



**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
UNA PISTA DE PADEL Y UNA CUBIERTA EN LA PARCELA 629 POLÍGONO 2
DE ARGUEDAS (NAVARRA).**

CLIENTE: AYUNTAMIENTO DE ARGUEDAS

REF. INFORME: ES/GE148/1122

ESTELLA, DICIEMBRE 2022

ÍNDICE

1	Introducción.....	2
2	Metodología	3
3	Características del terreno	4
	3.1 Marco geológico, cartografía	4
	3.2 Hidrogeología	5
	3.3 Sismicidad	6
4	Trabajos de campo.....	7
	4.1 Descripción de las calicatas mecánicas	7
	4.2 Descripción de los penetrómetros	9
5	Cálculo de tensiones	11
	5.1.1 Resultado de los Ensayos de Penetración	11
6	Ensayos de laboratorio	14
	6.1 Resumen de trabajos realizados	14
7	Características geotécnicas de los materiales	16
8	Soluciones de cimentación.....	18
	8.1 Calculo de asentos	21
	8.1.1 Opción de cimentación mediante losa	21
	8.1.2 Opción de cimentación mediante pilotaje.....	22
9	Excavabilidad y taludes	23
	9.1 Excavabilidad	23
	9.2 Estabilidad de taludes	23
10	Estimación del grado de permeabilidad de los horizontes	24
11	Protección frente a exposición al radón	26
12	Conclusiones	28

ANEXOS:

ANEXO 1: Mapa geológico y leyenda.

ANEXO 2: Descripción de calicatas mecánicas.

ANEXO 3: Registro de ensayos de penetración dinámica DPSH.

ANEXO 4: Perfiles de correlación.

ANEXO 5: Boletín de los ensayos de laboratorio.

ANEXO 6: Plano de ubicación de ensayo de campo.

ANEXO 7: Reportaje fotográfico.

1 INTRODUCCIÓN

Se solicita a **GEEA GEÓLOGOS**, a requerimiento de **AYUNTAMIENTO DE ARGUEDAS** la prestación de servicios profesionales con relación a la parcela 629 del polígono 2 de Arguedas (Navarra), donde se proyecta la construcción de una pista de pádel y una cubierta para dicha pista y para la ya existente.

Los servicios recogidos en el presente informe, tratan de caracterizar el terreno, identificar los diferentes tipos de materiales, obtener las resistencias de éstos y proponer el tipo de cimentación más adecuada para el tipo de obra que se piensa realizar, la profundidad de la misma, sobre qué materiales debe estar apoyada y la carga a la que se podrán calcular las cimentaciones que se utilicen.

Los geólogos que firman el presente informe están avalados por su titulación para la realización de ensayos geotécnicos “in situ”, según consta en el Real Decreto 1378/2001 de 7 de diciembre, en el que se definen las funciones del Geólogo. Los ensayos de laboratorio se han realizado en nuestro laboratorio, acreditado por el gobierno de Navarra, para la realización de los mismos. Las conclusiones de unos y otros ensayos, obtenidas por los Geólogos que firman el informe, han permitido la realización del mismo, que se encuentra avalado por la misma ley anteriormente comentada y por el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España.

Siendo estas cuestiones las que se exponen en este informe con fecha 16 de diciembre de 2022.

2 METODOLOGÍA

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

Antecedentes del lugar

1. Gobierno de Navarra// Mapa geológico de Navarra, hoja 244-IV (Arguedas), escala 1:25.000.
2. Gobierno de Navarra// Mapa geológico de Navarra, escala 1:200.000.
3. Estudios previos realizados en la zona.

Datos de proyecto y estudios realizados

1. Superficie aproximada a estudiar <300 m².
2. Tipo de construcción C-0, Grupo de Terreno T-1.
3. Número de ensayos realizados en campo: dos calicatas mecánicas (anexo 2) y dos ensayos de penetración DPSH (anexo 3).
4. Caracterización de horizontes de cimentación en laboratorio (anexo 4).
5. Plano de ubicación de ensayos de campo (anexo 5).

Contenidos en informe.

1. Descripción geológica, hidrogeológica y sísmica (apartado 3).
2. Reconocimiento geotécnico (apartado 4).
3. Estimación de cargas admisibles y asentos (apartado 5 y 8).
4. Ensayos de laboratorio (apartado 6).
5. Parámetros geotécnicos, espesores, litologías (apartado 7).
6. Cota de cimentación y tipología de cimentación (apartado 8).
7. Excavabilidad, estabilidad de taludes (apartado 9).
8. Estimación de la permeabilidad de los horizontes (apartado 10).
9. Protección frente a exposición al radón (apartado 11).

3 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

3.1 MARCO GEOLÓGICO, CARTOGRAFÍA

La zona de estudio se encuentra, desde un punto de vista geológico, en la zona centro - oriental de la Depresión Terciaria del Ebro. Ésta constituye una profunda cubeta rellena de materiales de origen continental, procedentes de los relieves que la bordean. Conforme nos acercamos al borde de cuenca, disminuye el porcentaje de finos y aumentan los niveles areniscos y conglomeráticos. Hacia el centro, sin embargo, encontramos progresivamente facies más distales, hasta aparecer materiales de precipitación química (calizas y yesos).

En concreto en la parcela objeto de estudio, el sustrato está constituido por la **Formación Lerín**, concretamente por una unidad de carácter marcadamente yesífero, **Yesos de Los Arcos**, de edad Oligoceno Superior (Ageniense). Se trata de una serie yesífera con intercalaciones de materiales lutíticos y dolomías laminadas. Incluyen niveles de materiales solubles tales como halita y glauberita, alternando con anhidritas.

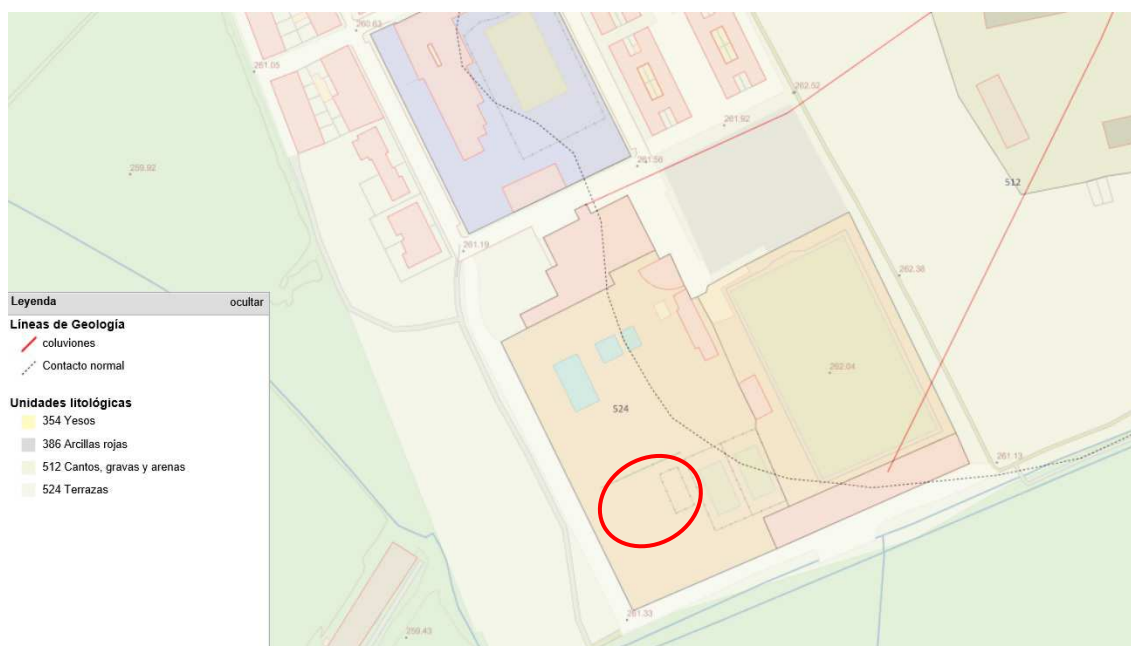
Los Yesos de Los Arcos presentan una potencia de más de 100 metros, apareciendo dispuestos con buzamientos que suelen superar los 20°.

La Unidad de los Arcos representa el episodio evaporítico más importante en la Formación Lerín evidenciando una gran expansión del sistema lacustre salino en la Cuenca Navarra-riojana.

Sobre este conjunto terciario, se ha encajado la actual red de drenaje, fundamentalmente representada en la zona por el río Ebro. Esta dinámica ha modelado el actual relieve y ha dado lugar en el Cuaternario a dos tipos de depósitos. Unos de carácter lineal, asociados a los propios cauces fluviales (terrazas aluviales), y otros de origen lateral a los mismos (glacis). En concreto en el río Ebro, se diferencian 10 niveles de terrazas.

Concretamente la localidad de Arguedas se emplaza sobre materiales de terraza aluvial cuaternaria formados por gravas, cantos, arenas, limos y arcillas. Más a pequeña escala, la parcela estudiada se sitúa sobre una zona marcada en la cartografía como materiales de origen aluvial cuaternario, formados por cantos, gravas y arenas.

A continuación, podemos ver una imagen extraída del visor Navarra.es, en donde se muestra la cartografía geológica de la zona en la que se encuentra la parcela de estudio.



Se observa que la zona en la que se proyecta la nueva pista de pádel y la cubierta se encuentra sobre el material aluvial (524, depósitos de terraza cuaternaria).

En el anexo 1 se encuentra el mapa geológico de la zona y la leyenda del mismo.

3.2 HIDROGEOLOGÍA

La Formación Lerín, sustrato terciario de la zona de estudio, presenta en su conjunto una permeabilidad muy baja debido a su litología, pudiendo considerarse a escala global como un acuícludo o impermeable. Localmente, puede presentar una mayor permeabilidad a favor de diaclasado abierto, preferentemente en los niveles más superficiales, por descompresión y /o alteración, y por karstificación de los yesos. Estos materiales en estado sano presentan un coeficiente de permeabilidad k muy bajo, en torno a 10^{-9} m/s.

Por su parte los depósitos cuaternarios que aparecen presentan una permeabilidad moderada debido a su porosidad intergranular elevada. Esta permeabilidad puede verse reducida en los tramos con matriz más fina o fuertemente cementados. Para materiales limo arcillosos, el coeficiente de permeabilidad atribuible está en torno a 10^{-3} - 10^{-5} cm/s. Para el caso de gravas, dichos valores serán incluso superiores a 10^{-2} cm/s.

