



Universidad de Oviedo

---

# **ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA UN PROYECTO DE EDIFICACIÓN EN LATORES (ASTURIAS)**

---

Julio - 2022

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**CRISTÓBAL CUESTA COLLADA**

MÁSTER EN RECURSOS GEOLÓGICOS E INGENIERÍA GEOLÓGICA



## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quería darle las gracias a Luis Alberto Pando González, por tutorizar mi Trabajo Fin de Máster, y por aconsejarme y orientarme cuando todavía no tenía claro hacia dónde enfocar el TFM. Él mismo me recomendó la empresa para la realización de las prácticas externas.

También me gustaría agradecer a todos los miembros del equipo de Instrumentación Geotécnica y Estructural S.L., el buen trato y todos los conocimientos que me aportaron. He de destacar a Pablo Pardo Solís y a Jesús Pérez Sanz, por tantear el proyecto que mejor se ajustase a las características deseadas para realizar este trabajo.

Quiero mostrar mi gratitud a todo el personal docente de la Facultad de Geología de la Universidad de Oviedo, por haber contribuido a mi formación académica, y a todos los compañeros del máster por esta maravillosa experiencia. Por supuesto, no puedo olvidarme de mis familiares y amigos, que me acompañan día a día.

Por último, me gustaría dar las gracias a dos personas en especial. A mi abuelo J.A. Manuel Collada Madrera, ya que, sin su sustentación no habría podido llegar hasta aquí. Y a mi pareja Lucía López Toyos, por el apoyo incondicional durante estos duros meses de búsqueda e incertidumbre laboral.



## ÍNDICE

RESUMEN Y ABSTRACT.....	6
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	7
1.2 SITUACIÓN GEOGRÁFICA .....	9
1.3 CONTEXTO GEOLÓGICO .....	10
1.3.1 Generalidades .....	10
1.3.2 Estratigrafía .....	11
1.3.3 Estructura .....	13
1.3.4 Hidrogeología .....	14
1.3.5 Geomorfología.....	16
1.3.6 Sismicidad .....	17
1.3.7 Exposición al radón .....	17
1.4 OBJETIVOS.....	19
<b>II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>20</b>
2.1 CAMPAÑAS DE CAMPO .....	20
2.1.1 Prospecciones.....	20
2.1.1.1 Calicatas.....	21
2.1.1.2 Sondeos mecánicos .....	22
2.1.1.3 Pruebas de penetración dinámica .....	22
2.1.2 Ensayos de ejecución in situ .....	23
2.1.3 Toma de muestras .....	24
2.2 TRABAJOS DE LABORATORIO .....	25
2.2.1 Ensayos de identificación y estado.....	25
2.2.2 Ensayos mecánicos.....	26
2.2.3 Ensayos de agresividad química.....	26
2.3 TRABAJOS DE GABINETE .....	28
2.3.1 Caracterización de las unidades geotécnicas .....	28
2.3.2 Determinación de la tipología de cimentación .....	28



2.3.3	Análisis de estabilización del talud .....	28
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>		<b>30</b>
3.1	TRABAJOS DE CAMPO .....	30
3.1.1	Prospecciones.....	30
3.1.1.1	Calicatas.....	30
3.1.1.2	Sondeos mecánicos .....	30
3.1.1.3	Pruebas de penetración dinámica .....	32
3.1.2	Ensayos de ejecución in situ .....	34
3.2	ENSAYOS DE LABORATORIO .....	35
3.2.1	Pruebas de identificación y estado .....	35
3.2.2	Pruebas mecánicas.....	36
3.3	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.....	37
3.3.1	Ia. Formación superficial: relleno antrópico.....	37
3.3.2	Ib. Formación superficial: arcilla eluvial .....	38
3.3.3	Ila. Sustrato rocoso: caliza karstificada.....	38
3.3.4	IIb. Sustrato rocoso: arcillas .....	39
3.3.5	IIc. Sustrato rocoso: arenas .....	40
3.4	SECCIONES GEOTÉCNICAS .....	41
3.5	CONDICIONES DE EXCAVACIÓN .....	43
3.5.1	Excavabilidad de los materiales .....	43
3.5.2	Soluciones técnicas.....	45
3.6	CONDICIONES DE CIMENTACIÓN.....	46
3.6.1	Soluciones técnicas.....	46
3.6.2	Capacidad portante.....	46
3.6.2.1	Presión de hundimiento.....	46
3.6.2.2	Análisis de asientos.....	49
	<i>Asiento instantáneo.....</i>	<i>49</i>
	<i>Asiento por consolidación .....</i>	<i>51</i>
3.6.3	Planteamiento de un sótano .....	52
3.7	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD.....	54
3.7.1	Propuesta de actuación.....	55



<b>3.7.2 Comprobaciones</b> .....	<b>56</b>
3.7.2.1 Deslizamiento y vuelco.....	56
3.7.2.2 Hundimiento .....	56
3.7.2.3 Estabilidad global .....	57
3.7.2.4 Estabilidad local .....	58
<b>IV.CONCLUSIONES</b> .....	<b>61</b>
<b>V. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>62</b>
<b>Anexo I: Fotografías y columnas de las calicatas</b> .....	<b>65</b>
<b>Anexo II: Fotocontrol y columnas de los sondeos</b> .....	<b>70</b>
<b>Anexo III: Estadillos de las pruebas de penetración dinámica</b> .....	<b>77</b>
<b>Anexo IV: Actas de laboratorio</b> .....	<b>90</b>
<b>Anexo V: Cálculos de estabilidad de la escollera</b> .....	<b>117</b>



## **RESUMEN**

Se realiza un estudio geotécnico para el levantamiento de dos edificaciones unifamiliares gemelas, de dos plantas sobre rasante cada una, en una parcela de Latores (Asturias). Se llevan a cabo dos calicatas, tres sondeos, seis pruebas de penetración dinámica, ensayos de ejecución in situ y pruebas de laboratorio, con el objetivo de caracterizar geotécnicamente el terreno. Se identifican cinco unidades geológicas, se analiza la excavabilidad de los materiales, se estima una cota de excavación de -1,50 m, y se propone cimentación directa mediante una losa que transmita la carga con una presión y asiento en condiciones de seguridad. Por último, se plantea la alternativa de añadir un sótano, y se introduce una propuesta de actuación para estabilizar un talud del solar.

## **ABSTRACT**

A geotechnical study is carried out for the construction of two twin single-family buildings, two floors above ground each, in a plot of land in Latores (Asturias). Two test pits, three borings, six dynamic penetration tests, in situ execution tests and laboratory tests are carried out in order to perform the geotechnical characterization of the ground. Five geological units are identified, the excavability of the materials is analyzed, and an excavation level of -1.50 m is estimated, and a shallow foundation is proposed by means of a slab that transmits the load with a safe pressure and settlement. Finally, the alternative of adding a basement is proposed, and an action proposal is introduced to stabilize a slope of the site.



# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 ANTECEDENTES

Este documento se presenta como Trabajo Fin de Máster en Recursos Geológicos e Ingeniería Geológica, impartido en la Facultad de Geología de la Universidad de Oviedo. Se desarrolla un informe basado en un caso real. En él, se elabora un estudio geotécnico íntegro para la edificación de dos viviendas unifamiliares, de dos plantas sobre rasante cada una, en un solar sin edificación previa. En cuanto a los planos y alzados de la estructura, no se facilitan por el promotor debido a temas de confidencialidad.

Se trata de dos edificaciones gemelas que ocupan 17 x 14 m en planta. La cota teórica de cimentación de estas se estima en 1,50 m, ya que en el proyecto original se contempla que las viviendas no van a disponer de plantas bajo superficie, sin embargo, en este trabajo se plantea esa alternativa. La profundidad alcanzada en la investigación es corta para proponer sótanos, pero este es un planteamiento que excede el objetivo original del informe, y por lo tanto es orientativo. En caso de llevarse a cabo esa pretensión constructiva, sería necesario obtener nueva información sobre el terreno por debajo de lo determinado con el primer estudio.

Según lo recogido en el Código Técnico de la Edificación (CTE), en su Documento Básico Seguridad Estructural-Cimientos (DB SE-C), a efectos del reconocimiento del terreno, el edificio proyectado se clasifica como de tipo C-0: "Construcciones de menos de 4 plantas y superficie construida inferior a 300 m<sup>2</sup>" (Tabla I.I).

TABLA I.I. Tipo de construcción.

Tipo	Descripción <sup>(1)</sup>
C-0	Construcciones de menos de 4 plantas y superficie construida inferior a 300 m <sup>2</sup>
C-1	Otras construcciones de menos de 4 plantas
C-2	Construcciones entre 4 y 10 plantas
C-3	Construcciones entre 11 y 20 plantas
C-4	Conjuntos monumentales o singulares, o de más de 20 plantas

<sup>(1)</sup> En el cómputo de plantas se incluyen los sótanos.

La tipología del terreno se considera como de grupo T-1: "Terrenos favorables" (Tabla I.II), ya que en los alrededores de la zona los edificios se disponen sobre cimentaciones directas, mediante elementos aislados. Según lo anteriormente enunciado, se planifica una campaña de prospecciones basada en la combinación C-0/T-1.



TABLA I.II. Grupo de terreno.

