



**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
UN EDIFICIO DE VIVIENDAS EN LA PARCELA 1169 POLÍGONO 1,
DE MUGARTEA, MUTILVA ALTA (VALLE DE ARANGUREN, NAVARRA).**

CLIENTE: NASUVINSA

REF. INFORME: ES/GE060/0521

ESTELLA, JULIO 2021

ÍNDICE

1	Introducción.....	1
2	Metodología	2
3	Características del terreno	3
	3.1 Marco geológico, cartografía	3
	3.2 Hidrogeología	4
	3.3 Sismicidad	5
4	Trabajos de campo.....	8
	4.1 Descripción de los sondeos.....	8
	4.1.1 Ensayos de penetración “ <i>in situ</i> ” (S.P.T.)	10
	4.2 Descripción de los ensayos de penetración dinámica.	11
5	Cálculo de tensiones.....	13
	5.1 Cálculo de tensiones en suelos	13
	5.1.1 Resultado de los ensayos de Penetración	14
	5.2 Estimación de cargas admisibles en el sustrato rocoso	16
6	Ensayos de laboratorio	19
	6.1 Resumen de trabajos realizados	19
7	Características geotécnicas de los materiales	21
8	Soluciones de cimentación.....	23
	8.1 Cálculo de asentos	24
9	Excavabilidad y taludes	26
	9.1 Excavabilidad	26
	9.2 Estabilidad de taludes	26
10	Estimación del grado de permeabilidad de los horizontes	28
11	Protección frente a exposición al radón	30
12	Conclusiones	32

ANEXOS:

ANEXO 1: Mapa geológico y leyenda.

ANEXO 2: Registro y fotografías de los sondeos.

ANEXO 3: Registro del ensayo de penetración dinámica.

ANEXO 4: Perfiles de correlación.

ANEXO 5: Boletín de los ensayos de laboratorio.

ANEXO 6: Plano de ubicación de los ensayos de campo.

1 INTRODUCCIÓN

Se solicita a **GEEA GEÓLOGOS S.L.**, a requerimiento de NASUVINSA, la prestación de servicios profesionales con relación a la parcela 1169 polígono 1 situada en Mugartea, en la localidad de Mutilva Alta, perteneciente al municipio del Valle de Aranguren (Navarra), donde se proyecta la construcción de un bloque de viviendas. El edificio proyectado constará de planta baja más tres (3) alturas y un ático, estando prevista la excavación de un sótano bajo la rasante actual de la parcela (S+PB+3+A).

En relación a la caracterización de la construcciones proyectadas y la zona en la que se emplaza respecto a la nomenclatura utilizada por el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico SE-C, consideramos un tipo de construcción C-2 (edificio de menos de once plantas y más de 300 m² construidos), y un grupo de terreno T-1 (Terrenos favorables, con poca variabilidad, y en los que la práctica habitual en la zona es de cimentación directa mediante elementos aislados).

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 construcción 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 han sido realizados por GEEA GEÓLOGOS, laboratorio acreditado para la realización de dichos ensayos.

Siendo estas cuestiones las que se exponen en este informe con fecha 1 de julio de 2021.

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 141-II; Pamplona, escala 1:25000.
2. Gobierno de Navarra// Mapa geológico de Navarra, escala 1:200.000.
3. Estudios previos realizados en la zona.

Cumplimiento del CTE

1. Superficie construida >300 m².
2. Tipo de construcción C-2 Grupo de Terreno T-1.
3. Número de ensayos realizados en campo: dos ensayos de penetración dinámica (anexo 3) y dos sondeos mecánicos (anexo 2).
4. Caracterización del horizonte de cimentación en laboratorio (Anexo 5)
5. Secciones geotécnicas realizadas (Anexo 4)
6. Plano de ubicación de ensayos de campo (Anexo 6)

Contenidos en informe.

1. Descripción geológica, hidrogeológica y sísmica (apartado 3).
2. Reconocimiento geotécnico, tipo de ensayos y profundidades (apartado 4)
3. Estimación de cargas admisibles y asentos (apartado 5)
4. Ensayos de laboratorio (apartado 6)
5. Parámetros geotécnicos, espesores, litologías (apartado 7)
6. Cota de cimentación y tipología de cimentación, cargas admisibles y asentos admisibles (apartado 8).
7. Excavabilidad, estabilidad de taludes (apartado 9).

3 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

3.1 MARCO GEOLÓGICO, CARTOGRAFÍA

El área estudiada se sitúa, geológicamente, tanto desde un punto de vista estratigráfico como tectónico, dentro del Dominio Pirenaico, en el subdominio Surpirenaico, de dirección Este-Oeste, limitado al oeste por la falla de Estella y extendiéndose al este hacia la zona de Jaca, formando una unidad denominada cuenca de Jaca-Pamplona, con predominio de materiales sedimentarios Paleocenos y Eocenos.

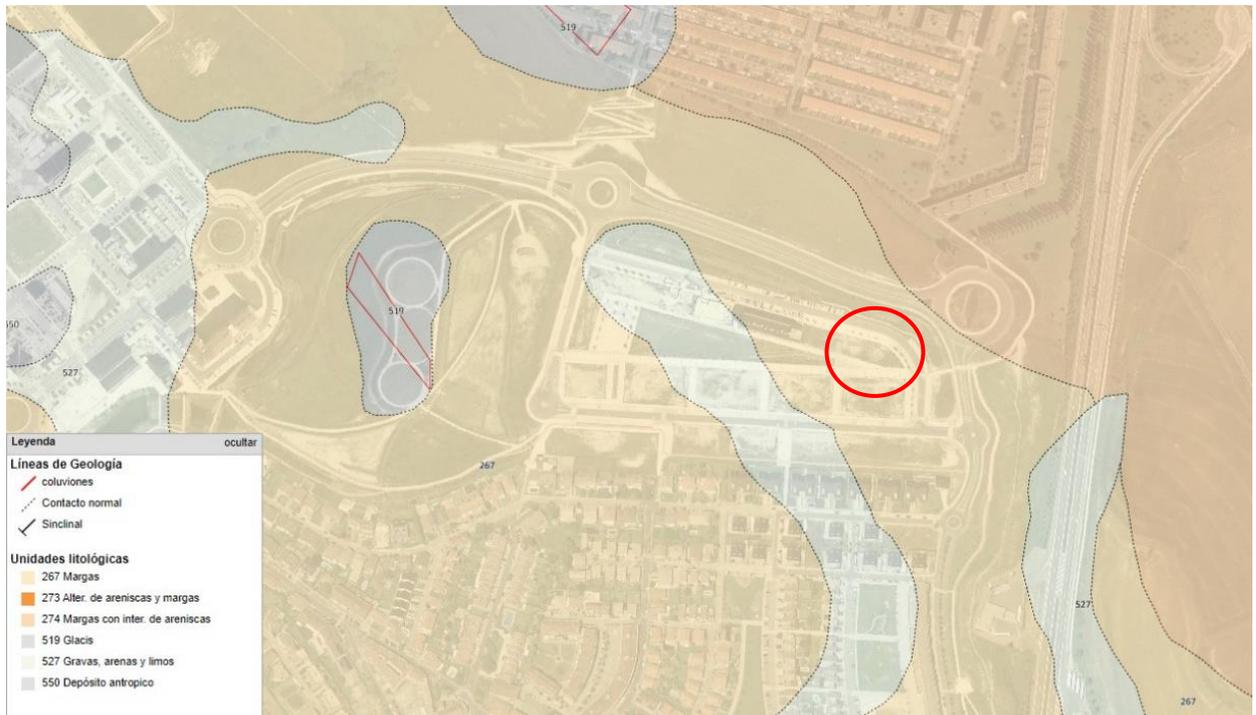
Estratigráficamente, y limitándonos al área de Pamplona aflora una serie de materiales de edad eocena, con la excepción de una serie de afloramientos de arcillas triásicas en facies Keuper de origen diapírico. La serie eocena está compuesta por una serie de depósitos margosos y arcillosos con facies flyschoides, siendo el nivel de referencia una formación de margas nodulosas grises con intercalaciones de niveles calcareníticos conocida como Margas de Pamplona, de edad Bartonense - Priabonense. La potencia de la serie varía entre 400 a 1500-2000 metros.

Desde un punto de vista tectónico, la cuenca de Jaca-Pamplona pertenece al subdominio surpirenaico, zona en la cual, materiales Mesozoicos y Cenozoicos han sufrido un empuje hacia el sur durante la orogenia alpina que ha desarrollado una serie de pliegues y cabalgamientos hacia el sur que se disponen sobre la cuenca terciaria del Ebro. Estos cabalgamientos se han desarrollado a favor de la migración de materiales salinos del Keuper en respuesta a los esfuerzos producidos durante la orogenia alpina, actuando en la mayor parte de los casos como nivel de despegue de los cabalgamientos. Dentro de esta estructura regional la cuenca de Pamplona, se puede considerar como una cuenca de *piggy-back* asociada al cabalgamiento de la Sierra de Alaiz - Puente la Reina. A menor escala, el área de estudio presenta una estructura simple caracterizada por la existencia de pliegues de dirección NO-SE de amplio radio.

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 Argá y a sus afluentes, con un predominio de cantos rodados en una matriz arenoso-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.

Concretamente, la parcela objeto de estudio se sitúa sobre las Margas de Pamplona (Bartoniense, Eoceno), las cuales aparecen recubiertas por un espesor variable de materiales aluviales (arcillas) y rellenos antrópicos.

A continuación, podemos ver una imagen de la cartografía geológica de la zona en la que se ubica la parcela de proyecto, extraída del visor *navarra.es*, la cual marcamos en el interior del círculo rojo.



En el anexo 1 del presente informe, se presenta el mapa geológico y leyenda de la zona de estudio.

3.2 HIDROGEOLOGÍA

Con respecto al comportamiento hidrogeológico se reconocen en la zona dos litologías con un comportamiento hidráulico diferente:

- *Los depósitos cuaternarios*, en los que, en función del espesor de los mismos, del régimen pluvial de la zona y de la posible relación río-acuífero se desarrollan acuíferos libres por porosidad. Estos acuíferos, de pequeño espesor, cuya recarga se producirá

por infiltración directa de aguas de lluvia, presentan una capacidad de drenaje que dependerá del contenido de arcillas y limos. Estos materiales presentan un coeficiente de permeabilidad de 10^{-5} m/s a 10^{-9} m/s.

- *Formaciones margosas del Terciario*, 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. En estado sano, estos materiales presentan un coeficiente de permeabilidad inferior a 10^{-9} m/s.

Durante la realización de los sondeos no se ha observado la entrada de agua en los mismos, habiéndose perforado hasta una profundidad máxima de 9,90 metros.

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. nº244 de 11 de octubre de 2002).

La zona de estudio, **Mutilva Alta, Valle de Aranguren (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 esta zona, a $a_b=0,09g$.

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 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).

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, o en las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí, en todas las direcciones, cuando la aceleración sísmica básica (a_b) sea inferior a $0,08g$. No obstante, la Norma será de aplicación en los edificios de más de siete plantas si la aceleración sísmica de cálculo, (a_c) es igual o mayor a $0,08g$.

En los casos en que sea de aplicación esta Norma no se utilizarán estructuras de mampostería en seco, de adobe o de tapial en las edificaciones de importancia normal o especial.