Durante la fase de ejecución de los trabajos no se ha observado la presencia de agua en las calicatas.

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 les 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. nº244 de 11 de octubre de 2002).

La zona de estudio, **Arguedas (Navarra)**, presenta unas características sísmicas tales que la aceleración sísmica básica es de $a_b < 0,04g$, siendo g la aceleración de la gravedad, y el coeficiente de contribución $K_v = 1$, si bien, en la actualización del mapa de riesgo sísmico realizada a fecha de octubre de 2015, se incrementa el valor de la aceleración sísmica básica para Estella, a $a_b = 0,04g$.

Si la aceleración sísmica básica (a_b) es igual o mayor de $0,04g$ deberá tenerse en cuenta los posibles efectos del sismo en terrenos potencialmente inestables.

Según la clasificación de las construcciones dada por la citada Norma, el tipo de obra 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).

No es obligatoria la aplicación de esta Norma en los casos de construcciones de moderada importancia, en las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica (a_b) sea inferior a $0,04g$, siendo g la aceleración de la gravedad, como es el caso que nos ocupa.

4 TRABAJOS DE CAMPO

Para establecer las características geotécnicas del terreno, se ha realizado un reconocimiento geológico que ha consistido en la realización de dos calicatas mecánicas y dos ensayos de penetración dinámica DPSH.

También se ha recopilado información de estudios previos realizados por GEEA GEÓLOGOS en la zona, y se ha realizado un reconocimiento visual del área afectada por el proyecto.

Las catas mecánicas nos permiten reconocer la naturaleza del terreno hasta la profundidad máxima accesible por el brazo de la máquina retroexcavadora utilizada.

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.

En el momento de ejecución de los trabajos de campo, la superficie de la zona de proyecto se encuentra regular, y en general plana. En el momento de ejecución del presente estudio no se dispone de levantamiento topográfico, por lo que las cotas y profundidades a las que se alude en el mismo se referencian respecto a las cotas de emboquille de los distintos ensayos de campo. En los perfiles adjunto en el anexo 4, la topografía se estima plana.

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), la descripción de las calicatas (anexo 2), registro de los ensayos de penetración DPSH (anexo 3), perfiles de correlación (anexo 4), ensayos de laboratorio (anexo 5), croquis con la ubicación de los ensayos realizados (anexo 6) y reportaje fotográfico (anexo 7).

4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS CALICATAS MECÁNICAS

Las catas se llevaron a cabo el día 15 de noviembre de 2022, alcanzándose una profundidad máxima de 1,90 metros. Para su realización se empleó una máquina retroexcavadora mixta JCB.

Para la descripción de los materiales extraídos en las catas se han 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 la alteración de la roca matriz y de las superficies de discontinuidad. Toda la roca matriz puede estar decolorada y puede ser apreciablemente más débil que en su estado sano.
III	MODERADAMENTE METEORIZADA	Menos de la mitad del material de la roca está descompuesto y/o desintegrado en forma de suelo. Pueden presentarse zonas de roca sana y decolorada, bien formando un marco continuo bien como bloques o núcleos sanos.
IV	MUY METEORIZADA	Más de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada en suelo. Pueden presentarse zonas de roca sana o decolorada bien formando un marco continuo bien como bloques o núcleos sanos.
V	COMPLETAMENTE METEORIZADA	Toda la roca está descompuesta y/o desintegrada en forma de suelo. La estructura original del macizo permanece 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.

La columna litológica reconocida en dichas catas está compuesta por los siguientes niveles litológicos:

Cata C1	Perfil litológico
0,00-0,40	Rellenos antrópicos.
0,40-1,80	Limos arcillosos con algunos cantos aislados. Depósitos aluviales cuaternarios.

Cata C2	Perfil litológico
0,00-0,50	Rellenos antrópicos.
0,50-1,50	Gravas subredondeadas limpias. Rellenos.
1,50-1,90	Limos arcillosos con algunos cantos aislados. Depósitos aluviales cuaternarios.

No se observó la presencia de nivel freático en ninguna de las catas. Las paredes permanecieron estables en ambos casos, a excepción del tramo de la cata C2 formado por las gravas de relleno, las cuales sí que presentaban derrumbes.

En el anexo 2 del presente informe se adjuntan las descripciones de las catas y sus fotografías.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PENETRÓMETROS

Este tipo de ensayos consiste en clavar en el terreno una puntaza maciza de hierro que se encuentra situada en el extremo de una varilla. La hincada en el terreno se consigue golpeando el conjunto con una maza en caída libre.

La resistencia del terreno a la penetración dinámica se expresa mediante el N.º de golpes necesarios para clavar la varilla 20 cm en dicho terreno (N_{20}).

El día 4 de noviembre de 2022 se realizaron dos ensayos de penetración dinámica, cuyo registro se puede consultar en el anexo 3 y su ubicación dentro de la parcela puede consultarse en el anexo 6.

Realización del ensayo y maquinaria necesaria

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. Como la puntaza sobresale por su parte inferior, al poner la meseta horizontal, se clava parte en el terreno. Dado que esta magnitud que se introduce es, normalmente, 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 (en cada una de ellas aisladamente).

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 se representa en gráficos donde en ordenadas, figura la profundidad que se ensaya en tramos de 20 cm, y en abscisas el golpeo obtenido para cada tramo.

Los ensayos se han realizado mediante un penetrómetro automático ROLATEC modelo ML-60 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

Los ensayos de penetración se han realizado siguiendo la norma DPSH, con las características siguientes:

Relación longitud/diámetro de la maza	$> 0 = 1$ y $< 0 = 2$
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 m	1 %
Desviación máxima a partir de 5 m	2 %
Sección de la puntaza	Cilindro-cónica
Área de la puntaza	20,0 cm ²
Ángulo de la puntaza	90°
Cuento de golpes cada	N 20,0 cm

Rechazo: Con un mínimo de 100 golpes se hince un tramo de 5 cm o menos.

5 CÁLCULO DE TENSIONES

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 MEYER-HOF 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).

5.1.1 Resultado de los Ensayos de Penetración

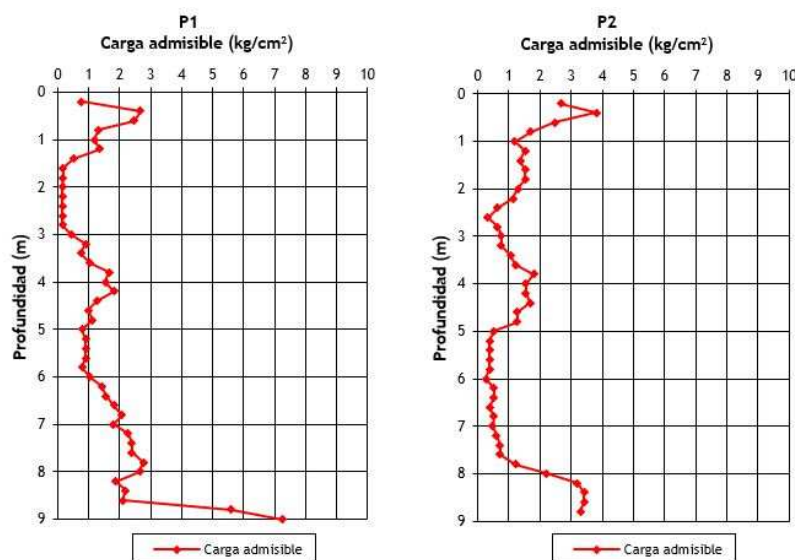
Se han realizado dos ensayos de penetración dinámica, para obtener la resistencia del terreno identificado en las calicatas de reconocimiento.

El plano con la ubicación de los ensayos de penetración dinámica se encuentra en el anexo 6.

Los ensayos de penetración dinámica realizados presentan una gráfica envolvente con valores de golpeo variable de unos puntos a otros. En el siguiente cuadro resumen, se indican las resistencias estimadas en los diferentes tramos diferenciados y en el anexo 3 se muestran las gráficas correspondientes a cada ensayo. Hay que señalar que las profundidades indicadas son a partir de inicio del ensayo.

Ensayo	Profundidad (m)	Resist. estimada (kg/cm ²)
P1	0,00-1,20	1,00
	1,20-3,00	0,16
	3,00-6,00	0,75
	6,00-6,60	1,00
	6,60-8,60	2,00
	8,60-9,00	3,00
P2	0,00-2,20	1,25
	2,20-5,00	0,50
	5,00-6,20	0,25
	6,20-7,60	0,50
	7,60-8,00	1,00
	8,00-8,80	3,00

La evolución de las cargas en profundidad se puede observar en las siguientes gráficas:



De acuerdo con estos perfiles de carga y las litologías observadas en las catas, podemos interpretar los siguientes niveles litológicos:

- Rellenos superficiales hasta 0,20-2,20 metros, observados en las catas hasta 0,40 y 1,50 metros.

- Limos arcillosos ocre, observados en el fondo de las dos catas, que mediante los ensayos de penetración se interpreta su base a 6,60 y 8,00 metros de profundidad. Se interpretan como depósitos aluviales cuaternarios finos. La carga admisible de este nivel es muy baja, variable entre 0,16 y 0,75 kg/cm².
- Gravas areno limosas. Depósitos aluviales cuaternarios. Este nivel solo se interpreta en los ensayos de penetración a partir de 6,60 y 8,00 metros, con cargas admisibles elevadas, de entre 2,00 y 3,00 kg/cm². La base de este nivel no se interpreta en dichos ensayos, en los que se profundizó hasta 9,00 metros sin alcanzarse el rechazo.

6 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 en las catas realizadas, se seleccionó una muestra representativa del tipo de terreno reconocido, para ser trasladada al laboratorio acreditado, donde fue examinada por personal técnico especializado, realizándose los oportunos ensayos de clasificación y caracterización geomecánica. La muestra ensayada se recogió a la profundidad de 1,50 metros. Sobre dicha muestra se realizaron ensayos de granulometría por tamizado, determinación de límites de Atterberg, contenido en sulfatos solubles y colapso.