Grupo	Descripción
T-1	Terrenos favorables: aquellos con poca variabilidad, y en los que la práctica habitual en la zona es de cimentación directa mediante elementos aislados.
T-2	Terrenos intermedios: los que presentan variabilidad, o que en la zona no siempre se recurre a la misma solución de cimentación, o en los que se puede suponer que tienen rellenos antrópicos de cierta relevancia, aunque probablemente no superen los 3,0 m.
T-3	Terrenos desfavorables: los que no pueden clasificarse en ninguno de los tipos anteriores. De forma especial se considerarán en este grupo los siguientes terrenos: <ul style="list-style-type: none"><li>a) Suelos expansivos</li><li>b) Suelos colapsables</li><li>c) Suelos blandos o sueltos</li><li>d) Terrenos kársticos en yesos o calizas</li><li>e) Terrenos variables en cuanto a composición y estado</li><li>f) Rellenos antrópicos con espesores superiores a 3 m</li><li>g) Terrenos en zonas susceptibles de sufrir deslizamientos</li><li>h) Rocas volcánicas en coladas delgadas o con cavidades</li><li>i) Terrenos con desnivel superior a 15°</li><li>j) Suelos residuales</li><li>k) Terrenos de marismas</li></ul>

Las viviendas se apoyarán sobre una unidad carbonatada. Dicha unidad, ocasionalmente está constituida por calizas karstificadas. Como resultado, pueden surgir dolinas con tamaños de entre 10 y 40 m de diámetro, y profundidades que llegan hasta los 10 m (González Fernández et al., 2004). Por tanto, es imprescindible una adecuada caracterización geotécnica. Además, en la zona hay evidencias superficiales de dinámica de laderas, siendo visibles cicatrices y grietas en algunos puntos. Particularmente, en la misma parcela, un deslizamiento ha provocado la rotura de un muro de hormigón armado que contenía el talud. Por ello, también será necesario realizar un análisis exhaustivo de estabilidad.





## 1.2 SITUACIÓN GEOGRÁFICA

La parcela objeto de estudio se encuentra en la zona central del Principado de Asturias (NW de España), concretamente en la calle Latores de la ciudad de Oviedo (Fig. 1.1). Tiene una extensión de 5.399 m<sup>2</sup>, según la Sede Electrónica de la Dirección General del Catastro (SEC, 2022), y está situada geológicamente en la zona sureste de la Hoja 28 (Grado) del Mapa Geológico Nacional (MAGNA), a escala 1:50.000 (Quintana et al., 2021).

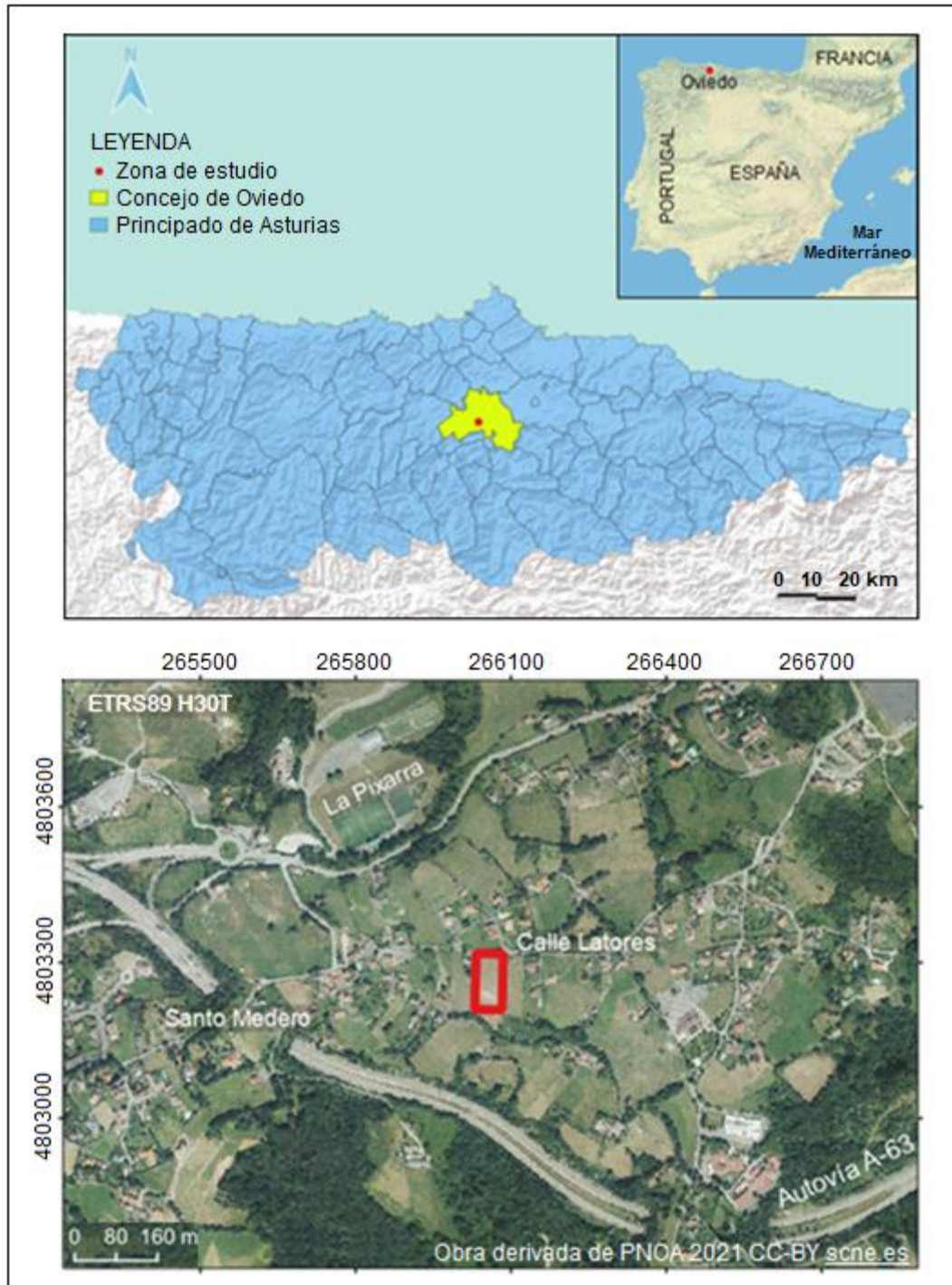


FIGURA 1.1. Situación de la zona de estudio.



## 1.3 CONTEXTO GEOLÓGICO

### 1.3.1 Generalidades

Desde una perspectiva geológica, la zona investigada se ubica en la Zona Cantábrica (Lotze, 1945), concretamente en el sector occidental de la cobertera mesozoica-terciaria (Julivert, 1967), también llamada Depresión Mesoterciaria Central de Asturias (Gutiérrez Claverol, 1972). Esta cobertera, que se dispone discordante sobre un zócalo paleozoico (Fig. 1.2), está formada por una alternancia de materiales detríticos y carbonatados correspondientes al Cretácico. Recubriendo estas unidades se emplaza, de manera también discordante, el Cuaternario.