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 de la presente Norma y cumplir las reglas de proyecto y las prescripciones constructivas indicadas en el capítulo 4.

La **aceleración sísmica de cálculo** vendría dada por la siguiente expresión:

$$a_c = S \times \rho \times a_b$$

Siendo:

a_b Aceleración sísmica básica

ρ coeficiente adimensional de riesgo

S Coeficiente de ampliación del terreno

En el caso que nos ocupa, la a_b sería igual a **$0,04g$** , el coeficiente de riesgo sería igual a 1, considerando la obra de Normal Importancia, y finalmente el coeficiente de ampliación del terreno S sería igual a $0,85$. De esta forma, se tiene:

ac Aceleracion sismica de calculo	0,035787	$a_c = S \times \rho \times a_b$
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	0,89	Para $\rho \times a_b < 0,1 \text{ g}$ $S = C/1,25$ Para $0,1\text{g} < \rho \times a_b < 0,4 \text{ g}$ $S = C/1,25 + 3,33 (\rho \times a_b/g - 0,1) (1 - C/1,25)$ Para $0,4\text{g} < \rho \times a_b$ $S = 1,0$
El coeficiente C depende del terreno	1,12	

tipo I: roca compacta C=1
 tipo II: roca fracturada, suelo granular denso o cohesivo duro C=1,3
 tipo III: suelo granular de compacidad media o cohesivo de consistencia firme a muy firme C=1,6
 tipo IV: suelo granular suelto o cohesivo blando C=2,0

En el caso de la actualización de 2015 de la citada Norma, con una aceleración sísmica básica de 0,09g, se obtiene el siguiente cálculo:

ac Aceleracion sismica de calculo	0,08052	$a_c = S \times \rho \times a_b$
ab Aceleración sismica basica	0,09	
ρ coeficiente adimensional de riesgo	1	1,0 Normal imp. 1.3 Especial Imp.
S Coeficiente de ampliación del terreno	0,89	Para $\rho \times a_b < 0,1 \text{ g}$ $S = C/1,25$ Para $0,1\text{g} < \rho \times a_b < 0,4 \text{ g}$ $S = C/1,25 + 3,33 (\rho \times a_b/g - 0,1) (1 - C/1,25)$ Para $0,4\text{g} < \rho \times a_b$ $S = 1,0$
El coeficiente C depende del terreno	1,12	

tipo I: roca compacta C=1
 tipo II: roca fracturada, suelo granular denso o cohesivo duro C=1,3
 tipo III: suelo granular de compacidad media o cohesivo de consistencia firme a muy firme C=1,6
 tipo IV: suelo granular suelto o cohesivo blando C=2,0

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 (2) sondeos mecánicos y dos (2) ensayos de penetración dinámica.

También se ha recopilado información de estudios previos y se ha realizado un reconocimiento visual del área afectada por el proyecto.

Los sondeos mecánicos a rotación con extracción de testigo nos permiten reconocer hasta la profundidad requerida la naturaleza del terreno. De ellos se han extraído una serie de 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.

La penetración dinámica permite 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), el registro de sondeos y sus fotografías (anexo 2), el registro del penetrómetro (anexo 3), perfiles de correlación de pruebas (anexo 4), ensayos de laboratorio (anexo 5) y un plano con la ubicación de los ensayos realizados (anexo 6).

4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS SONDEOS

Para la descripción de los materiales extraídos en los sondeos 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.

Entre los días 13 y 26 de mayo de 2021 se realizaron dos sondeos mecánicos a rotación con extracción de testigo continuo mediante sonda TP-30RL montada sobre Land Rover. Se alcanzó una profundidad de investigación máxima de 9,90 metros, habiéndose perforado un total de 18,70 metros, utilizándose un diámetro máximo de perforación de 116 mm.

Los testigos recuperados, así como las correspondientes muestras, fueron colocados en cajas de cartón parafinadas que, debidamente organizadas (ver anexo fotográfico), fueron examinadas por personal técnico especializado.

La columna litológica reconocida en los sondeos está compuesta por los siguientes niveles:

Sondeo S1	Sondeo S2	Perfil litológico
0,00-1,00	0,00-0,50	Rellenos formados mayoritariamente por arcillas con cantos y fragmentos de marga.
1,00-4,30	0,50-2,20	Arcillas ocre y grises, algo limosas, con cantos. Depósitos aluviales cuaternarios.
4,30-6,20	2,20-4,50	Margas de color ocre y gris. Perfil de meteorización con alteración de grado VI-III. Terciario. Margas de Pamplona.
6,20-8,80	4,50-9,90	Margas grises poco alteradas (IB) y sanas. Margas de Pamplona, sustrato rocoso terciario. Terciario.

Durante la realización de los sondeos no se ha observado la entrada de agua en los mismos, habiéndose perforado hasta una profundidad máxima de 9,90 metros.

En el anexo 2 del presente informe se encuentra el perfil litológico y las fotografías de las cajas de los sondeos realizados.

4.1.1 Ensayos de penetración “in situ” (S.P.T.)

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

Básicamente el ensayo viene definido por el número de golpes necesarios para hincar 30 cm de un tubo tomamuestras normalizado, mediante una maza de 63,50 kg de peso, que cae desde una altura de 75 cm.

Cuando el terreno es arenoso - limoso, se utiliza la cuchara de Terzaghi y Peck (normalizada), 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 60º de ángulo en punta.

En la siguiente tabla se muestra la profundidad y los valores obtenidos en los ensayos realizados:

Sondeo	Profundidad	Valores SPT	N ₃₀	Litología
1	1,50-2,10	4-6-7-9	13	Arcillas cuaternarias, NG I
	2,95-3,55	4-6-7-11	13	Arcillas cuaternarias, NG I
	4,50-5,10	4-5-12-18	17	Perfil de meteorización rocoso, NG IIa
	5,90-6,19	17-50R↓14	R	Perfil de meteorización rocoso, NG IIa
2	1,45-2,05	5-6-7-11	13	Arcillas cuaternarias, NG I
	3,05-3,64	18-28-34-50R↓14	R	Perfil de meteorización rocoso, NG IIa
	4,50-4,64	50R↓14	R	Sustrato rocoso, NG IIb

(*) R = Rechazo

Observando los resultados obtenidos en estos ensayos podemos hacer las siguientes consideraciones:

- Sobre las arcillas cuaternarias se han realizado tres ensayos SPT, con valores de N_{30} de 13.
- Sobre el perfil de meteorización formado por margas alteradas, se han realizado tres ensayos, obteniéndose rechazos en dos de ellos y un valor de N_{30} de 17 en uno de ellos. Este último, se realizó en el perfil de meteorización de grado VI-V, siendo el tramo con mayor alteración observado en los dos sondeos.
- Observando el estado de la roca menos alterada y su marcado carácter rocoso, se decidió no realizar ensayos de penetración estándar SPT sobre este nivel (NG IIB).

4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA.

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 hinca 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 $N.^{\circ}$ de golpes necesarios para clavar la varilla 20 cm en dicho terreno (N_{20}).

En el anexo 3 se incluye el registro de los ensayos realizados en la zona de estudio el día 18 de mayo de 2021; su ubicación 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	$> \dot{o} = 1 \text{ y } < \dot{o} = 2$
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 hinca un tramo de 5 cm o menos.

5 CÁLCULO DE TENSIONES

5.1 CÁLCULO DE TENSIONES EN SUELOS

La estimación de la resistencia admisible del terreno se realiza a partir del ensayo de penetración dinámica realizado, 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) sobre la base del número de golpes N₂₀ del ensayo de penetración en:

Suelos cohesivos

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.

Suelos granulares

para $B > 1,22$ m

$$Q_{adm.} = 0,1142 \times N_{20} \times [(1 + 3,28 \times B) / 3,28 \times B]^2$$

para $B < 1,22$ m

$$Q_{adm.} = 0,172 \times N_{20}$$

B = ancho de la zapata

q_c = Resistencia por punta.

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.

5.1.1 Resultado de los ensayos de Penetración

Se han realizado dos (2) ensayos de penetración dinámica, para obtener la resistencia del terreno identificado en los sondeos de reconocimiento.

El plano con la ubicación de dichos ensayos se adjunta en el anexo 6 del presente documento.

Los ensayos de penetración dinámica realizados presentan unas gráficas envolventes 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 los mismos. Hay que señalar que las profundidades indicadas son a partir del inicio del ensayo.

Ensayo	Profundidad (m)	Resist. estimada (kg/cm ²)
P-1	0,00-0,40	0,50
	0,40-1,00	1,50
	1,00-2,40	1,00
	2,40-3,40	1,25
	3,40-4,80	1,50
	4,80-5,80	3,00
	5,80	Rechazo
P-2	0,00-0,40	0,25
	0,40-1,00	1,25
	1,00-2,80	1,00
	2,80-3,60	0,25
	3,60-4,60	1,25
	4,60-5,00	1,75
	5,00-5,40	2,50
	5,40-6,20	3,00
6,20	Rechazo	

Con los perfiles resistentes deducidos de estos ensayos y la litología descrita en los sondeos, se ha realizado un perfil geotécnico de los materiales observados, formado por los siguientes niveles:

1. Un primer tramo formado por **rellenos antrópicos** (nivel geotécnico 0). La potencia de este nivel observada en los sondeos varía entre 1,00 metro en el sondeo S1 y medio metro en el sondeo S2. La carga admisible de este nivel es baja, variable entre 0,25 y 0,50 kg/cm².
2. Un segundo tramo formado por **arcillas limosas** ocre y grises con cantos milimétricos y centimétricos (NG I). Este nivel presenta espesores variables entre 1,70 y 3,30 metros, alcanzando su base profundidades de entre 2,20 y 4,30 metros, en los sondeos S2 y S1, respectivamente. La carga admisible interpretada para este nivel varía entre 0,25 y 1,50 kg/cm².
3. Bajo las arcillas, se observan **margas alteradas de color ocre y gris (nivel IIa)**. Material perteneciente al perfil de meteorización del sustrato rocoso, con alteración

de grado VI-III. Este nivel se observa en los dos sondeos con un espesor variable entre 1,90 y 2,30 metros, alcanzando su base profundidades de entre 6,20 metros (S1) y 4,50 metros (S2). La carga admisible interpretada para este material varía entre 1,50 y 2,50 kg/cm² en el tramo superior y alcanza los 3,00 kg/cm² a partir de 4,80 metros en el ensayo de penetración dinámica P1 y a 5,40 metros en el P2.

- Por último, se observa en los sondeos el sustrato rocoso de la zona, representado por **margas de color gris poco alteradas (IB) y sanas (NG IIB)**, pertenecientes a la unidad Margas de Pamplona. La carga admisible interpretada para este nivel es superior a 3,00 kg/cm². Su techo se observa en los sondeos a 6,20 y 4,50 metros (S1 y S2 respectivamente), interpretándose a partir de 5,80 y 6,20 metros de profundidad, P1 y P2 respectivamente.

5.2 ESTIMACIÓN DE CARGAS ADMISIBLES EN EL SUSTRATO ROCOSO

Para el cálculo de las cargas admisibles se ha seguido la metodología de Serrano y Olalla (1993) para macizos rocosos homogéneos e isótropos.