El número y tipo de ensayos ejecutados, se han realizado según la siguiente normativa:

Denominación ensayo	Norma aplicada	Número
Granulometría por tamizado	UNE 103101/95	1
Límites de Atterberg	UNE 103103/94-103104/93	1
Contenido en sulfatos	UNE 83963:08/Erratum 11	1
Colapso de un suelo	NLT 254/99/UNE 103405/94	1

6.1 RESUMEN DE TRABAJOS REALIZADOS

Se adjunta a continuación un cuadro resumen de resultados de los ensayos realizados, cuyo informe desarrollado puede consultarse en el anexo 5, adjunto al final de la presente memoria.

	C1
Referencia muestra	N18259
Profundidad (m)	1,50
Pasante 0,4-0,08UNE (%)	100-99
Límite líquido	35,3
Límite plástico	22,7
Índice de plasticidad	12,6
Sulfatos (mg/kg)	12.754
Índice de colapso I_c (%)	0,8
Clasificación	CL/A-6
Suelo	Arcillas limosas

El contenido en sulfatos de la muestra analizada clasifica a los suelos como **agresivos al hormigón** con tipo de exposición XA3 (ataque fuerte).

El material ensayado se clasifica según Casagrande como CL (arcilla de media plasticidad), y según la AASHTO como A-6 (suelo arcilloso), si bien en la descripción in situ durante la excavación de las catas se describió como limos arcillosos. Esta diferencia se explica por la variabilidad que puede existir en la cantidad de finos del material de una zona a otra de los depósitos aluviales.

Mediante el ensayo de colapso se clasifica al material como un suelo con riesgo de colapso bajo a medio, estando el valor más cerca del límite superior del intervalo. Este aspecto implica control de las aguas cercanas a la estructura, como son las de riegos y lluvias, para que en ningún caso entren en el subsuelo y puedan provocar colapsos.

7 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES

El objeto de toda caracterización geotécnica 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, empujes del terreno, etc.

Los niveles geotécnicos definidos en base a los horizontes litológicos interpretados en las pruebas de campo realizadas son los siguientes:

- **Nivel geotécnico 0.** Rellenos superficiales formados por arenas y arcillas con cantos. En la zona de emplazamiento de la cata C2 se observa un relleno de gravas limpias hasta 1,50 metros.
- **Nivel geotécnico I,** limos arcillosos y arcillas limosas con cantos dispersos, interpretados como un depósito aluvial fino. Este nivel se observa en las dos catas a partir de 0,40 y 1,50 metros (catas C1 y C2 respectivamente) sin haberse observado su base en las mismas. Mediante los ensayos de penetración dinámica, se interpreta dicha base a profundidades variables de entre 6,60 y 8,00 metros. Las cargas admisibles registradas en estos ensayos para este nivel son bajas, de entre 0,25 y 0,75 kg/cm², con un tramo de entre 1,20 y 3,00 metros de profundidad en el ensayo P1, en el que la carga admisible baja hasta los 0,16 kg/cm². Según Casagrande se clasifican como CL (arcillas de media plasticidad) y como A-6 (suelo arcilloso) según AASHTO. El contenido en sulfatos registrado en el ensayo químico realizado es elevado, de 12.754 mg/kg, lo que permite clasificar al material como un limo arcilloso yesífero. **El resultado del ensayo de colapso realizado lo clasifica como un suelo de riesgo de colapso bajo a medio**, si bien el valor obtenido está muy próximo al límite superior de dicho intervalo. Los parámetros geotécnicos que se asocian a este nivel, considerando un valor de N₃₀ medio de 8 (obtenido a partir de los golpes de los penetrómetros DPSH en la zona interpretada para dicho nivel), son:

Peso específico aparente γ (g/cm ³)	1,70-1,80
Resistencia compresión simple (kg/cm ²)	1,00
Cohesión no drenada c_u (kg/cm ²)	0,50
Ángulo de rozamiento no drenado (°)	0,00
Cohesión drenada c_d (kg/cm ²)	0,10
Ángulo de rozamiento drenado (°)	24,00
Módulo de elasticidad E (kg/cm ²)	65,00
Carga admisible (kg/cm ²)	0,16-0,75

Módulo de balasto K_{030} (kg/cm ³)	2,09
Módulo de balasto K_{30} (kg/cm ³)	1,77
Resis. fuste pilotes q_s (kg/cm ²)	0,20
Resis. fuste micros $r_{f, \text{lim}}$ (kg/cm ²)	0,75

- **Nivel geotécnico II, gravas areno limosas**, interpretadas como un depósito aluvial grueso. Este nivel no se ha observado en las catas, interpretándose por el incremento de cargas admisibles registradas en los penetrómetros a partir de 6,60 y 8,00 metros (P1 y P2 respectivamente). Las cargas admisibles correlacionadas con este nivel son variables entre 2,00 y 3,00 kg/cm². La base de este nivel no se interpreta mediante los ensayos de penetración, por lo que se estima que se situará a más de 9 metros de profundidad. Los parámetros geotécnicos que se asocian a este nivel, considerando un valor de N_{30} medio de 35 (obtenido a partir de los golpes de los penetrómetros DPSH en la zona interpretada para dicho nivel), son:

Peso específico aparente γ (g/cm ³)	1,80-1,90
Cohesión drenada c_d (kg/cm ²)	0,00
Ángulo de rozamiento drenado ($^\circ$)	39,58
Módulo de elasticidad E (kg/cm ²)	378,69
Carga admisible (kg/cm ²)	2,00-3,00
Módulo de balasto K_{030} (kg/cm ³)	36,65
Módulo de balasto K_{30} (kg/cm ³)	31,03
Resis. fuste pilotes q_s (kg/cm ²)	0,88
Resis. fuste micros $r_{f, \text{lim}}$ (kg/cm ²)	2,00

8 SOLUCIONES DE CIMENTACIÓN

A continuación, se expone el desarrollo de las posibles soluciones que se consideran como válidas a utilizar en el diseño de las cimentaciones. La elección más adecuada es potestad del técnico proyectista de la obra, una vez considerados otros factores 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.

En la zona de estudio se prevé la construcción de una pista de pádel y una cubierta para dicha pista y la actualmente existente.

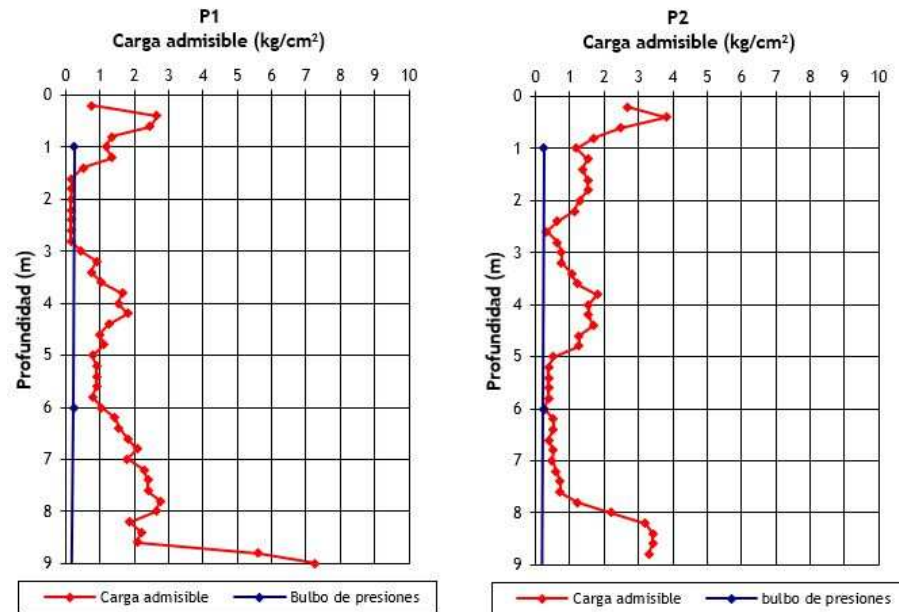
La parcela presenta una topografía regular y se estima que en general es plana.

De acuerdo con las pruebas de campo realizadas, el subsuelo de la parcela de proyecto se encuentra formado por un depósito aluvial cuaternario formado por limos arcillosos que a partir de 6,60-8,00 metros pasan a gravas, cuya base no se ha observado. Superficialmente aparece un nivel de rellenos de espesor variable, interpretado hasta los 2,20 metros en la zona del ensayo P2.

El nivel de limos arcillosos que aparece bajo los rellenos superficiales presenta unas cargas admisibles muy bajas, incluso llegando a $0,16 \text{ kg/cm}^2$ en el ensayo P1. Este nivel fino presenta una profundidad mínima interpretada de 6,60 metros, lo que hace inviable la ejecución de pozos al nivel inferior. No obstante, si la carga de trabajo de la cubierta es lo suficientemente baja, podría valorarse la ejecución de cimentación superficial siempre y cuando se asegure que las cargas del bulbo de presiones generado por la cimentación no superen las cargas admisibles del terreno.

Otra posible opción es la de hacer una losa de cimentación y apoyar la cubierta y la pista de pádel sobre la misma. En ese caso, se podría valorar la ejecución de una cimentación mediante losa armada sobre los limos arcillosos, con una carga de trabajo no superior a $0,25 \text{ kg/cm}^2$. Este supuesto podría implicar, o no, que, en zonas puntuales bajo la losa, el bulbo de presiones de la misma supere los valores de carga admisible de los limos arcillosos. Lo comentamos por el tramo registrado en el ensayo P1 entre 1,20 y 3,00 metros de profundidad, que es muy blando. En este caso, la losa tiene que estar dimensionada para que asuma ese aspecto.

A continuación, exponemos las gráficas que muestran la relación entre las cargas generadas por la losa (línea azul), con las cargas admisibles registradas en los ensayos de penetración (línea roja), suponiendo una carga de trabajo de $0,25 \text{ kg/cm}^2$.



Como se puede observar, las cargas aplicadas sobrepasan las admisibles en el tramo comentado, en donde la carga registrada por el penetrómetro es de $0,16 \text{ kg/cm}^2$. Los asientos son admisibles incluso con esa carga, que en ese tramo es algo mayor que la admisible. Los calculistas deberán tener en cuenta estos aspectos.