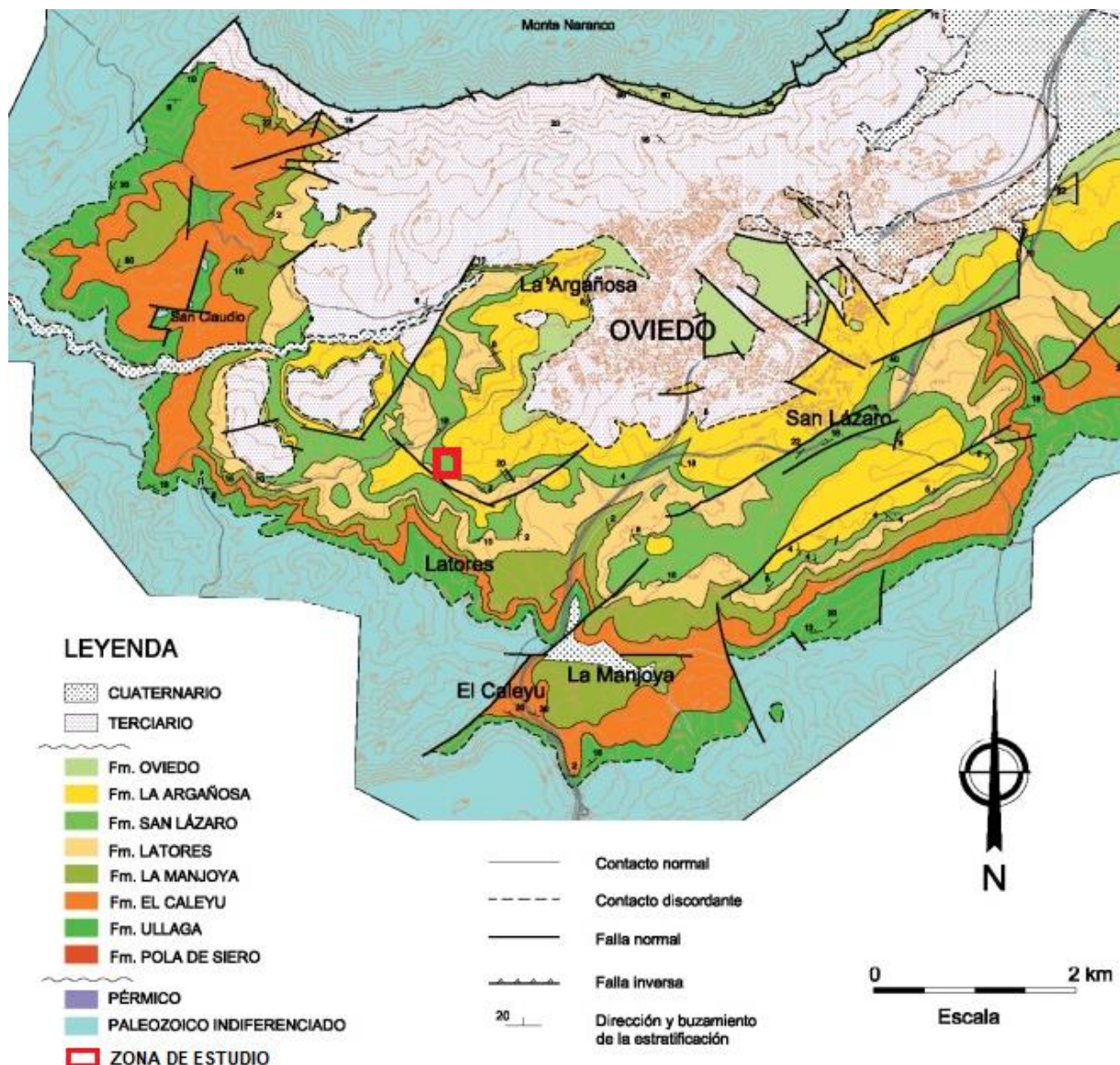


FIGURA 1.2. Emplazamiento de la zona de estudio tomando como referencia un mapa geológico que diferencia las unidades del Cretácico en el sector de Oviedo (González Fernández et al., 2004).





Dentro de la cuenca mesozoica-terciaria, el área investigada se encuentra sobre la Formación San Lázaro (Fig. 1.3). Esta unidad, que se describirá más detalladamente en el apartado 1.3.2 de este documento, está compuesta por margas, calizas, limolitas, areniscas y calizas glauconíticas del Cretácico Superior.

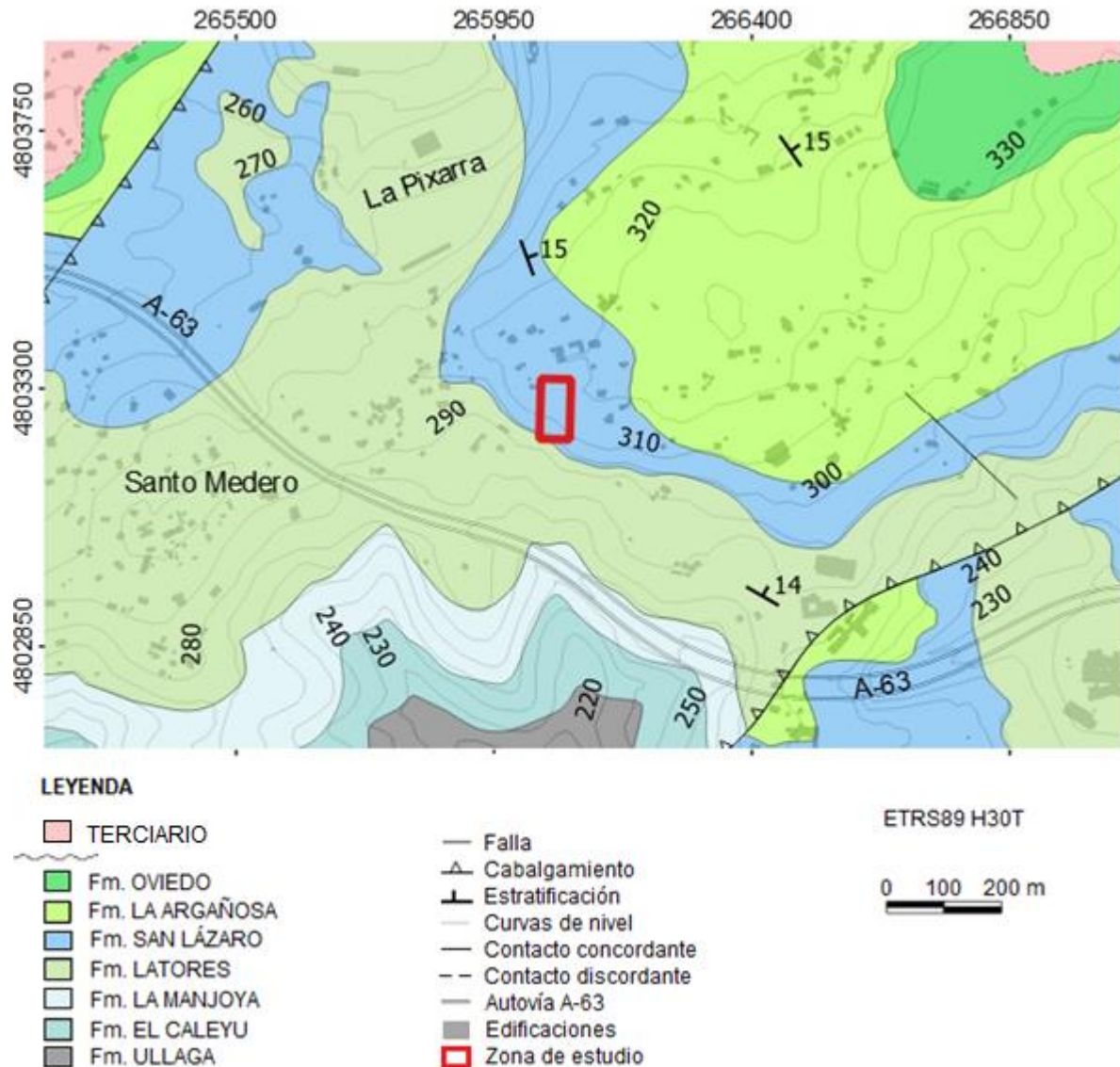


FIGURA 1.3. Cartografía geológica detallada del área de estudio. Obra derivada de BTN25 2021 CC-BY 4.0 ign.es, y modificada del Mapa Geológico Digital continuo de España (GEODE) a escala 1:50.000.

### 1.3.2 Estratigrafía

A continuación, se describen las diferentes formaciones del Cretácico que afloran en la zona, ordenadas cronológicamente de muro a techo. En la Figura 1.4 se muestra una columna estratigráfica representativa.

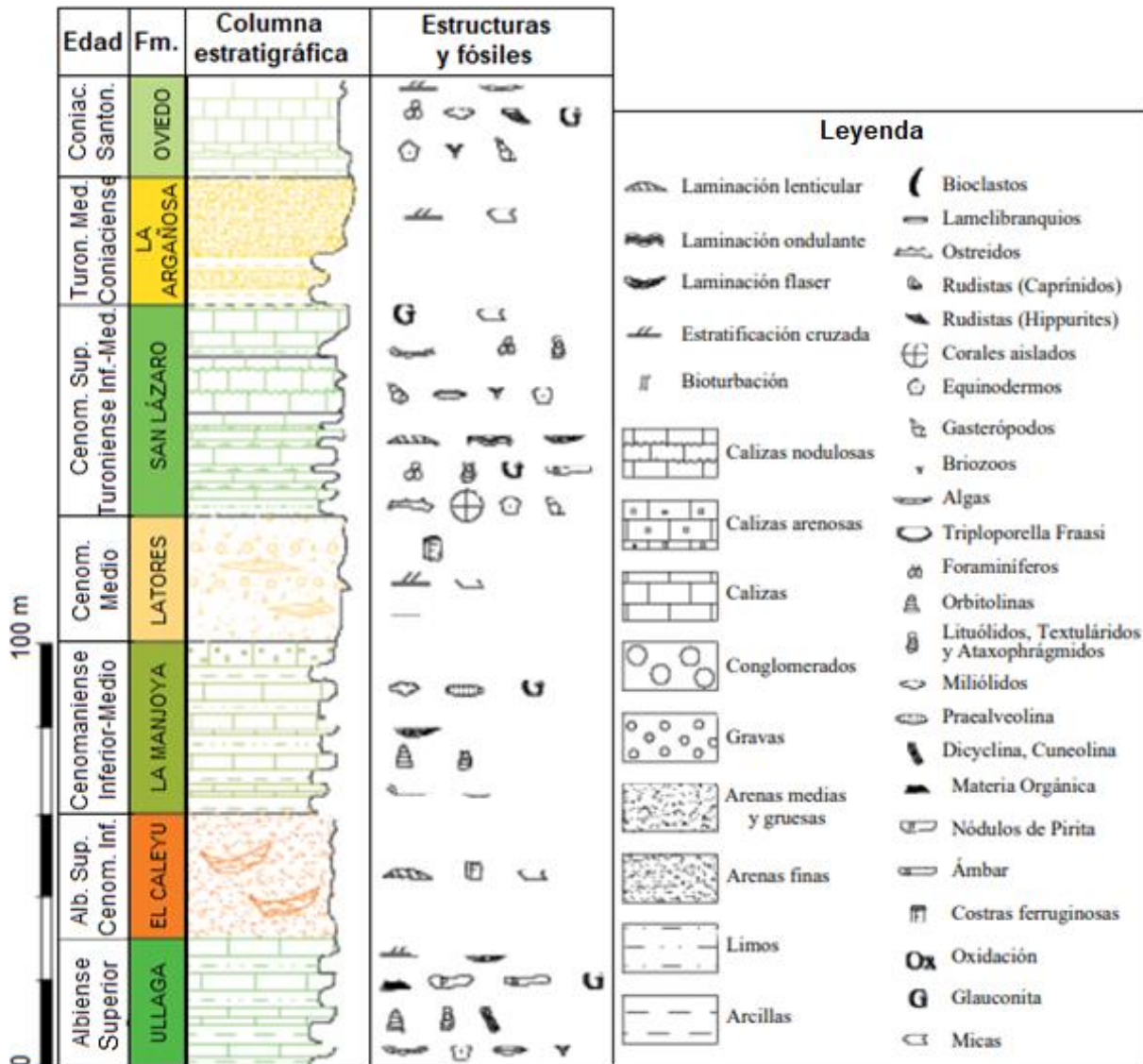


FIGURA 1.4. Columna estratigráfica del Cretácico en el sector de Oviedo (González Fernández et al., 2004).