El macizo rocoso lo componen los materiales terciarios de la formación Margas de Pamplona. Para el cálculo de la carga admisible q_{adm} se han tomado los datos geomecánicos de la formación sana (nivel IIB). Se han realizado dos ensayos de rotura a compresión simple, obteniéndose los siguientes valores de tensión de rotura para el sustrato rocoso sano:

Muestra	Tensión de rotura (kg/cm ²)
S1 (6,90-7,20 m)	77,5
S2 (6,25-6,60 m)	112,5

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	
Resistencia de la matriz rocosa (Compresión simple Kg/cm ²)	2
R.Q.D.	17
Separación discontinuidades	10
Características discontinuidades	17
Condiciones hidráulicas	15

Corrección orientación discount.		-7
RMR	Valoración	54
	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 $0,9 \text{ Kg/cm}^2$ (para un espesor medio de rellenos, cuaternario y perfil alterado de 5 metros, con densidad media $1,80 \text{ g/cm}^3$). Como valor de resistencia a compresión simple consideramos el valor medio de las roturas realizadas, de 95 kg/cm^2 .

La carga de hundimiento P_h se obtiene de la expresión:

$$P_h = \beta \cdot (N_\beta - \zeta)$$

en donde:

$$\beta = \frac{m \cdot \sigma_{ci}}{8} \quad \text{y} \quad \zeta = \frac{8 \cdot s}{m^2}$$

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 se obtienen a partir del índice RMR y son, para un macizo rocoso de calidad media (III), naturaleza margosa y sin alterar, iguales a:

	Margas de Pamplona
m	1,133
s	0,0035

(RocLab, 2001)

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 medio de resistencia a compresión simple del sustrato rocoso sano margoso de $\sigma_{ci} = 95 \text{ Kg/cm}^2$

$$\beta = 13,45$$

$$\zeta = 0,022$$

$$\sigma_{01} = 0,09$$

$$N_\beta \approx 7,5$$

$$P_h = 100,61 \text{ Kg/cm}^2$$

La carga admisible, q_{adm} , vendrá determinada por el cociente de la presión de hundimiento por un factor de seguridad (FS) determinado en función del valor del RMR y del valor de σ_{ci} , que toma en este caso el valor $F = 15$ (Coeficiente de seguridad para una probabilidad de rotura $< 10^{-4}$ (Serrano y Olalla, 1996)).

De esta forma, se estima una carga admisible para el **sustrato rocoso margoso sano** igual a **6,71 kg/cm²**.

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 de los sondeos de reconocimiento, se seleccionaron varias muestras representativas de los tipos de terreno reconocidos, para ser trasladadas al laboratorio acreditado, donde fueron examinadas por personal técnico especializado, realizándose los oportunos ensayos de clasificación y caracterización geomecánica. En la siguiente tabla se presentan las muestras tomadas y los ensayos realizados en cada una de ellas:

Muestra	Ensayos
S1M1 (3,60-3,90 m)	Límites de Atterberg, Contenido en sulfatos
S1M2 (6,90-7,20 m)	Humedad, Densidad, Sulfatos, Compresión simple en roca
S2 (6,25-6,60 m)	Humedad, Densidad, Compresión simple en roca

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

Denominación ensayo	Norma aplicada	Número
Humedad natural	UNE 103300/93	2
Densidad de un suelo	UNE 103301/94	2
Límites de Atterberg	UNE 103103-103104	1
Contenido en sulfatos	UNE 83.001/2000	2
Compresión simple	UNE 22950/90	2

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.

	S1M1	S1M2	S2
N.º referencia	N16606	N16607	N16639
Profundidad (m)	3,60-3,90	6,90-7,20	6,25-6,60
Humedad natural (%)	--	5,16	4,59
Densidad húmeda/seca (gr/cm ³)	--	2,47/2,35	2,46/2,35
Límite líquido (%)	35,0	--	--
Límite plástico (%)	22,0	--	--
Índice de plasticidad (%)	13,0	--	--
Sulfatos (mg/kg, mg/l)	<100	<100	--
Tensión de rotura (kg/cm ²)	--	77,5	112,5
Clasificación ASTM	CL	--	--
Clasificación AASHTO	A-6	--	--
Suelo/Roca	Arcillas	Margas	Margas

El contenido en sulfatos de las muestras de suelo analizadas las clasifica como **no agresivas al hormigón**.

7 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DE LOS MATERIALES

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, empujes del terreno, etc.

Los niveles geotécnicos definidos en base a los horizontes litológicos observados son los siguientes:

1. **Nivel geotécnico 0, rellenos de arcillas con cantos y fragmentos de roca margosa.**
El espesor máximo observado es de 1,00 metro en el sondeo S1, decreciendo hasta los 0,50 metros en el sondeo S2. Este nivel no se considera apto para su uso como nivel de apoyo de la estructura, debiendo ser atravesado o eliminado.
2. **Nivel geotécnico I, arcillas limosas ocreas y grises con cantos milimétricos y centimétricos.** Material interpretado como depósitos aluviales cuaternarios. Este nivel presenta espesores variables entre 1,70 y 3,30 metros, alcanzando su base profundidades de entre 2,20 y 4,30 metros, en los sondeos S2 y S1, respectivamente. La carga admisible interpretada para este nivel varía entre 0,25 y 1,50 kg/cm². Según Casagrande se clasifican como CL (arcillas de media plasticidad) y A-6 (suelo arcilloso) según AASHTO. Teniendo en cuenta que en el S2 la base de este material se encuentra a 2,20 metros de profundidad y que está prevista la excavación de un sótano, la cimentación no se apoyará en este nivel geotécnico, ya que la cota de la base de la excavación del sótano será mayor a 2,20 metros.

Naturaleza	Cohesiva
Peso específico aparente γ (g/cm ³)	1,70-1,90
Cohesión no drenada c_u (kg/cm ²)	0,69
Ángulo de rozamiento no drenado (°)	0,00
Cohesión drenada c_d (kg/cm ²)	0,14
Ángulo de rozamiento efectivo (°)	24,5
Módulo de elasticidad E (kg/cm ²)	89,38
Carga admisible (kg/cm ²)	0,75

3. **Nivel geotécnico IIa, Margas grises con alteración VI-III.** Material correspondiente al perfil de meteorización del sustrato terciario, el cual se ha observado en los dos sondeos con espesores variables de entre 1,90 y 2,30 metros, alcanzando su base profundidades de entre 6,20 metros (S1) y 4,50 metros (S2). Su comportamiento resistente se ha evaluado mediante el ensayo de penetración dinámica (DPSH) obteniéndose unos valores de carga de entre 1,50 y 2,50 kg/cm² en el tramo superior (mayor grado de alteración) y alcanza los 3,00 kg/cm² a partir de 4,80 metros en el ensayo de penetración dinámica P1 y a 5,40 metros en el P2. Los parámetros geotécnicos asociados a este conjunto de materiales, considerando un valor de N₃₀ igual a 17, son:

Naturaleza	Cohesiva
Peso específico aparente γ (g/cm ³)	1,80-2,10
Cohesión no drenada c_u (kg/cm ²)	2,13
Cohesión drenada c_d (kg/cm ²)	0,21
Ángulo de rozamiento efectivo (°)	23,35
Módulo de elasticidad E (kg/cm ²)	138,13
Carga admisible (kg/cm ²)	1,50
Coefficiente de balasto $K_{\phi 30}$ (kg/cm ³)	6,68
Coefficiente de balasto $K_{\phi 30}$ (kg/cm ³)	5,65

4. **Nivel geotécnico IIb, margas grises poco alteradas (grado IB) y sanas,** pertenecientes al sustrato rocoso terciario, representado en la zona de estudio por la unidad Margas de Pamplona. Su techo se observa en los sondeos a 6,20 y 4,50 metros (S1 y S2 respectivamente), interpretándose a partir de 5,80 y 6,20 metros de profundidad en los ensayos de penetración P1 y P2 respectivamente. Su comportamiento resistente se ha estimado a partir de resultados de tensión de rotura obtenidos en los ensayos realizados, usando el método de Serrano y Olalla (1993), obteniéndose un valor de carga admisible de 6,71 kg/cm². Los parámetros geotécnicos asociados al sustrato rocoso sano son:

Naturaleza	Roca
Peso específico aparente γ (g/cm ³)	2,49
Cohesión drenada c_d (kg/cm ²)	4,18
Ángulo de rozamiento efectivo (°)	27,25
Módulo de elasticidad E (kg/cm ²)	4.803,7
Carga admisible (kg/cm ²)	6,71

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 objeto de estudio se proyecta la construcción de un edificio de viviendas, el cual constará de un sótano, con lo que se excavarán unos 3,50 metros aproximadamente.

De acuerdo con las pruebas de campo realizadas, el subsuelo de la parcela de estudio está formado por un sustrato terciario formado por las Margas de Pamplona, recubierto por un espesor de rellenos superficiales bajo el que aparece un nivel de arcillas cuaternarias y un perfil de meteorización del sustrato, haciendo que éste aparezca a partir de profundidades variables de entre 4,50 y 6,20 metros, en los puntos observados, desde la cota de emboquille de los sondeos.

Teniendo en cuenta la excavación prevista de unos 3,50 metros para la realización de la planta de sótano, y la topografía presente en la parcela en el momento de ejecución de los sondeos (la acera norte se encuentra a cota ligeramente superior a la acera sur), se eliminará el total de los rellenos (NG 0) y casi la totalidad del nivel arcilloso cuaternario (NG I), quedando el fondo de la excavación sobre margas alteradas del perfil de meteorización (NG IIa) y localmente en la zona del sondeo S1, sobre las arcillas cuaternarias (NG I).

Considerando lo anteriormente expuesto, el sustrato rocoso alterado (NG IIa) y el sano (NG IIb) aparece a las siguientes profundidades desde el fondo de la excavación (a -3,50 metros desde la cota de la acera norte):

Prueba	Profundidad (m)	
	a NG IIa	a NG IIb
S1	1,80	3,70
S2	0	1,00
P1	1,10	2,80
P2	0,40	2,70

A partir de los trabajos realizados y de los resultados obtenidos en ellos, se considera como opción de cimentación más adecuada la realización de una **cimentación semiprofunda mediante pozos**, apoyada en el **sustrato rocoso sano (NG IIb, margas grises)**, con una **tensión de trabajo admisible** no superior a **6,71 kg/cm²**. Dichos pozos deberán ser lo suficientemente profundos para **alcanzar el nivel poco alterado y/o sano del sustrato rocoso, nivel IIb.**

Otra posible solución sería la ejecución de una **cimentación superficial mediante zapatas aisladas y/o corridas, arriostradas o no apoyadas sobre las margas alteradas (NG IIa)**, con una **carga de trabajo no superior a 1,50 kg/cm²**. En el caso en que mediante las zapatas no se alcance el sustrato rocoso, se deberán realizar pequeños pozos para alcanzar el nivel de apoyo requerido.

El apoyo de la cimentación deberá realizarse, en cualquier caso, 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 blandones que puedan afectar a alguno de los puntos de apoyo, estos deberán ser saneados y corregidos definitivamente mediante la realización de obras de drenaje que así lo garanticen durante el período de vida de la edificación construida.