Otra opción de cimentación posible a valorar es la ejecución de una cimentación profunda mediante pilotaje, pilotes o micropilotes, dimensionada para que trabajen por fuste, sobre los limos arcillosos y especialmente sobre las gravas subyacentes.

Para el dimensionamiento del pilotaje (diámetros y profundidades de empotramiento en las gravas) se deberán tener en cuenta los parámetros geotécnicos expuestos en el apartado 7.

De acuerdo con las características geotécnicas de los materiales que forman el suelo, podrá realizarse el pilotaje tanto con pilotes fabricados in situ como prefabricados por hinca.

Si se elige esta opción de cimentación puede ser aconsejable la ejecución de al menos un sondeo para observar de forma directa el material interpretado como gravas areno limosas, nivel II, y detectar su base en caso de que ésta estuviera cerca de la finalización de los ensayos de penetración realizados.

El apoyo de la cimentación 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.

El contenido en sulfatos en el análisis realizado clasifica a los suelos como **agresivos al hormigón**, con tipo de exposición XA3 (ataque fuerte), por lo que se deberán utilizar cementos sulforresistentes en la fabricación de los hormigones a utilizar en obra.

Teniendo en cuenta la cantidad de sulfatos que contienen y su litología, podemos considerar que los limos arcillosos definidos como nivel I son limos yesíferos, que como ya hemos comentado, presentan un riesgo de colapso medio. De cara a las construcciones que se emplazan sobre este tipo de material, exponemos a continuación algunos aspectos a tener en cuenta.

- Los limos yesíferos pueden llegar a colapsar en caso de que estén expuestos a lavado de finos y/o a la disolución de los yesos que contienen por circulación de aguas a través de ellos.
- Durante la ejecución de la obra, deberá evitarse la exposición prolongada del sustrato de apoyo a la acción de la naturaleza, excavándose y hormigonándose en el menor tiempo posible.
- Se deberán evitar cambios de humedad en las zonas de afección de las cimentaciones, mediante la utilización de impermeabilizaciones y drenajes efectivos.
- Se podrá disminuir la acción del colapso cuando la tensión transmitida por la cimentación sea regular y constante, no debiendo aparecer diferencias importantes de carga de unas a otras.
- Conducciones subterráneas; deberá controlarse tanto de proyecto como de ejecución, todas las conducciones subterráneas, saneamientos, canalizaciones y tuberías, para evitar roturas o fugas de agua que alteran el estado de humedad del suelo y se puedan producir movimientos del sustrato.
- Colocación de un lecho de hormigón bajo las tuberías rellenándose y compactándose adecuadamente con suelo granular fino.
- Arquetas y encuentros con las tuberías, flexibles que no rompan.
- Urbanización exterior, aceras amplias y pavimentaciones extensas impermeables debidamente armadas para evitar roturas; dispuestas de forma perimetral, con pen-

diente hacia fuera y cunetas en el borde exterior. Las zonas ajardinadas deberán disponer de un sistema adecuado de drenaje que impida cambios de humedad del suelo.

- Drenaje, sistemas de drenaje perimetral efectivos, con tubos dren profundos y sistemas que eviten la colmatación de los mismos (geotextiles, etc.) y permitan la correcta evacuación de las aguas superficiales.

8.1 CALCULO DE ASIENTOS

8.1.1 Opción de cimentación mediante losa

En este caso, estimamos los asentos mediante el método elástico multicapa de Steinbrenner. Según este método, el asiento producido por una carga verticalmente uniforme aplicada a través de una cimentación rectangular, viene dado por la siguiente expresión:

$$S(z) = \frac{qB}{2E} (M\phi_{1(A, B, z)} - N\phi_{2(A, B, z)})$$

Siendo:

q = presión unitaria

B = Ancho de la cimentación

E = Modulo elástico

$M = 1 - \nu^2$

A = Lado mayor

$N = 1 - \nu - 2\nu^2$

$n = z/B$

$m = A/B$

ϕ_1 y ϕ_2 = funciones dependientes de las dimensiones de la cimentación y de la profundidad estimada al sustrato rocoso indeformable, dadas por las expresiones:

$$\phi_1 = \frac{1}{\pi} \left\{ Ln \frac{\sqrt{(1+n^2+m^2)}+n}{\sqrt{(1+n^2+m^2)}-n} + Ln \frac{\sqrt{(1+n^2+m^2)}+1}{\sqrt{(1+n^2+m^2)}-1} \right\}$$

$$\phi_2 = \frac{m}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{n}{\sqrt{m(1+n^2+m^2)}}$$

Para el cálculo del asiento se han diferenciado los siguientes niveles deformables, con los siguientes parámetros:

Nivel geotécnico	NG I	NG II
Módulo de elasticidad E	65	378
Coeficiente de poisson ν	0,30	0,30

Para el modelo geotécnico definido, con los parámetros comentados para cada nivel, considerando una losa de dimensiones 20 x 23 metros, con una carga de trabajo de 0,25 kg/cm², y una distancia desde la cara baja de la losa al sustrato indeformable es de 40 metros (de cara a la seguridad tomamos el doble del ancho de la losa, ya que no se ha observado nivel no deformable en los ensayos de campo realizados), obtenemos un valor de asiento de **S = 2,10 cm**. Dicho valor es inferior a las dos pulgadas.

8.1.2 Opción de cimentación mediante pilotaje.

De cara al dimensionamiento de los posibles asientos, el cálculo se deberá realizar de acuerdo a lo dictado en el CTE, DB SE-C.

9 EXCAVABILIDAD Y TALUDES

9.1 EXCAVABILIDAD

La excavabilidad del terreno no resultará problemática en los niveles formados por suelo superficial, ni por los depósitos aluviales (niveles 0, I y II).

9.2 ESTABILIDAD DE TALUDES

De acuerdo con la información del proyecto facilitada por el peticionario, no se prevé excavación, por lo que el análisis de estabilidad de taludes no entra dentro del ámbito del presente estudio.

10 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)

Nivel geotécnico I. Limos arcillosos aluviales. K de 10⁻³ a 10⁻⁵ cm/s.

Nivel geotécnico II. Gravitas aluviales. K de 1 a 10⁻³ cm/s.

11 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), **Arguedas (Navarra)** no se encuentra dentro de ninguna de las zonas de riesgo definidas, por lo que no es necesaria la toma de medidas a este respecto.

12 CONCLUSIONES

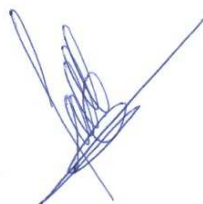
- Se solicita a **GEEA GEÓLOGOS**, a requerimiento de **AYUNTAMIENTO DE ARGUEDAS** la prestación de servicios profesionales con relación a la parcela 629 del polígono 2 de Arguedas (Navarra), donde se proyecta la construcción de una pista de pádel y una cubierta para dicha pista y para la ya existente.
- El perfil litológico interpretado para el subsuelo de la parcela de estudio está formado por los siguientes niveles:
 - **Nivel geotécnico 0. Rellenos superficiales** formados por arenas y arcillas con cantos. En la zona de emplazamiento de la cata C2 se observa un relleno de gravas limpias hasta 1,50 metros.
 - **Nivel geotécnico I. limos arcillosos y arcillas limosas con cantos dispersos**, interpretados como un depósito aluvial fino. Este nivel se observa en las dos catas a partir de 0,40 y 1,50 metros (catas C1 y C2 respectivamente) sin haberse observado su base en las mismas. Mediante los ensayos de penetración dinámica, se interpreta dicha base a profundidades variables de entre 6,60 y 8,00 metros.
 - **Nivel geotécnico II. gravas areno limosas**, interpretadas como un depósito aluvial grueso. Este nivel no se ha observado en las catas, interpretándose por el incremento de cargas admisibles registradas en los penetrómetros a partir de 6,60 y 8,00 metros (P1 y P2 respectivamente). La base de este nivel no se interpreta mediante los ensayos de penetración, por lo que se situará a más de 9 metros de profundidad.
- Durante la fase de ejecución de los trabajos no se ha identificado el nivel freático, habiéndose profundizado en las catas hasta una profundidad de 1,90 metros.
- Teniendo en cuenta el modelo geotécnico interpretado, se podrían valorar las siguientes soluciones de cimentación:
 - Ejecución de una **cimentación mediante losa armada sobre los limos arcillosos, con una carga de trabajo no superior a 0,25 kg/cm².**
 - Ejecución de una **cimentación profunda mediante pilotaje, dimensionada para que trabajen por fuste, sobre los limos arcillosos y sobre las gravas subyacentes.**

- El contenido en sulfatos de la muestra ensayada, clasifica a los suelos como **agresivos al hormigón**, con tipo de exposición XA3 (ataque fuerte), por lo que se deberán utilizar cementos sulforresistentes en la fabricación de los hormigones a utilizar en la obra.
- La excavabilidad del terreno no resultará problemática en los niveles 0, I y II.
- De acuerdo con la clasificación de municipios en función del potencial de radón (Apéndice B de la Sección HS6 del CTE), **Arguedas (Navarra) no se encuentra dentro de ninguna de las zonas de riesgo definidas, por lo que no es necesaria la toma de medidas a este respecto.**
- Quedamos a disposición del peticionario para cualquier duda que pueda surgir en relación a lo expuesto en el presente informe.

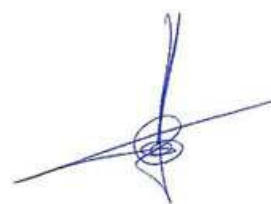
Estella, 16 de diciembre de 2022.