- La Formación Ullaga es la más antigua de las que afloran en el área considerada y establece la base del Cretácico en la sección de Oviedo. Está formada por calizas bioclásticas de colores grises o pardo amarillentos. También presenta limolitas, arcillas de tonos negros o grises, y areniscas con tamaño de grano de fino a medio. En general, presenta un gran contenido fosilífero. La edad atribuida a la Fm. Ullaga es el Albiense.
- La Formación El Caleyu se compone de areniscas blancas o de tonalidad amarillenta, que están poco cementadas, y tienen un tamaño de grano que oscila entre fino y medio. También consta de arcillas rojas, negras o grises, así como de limolitas. La edad inferior de esta formación es el Albiense, y la superior el Cenomaniense.
- La Fm. La Manjoya se caracteriza por calizas bioclásticas arenosas, de color gris a pardo amarillento, areniscas y lutitas grises a negras. Por lo general,



incluyen gran contenido fosilífero, además de materia orgánica, sulfuros de hierro, y ámbar. La edad de la Formación La Manjoya es Cenomaniense.

- La Fm. Latores está formada por areniscas débilmente cementadas, con tamaño de grano entre medio y grueso, y tonos grises. Presenta, además, tramos con microconglomerados, y niveles de arcillas y limolitas. A menudo, las areniscas suelen estar mal calibradas, muy laminadas y mostrar estratificación cruzada. Esta unidad tiene una edad Cenomaniense.
- La parcela objeto de estudio se sitúa en la Formación San Lázaro. Esta se inicia con calizas que muestran intercalaciones detríticas, y prosigue con un tramo carbonatado y glauconítico. Se distinguen, en su totalidad, tres miembros. El miembro inferior está formado por margas, calizas, arcillas, limolitas, y areniscas finas. Es frecuente, que las arcillas y los limos tengan laminación ondulante y lenticular. Son materiales marinos sedimentados en una zona sublitoral somera, en el interior de un sistema de bahía abierta-lagoon. Este miembro se ha tasado con una edad Cenomaniense Superior, de acuerdo con la existencia de ammonites (Almela y Ríos, 1962) y conodontos (Méndez y Swain, 1983).

El miembro medio está formado por calizas nodulosas de tonos grises, y el superior por calizas de color marrón amarillento. Estas rocas carbonatadas presentan intercalaciones arcillo-limosas. Hacia el muro del miembro superior, las calizas a menudo presentan mucha karstificación. La sedimentación de esta unidad conforma el máximo transgresivo del Cretácico y fue creada en un contexto de plataforma somera. La edad atribuida a estos miembros por el contenido fosilífero es el Turoniense Inferior y Medio, respectivamente.

- La Fm. La Argañosa consta de arenas, más bien blancas, con tamaño de grano que va desde fino a muy grueso, y escasamente cementadas. Suele presentar niveles de gravas de cuarzo, y de arcillas. La edad de esta unidad, al no presentar contenido fosilífero, se tasa en función de su localización estratigráfica relativa, siendo la inferior el Turoniense Medio y la superior el Coniaciense.
- La Fm. Oviedo está formada por calizas de tono beige. A veces, se aprecia una fuerte karstificación, y de vez en cuando, se forman arenizaciones. La edad inferior de esta unidad se estima en el Coniaciense, y la superior en el Santoniense. Es la formación más moderna de las que aparecen en el área considerada, y equivale al techo del Cretácico en este sector.

### 1.3.3 Estructura

Entre la orogenia hercínica y la orogenia alpina se produce una etapa extensional que abarca desde el Pérmico Superior hasta el Cretácico Superior. Este periodo se divide a su vez en dos episodios. El primer episodio extensional poshercínico comprende desde el Pérmico Superior hasta el Jurásico Medio y ocasionó las cuencas permotriásicas. El segundo ocurrió durante el Jurásico Superior



y el Cretácico Inferior, estando relacionado con la creación de las cuencas mesozoicas más importantes. Estas se mantienen estables desde el Albiense hasta la inversión tectónica que se produce en el Terciario. Es en este episodio extensional cuando tiene lugar una extensa transgresión marina de las cuencas en las que se generan grandes plataformas carbonatadas (Gallastegui, 2000).

La cobertura mesozoica se deposita discordante sobre el Paleozoico. Frecuentemente, las unidades de esta cobertura, que no se vieron afectadas por la deformación varisca, se distribuyen horizontales o ligeramente inclinadas (García-Ramos y Gutiérrez Claverol, 1995). La mayoría de las fallas alpinas originadas en esta zona, muestran reactivaciones de cabalgamientos hercínicos o inversiones de fallas normales mesozoicas (Pulgar et al., 1999). Dichas inversiones tectónicas generaron el desarrollo de las cuencas terciarias. Los sistemas de fallas tienen tres orientaciones preferentes en este sector: NE-SO, NO-SE y E-O (Fig. 1.5).

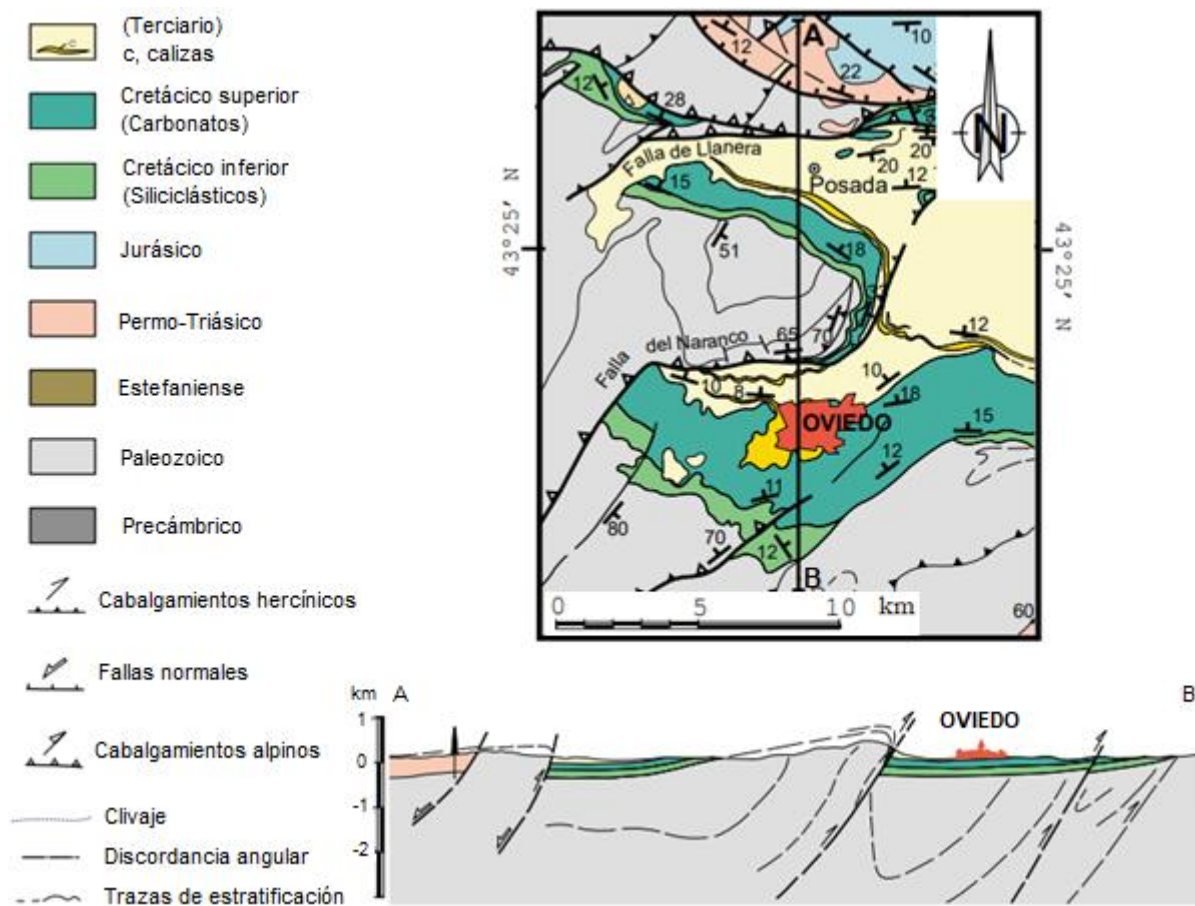


FIGURA 1.5. En la parte superior se muestra un mapa geológico y en la inferior un corte transversal de la cuenca mesozoico-terciaria del sector de Oviedo (Pulgar et al., 1999).