El contenido en sulfatos de las muestras de suelo analizadas las clasifica como **no agresivas al hormigón.**

8.1 CÁLCULO DE ASIENTOS

Los asientos que se puedan producir al apoyar la cimentación en el sustrato rocoso terciario, se estiman a continuación, de acuerdo con la expresión de modelos elásticos isótropos, donde:

$$S = \frac{KBq(1-\nu^2)}{E}$$

siendo:

- S= Asiento total.
- K = Coeficiente.
- B = Ancho de zapata.

- q = Carga aplicada.
- ν = Coeficiente de Poisson.
- E = Módulo de elasticidad.

Para una tensión de trabajo de $6,71 \text{ kg/cm}^2$, considerando valores de E para el sustrato rocoso sano (NG IIb) de $4.803,7 \text{ kg/cm}^2$, (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:

Ancho B (m)	1,00	1,50	2,00	2,50
Asiento (cm)	0,15	0,22	0,29	0,37

Para una carga admisible de $1,50 \text{ kg/cm}^2$, considerando valores de E para el nivel geotécnico Ila en su zona alterada de $138,13 \text{ kg/cm}^2$, el asiento máximo estimado para diferentes anchos de zapatas son los siguientes:

Ancho B (m)	1,00	1,50	2,00	2,50
Asiento (cm)	1,14	1,71	2,28	2,85

Todos estos valores se encuentran dentro de los márgenes permitidos por la norma para el tipo de edificación considerado.

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

Asiento	Máximo (mm)		Diferencial (mm/m)
	Granular	Cohesivo	
Tipo de terreno			
Edificios monumentales	12	25	1,3
Edificios convencionales	35	50	2,0
Edificio de fábrica de ladrillo de pórticos de hormigón y acero de pequeña rigidez	50	75	2,0

Si alguna de las zapatas posee mayor asiento del indicado en las tablas, 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.

9 EXCAVABILIDAD Y TALUDES

9.1 EXCAVABILIDAD

Los movimientos de tierras previstos para la excavación de una planta de sótano, afectará a los niveles geotécnicos 0, I, y la parte superficial del nivel IIa.

La excavación de los niveles 0 I y IIa, podrá realizarse con medios mecánicos convencionales tipo retroexcavadora.

En cuanto al sustrato rocoso poco alterado a sano (NG IIb), no se considera excavable, requiriéndose el uso de martillo para su excavación.

9.2 ESTABILIDAD DE TALUDES

En la parcela objeto de estudio se prevé la excavación de una planta de sótano bajo la rasante actual del terreno. Los taludes que se abran durante esta fase de excavación afectarán a los NG 0, NG I y NG IIa.

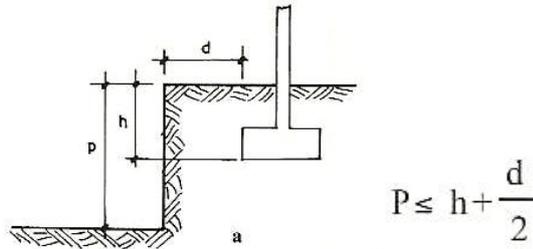
Para los taludes de excavación en suelos (rellenos, arcillas cuaternarias y perfil), se recomiendan taludes provisionales máximos 2H:3V (54°), aunque los rellenos de urbanización en caso de no presentar cohesión pueden requerir taludes más tendidos 2H:1V (27°).

En caso de requerirse taludes más verticalizados se recomienda la realización de soluciones de contención previas al vaciado como son muros pantalla, pantallas de micropilotes o pilotes.

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, aspectos que se deberán controlar en el momento de realización de la obra.

En taludes lindantes con edificaciones contiguas, en el caso de excavar por debajo del apoyo 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 apoya 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.

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.

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;

- c) 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.

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 0. Rellenos principalmente arcillosos. De $K=10^{-2}$ a $K=10^{-4}$ cm/s.

Nivel geotécnico I. Arcillas. De $K=10^{-3}$ a $K=10^{-5}$ cm/s.

Nivel geotécnico II. Margas. De $K < 10^{-7}$ cm/s en estado sano y sin fracturación.

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), **Mutilva Alta (Valle de Aranguren, Navarra) no se encuentra dentro de ninguna de las zonas definidas de riesgo en este aspecto.**

12 CONCLUSIONES

- Se solicita a **GEEA GEÓLOGOS S.L.**, a requerimiento de NASUVINSA, la prestación de servicios profesionales con relación a la parcela 1169 polígono 1 situada en Mugartea, en la localidad de Mutilva Alta, perteneciente al municipio del Valle de Aranguren (Navarra), donde se proyecta la construcción de un bloque de viviendas. El edificio proyectado constará de planta baja más tres (3) alturas y un ático, estando prevista la excavación de un sótano bajo la rasante actual de la parcela (S+PB+3+A).

- El perfil litológico que ha sido reconocido en los sondeos de reconocimiento, permite definir los siguientes niveles:
 - **Nivel geotécnico 0, rellenos de arcillas con cantos y fragmentos de roca margosa.** El espesor máximo observado es de 1,00 metro en el sondeo S1, decreciendo hasta los 0,50 metros en el sondeo S2. Este nivel no se considera apto para su uso como nivel de apoyo de la estructura, debiendo ser atravesado o eliminado.

 - **Nivel geotécnico I, arcillas limosas ocre y grises con cantos milimétricos y centimétricos.** Material interpretado como depósitos aluviales cuaternarios. Este nivel presenta espesores variables entre 1,70 y 3,30 metros, alcanzando su base profundidades de entre 2,20 y 4,30 metros, en los sondeos S2 y S1, respectivamente. La carga admisible interpretada para este nivel varía entre 0,25 y 1,50 kg/cm².

 - **Nivel geotécnico IIa, Margas grises con alteración VI-III.** Material correspondiente al perfil de meteorización del sustrato terciario, el cual se ha observado en los dos sondeos con espesores variables de entre 1,90 y 2,30 metros, alcanzando su base profundidades de entre 6,20 metros (S1) y 4,50 metros (S2). Su comportamiento resistente se ha evaluado mediante el ensayo de penetración dinámica (DPSH) obteniéndose unos valores de carga de entre 1,50 y 2,50 kg/cm² en el tramo superior (mayor grado de alteración) y alcanza los 3,00 kg/cm² a partir de 4,80 metros en el ensayo de penetración dinámica P1 y a 5,40 metros en el P2.

- **Nivel geotécnico IIb, margas grises poco alteradas (grado IB) y sanas**, pertenecientes al sustrato rocoso terciario, representado en la zona de estudio por la unidad Margas de Pamplona. Su techo se observa en los sondeos a 6,20 y 4,50 metros (S1 y S2 respectivamente), interpretándose a partir de 5,80 y 6,20 metros de profundidad en los ensayos de penetración P1 y P2 respectivamente.

- Durante la realización de los sondeos no se ha observado la entrada de agua en los mismos.

- A partir de los trabajos realizados y de los resultados obtenidos en ellos, se considera como opción de cimentación más adecuada la realización de una **cimentación semiprofunda mediante pozos**, apoyada en el **sustrato rocoso sano (NG IIb, margas grises)**, con una **tensión de trabajo admisible** no superior a **6,71 kg/cm²**. Dichos pozos deberán ser lo suficientemente profundos para **alcanzar el nivel poco alterado y/o sano del sustrato rocoso**.

- Otra posible solución sería la ejecución de una **cimentación superficial mediante zapatas aisladas y/o corridas, arriostradas o no apoyadas sobre las margas alteradas (NG IIa)**, con una **carga de trabajo no superior a 1,50 kg/cm²**. En el caso en que mediante las zapatas no se alcance el sustrato rocoso, se deberán realizar pequeños pozos para alcanzar el nivel de apoyo requerido.

- Los asientos estimados se encuentran dentro de los márgenes permitidos por la norma para el tipo de edificación considerado y las soluciones de cimentación propuestas.

- El contenido en sulfatos de las muestras de suelo analizadas las clasifica como **no agresivas al hormigón**.

- Los movimientos de tierras previstos para la excavación del sótano, afectará a los niveles geotécnicos 0, I y IIa. La excavación de los niveles 0, I y IIa, podrá realizarse con medios mecánicos convencionales tipo retroexcavadora. En caso de alcanzarse los niveles menos alterados del perfil y el sustrato rocoso sano, niveles NG IIa y IIb, se hará necesario el uso de martillo neumático.

- Para los taludes de excavación en suelos (rellenos y perfil), se recomiendan taludes provisionales máximos 2H:3V (54°), aunque los rellenos de urbanización en caso de no presentar cohesión pueden requerir la ejecución de taludes más tendidos 2H:1V (27°).
- En caso de requerirse taludes más verticalizados se recomienda la realización de soluciones de contención previas al vaciado como son muros pantalla, pantallas de micropilotes o pilotes.
- Se recomienda que las conclusiones emitidas en el presente informe, sean corroboradas y matizadas durante los trabajos de edificación de la parcela, considerando necesario que durante la excavación de la 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.

Estella, 1 de julio de 2021

Fdo.: EULATZ FLORES GALARZA
GEÓLOGO Col. N.º 7.518

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.**
- **REGISTRO Y FOTOGRAFÍAS DE LOS SONDEOS DE RECONOCIMIENTO.**
- **REGISTRO DE LOS ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA.**
- **PERFILES DE CORRELACIÓN**
- **BOLETÍN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.**
- **PLANO DE UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE CAMPO.**

ANEXO N.º 1

MAPA GEOLÓGICO Y LEYENDA



GEEA GEÓLOGOS, S.L.

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

Estella: Cañada Real de Imas nave 12, 31240 Ayegui

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

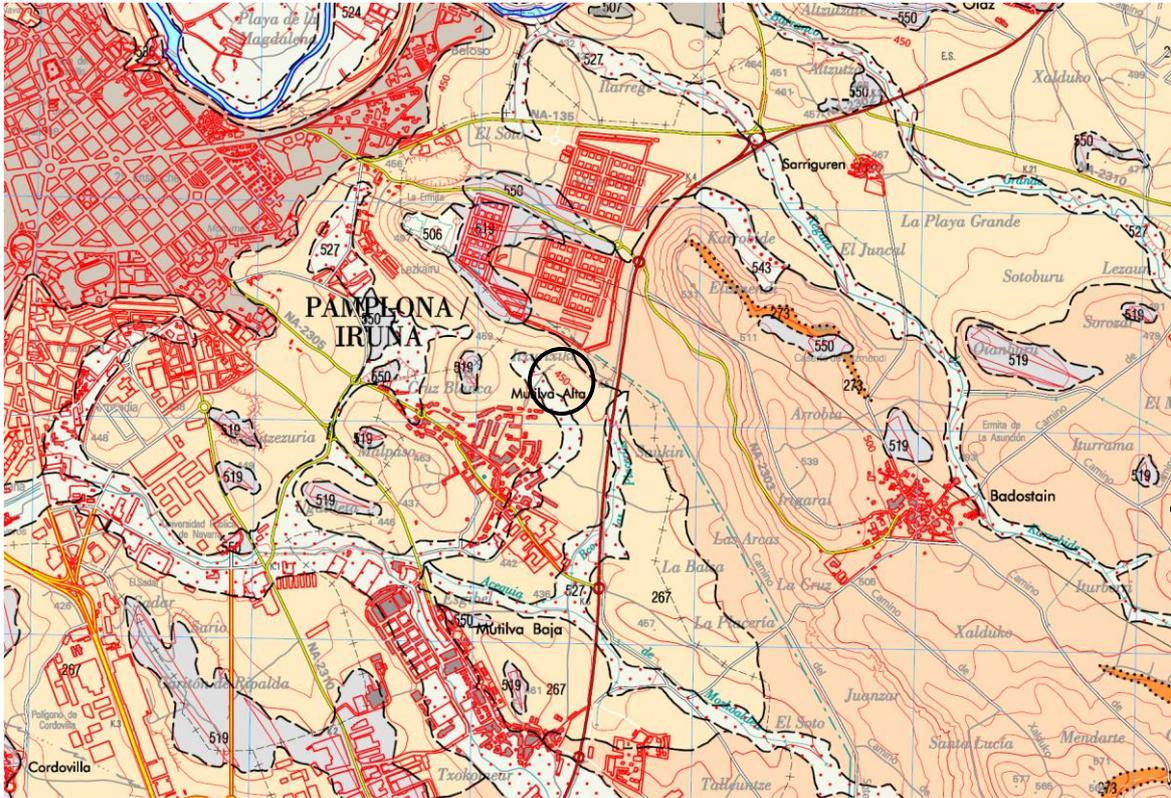
Lugar: Parcela 1169 polígono 1, Mutilva Alta, Valle de Aranguren (Navarra)