Fdo.: JAVIER ARNEDILLO RUIZ-AGUIRRE
GEÓLOGO Col. N.º 3.078



Fdo.: GUILLERMO ERICE LACABE
GEÓLOGO Col. N.º 2.577



Fdo.: EDUARDO ARANA RICO
GEÓLOGO Col. N.º 3.461



ANEXO GRÁFICO

- **MAPA GEOLÓGICO Y LEYENDA.**
- **DESCRIPCIÓN DE CALICATAS MECÁNICAS.**
- **REGISTRO DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA DPSH.**
- **PERFILES DE CORRELACIÓN.**
- **BOLETÍN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.**
- **PLANO DE UBICACIÓN DE PRUEBAS DE CAMPO.**
- **REPORTAJE FOTOGRÁFICO.**

ANEXO N.º 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

Logroño: C/Baltasar Gracián 11, 1º of.5, 26006

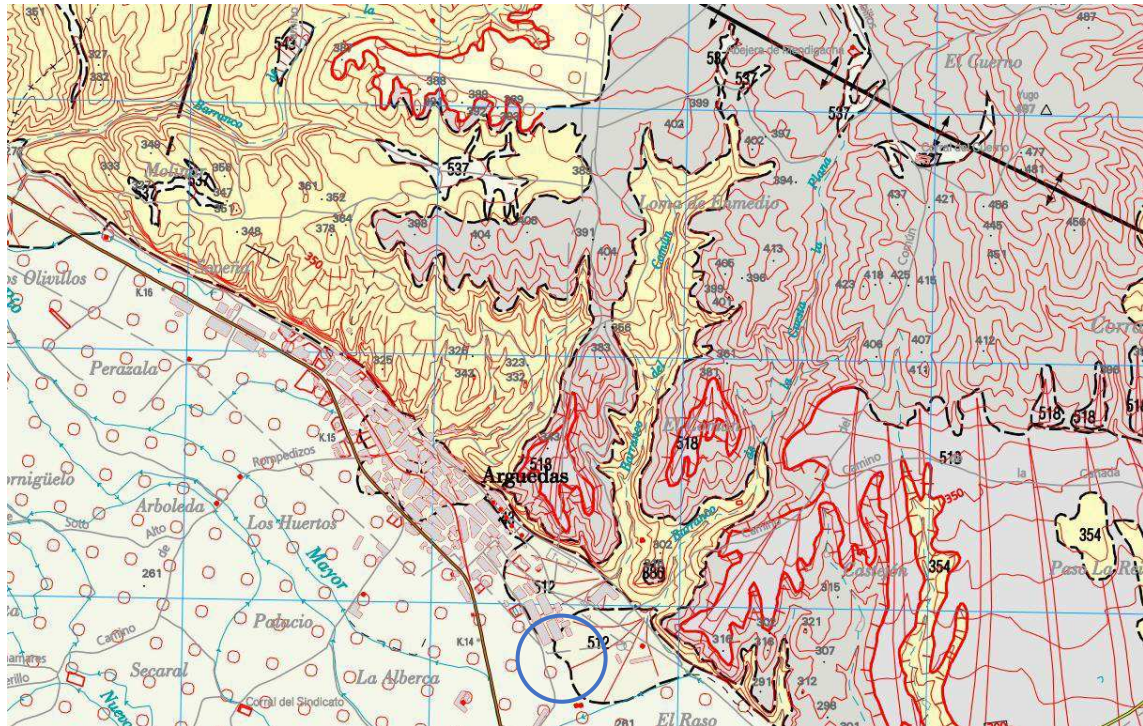
Lugar: Parcela 629 polígono 2, Arguedas (Navarra)

Ciente: AYUNTAMIENTO DE ARGUEDAS

Ref. Informe: ES/GE148/1122

Hoja: Gob. de Navarra 1:25.000 Arguedas (hoja 244-IV)

MAPA GEOLÓGICO



LEYENDA

CUATERNARIO	HOLOCENO		520	549	541	526	530	537	518
	PLEISTOCENO	SUPERIOR	512	543	534	537	511	511	517
		MEDIO	524	523	521	508	507	506	505
		INFERIOR	504	503	515	511	517	515	515
NEÓGENO	MIOCENO	Inferior	Aquitaniense	Rambliense	Oligoceno	394	395	396	397
						386	393	391	392
						386	387	389	390
						385	374	388	384
NEÓGENO	MIOCENO	Inferior	Aquitaniense	Rambliense	Oligoceno	371	373	381	380
						371	378	379	383
						369	370	372	376
						364	367	365	369
NEÓGENO	MIOCENO	Inferior	Aquitaniense	Rambliense	Oligoceno	362	363	361	360
						358	359	356	355
						354	355	356	355
						357	354	355	355

549.- Cantos y bloques (Desprendimientos)

543.- Limos, arenas y arcillas con bloques y cantos (Coluviones)

541.- Arcillas y limos con materia orgánica (Fondos endorreicos)

537.- Arcillas, arenas y gravas (Aluvial-columial)

536.- Limos, arenas y cantos (Conos de deyección)

534.- Limos, arcillas y cantos (Glacis actual-subactual)

530.- Gravas, limos y arenas (Cauces abandonados)

529.- Gravas, cantos y bloques (Barras)

527.- Lutitas, cantos, gravas y arenas (Fondos de valle)

526.- Gravas, arenas y limos (Llanura de inundación)

517,518.- Cantos y gravas con matriz limo-arcillosa (Glacis)

515.- Conglomerados con encostramientos carbonatados a techo (Glacis de techo de piedemonte)

512.- Limos, arenas y cantos (Conos de deyección)

511.- Gravas, limos y arenas (Cauces abandonados)

503 a 508, 521 a 525.- Gravas, cantos, arenas, arcillas y limos (Terrazas)

376.- Arcillas rojas con intercalaciones de areniscas. Unidad de Alfaro

387.- Canales de conglomerados

386.- Arcillas rojas con niveles de areniscas

383.- Areniscas y lutitas. Unidad de Olite

385.- Calizas margosas con yesos

384.- Lutitas ocre y areniscas. Unidad de Miranda de Arga

379.- Niveles de calizas margosas. Fc. Tudela

378.- Arcillas rojas con areniscas. Fc. Tudela

369.- Lutitas rojas y ocre con algunas intercalaciones de areniscas

356.- Arcillas y margas. Yesos de Los Arcos

355.- Yesos. Yesos de Los Arcos

354.- Yesos con niveles de arcillas y margas. Yesos de Los Arcos

351.- Areniscas. Arcillas de Villafranca

350.- Arcillas ocre, areniscas, margas y yesos.

ANEXO N.º 2

DESCRIPCIÓN DE CALICATAS MECÁNICAS

OBRA: Construcción de pista de padel y cubierta en Arguedas (Navarra).

CLIENTE: AYUNTAMIENTO DE ARGUEDAS

CALICATA: C1

FECHA: 4 de noviembre de 2022

REF. ENSAYO: G15659

REF. INFORME: ES/GE148/1122

OBSERVACIONES: Material seco. Paredes estables.



OBRA: Construcción de pista de padel y cubierta en Arguedas (Navarra).

CLIENTE: AYUNTAMIENTO DE ARGUEDAS

CALICATA: C2

FECHA: 4 de noviembre de 2022

REF. ENSAYO: G15660

REF. INFORME: ES/GE148/1122

OBSERVACIONES: Material seco. Paredes estables.



ANEXO N.º 3

REGISTRO DE ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA DPSH



GEEA GEÓLOGOS, S.L.

Pol. Miguel de Eguía, C/Zaraputz 2, 31.200 Estella

T: 948 554 811, M: 606 507 335

Pol. Areta, c/ Irumuga 45, 31.620 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

www.geea.es

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

Obra: Pista de padel y cubierta en Arguedas (Navarra).

Cliente: AYUNTAMIENTO DE ARGUEDAS

Ref. Inf.: ES/GE148/1122

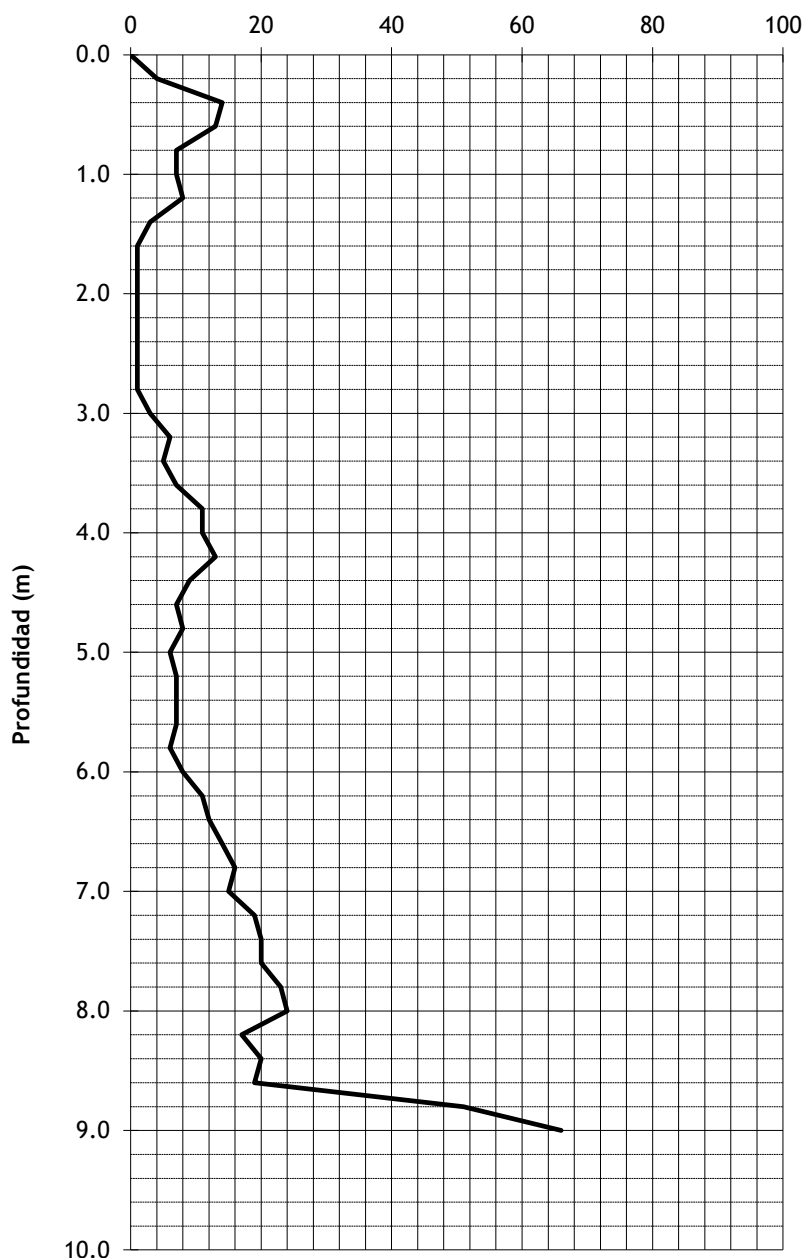
Penetración N°: 1

Referencia: G15658

Fecha: 4 de noviembre de 2022

Prof. (m)	Nº Golpes(N20)
0.00-0.20	4
0.20-0.40	14
0.40-0.60	13
0.60-0.80	7
0.80-1.00	7
1.00-1.20	8
1.20-1.40	3
1.40-1.60	1
1.60-1.80	1
1.80-2.00	1
2.00-2.20	1
2.20-2.40	1
2.40-2.60	1
2.60-2.80	1
2.80-3.00	3
3.00-3.20	6
3.20-3.40	5
3.40-3.60	7
3.60-3.80	11
3.80-4.00	11
4.00-4.20	13
4.20-4.40	9
4.40-4.60	7
4.60-4.80	8
4.80-5.00	6
5.00-5.20	7
5.20-5.40	7
5.40-5.60	7
5.60-5.80	6
5.80-6.00	8
6.00-6.20	11
6.20-6.40	12
6.40-6.60	14
6.60-6.80	16
6.80-7.00	15
7.00-7.20	19
7.20-7.40	20
7.40-7.60	20
7.60-7.80	23
7.80-8.00	24
8.00-8.20	17
8.20-8.40	20
8.40-8.60	19
8.60-8.80	51
8.80-9.00	66
9.00-9.20	
9.20-9.40	
9.40-9.60	
9.60-9.80	
9.80-10.00	

Golpeos





GEEA GEÓLOGOS, S.L.