### 1.3.4 Hidrogeología

La zona objeto de estudio está comprendida climáticamente en el interior del dominio oceánico de Europa occidental (Capel Molina, 1981), mostrando como rasgos principales precipitaciones regulares y abundantes, y temperaturas suaves durante





todo el año. En la estación meteorológica más próxima se registra una precipitación media anual de 959,8 l/m<sup>2</sup> (Fig. 1.6). Las temperaturas medias no descienden de los 8 °C en los meses más fríos, y apenas llegan a superar los 19 °C en la estación veraniega.

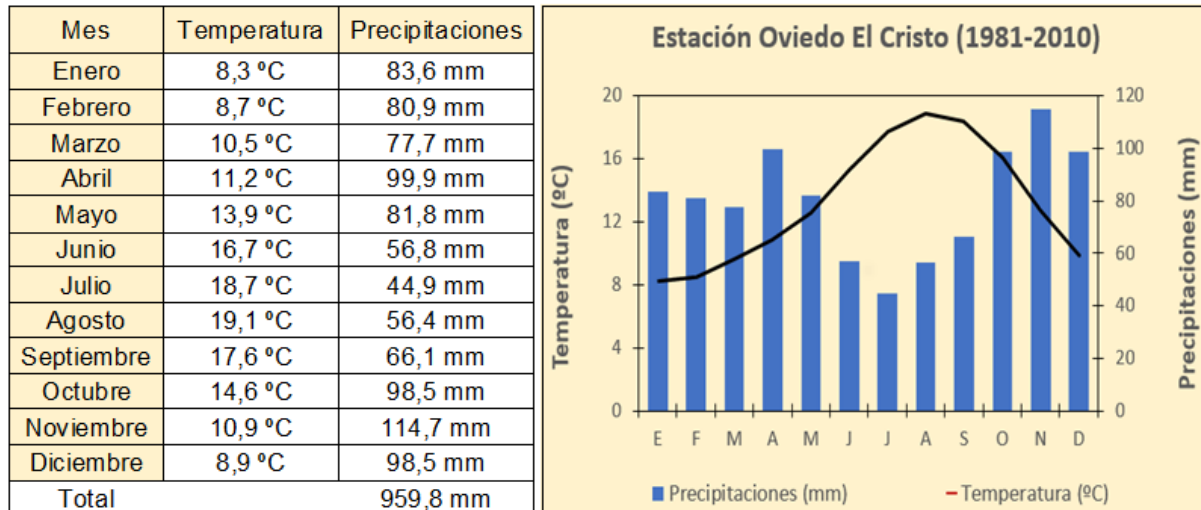


FIGURA 1.6. Referencia de temperaturas y precipitaciones medias mensuales registradas en la estación meteorológica de Oviedo-El Cristo. Fuente: Agencia Estatal de Meteorología (AEMET, 2012).

En cuanto a hidrología superficial, el área investigada se ubica en el corazón de la cuenca hidrográfica del Nalón, en concreto, en el límite entre las subcuencas Nalón Bajo y Nora. Al estar situada en una divisoria, y lejos del alcance de cualquier río o arroyo, no hay riesgo por avenidas ni probabilidad de inundación.

A nivel de hidrogeología subterránea, en este sector se diferencia un importante sistema acuífero en el que se distinguen, por un lado, una sucesión de materiales de cobertera arcillo-margosos, que se consideran impermeables a nivel geotécnico; y por otro lado, una serie cretácica que compone el acuífero principal, separada a su vez en dos sistemas unidos entre sí: acuífero detrítico y acuífero calcáreo. La litología del acuífero detrítico consta de arenas de permeabilidad media, con tamaño de grano que oscila entre fino y grueso. A su vez, el acuífero calcáreo está representado por macizos de calizas con alto grado de fracturación y permeabilidad elevada (González Fernández et al., 2005).

La composición y estructura de los materiales permite estimar que, en su totalidad, el acuífero cretácico actúa como un acuífero multicapa en el que se alternan niveles detríticos y calcáreos, con intercalaciones arcillosas. La recarga se debe a las precipitaciones y a los aportes superficiales y subterráneos. Por su parte, la descarga, se produce principalmente por los ríos adyacentes, y en menor medida por los arroyos y manantiales cercanos (IGME, 2009).



### 1.3.5 Geomorfología

El solar posee una morfología elongada en la dirección N-S. La elevación varía de entre los 319 m sobre el nivel del mar, en la parte situada más al norte, hasta los 301 m en el límite meridional de la parcela (Fig. 1.7).

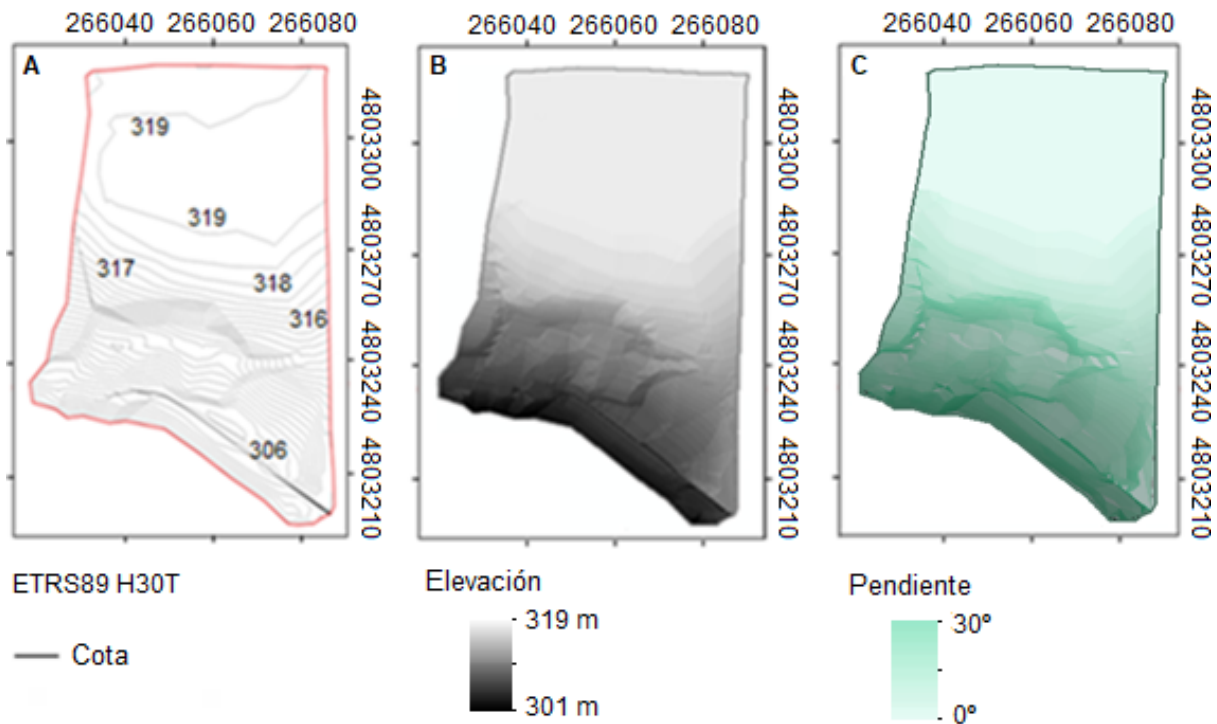


FIGURA 1.7. A) Mapa topográfico. B) Modelo Digital de Elevaciones. C) Modelo Digital de Pendientes. La topografía se ha obtenido a partir de un levantamiento topográfico del solar.

En la zona septentrional, donde se pretenden levantar las viviendas, el terreno es prácticamente horizontal (inferior a  $3^\circ$ ). En cambio, de la mitad del solar hacia el sur la pendiente aumenta en muy pocos metros de forma progresiva, alcanzando inclinaciones superiores a  $25^\circ$ . Es en este sector donde se produjo el deslizamiento que modificó el talud quebrando el muro de contención (Fig. 1.8).



FIGURA 1.8. En la imagen de la izquierda se observa la cicatriz del deslizamiento, y a la derecha el muro de hormigón armado afectado.





### 1.3.6 Sismicidad

En términos de sismicidad, como se puede ver en la Figura 1.9, Asturias es una de las regiones con aceleración sísmica básica ( $a_b$ ) por debajo de 0,04 veces la aceleración de la gravedad ( $g$ ), según la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02). Por lo tanto, no será obligatoria la aplicación de esta normativa en la zona de estudio.

