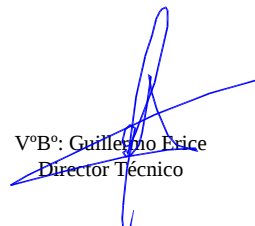
Referencia Muestra....	N17683	Referencia Informe.....	EN-506
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S2 DE 3,10 A 3,30 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	AYUNTAMIENTO
FECHA ENTRADA	26 DE ABRIL DE 2022	DEN. OBRA	LUMBIER

DATOS ENSAYO	
TARA + SUELO + AGUA (g) =	1125,20
TARA + SUELO (g) =	1118,70
TARA (g) =	543,40

RESULTADO DEL ENSAYO	
HUMEDAD NATURAL (%)	1,13


 Fdo: Ana Quintanar
 Responsable del ensayo




 VºBº: Guillermo Erice
 Director Técnico

 GEEA GEÓLOGOS S.L. Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11	<i>Ensayo</i> DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE UN SUELO	
	<i>Norma</i>	UNE 103301/94
	<i>Acta n°</i> AN060346	<i>Nº Copia</i> Copia 1. AYUNTAMIENTO

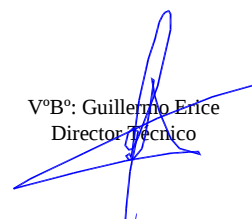
Referencia Muestra....	N17683	Referencia Informe.....	EN-506
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S2 DE 3,10 A 3,30 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	AYUNTAMIENTO
FECHA ENTRADA	26 DE ABRIL DE 2022	DEN. OBRA	LUMBIER

DATOS ENSAYO	
PESO MUESTRA HUMEDA (g) =	125,80
PESO CON PARAFINA (g) =	142,50
PESO SUMERGIDO (g) =	75,00
HUMEDAD (%)=	1,13

RESULTADO DEL ENSAYO	
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm3) =	2,57
DENSIDAD SECA (g/cm3) =	2,54


Fdo: Ana Quimánar
Responsable del ensayo




VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

Estella, 13 DE MAYO DE 2022

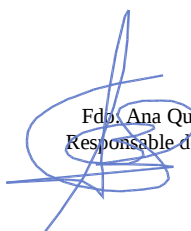
HOJA 2 DE 4

	GEEA GEÓLOGOS S.L. Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11	Ensayo TALLADO, REFRENTADO Y ROTURA DE PROBETAS CILINDRICAS DE ROCA	
		Norma UNE 22950/90	
		Acta n° AN060347	N° Copia Copia 1. AYUNTAMIENTO

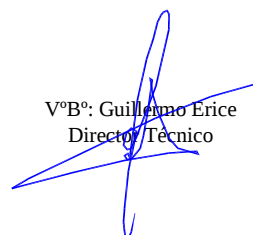
Referencia Muestra....	N17683	Referencia Informe.....	EN-506
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S2 DE 3,10 A 3,30 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	AYUNTAMIENTO
FECHA ENTRADA	26 DE ABRIL DE 2022	DEN. OBRA	LUMBIER

DATOS PROBETA			
PESO (g)	1384,08	SUP. BASE (cm ²)	39,59
DIAMETRO. (mm)	71,00	VOL. PROBETA (cm ³)	538,45
ALTURA (mm)	136,00	DENS. PROB. (g/cm3)	2,57

RESULTADO DEL ENSAYO	
LECTURA PRENSA (Tm)	9,50
ESBELTEZ	1,92
COEFICIENTE (K)	1,01
CARGA ROTURA CORREGIDA	9,45
TENSIÓN DE ROTURA (Kg/cm²)	238,6


Edo. Ana Quintanar
Responsable del ensayo




VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

Estella, 13 DE MAYO DE 2022

HOJA 3 DE 4

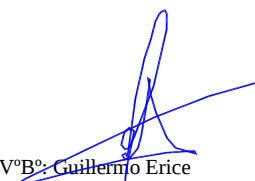
	GEEA GEÓLOGOS S.L.		<i>Ensayo</i>	CONTENIDO DE
	Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11		<i>Norma</i>	SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS
			<i>Acta n°</i> AN060348	UNE 83001:2000 <i>Nº Copia</i> Copia 1. AYUNTAMIENTO

Referencia Muestra....	N17683	Referencia Informe.....	EN-506
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S2 DE 3,10 A 3,30 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	AYUNTAMIENTO
FECHA ENTRADA	26 DE ABRIL DE 2022	DEN. OBRA	LUMBIER

RESULTADO ENSAYO	
$SO_4^{=}(mg/kg \text{ de suelo seco}) = (0,416 * ((T+R) - T)) / M$	
$SO_4^{=}$ (mg/kg de suelo seco)	<100


 Edo: Ana Quintanar
 Responsable del ensayo




 VºBº: Guillermo Erice
 Director Técnico

Estella, 13 DE MAYO DE 2022

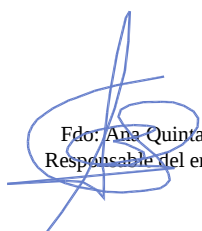
HOJA 4 DE 4

	GEEA GEÓLOGOS S.L. Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11	Ensayo RESISTENCIA A COMPRESIÓN UNIAxIAL DE PROBETAS CILINDRICAS DE ROCA	
		Norma UNE 22950-1/90	
		Acta n° AN060343	N° Copia Copia 1. AYUNTAMIENTO

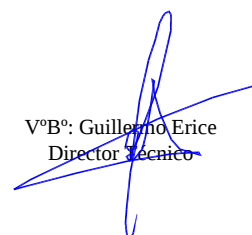
Referencia Muestra....	N17681	Referencia Informe.....	EN-506
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S1 DE 5,4 A 5,6
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	AYUNTAMIENTO
FECHA ENTRADA	26 DE ABRIL DE 2022	DEN. OBRA	LUMBIER

DATOS PROBETA			
PESO (g)	1387,15	SUP. BASE (cm²)	39,59
DIAMETRO. (mm)	71,00	VOL. PROBETA (cm³)	542,41
ALTURA (mm)	137,00	DENS. PROB. (g/cm3)	2,56

RESULTADO DEL ENSAYO	
LECTURA PRENSA (Tm)	4,84
ESBELTEZ	1,93
COEFICIENTE (K)	1,00
CARGA ROTURA CORREGIDA	4,82
TENSIÓN DE ROTURA (Kg/cm²)	121,7


Edo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo




VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

Estella, 13 DE MAYO DE 2022

HOJA 1 DE 1

ANEXO 6

Plano de ubicación de los ensayos