Pol. Miguel de Eguía, C/Zaraputz 2, 31.200 Estella

T: 948 554 811, M: 606 507 335

Pol. Areta, c/ Irumuga 45, 31.620 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

www.geea.es

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

Obra: Pista de padel y cubierta en Arguedas (Navarra).

Cliente: AYUNTAMIENTO DE ARGUEDAS

Ref. Inf.: ES/GE148/1122

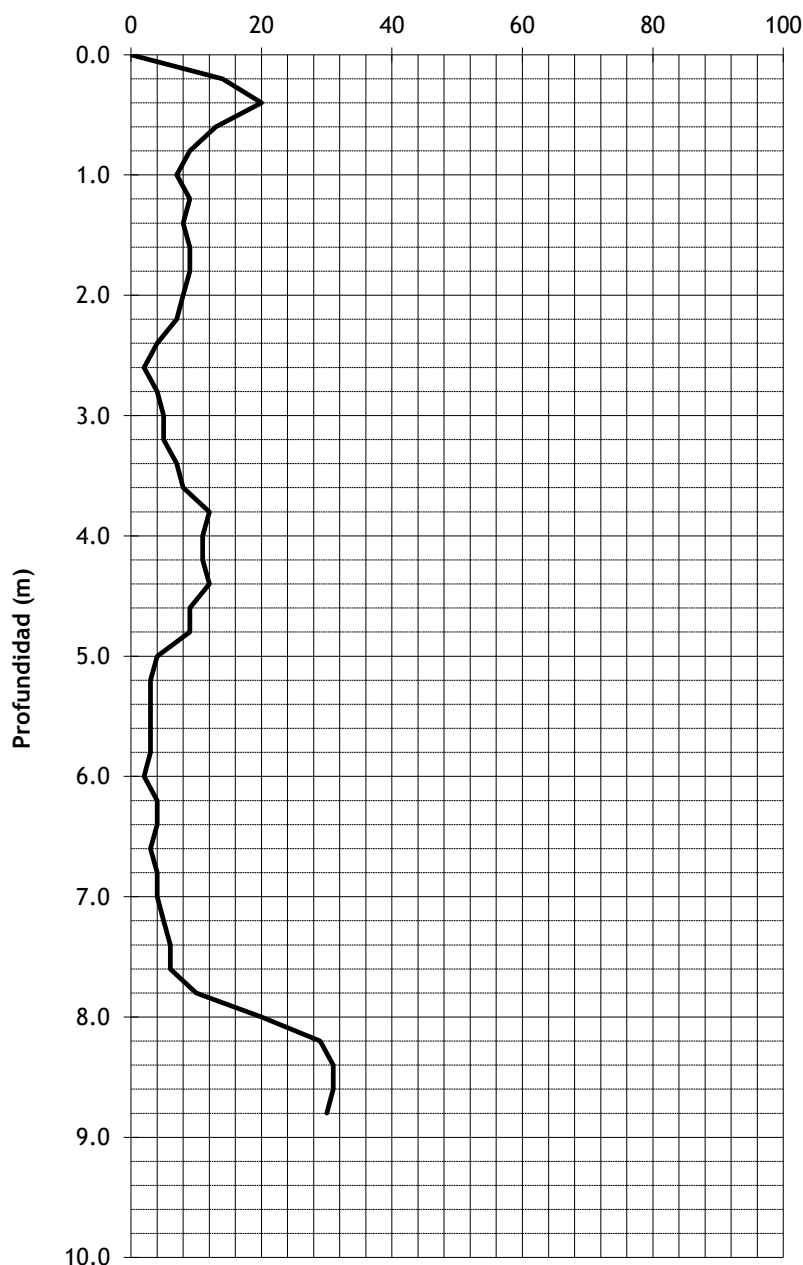
Penetración N°: 2

Referencia: G15658

Fecha: 4 de noviembre de 2022

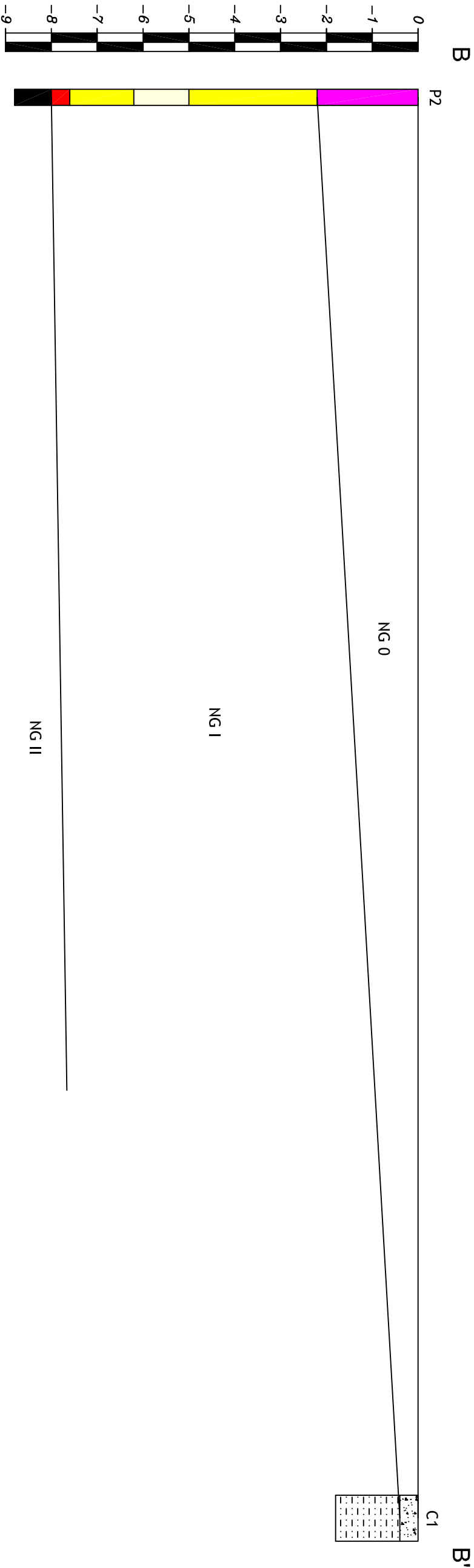
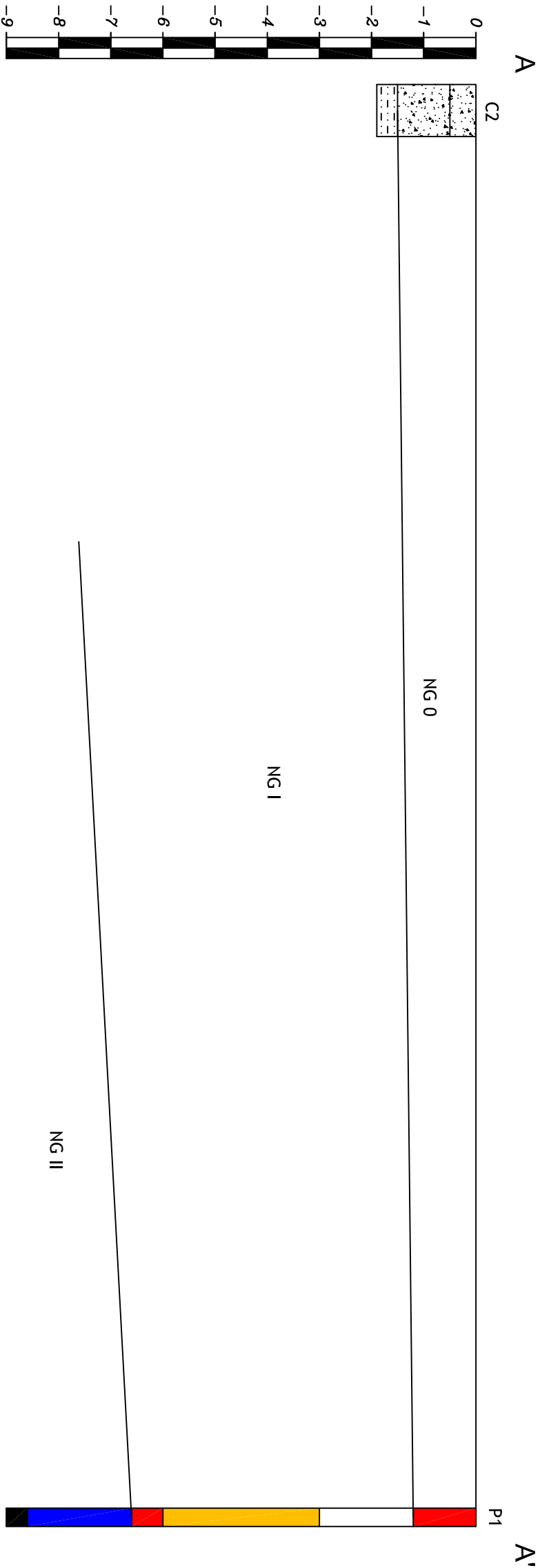
Golpeos