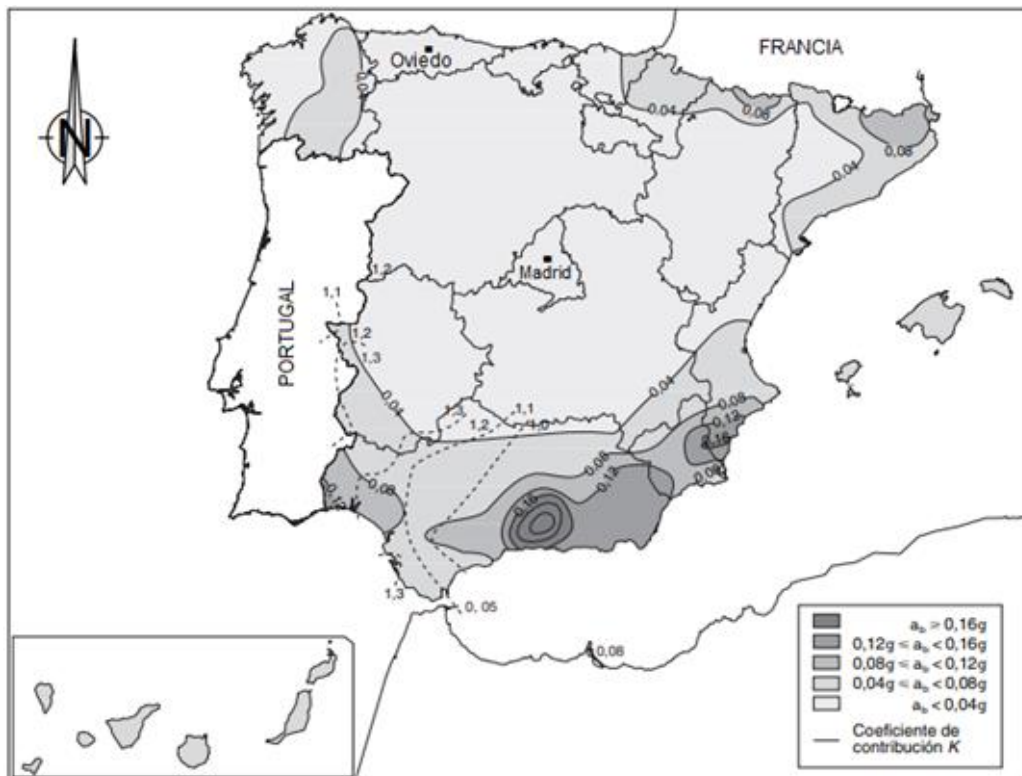


FIGURA 1.9. Mapa de peligrosidad sísmica para un período de retorno de 500 años (Ministerio de Fomento, 2002b).

### 1.3.7 Exposición al radón

El radón es un gas radiactivo que se forma a partir de la desintegración del uranio, y puede estar presente en el subsuelo en concentraciones variables dependiendo de la configuración geológica del sustrato. Suele aumentar en aquellas áreas donde los suelos o las rocas son muy permeables, o en zonas con valores elevados de radio. Cuando pasa al aire no suele resultar perjudicial para la salud, a menos que quede retenido en los edificios.

Se evalúa aquí el riesgo de exposición a este gas, según lo establece la normativa vigente en el Documento Básico (DB) Salubridad (HS), del Código Técnico de la Edificación (CTE). La norma es de obligado cumplimiento en la parcela investigada, ya que las viviendas son de nueva construcción, y el municipio de Oviedo se clasifica como "Zona 1" en cuanto a su potencial de radón. Como se puede observar



en la Figura 1.10, el solar muestra un percentil 90 (P90) de concentración comprendido entre 201 y 300 Bq/m<sup>3</sup>. Estos valores son bastante altos, teniendo en cuenta que el límite establecido que no se debe superar es de 300 Bq/m<sup>3</sup>.

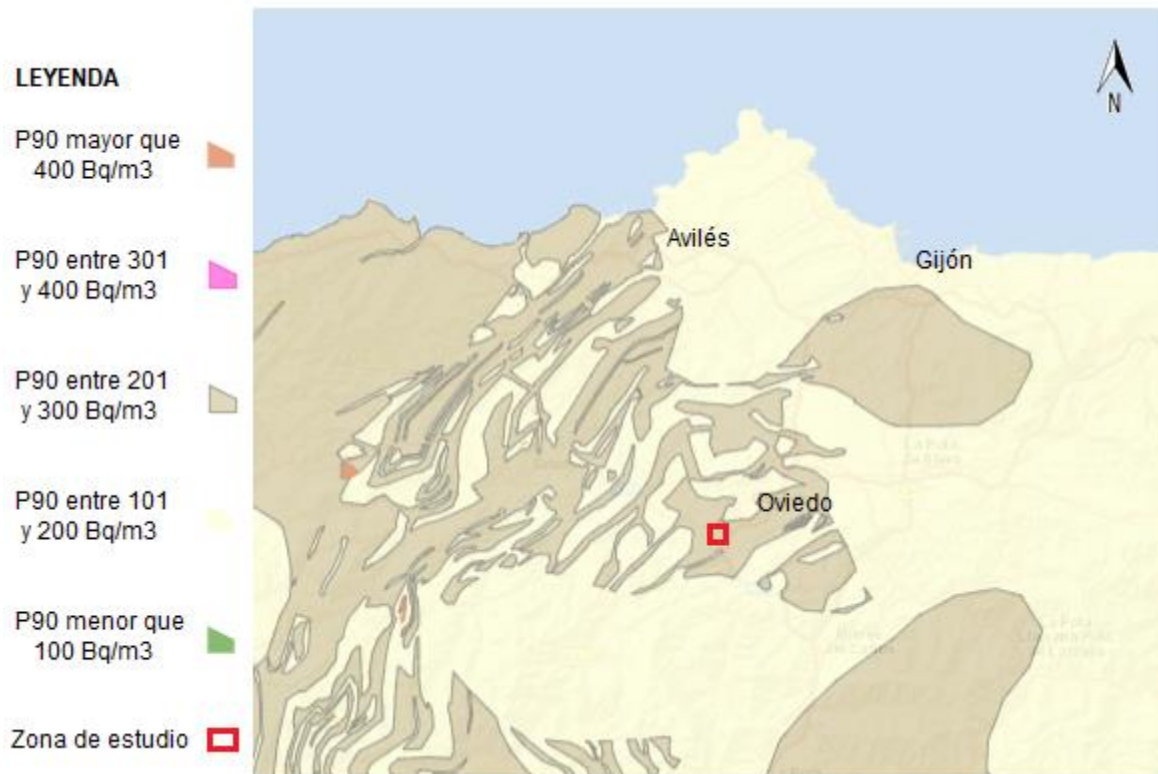


FIGURA 1.10. Situación de la zona de estudio en el mapa nacional del potencial de radón, elaborado por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN, 2017).

Por consiguiente, es necesario colocar una barrera de protección adecuada entre el terreno y las viviendas, para reducir la entrada del gas radón al edificio, según lo indica la legislación actual.



#### **1.4 OBJETIVOS DEL TRABAJO**

El objetivo principal de este estudio es asegurar la viabilidad geológico-geotécnica del proyecto constructivo en condiciones óptimas. Esto a su vez comprende objetivos parciales: identificar las unidades geológicas presentes, determinar si hay presencia de agua subterránea, estimar la excavabilidad de los materiales, evaluar la estabilidad de la excavación, detectar si el terreno contiene materiales agresivos para el hormigón estructural, establecer una tipología de cimentación adecuada que transmita las cargas al terreno con una presión y asiento en condiciones seguras, y proponer una medida de actuación que establezca el talud con un factor de seguridad apropiado.



## II. METODOLOGÍA

### 2.1 CAMPAÑAS DE CAMPO

Para una correcta planificación, en el citado CTE también se recogen las distancias máximas ( $d_{\text{máx}}$ ) entre puntos de reconocimiento que no deben sobrepasarse y las profundidades (P) orientativas (Tabla II.I).

TABLA II.I. Distancias máximas entre puntos de reconocimiento y profundidades orientativas.

Tipo de construcción	Grupo de terreno			
	T1		T2	
	$d_{\text{máx}}$ (m)	P (m)	$d_{\text{máx}}$ (m)	P (m)
C-0, C-1	35	6	30	18
C-2	30	12	25	25
C-3	25	14	20	30
C-4	20	16	17	35

Asimismo, el Documento Básico SE-C establece, de igual manera, el número mínimo de sondeos mecánicos que se deben realizar y el porcentaje de sustitución por pruebas continuas de penetración (Tabla II.II).

TABLA II.II. Número mínimo de sondeos y porcentaje de sustitución por pruebas de penetración.

	Número mínimo		% de sustitución	
	T-1	T-2	T-1	T-2
C-0	-	1	-	66
C-1	1	2	70	50
C-2	2	3	70	50
C-3	3	3	50	40
C-4	3	3	40	30

#### 2.1.1 Prospecciones

Con el objeto de definir las características geotécnicas de los materiales que conforman la zona de estudio (construcción de viviendas y área desestabilizada), se decide ejecutar dos calicatas; tres sondeos con recuperación de testigo continuo y orientación vertical; y seis pruebas de penetración dinámica. La ubicación de las diferentes prospecciones se recoge en la Figura 2.1.