Cliente: NASUVINSA

Ref. Informe: ES/GE060/0521

Hoja: Gob. de Navarra 1:25.000 Pamplona (hoja 141-II)

MAPA GEOLÓGICO



LEYENDA

EPOCAS	SUBEPOCAS	CUATERNARIO		DESCRIPCIÓN		
		PLEISTOCENO	HOLOCENO			
PALEÓGENO	Superior	Priabonense	542	526	550.- Depósitos antrópicos.	
			543	537	543.- Arcillas, arenas, gravas y bloques. Coluviones.	
			536	527	542.- Arcillas y limos. Depósitos endorreicos.	
			537	527	537.- Arenas, arcillas y gravas. Aluvial-coluvial.	
			530	523	530.- Limos, arcillas y gravas. Cauces abandonados.	
	Medio	Bartonense	521	519	523.- Arcillas de descalcificación.	
			524	519	519.- Gravas, arenas y arcillas. Glacis.	
			508	515	527.- Arcillas, arenas, cantos y gravas. Aluvial.	
			507	510	526.- Limos, arenas y gravas. Lanura de inundación.	
			506	510	515.- Bloques, gravas, cantos, arenas y arcillas. Piedemonte.	
EOCENO	Superior	Priabonense	277	279	278.- Margas y lutitas (Margas Fajeadas).	
			278	276	CICLO PRIABONIENSE INFERIOR-MEDIO	
			275	272	275.- Calcarenitas nodulosas y calizas bioclásticas.	
			274	272	274.- Margas con intercalaciones de areniscas (Margas de Ilundain).	
			273	272	273.- Alternancia de areniscas calcáreas y margas (Turbiditas de Tajonar).	
	Medio	Sup	271	270	CICLO BARTONIENSE-PRIABONIENSE INFERIOR	
			269	268	271.- Calcarenitas y areniscas (Calcarenitas de Gazolaz).	
			267	267	267.- Margas (Margas de Pamplona).	
			266	268	269.- Calcarenitas, margocalizas y margas.	
			265	268	270.- Alternancia de arenas y arcillas (Turbiditas de Huarte).	
Lutecien.	Sup	264	267	264.- Calcarenitas.		
		263	267	263.- Calcarenitas y margas (Capas de Urroz).		
		262	267	266.- Margas, limolitas y calcarenitas.		
		261	267	262.- Calcarenitas.		
		260	267	265.- Margocalizas y margas (Turbiditas de Izcue).		
Lutecien.	Medio	Sup	259	254	261.- Calizas y margas.	
			258	254	CICLO LUTECIENSE	
			255	254	249.- Margocalizas y margas.	
			254	254	260.- Calizas con estratificación cruzada.	
			253	249	268.- Margas y margocalizas.	
	Lutecien.	Medio	Sup	248	247	235.- Calcarenitas arenosas.
				248	246	CICLO ILERDIENSE-LUTECIENSE INFERIOR
				248	246	
				248	246	
				248	246	

ANEXO N.º 2

REGISTRO Y FOTOGRAFÍAS DE LOS SONDEOS

PERFIL LITOLÓGICO SONDEO DE RECONOCIMIENTO

OBRA: Bloque de viviendas en Mutilva Alta, Valle de Aranguren (Navarra)

FECHA: 13 de mayo de 2021

CLIENTE: NASUVINSA

REF.: G13985

REF. INFORME: ES/GE060/0521

SONDEO:

S-1

COORDENADAS UTM

X: --
Y: --
Z: --

Batería	Diámetro	Profundidad (m)	Espesor (m)	Columna litológica	Descripción de materiales	Nivel freático	R.Q.D.				Grado de meteorización				Prof. (m)	S.P.T. N ₁₅	S _u kg/cm ²	P.L.T. Is (50) Mpa	C.S. kg/cm ²	Humedad %	Límites Atterberg L _{lip}	Granulometría % pasa 0,4-0,08	Sulfatos mg/kg	Clasificación Casagrande/AASHTO	FOTOGRAFÍAS SONDEO.
							20	40	60	80	VI	V	IV	III											
BW	116	1	1,00	[Dotted pattern]	Rellenos formados por arcillas con fragmentos de margas.																				
			2	[Horizontal line pattern]	Arcillas ocre y grises, algo limosas, con cantos de tamaño mm y cm, gasterópodos... Depósitos aluviales cuaternarios. De 2,40 a 3,60 metros: color marrón oscuro.						1,50-2,10	4-6-7-9													
			3	[Horizontal line pattern]									2,95-3,55	4-6-7-11											
			4	[Horizontal line pattern]									3,60-3,90					35,0/13,0	<100	CL/A-6					
			5	[Horizontal line pattern]	0,50	[Horizontal line pattern]	Arcillas ocre y grises con nódulos blancos. Perfil de alteración de grado VI-V.						4,50-5,10	4-5-12-18											
			6	[Horizontal line pattern]	1,40	[Horizontal line pattern]	Margas grises. Perfil de alteración del sustrato rocoso. Meteorización de grado IV-III.						5,90-6,19	17-50(R ₁ 14)											
TD	86	7	2,60	[Diagonal line pattern]	Marga gris oscura. Sustrato rocoso poco alterado a sano. Margas de Pamplona.												77,5	5,16			<100				
			8	[Diagonal line pattern]																					
			9	[Diagonal line pattern]																					
		10																							
		11			FIN DE SONDEO																				

Tipo de Sonda RL48-L M.I.: Muestra inalterada; R: Rechazo; Su: Ensayo Vanettest, 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

PERFIL LITOLÓGICO SONDEO DE RECONOCIMIENTO

SONDEO: **S-2**

COORDENADAS UTM
X: --
Y: --
Z: --

OBRA: Bloque de viviendas en Mutilva Alta, Valle de Aranguren (Navarra) FECHA: 26 de mayo de 2021

CLIENTE: NASUVINSA REF.: G13986 REF. INFORME: ES/GE060/0521

Batería	Diámetro	Profundidad (m)	Espesor (m)	Columna litológica	Descripción de materiales	Nivel freático	R.Q.D.				Grado de meteorización				Prof. (m)	S.P.T. N ₁₅	S _u kg/cm ²	P.L.T. Is (50) Mpa	C.S. kg/cm ²	Humedad %	Límites Atterberg L _{ip}	Granulometría % pasa 0,4-0,08	Sulfatos mg/kg	Clasificación Casagrande/AASHTO	FOTOGRAFÍAS SONDEO.
							20	40	60	80	VI	V	IV	III											
BW	116	0,50	0,50	[Dotted pattern]	Rellenos formados por arcillas con fragmentos de margas.																				
		1	1,70	[Dotted pattern]	Limos arcillosos con cantos de tamaño mm, algún canto disperso de tamaño cm. Depósitos aluviales cuaternarios.																				
		2	2,20	[Dotted pattern]	Margas grises. Perfil de alteración del sustrato rocoso, grado VI a III.						1,45-2,05	5-6-7-11													
		3	2,30	[Dotted pattern]							3,05-3,64	18-28-34-50(R ₁ 14)													
TD	86	4,50	5	[Brick pattern]	Margas grises. Sustrato rocoso poco alterado a sano. Margas de Pamplona.						4,50-4,64	50(R ₁ 14)													
		5	6	[Brick pattern]							6,25-6,60														
		6	7	[Brick pattern]																					
		7	8	[Brick pattern]																					
		8	9	[Brick pattern]																					
		9,90	10	[Brick pattern]	FIN DE SONDEO																				

Tipo de Sonda RL48-L M.I.: Muestra inalterada; R: Rechazo; Su: Ensayo Vanettest, 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

ANEXO N.º 3

REGISTRO DE LOS ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA



GEEA GEÓLOGOS, S.L.

Cañada Real de Imas, nave 12, 31240 Ayegui
T: 948 554 811, F: 948 111 131, M: 606 507 335
Pol. Areta, c/ Irumuga 41, 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: Edificio de viviendas en Mugartea, Aranguren (Navarra)