Prof. (m)	Nº Golpes(N20)
0.00-0.20	14
0.20-0.40	20
0.40-0.60	13
0.60-0.80	9
0.80-1.00	7
1.00-1.20	9
1.20-1.40	8
1.40-1.60	9
1.60-1.80	9
1.80-2.00	8
2.00-2.20	7
2.20-2.40	4
2.40-2.60	2
2.60-2.80	4
2.80-3.00	5
3.00-3.20	5
3.20-3.40	7
3.40-3.60	8
3.60-3.80	12
3.80-4.00	11
4.00-4.20	11
4.20-4.40	12
4.40-4.60	9
4.60-4.80	9
4.80-5.00	4
5.00-5.20	3
5.20-5.40	3
5.40-5.60	3
5.60-5.80	3
5.80-6.00	2
6.00-6.20	4
6.20-6.40	4
6.40-6.60	3
6.60-6.80	4
6.80-7.00	4
7.00-7.20	5
7.20-7.40	6
7.40-7.60	6
7.60-7.80	10
7.80-8.00	20
8.00-8.20	29
8.20-8.40	31
8.40-8.60	31
8.60-8.80	30
8.80-9.00	
9.00-9.20	
9.20-9.40	
9.40-9.60	
9.60-9.80	
9.80-10.00	



ANEXO N.º 4

PERFILES DE CORRELACIÓN



Q adm = 0,16 kg/cm²

Q adm = 0,25 kg/cm²

Q adm = 0,50 kg/cm²

Q adm = 0,75 kg/cm²

Q adm = 1,00 kg/cm²

Q adm = 1,25 kg/cm²

Q adm = 2,00 kg/cm²

Q adm ≥ 3,00 kg/cm²

Niveles geotécnicos:

NG 0: Rellenos

NG I: Depósitos aluviales finos. Cuaternario

NG I: Depósitos aluviales gruesos. Cuaternario

Rellenos

Limos arcillosos

C.:Calicata mecánica

P.:Ensayo DPSH



FECHA: Diciembre de 2022	ESCALA:	vertical: 1/100	horizontal: 1/100
OBRA: Construcción de pista de padel y cubierta en Arguedas (Navarra).			
CLIENTE: AYUNTAMIENTO DE ARGUEDAS	REF. INFORME: ES/GE148/1120		
PERFILES DE CORRELACIÓN A-A' Y B-B'			

ANEXO N.º 5

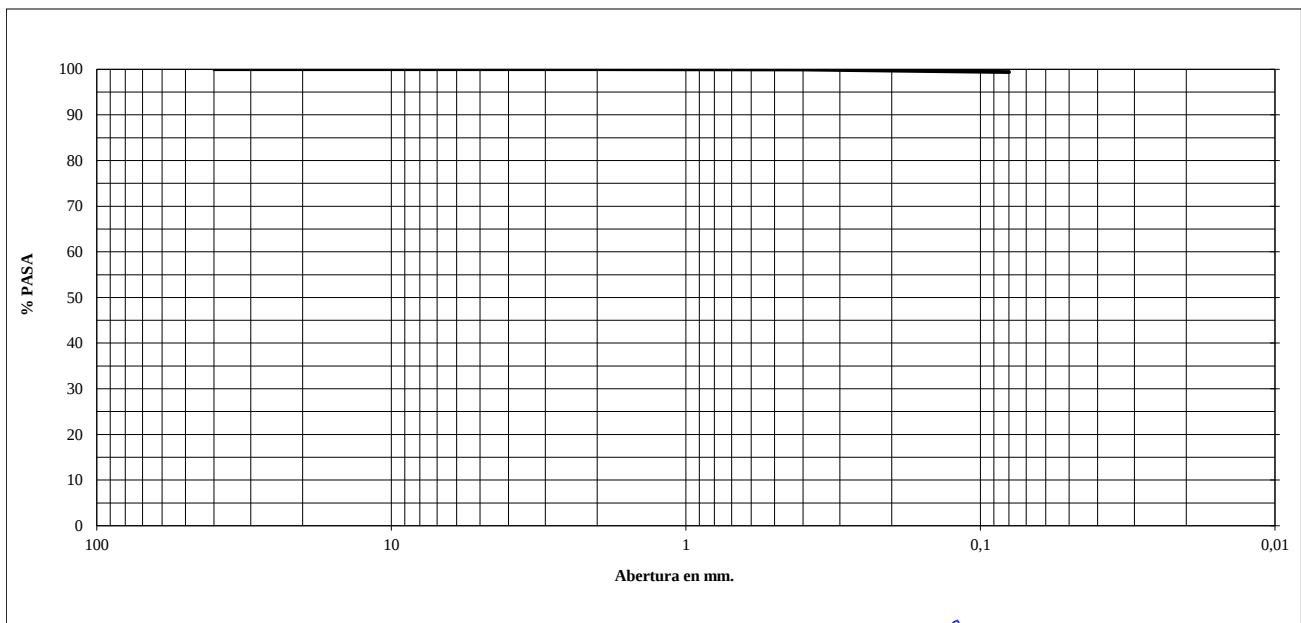
BOLETÍN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

	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 AN063143	Nº Copia Copia 1. AYUNTAMIENTO

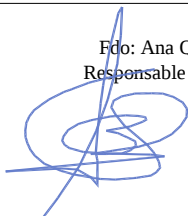
Referencia Muestra....	N18259	Referencia Informe.....	EN-506
PROCEDENCIA	CATA	REF. CLIENTE	C1 M1
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	AYUNTAMIENTO
FECHA ENTRADA	15 DE NOVIEMBRE DE 2022	DEN. OBRA	ARGUEDAS

CALCULOS PREVIOS		
A	Muestra total seca al aire	100,4
B	Gruesos lavados	0,0
$C = (A - B) * f$	Fracción fina seca	100,4
$D = (B + C)$	Muestra total seca	100,4
E	Frac. fina ensayada seca al aire	100,4
$F = E * f$	Frac. fina ensayada seca	100,4
C/F		1,0

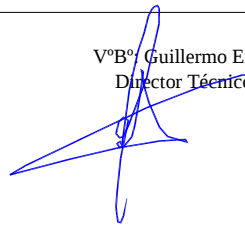
CALCULO CURVA GRANULOMETRICA POR TAMIZADO					
Tamiz U.N.E.	Tamiz ASTM	Retenido entre tamices		Pasa en muestra total	
		gs. en parte fina ensayada	gs. en Muestra total	Gramos	%
125	5				
100	4			0,0	
80	3			0,0	
63	2,5			0,0	
50	2			0,0	
40	1,5			0,0	100
25	1			0,0	100
20	3/4			0,0	100
12,5	1/2			0,0	100
10	3/8			0,0	100
5	4			0,0	100
2	10			100,4	100
0,4	40	0,0	0,0	100,3	100
0,08	200	0,6	0,6	99,7	99



Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo




VºBº Guillermo Erice
Director Técnico



Estella

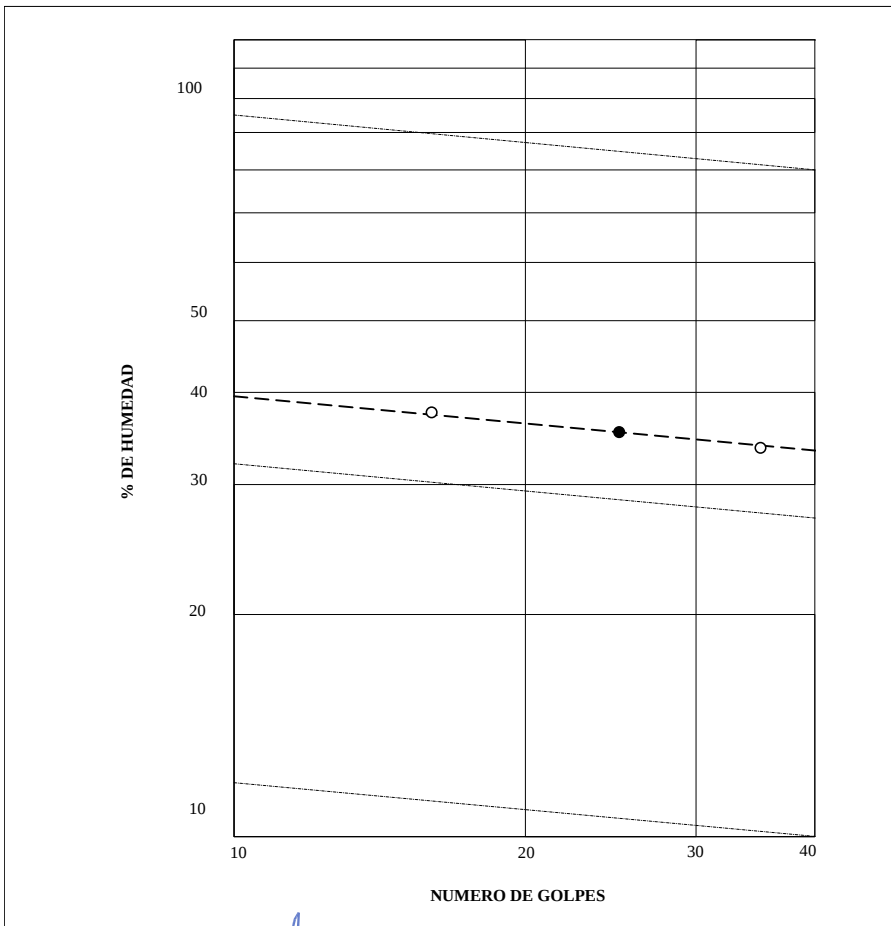
13 DE DICIEMBRE DE 2022

HOJA 1 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 DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG	
	Norma	UNE 103103/94 103104/93
	Acta nº AN063144	Nº Copia Copia 1. AYUNTAMIENTO

Referencia Muestra.... N18259	Referencia Informe..... EN-506
PROCEDENCIA CATA	REF. CLIENTE C1 M1
TIPO DE MUESTRA ALTERADA	PETICIONARIO AYUNTAMIENTO
FECHA ENTRADA 15 DE NOVIEMBRE DE 2022	DEN. OBRA ARGUEDAS