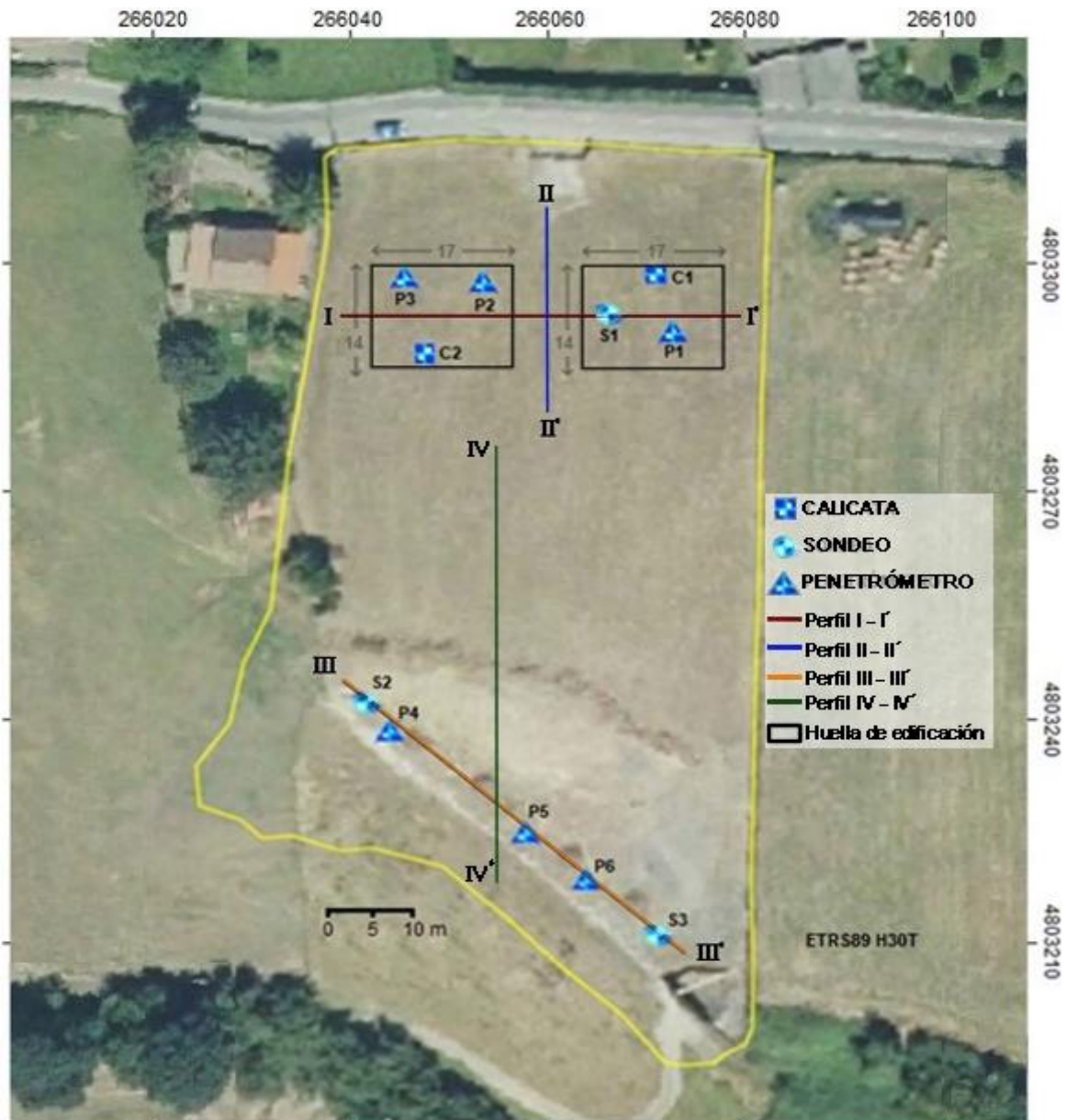


FIGURA 2.1. Plano del solar con la ubicación de las distintas prospecciones y perfiles realizados.

### 2.1.1.1 Calicatas

Para facilitar el reconocimiento geotécnico del terreno más superficial, en primer lugar se ejecutan dos calicatas con retrocargadora JCB. Ambas se efectúan en la parte de la parcela situada más al norte (las profundidades y coordenadas aparecen en la Tabla II.III).

TABLA II.III. Datos generales sobre las calicatas.

Calicata	Coordenadas UTM (ETRS89 H30T)			Profundidad (m)
	X	Y	Z	
C1	266070,9	4803301,8	319,6	1,60
C2	266043,0	4803290,4	319,8	2,30



### 2.1.1.2 Sondeos mecánicos

Se han realizado tres sondeos mecánicos a rotación con extracción de testigo continuo, empleando una sonda TECOINSA TP-30 montada sobre Land Rover, para el sondeo S1; y una sonda ROLATEC RL-48 montada sobre orugas de goma, para los otros dos. Los parámetros de perforación utilizados fueron: a) diámetro de 86 mm o 101 mm, baterías tipo B (sencillas) y coronas de widia, sin inyección de agua, para atravesar los rellenos superficiales y suelos; b) diámetro de 86 mm o 101 mm, baterías tipo T (dobles), inyección de agua y coronas de diamante, para el sustrato rocoso.

Los sondeos se perforaron con la finalidad de conseguir una identificación óptima de los terrenos atravesados y de recuperar muestras representativas. Sus coordenadas y profundidades se muestran en la Tabla II.IV.

TABLA II.IV. Datos generales sobre los diferentes sondeos.

Sondeo	Coordenadas UTM (ETRS89 H30T)			Profundidad (m)
	X	Y	Z	
<b>S1</b>	266065,1	4803296,6	319,7	6,20
<b>S2</b>	266035,8	4803242,4	308,7	10,05
<b>S3</b>	266070,9	4803210,9	306,1	12,30

Los testigos extraídos se colocaron en cajas provistas de las divisiones necesarias y en las que se señalaron las profundidades de las distintas maniobras, numerándose estas correlativamente. La posterior testificación de los sondeos incluyó el reconocimiento de todos los datos geológicos y geotécnicos relevantes.

### 2.1.1.3 Pruebas de penetración dinámica

Se realizaron también seis ensayos de penetración dinámica en la modalidad DPSH (Dynamic Probing Super Heavy), para complementar la información de partida y definir con mayor exactitud la naturaleza de los materiales presentes. Todos ellos se han efectuado según la normativa UNE 103801:1994 (Tabla II.V).

TABLA II.V. Dimensiones y masas del penetrómetro.

<b>Cono</b>	Diámetro de la puntaza cónica	51 mm
	Área de la base de la puntaza	20 cm <sup>2</sup>
	Avance de la puntaza	0,20 m
	Ángulo de apertura de la puntaza	90 °
<b>Varillaje</b>	Diámetro del varillaje	32 mm
	Peso del varillaje al metro	6,3 kg/m
	Profundidad niple primer varillaje	0,80 m
<b>Dispositivo de golpeo</b>	Peso de la maza de golpeo	63,50 kg
	Altura de caída libre	76,20 cm
	Peso del sistema de golpeo	8 kg





La sonda penetrométrica utilizada es el modelo TECOINSA TP-05, autopropulsada y sobre orugas de goma. A continuación, se recogen las coordenadas y las profundidades alcanzadas en las seis pruebas (Tabla II.VI).

TABLA II.VI. Datos generales sobre los ensayos de penetración.

DPSH	Coordenadas UTM (ETRS89 H30T)			Profundidad (m)
	X	Y	Z	
P1	266072,9	4803293,1	319,8	1,55
P2	266050,1	4803299,9	319,6	1,30
P3	266040,6	4803301,2	319,7	1,50
P4	266038,7	4803238,3	308,8	5,90
P5	266055,1	4803224,5	305,9	2,40
P6	266062,3	4803218,1	305,8	3,75

Estos ensayos impiden observar los materiales de manera directa, pero correlacionados con calicatas y sondeos aportan datos relevantes en un registro continuo. Facilitan la aproximación de los parámetros resistentes del suelo, y delimitan niveles geotécnicamente distintos, siendo útiles como referencia para establecer cotas de cimentación.

### 2.1.2 Ensayos de ejecución in situ

Estas pruebas proporcionan información que se puede relacionar con la deformabilidad, resistencia y permeabilidad de una unidad geotécnica a una profundidad concreta. Los ensayos de penetración estándar SPT (Standard Penetration Test), son medidas indirectas que se realizan en el interior de los sondeos, y permiten obtener el valor de resistencia de los suelos o rocas no competentes.

Durante la ejecución de los sondeos se efectuaron nueve SPT, que aparecen reflejados en la Tabla II.VII. Dichas pruebas están normalizadas: la maza debe pesar 63,5 kg, y tiene que caer desde 76,2 cm de altura, a su vez, el tomamuestras debe penetrar 60 cm en el terreno, contabilizándose los golpes cada 15 cm. De esta forma, cada ensayo consta de cuatro tramos, a no ser que se produzcan más de 50 golpes en uno mismo, ya que esto equivale a rechazo y se da por finalizado.

Previamente a la realización de los SPT, es necesario en primer lugar, limpiar el fondo de la perforación, y posteriormente, reemplazar la batería por un tomamuestras, en este caso bipartido de pared gruesa.



TABLA II.VII. Ensayos SPT realizados en los sondeos.

Sondeo	Ensayo	Cota (m)
S1	SPT-1	6,00-6,30
S2	SPT-1	2,10-2,70
	SPT-2	4,20-4,80
	SPT-3	5,95-6,55
	SPT-4	7,70-7,90
S3	SPT-1	2,20-2,80
	SPT-2	4,20-4,80
	SPT-3	6,20-6,55
	SPT-4	8,40-8,85

### 2.1.3 Toma de muestras

El objetivo de la toma de muestras es la realización de los ensayos de laboratorio necesarios. Por lo tanto deben estar tomadas en unas condiciones que aseguren la viabilidad y representatividad de resultados de dichos ensayos. Durante la ejecución de los sondeos se tomaron varias muestras de suelo y roca (Tabla II.VIII) de Categoría A según el Documento Básico SE-C del Código Técnico de la Edificación (aquellas que mantienen inalteradas: estructura, densidad, humedad, granulometría, plasticidad y componentes químicos estables). Tras su parafinado o protección conveniente se llevaron al laboratorio para ensayarlas en el mejor estado posible.