Cliente: NASUVINSA

Ref. Inf.: ES/GE060/0521

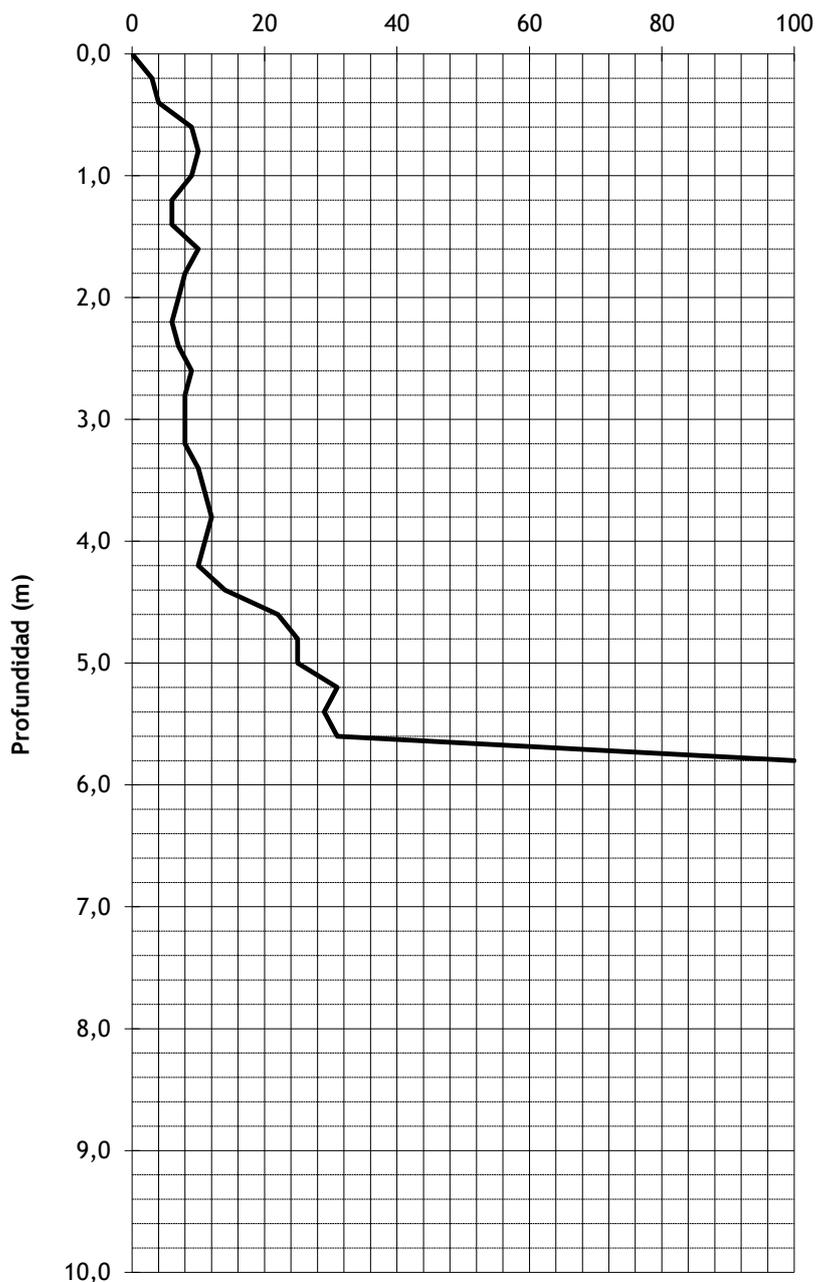
Penetración N°: 1

Referencia: G13987

Fecha: 18 de mayo de 2021

Prof. (m)	Nº Golpes(N20)
0.00-0.20	3
0.20-0.40	4
0.40-0.60	9
0.60-0.80	10
0.80-1.00	9
1.00-1.20	6
1.20-1.40	6
1.40-1.60	10
1.60-1.80	8
1.80-2.00	7
2.00-2.20	6
2.20-2.40	7
2.40-2.60	9
2.60-2.80	8
2.80-3.00	8
3.00-3.20	8
3.20-3.40	10
3.40-3.60	11
3.60-3.80	12
3.80-4.00	11
4.00-4.20	10
4.20-4.40	14
4.40-4.60	22
4.60-4.80	25
4.80-5.00	25
5.00-5.20	31
5.20-5.40	29
5.40-5.60	31
5.60-5.80	RECHAZO
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





GEEA GEÓLOGOS, S.L.

Cañada Real de Imas, nave 12, 31240 Ayegui
T: 948 554 811, F: 948 111 131, M: 606 507 335
Pol. Areta, c/ Irumuga 41, 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: Edificio de viviendas en Mugartea, Aranguren (Navarra)

Cliente: NASUVINSA

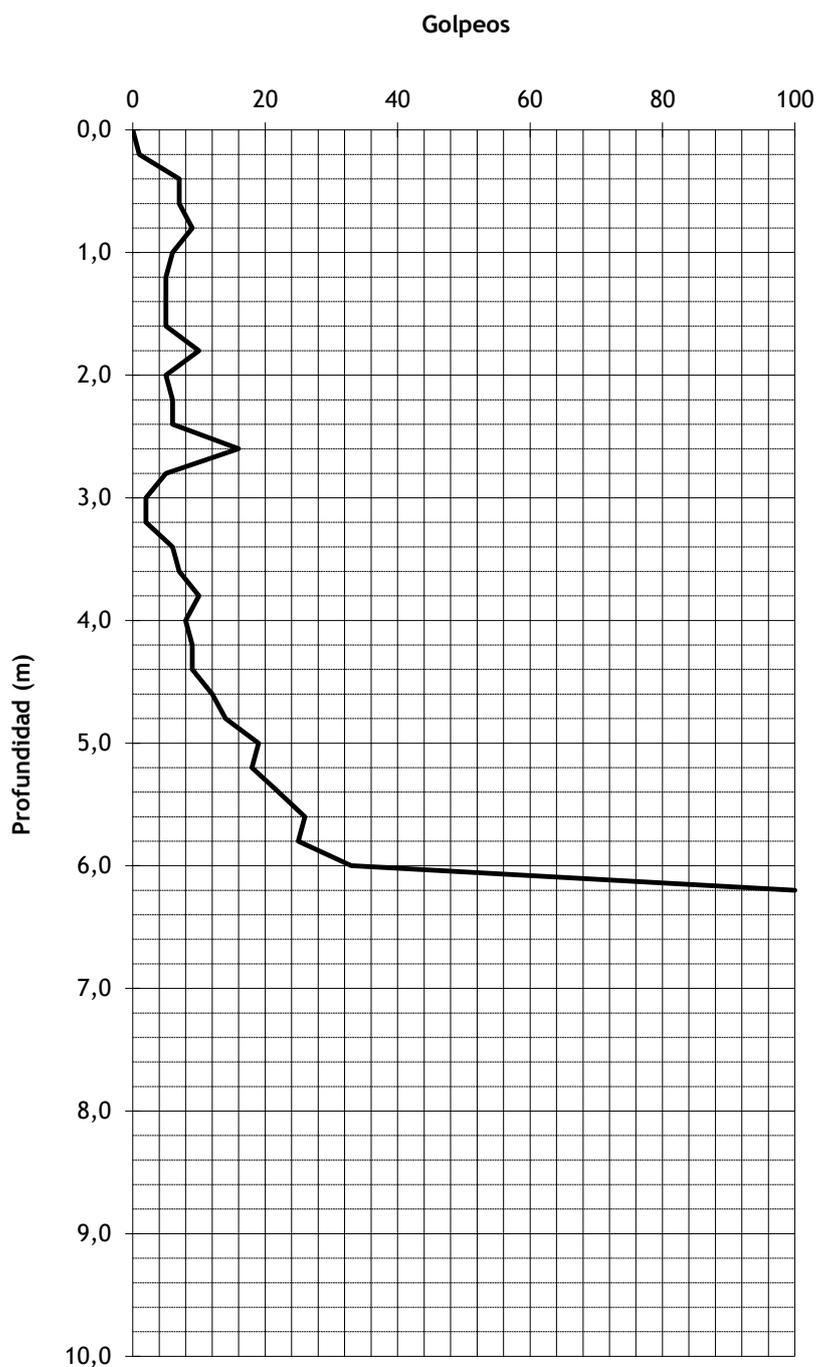
Ref. Inf.: ES/GE060/0521

Penetración N°: 2

Referencia: G13987

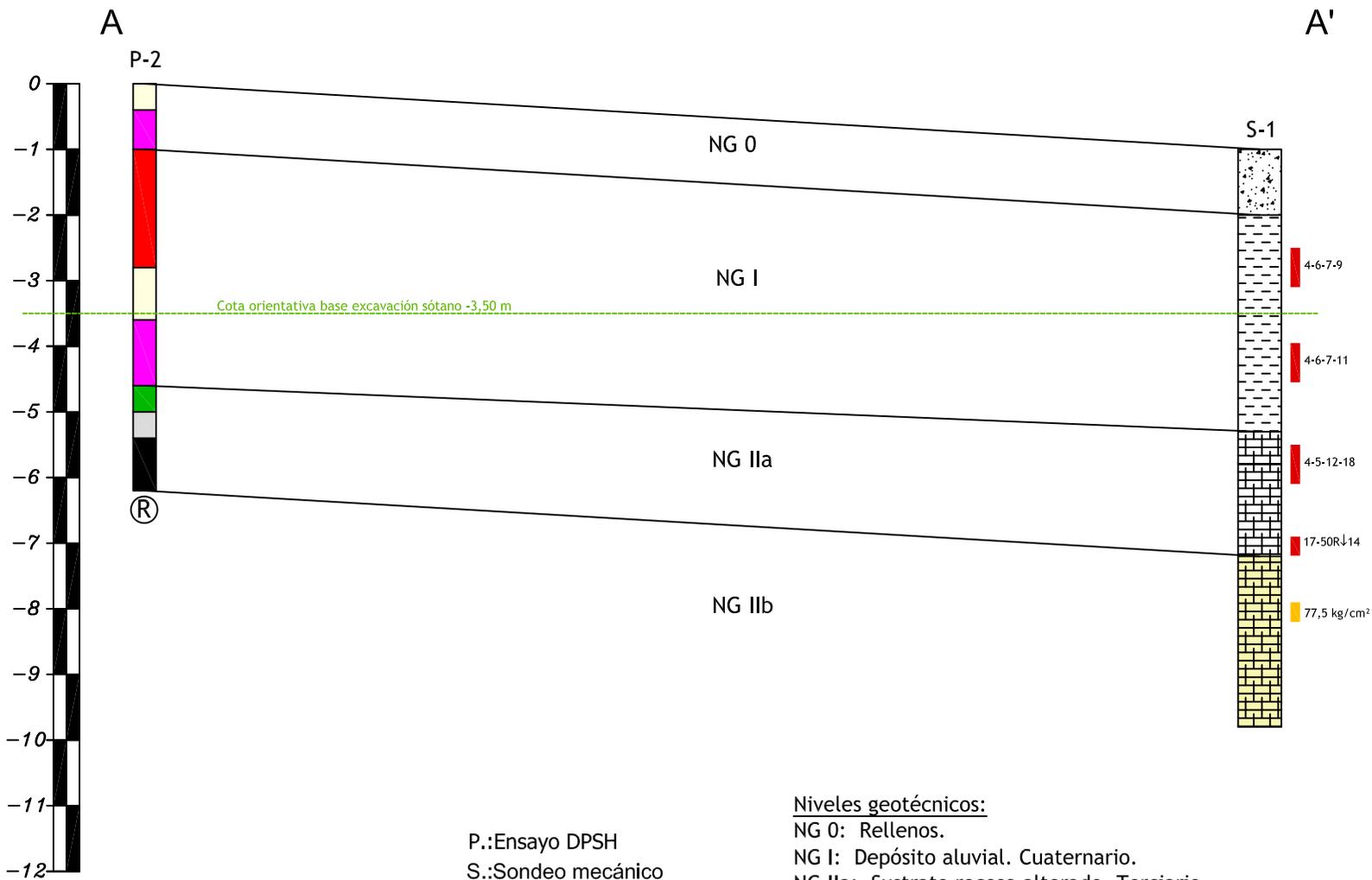
Fecha: 18 de mayo de 2021

Prof. (m)	Nº Golpes(N20)
0.00-0.20	1
0.20-0.40	7
0.40-0.60	7
0.60-0.80	9
0.80-1.00	6
1.00-1.20	5
1.20-1.40	5
1.40-1.60	5
1.60-1.80	10
1.80-2.00	5
2.00-2.20	6
2.20-2.40	6
2.40-2.60	16
2.60-2.80	5
2.80-3.00	2
3.00-3.20	2
3.20-3.40	6
3.40-3.60	7
3.60-3.80	10
3.80-4.00	8
4.00-4.20	9
4.20-4.40	9
4.40-4.60	12
4.60-4.80	14
4.80-5.00	19
5.00-5.20	18
5.20-5.40	22
5.40-5.60	26
5.60-5.80	25
5.80-6.00	33
6.00-6.20	RECHAZO
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	



ANEXO N.º 4

PERFILES DE CORRELACIÓN



P.: Ensayo DPSH
S.: Sondeo mecánico

■ Ensayo SPT
■ Ensayo compresión simple

Niveles geotécnicos:

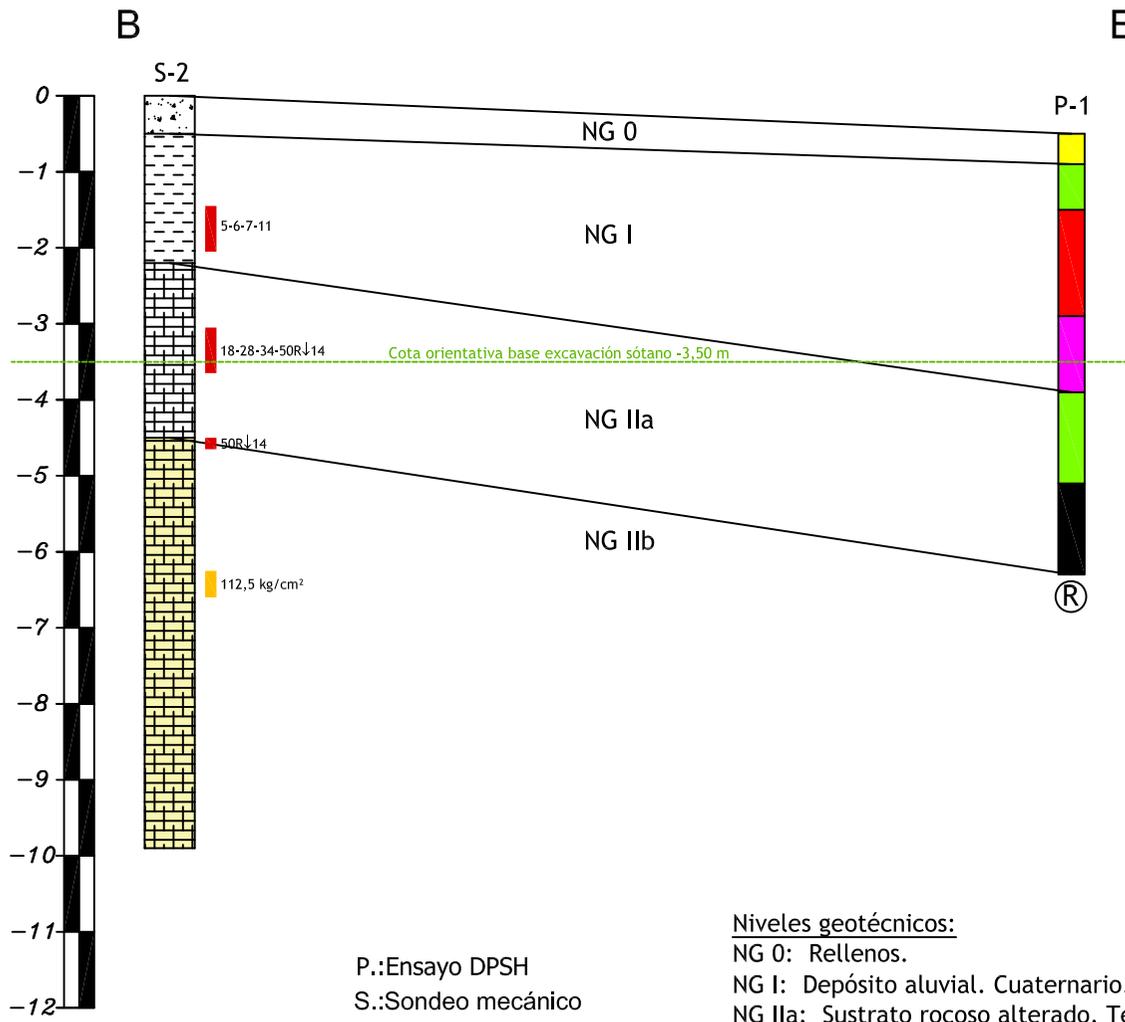
NG 0: Rellenos.
NG I: Depósito aluvial. Cuaternario.
NG IIa: Sustrato rocoso alterado. Terciario
NG IIb: Sustrato rocoso sano. Terciario

■ Q adm = 0,25 kg/cm ²	■ Q adm = 1,50 kg/cm ²	■ Rellenos
■ Q adm = 0,50 kg/cm ²	■ Q adm = 1,75 kg/cm ²	■ Arcillas
■ Q adm = 1,00 kg/cm ²	■ Q adm = 2,50 kg/cm ²	■ Margas alteradas
■ Q adm = 1,25 kg/cm ²	■ Q adm ≥ 3,00 kg/cm ²	■ Margas sanas

No se dispone de levantamiento topográfico.

FECHA: Julio de 2021	ESCALA: vertical: 1/100	horizontal: 1/100
OBRA: Construcción de un bloque de viviendas en parcela 1169 polígono 1 en Mutilva Alta, Valle de Aranguren (Navarra).		
CLIENTE: NASUVINSA	REF. INFORME: ES/GE060/0521	
PERFIL DE CORRELACIÓN A-A'		





Niveles geotécnicos:
 NG 0: Rellenos.
 NG I: Depósito aluvial. Cuaternario.
 NG IIa: Sustrato rocoso alterado. Terciario
 NG IIb: Sustrato rocoso sano. Terciario

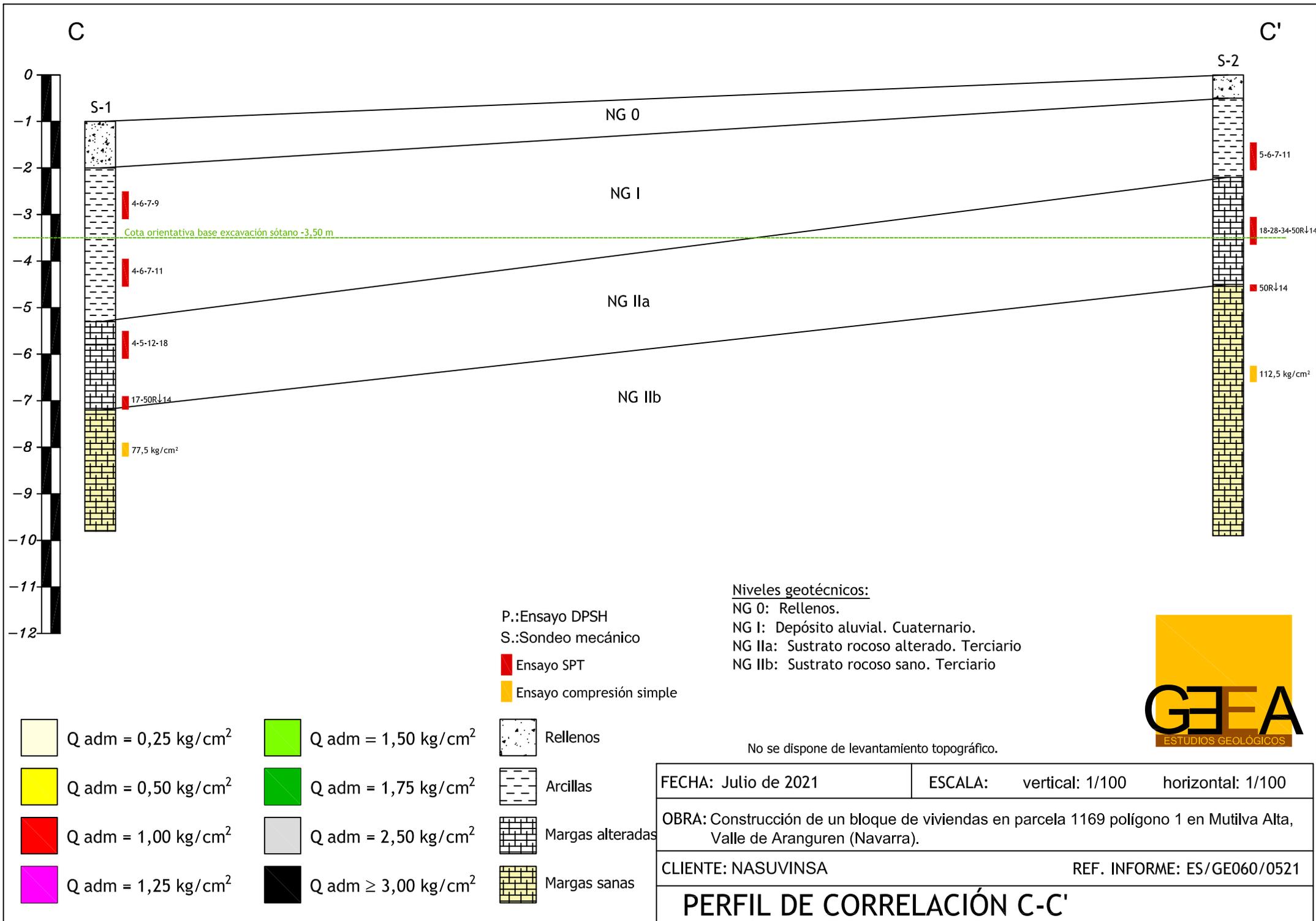
P.: Ensayo DPSH
 S.: Sondeo mecánico
■ Ensayo SPT
■ Ensayo compresión simple

 Q adm = 0,25 kg/cm ²	 Q adm = 1,50 kg/cm ²	 Rellenos
 Q adm = 0,50 kg/cm ²	 Q adm = 1,75 kg/cm ²	 Arcillas
 Q adm = 1,00 kg/cm ²	 Q adm = 2,50 kg/cm ²	 Margas alteradas
 Q adm = 1,25 kg/cm ²	 Q adm ≥ 3,00 kg/cm ²	 Margas sanas

No se dispone de levantamiento topográfico.



FECHA: Julio de 2021	ESCALA: vertical: 1/100 horizontal: 1/100
OBRA: Construcción de un bloque de viviendas en parcela 1169 polígono 1 en Mutilva Alta, Valle de Aranguren (Navarra).	
CLIENTE: NASUVINSA	REF. INFORME: ES/GE060/0521
PERFIL DE CORRELACIÓN B-B'	



ANEXO N.º 5

BOLETÍN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO



GEEA GEÓLOGOS S.L.