CALCULO LIMITE LIQUIDO				CALCULO LIMITE PLASTICO			
-	Nº de golpes	16	35	-	Referencia tara	J16	J7
-	Referencia tara	J29	J10	a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	0,69	0,61
a=(t+s+a)-(t+s)	Agua	3,40	3,08	t+s+a	Tara + suelo + agua	13,20	12,49
t+s+a	Tara + suelo + agua	21,95	21,32	t+s	Tara + suelo	12,51	11,88
t+s	Tara + suelo	18,55	18,24	t	Tara	9,46	9,20
t	Tara	9,50	9,08	s=(t+s)-t	Suelo	3,05	2,68
s=(t+s)-t	Suelo	9,05	9,16	w=100*(a/s)	% Humedad	22,6	22,8
w=100*(a/s)	% Humedad	37,6	33,6				



RESULTADOS DEL ENSAYO	
LIMITE LIQUIDO =	35,3
LIMITE PLASTICO =	22,7
INDICE PLASTICIDAD =	12,6

Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo



VºBº: Guillermo Eriee
Director Técnico

Estella

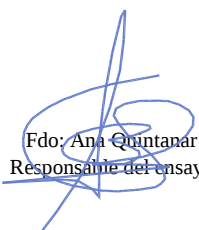
13 DE DICIEMBRE DE 2022

HOJA 2 DE 4

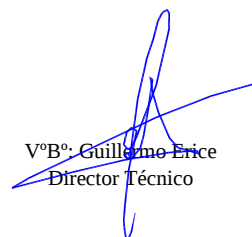
	GEEA GEÓLOGOS S.L. Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11		Ensayo SUELOS AGRESIVOS DETERMINACION ION SULFATO
	Norma UNE 83963:08/ Erratum 11		Acta nº AN063145
	Nº Copia Copia 1. AYUNTAMIENTO		

Referencia Muestra....	N18259	Referencia Informe.....	EN-506
PROCEDENCIA	CATA	REF. CLIENTE	C1 M1
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	AYUNTAMIENTO
FECHA ENTRADA	15 DE NOVIEMBRE DE 2022	DEN. OBRA	ARGUEDAS

RESULTADO ENSAYO	
$\text{SO}_4^{=}$ (mg/kg de suelo seco)=411600*m/M	
$\text{SO}_4^{=}$ (mg/kg de suelo seco)	12754


Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo




VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

Estella

13 DE DICIEMBRE DE 2022

HOJA 3 DE 4

Los resultados hacen referencia a la muestra ensayada. GEEA Geólogos se hace responsable de los mismos tan sólo en el caso de muestras tomadas en obra por su personal.
Se prohíbe la reproducción del acta sin autorización expresa del Laboratorio.
Laboratorio inscrito en la lista de "Laboratorios de Control para la Calidad de la Edificación y Obra Pública" de Gobierno de Navarra ((<http://www.cfnavarra.es/obraspublicas/obras/labora.htm>))

 GEEA GEÓLOGOS S.L. Calle Zaraputz 2 Pol.Ind. Miguel de Eguia 31200 Estella, Navarra T. y F. 948 55 48 11	Ensayo ENSAYO DE COLAPSO DE SUELOS	
	Norma NLT 254/99 // UNE 103405/94	
	Acta nº AN063146	Nº Copia Copia 1. AYUNTAMIENTO

Referencia Muestra....	N18259	Referencia Informe.....	EN-506
PROCEDENCIA	CATA	REF. CLIENTE	C1 M1
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	AYUNTAMIENTO
FECHA ENTRADA	15 DE NOVIEMBRE DE 2022	DEN. OBRA	ARGUEDAS

Cálculo de humedad	
Peso anillo (g)	85,20
Peso anillo + muestra + agua (g)	171,20
Peso tara (g)	536,70
Peso tara + muestra + agua (g)	624,60
Peso tara + muestra (g)	608,80
Humedad antes ensayo (%)	19,28
Humedad después ensayo (%)	21,91

Célula	
Tipo de célula	Cilíndrica
Diámetro (mm)	50,2
Área (cm ²)	19,79
Altura (mm)	20
Volumen (cm ³)	39,58

Cálculo densidad	
Densidad seca (g/cm3)	1,82

DATOS ENSAYO	
ALTURA INICIAL (mm)	10,00
ALTURA FINAL S/INUNDAR (mm)	8,80
CARGA MÁXIMA (Kg/cm2)	2,00
ALTURA FINAL INUNDADA (mm)	8,65

RESULTADO DEL ENSAYO	
INDICE DE COLAPSO, I =	0,8
Potencial porcentual de colapso, Ic =	0,8



Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo

Estella

13 DE DICIEMBRE DE 2022




VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

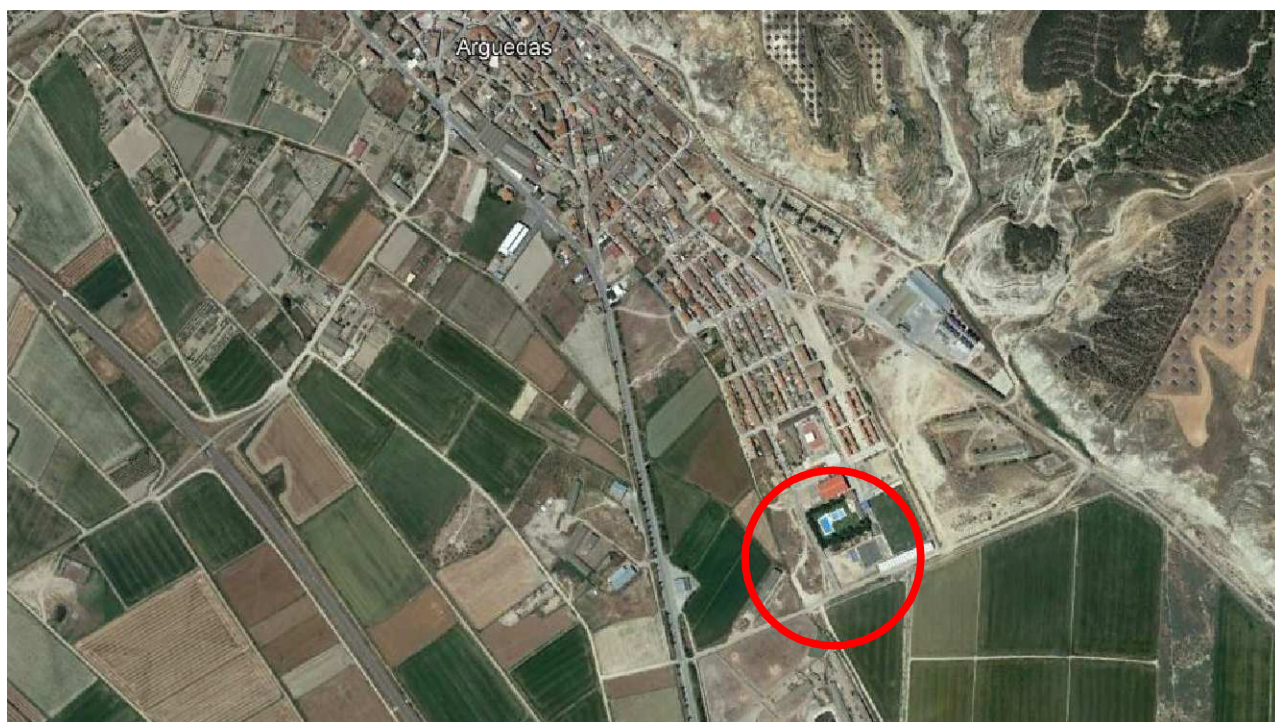
HOJA 4 DE 4

ANEXO N.º 6

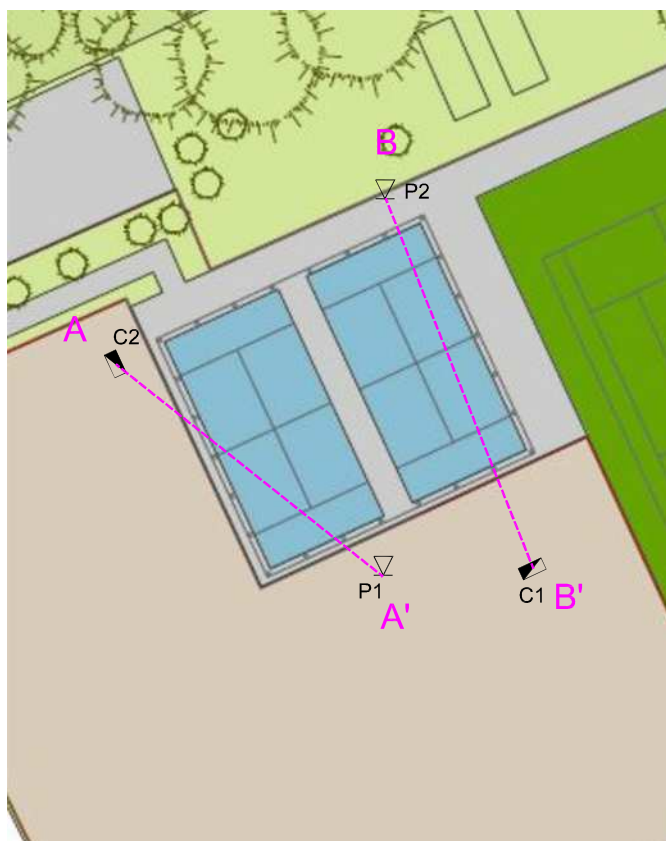
PLANO DE UBICACIÓN DE PRUEBAS DE CAMPO

Obra: Construcción de una pista de padel y una cubierta en Arguedas (Navarra).

Referencia: ES/GE148/1122



Sin escala



Escala 1/600

ANEXO N.º 7

REPORTAJE FOTOGRÁFICO

GEEA Geólogos S.L.

Pamplona
Pol. Ind. Areta, c/ Irumuga 45, 31620
Huarte, T: 948.382.975, M: 696.435.907

Estella.
Pol. Ind. Miguel de Eguía, c/ Zaraputz 2, 31200.
T: 948.554.811, M: 606.507.335

Logroño
C/ Baltasar Gracián 11, 1º of. 5, 26006
T: 941.509.482, M: 695.363.336



Calicata C1



Calicata C2.



Ensayo de penetración dinámica P1



Ensayo de penetración dinámica P2