Cañada Real de Imas, nave 12
31240 Ayegui- Navarra
T. y F. 948 55 48 11

Ensayo

DETERMINACIÓN DE
LÍMITES DE ATTERBERG

Norma

UNE 103103/94 103104/93

Acta nº

AN055749

Nº Copia

Copia 1. NASUVINSA

Referencia Muestra....	N16606
PROCEDENCIA	SONDEO
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA
FECHA ENTRADA	14 DE MAYO DE 2021

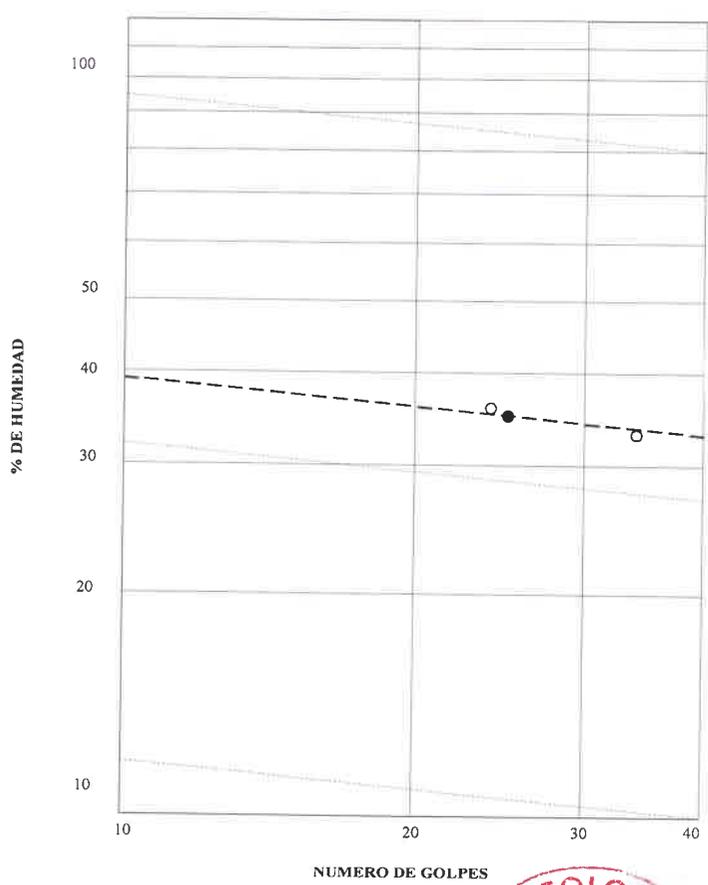
Referencia Informe.....	EN-488
REF. CLIENTE	S1 DE 3,6 A 3,9 METROS
PETICIONARIO	NASUVINSA
DEN. OBRA	MUGARTEA

CALCULO LIMITE LIQUIDO

-	Nº de golpes	34	24
-	Referencia tara	4	13
$a=(t+s+a)-(t+s)$	Agua	1,21	1,41
t+s+a	Tara + suelo + agua	14,61	14,44
t+s	Tara + suelo	13,40	13,03
t	Tara	9,74	9,09
$s=(t+s)-t$	Suelo	3,66	3,94
$w=100*(a/s)$	% Humedad	33,1	35,8

CALCULO LIMITE PLASTICO

-	Referencia tara	3	5
$a=(t+s+a)-(t+s)$	Agua	1,05	1,15
t+s+a	Tara + suelo + agua	23,05	25,31
t+s	Tara + suelo	22,00	24,16
t	Tara	17,28	18,89
$s=(t+s)-t$	Suelo	4,72	5,27
$w=100*(a/s)$	% Humedad	22,2	21,8



RESULTADOS DEL ENSAYO	
LIMITE LIQUIDO =	35,0
LIMITE PLASTICO =	22,0
INDICE PLASTICIDAD =	13,0

Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo



VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

Ayegui, 9 DE JUNIO DE 2021

HOJA 1 DE 2

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/aborda.htm))

	GEEA GEÓLOGOS S.L. Cañada Real de Imas, nave 12 31240 Ayegui- Navarra T. y F. 948 55 48 11	<i>Ensayo</i> CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS	
		<i>Norma</i> UNE 83001:2000	
		<i>Acta n°</i> AN055750	<i>N° Copia</i> Copia 1. NASUVINSA

Referencia Muestra....	N16606	Referencia Informe.....	EN-488
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S1 DE 3,6 A 3,9 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	NASUVINSA
FECHA ENTRADA	14 DE MAYO DE 2021	DEN. OBRA	MUGARTEA

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

Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo



VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico

Ayegui, 9 DE JUNIO DE 2021

HOJA 2 DE 2

	GEEA GEÓLOGOS S.L. Cañada Real de Imas, nave 12 31240 Ayegui- Navarra T. y F. 948 55 48 11	<i>Ensayo</i> DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD NATURAL DE UN SUELO
		<i>Norma</i> UNE 103300/93
	<i>Acta nº</i> AN055673	<i>Nº Copia</i> Copia 1. NASUVINSA

Referencia Muestra....	N16607	Referencia Informe,.....	EN-488
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S1 6,9 A 7,2 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	NASUVINSA
FECHA ENTRADA	18 DE MAYO DE 2021	DEN. OBRA	MUGARTEA

DATOS ENSAYO	
TARA + SUELO + AGUA (gr) =	1966,62
TARA + SUELO (gr) =	1896,80
TARA (gr) =	544,30

RESULTADO DEL ENSAYO	
HUMEDAD NATURAL (%)	5,16

Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo




VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico



Ayegui, 9 DE JUNIO DE 2021

HOJA 1 DE 4

	GEEA GEÓLOGOS S.L. Cañada Real de Imas, nave 12 31240 Ayegui- 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> AN055674	<i>N° Copia</i> Copia 1. NASUVINSA

Referencia Muestra....	N16607	Referencia Informe.....	EN-488
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S1 6,9 A 7,2 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	NASUVINSA
FECHA ENTRADA	18 DE MAYO DE 2021	DEN. OBRA	MUGARTEA

DATOS ENSAYO	
PESO MUESTRA HUMEDA (gr) =	75,80
PESO CON PARAFINA (gr) =	92,60
PESO SUMERGIDO (gr) =	43,25
HUMEDAD (%)=	5,16

RESULTADO DEL ENSAYO	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm3) =	2,47
DENSIDAD SECA (gr/cm3) =	2,35

Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo




VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico



Ayegui, 9 DE JUNIO DE 2021

HOJA 2 DE 4

 GEEA GEÓLOGOS S.L. Cañada Real de Imas, nave 12 31240 Ayegui- Navarra T. y F. 948 55 48 11	<i>Ensayo</i> TALLADO, REFRENTADO Y ROTURA DE PROBETAS CILINDRICAS DE ROCA
	<i>Norma</i> UNE 22950/90 <i>Acta n°</i> AN055675 <i>N° Copia</i> Copia 1. NASUVINSA

Referencia Muestra.... N16607	Referencia Informe..... EN-488
PROCEDENCIA SONDEO	REF. CLIENTE S1 6,9 A 7,2 METROS
TIPO DE MUESTRA ALTERADA	PETICIONARIO NASUVINSA
FECHA ENTRADA 18 DE MAYO DE 2021	DEN. OBRA MUGARTEA

DATOS PROBETA			
PESO (gr)	1419,40	SUP. BASE (cm ²)	39,59
DIAMETRO. (mm)	71,00	VOL. PROBETA (cm ³)	570,13
ALTURA (mm)	144,00	DENS. PROB. (gr/cm ³)	2,49

RESULTADO DEL ENSAYO	
LECTURA PRENSA (Tm)	3,06
ESBELTEZ	2,03
COEFICIENTE (K)	1,00
CARGA ROTURA CORREGIDA	3,07
TENSIÓN DE ROTURA (Kg/cm²)	77,5

Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo



VJB°: Guillermo Erice
Director Técnico

Ayegui, 9 DE JUNIO DE 2021


HOJA 3 DE 4

	GEEA GEÓLOGOS S.L. Cañada Real de Imas, nave 12 31240 Ayegui- Navarra T. y F. 948 55 48 11	<i>Ensayo</i> CONTENIDO DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS	
		<i>Norma</i> UNE 83001:2000	
		<i>Acta nº</i> AN055676	<i>Nº Copia</i> Copia 1. NASUVINSA

Referencia Muestra....	N16607	Referencia Informe.....	EN-488
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S1 6,9 A 7,2 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	NASUVINSA
FECHA ENTRADA	18 DE MAYO DE 2021	DEN. OBRA	MUGARTEA

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

Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo




VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico



Ayegui, 9 DE JUNIO DE 2021

HOJA 4 DE 4

 GEEA GEÓLOGOS S.L. Cañada Real de Imas, nave 12 31240 Ayegui- Navarra T. y F. 948 55 48 11	<i>Ensayo</i> DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD NATURAL DE UN SUELO	
	<i>Norma</i> UNE 103300/93	
	<i>Acta n°</i> AN055701	<i>N° Copia</i> Copia 1. NASUVINSA

Referencia Muestra....	N16639	Referencia Informe.....	EN-488
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S2 6,25 A 6,60 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	NASUVINSA
FECHA ENTRADA	31 DE MAYO DE 2021	DEN. OBRA	MUGARTEA A

DATOS ENSAYO	
TARA + SUELO + AGUA (gr) =	1317,80
TARA + SUELO (gr) =	1283,53
TARA (gr) =	536,30

RESULTADO DEL ENSAYO	
HUMEDAD NATURAL (%)	4,59

Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo




YºBº: Guillermo Erice
Director Técnico



Ayegui, 9 DE JUNIO DE 2021

HOJA 1 DE 3

 GEEA GEÓLOGOS S.L. Cañada Real de Imas, nave 12 31240 Ayegui- 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 nº</i> AN055702	<i>Nº Copia</i> Copia 1. NASUVINSA

Referencia Muestra....	N16639	Referencia Informe.....	EN-488
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S2 6,25 A 6,60 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	NASUVINSA
FECHA ENTRADA	31 DE MAYO DE 2021	DEN. OBRA	MUGARTEA A

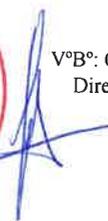
DATOS ENSAYO	
PESO MUESTRA HUMEDA (gr) =	80,60
PESO CON PARAFINA (gr) =	99,20
PESO SUMERGIDO (gr) =	45,75
HUMEDAD (%)=	4,59

RESULTADO DEL ENSAYO	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm3) =	2,46
DENSIDAD SECA (gr/cm3) =	2,35

Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo




VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico



Ayegui, 9 DE JUNIO DE 2021

HOJA 2 DE 3

 GEEA GEÓLOGOS S.L. Cañada Real de Imas, nave 12 31240 Ayegui- Navarra T. y F. 948 55 48 11	<i>Ensayo</i> TALLADO, REFRENTADO Y ROTURA DE PROBETAS CILINDRICAS DE ROCA	
	<i>Norma</i> UNE 22950/90	
	<i>Acta nº</i> AN055703	<i>Nº Copia</i> Copia 1. NASUVINSA

Referencia Muestra....	N16639	Referencia Informe.....	EN-488
PROCEDENCIA	SONDEO	REF. CLIENTE	S2 6,25 A 6,60 METROS
TIPO DE MUESTRA	ALTERADA	PETICIONARIO	NASUVINSA
FECHA ENTRADA	31 DE MAYO DE 2021	DEN. OBRA	MUGARTEA A

DATOS PROBETA			
PESO (gr)	1390,24	SUP. BASE (cm ²)	39,59
DIAMETRO. (mm)	71,00	VOL. PROBETA (cm ³)	558,25
ALTURA (mm)	141,00	DENS. PROB. (gr/cm ³)	2,49

RESULTADO DEL ENSAYO	
LECTURA PRENSA (Tm)	4,46
ESBELTEZ	1,99
COEFICIENTE (K)	1,00
CARGA ROTURA CORREGIDA	4,45
TENSIÓN DE ROTURA (Kg/cm²)	112,5

Fdo: Ana Quintanar
Responsable del ensayo




VºBº: Guillermo Erice
Director Técnico



Ayegui, 9 DE JUNIO DE 2021

HOJA 3 DE 3

ANEXO N.º 6

PLANO DE UBICACIÓN DE ENSAYOS DE CAMPO

Obra: Construcción de un edificio de viviendas en parcela 1169 polígono 1, Mugartea en Mutilva Alta, Aranguren (Navarra).
Referencia: ES/GE060/0521



Escala 1/7500



Escala 1/500