TABLA II.VIII. Muestras tomadas en los sondeos.

Sondeo	Muestra	Cota (m)
S1	MI-1	1,50-1,80
	TP-1	4,30-4,50
	TP-2	4,40-4,60
S2	MI-1	1,50-2,10
	MI-2	3,60-4,20
	MI-3	5,50-5,95
	MI-4	7,50-7,70
S3	MI-1	1,60-2,20
	MI-2	3,60-4,20
	MI-3	6,00-6,20
	MI-4	8,25-8,40

Leyenda: MI, muestra inalterada; TP, testigo parafinado.





## 2.2 TRABAJOS DE LABORATORIO

Con el fin de caracterizar los materiales involucrados en este estudio, se realizaron diferentes ensayos con las muestras obtenidas en los sondeos. Todas las pruebas de laboratorio han sido planificadas en base a la normativa UNE.

### 2.2.1 Ensayos de identificación y estado

Las pruebas efectuadas se detallan a continuación (Tabla II.IX):

- Análisis granulométrico por tamizado, según la norma UNE-EN ISO 17892-4:2019, para determinar la distribución de tamaños de grano del suelo. Es uno de los ensayos más sencillos y principales para la caracterización, ya que permite aproximarse a las características geotécnicas primordiales del suelo como la deformabilidad, la capacidad portante o la permeabilidad.
- Límites de plasticidad o de Atterberg, que caracterizan los cuatro estados de consistencia de los suelos: estado sólido, estado semisólido, estado plástico y estado semilíquido o viscoso. Se establece con la determinación del límite líquido, mediante la cuchara de Casagrande, y del límite plástico, en base a UNE-EN ISO 17892-12:2019.
- Humedad natural, que relaciona el peso del agua que contiene la muestra y el peso de sus sólidos. Se procede mediante secado en estufa, de acuerdo con UNE-EN ISO 17892-1:2015.
- Densidad, que es la relación existente entre la masa y el volumen de un suelo o roca. Se utiliza el método de la balanza hidrostática, según UNE 103301:1994, para determinar densidad húmeda y seca. Y de acuerdo con UNE-EN ISO 17892-3:2018, para definir el peso específico.

TABLA II.IX. Ensayos de identificación y estado realizados.

Sondeo	Muestra	Granulometría	Límites	Humedad	Densidad
S1	MI-1	1	1	1	1
S2	MI-2	1	1	1	1
	MI-3	1	1	1	1
	MI-4	1	1	1	1
S3	MI-2	1	1	1	1
	MI-3	1	1	1	1
	MI-4	1	1	1	1
<b>Determinaciones</b>		<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>

Leyenda: MI, muestra inalterada.



### 2.2.2 Ensayos mecánicos

Las diferentes pruebas mecánicas realizadas son las siguientes (Tabla II.X):

- Ensayo edométrico o de compresibilidad, en base a UNE 103405:1994. Mide los asientos producidos en una muestra al someterla a diferentes presiones verticales bajo confinamiento lateral, permitiendo el drenaje de las caras superior e inferior.
- Corte directo consolidado-no drenado (CU), según UNE 103401:1998, para la determinación de la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos. Se hace deslizar una porción de muestra respecto a otra a través de un plano predeterminado por medio de la acción de una fuerza de corte horizontal variable, mientras se aplica un peso perpendicular al plano del movimiento.
- Resistencia a compresión simple en suelos, de acuerdo con UNE-EN ISO 17892-7:2019, para calcular la resistencia a la compresión no confinada de una muestra. Se realiza colocando una muestra cilíndrica en una prensa.

TABLA II.X. Ensayos mecánicos efectuados sobre las diferentes muestras.

Sondeo	Muestra	Edométrico	Corte directo	Compresión simple
S1	MI-1	1		1
S2	MI-2		1	1
	MI-3		1	1
	MI-4			
S3	MI-2		1	1
	MI-3			1
	MI-4			
<b>Determinaciones</b>		1	3	5

Leyenda: MI, muestra inalterada.

### 2.2.3 Ensayos de agresividad química

Las pruebas más comunes para determinar la agresividad de un suelo hacia el hormigón son, por un lado, el contenido en sulfatos, y por otro, el grado de acidez de Baumann-Gully. El ataque del hormigón por sulfatos es uno de los procesos más agresivos. Se origina una reacción química, que conlleva la formación de un compuesto sumamente expansivo. Provoca la fisuración y genera la disgregación del material (Cánovas, 1994). El ensayo de acidez de Baumann-Gully, consiste en cuantificar los iones hidrógeno que el horizonte O (humus) puede liberar. Los suelos que contienen materia orgánica en proporciones elevadas son capaces de ocasionar daños en el hormigón, al tener un alto grado de acidez.

En base a la información que se tiene acerca de las construcciones de la zona, el suelo no es agresivo químicamente. Además, en la bibliografía científica no se



encuentra referencia alguna sobre la potencial agresividad del terreno. Por ende, no se considera como un factor que condicione el tipo de hormigón a utilizar en la cimentación, y no se llevan a cabo ensayos de agresividad química.

En cuanto a las aguas, la evaluación de estas engloba el análisis de varios parámetros y compuestos: nivel de pH, medida del dióxido de carbono libre ( $\text{CO}_2$ ), concentración de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), porcentaje de magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), contenido en sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) y determinación del residuo seco a  $110^\circ\text{C}$ . Debido a las características geomorfológicas e hidrogeológicas de la parcela: topografía elevada, en una divisoria prominente sobre los valles de la cuenca, muy alejada de cauces, y sin probabilidad de alcance de una avenida o inundación; no se prevé que, de haberlas, puedan resultar agresivas hacia el hormigón, pero dado que no se cortó agua en ninguno de los sondeos no había muestras que tomar.



## **2.3 TRABAJOS DE GABINETE**

### **2.3.1 Caracterización de las unidades geotécnicas**

Tomando como criterios las observaciones de campo, así como los resultados de las diferentes prospecciones, ensayos de ejecución in situ y ensayos de laboratorio, se aborda la diferenciación en unidades geotécnicas. Para cada una de ellas se describen los materiales constituyentes, su geometría, cómo es la delimitación a muro y techo, los parámetros geotécnicos característicos, y el comportamiento geotécnico esperable.

Con toda esta información, se elaboran perfiles geotécnicos en los que se incluye la localización de los trabajos realizados, resultados de pruebas de campo y laboratorio, y la cota de cimentación estimada. El trazado de los distintos perfiles queda reflejado en el plano de prospecciones.

### **2.3.2 Determinación de la tipología de cimentación**

El tipo de cimentación se elige según las propiedades del suelo y de la tipología de la estructura. El terreno varía por su capacidad portante, por el grado de alterabilidad, por su deformabilidad, y por su excavabilidad, entre otras variables. En el tipo de estructura son decisivas las cargas, los asientos admisibles y la existencia o ausencia de sótanos (Yepes, 2020).

Una vez conocidas las unidades geotécnicas, se evalúa la solución de cimentación más adecuada sobre todo según los condicionantes del terreno. El diseño geotécnico supone determinar la presión de hundimiento para la estructura de apoyo y el cálculo de asientos totales (asiento instantáneo y asiento por consolidación).

### **2.3.3 Análisis de estabilización del talud**

Con el objetivo de estabilizar el talud de la forma más eficaz y económica posible, se realiza un análisis por medio del programa Rocscience Slide (v.6.0). Se introducen los parámetros estimados en este informe para asignar al terreno de su comportamiento geotécnico, y se calcula el factor de seguridad (FS) para la situación actual de la ladera. Una vez interpretado dicho modelo, se incluyen las actuaciones a llevar a cabo con el propósito de obtener un coeficiente más alto que garantice la seguridad.

Puesto que se desconoce en detalle la piezometría del área de estudio, para reflejar la potencial influencia de la presión de poros en los materiales se introduce el parámetro  $R_u$ , definido para cada litología de la siguiente forma:



$$R_U = \frac{u}{\gamma_i \times z_i}$$

Siendo:

- u Presión de poros.
- $\gamma_i$  Peso unitario total del suelo.
- $z_i$  Profundidad correspondiente a la presión de poros u.

En la comprobación se asume que los materiales con comportamiento tipo suelo siguen un criterio de rotura Mohr-Coulomb, mientras que el sustrato rocoso rompe según Hoek-Brown (Hoek et al., 2002). El análisis se efectúa por el método de las dovelas considerando la opción de Bishop simplificada (Bishop, 1955). Por último, una vez obtenido el FS adecuado, se deben realizar las comprobaciones pertinentes (deslizamiento, vuelco, hundimiento, estabilidad global y local) para las medidas a ejecutar.



### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 TRABAJOS DE CAMPO

En este apartado se detallan todos los resultados obtenidos en las diferentes labores de campo realizadas.

##### 3.1.1 Prospecciones

###### 3.1.1.1 Calicatas

En las dos calicatas efectuadas no se identifica el nivel freático, ambas permanecen secas. Además, las paredes de las excavaciones se mantienen estables. En la C1 se cortan tres niveles de materiales (Tabla III.I).

TABLA III.I. Testificación simplificada de la calicata C1.

Profundidad (m)	Descripción
0,00-0,80	Gravas heterométricas angulosas y bloques decimétricos, en una matriz predominantemente arcillosa y de color marrón.
0,80-1,40	Arcillas moderadamente firmes, de tonos ocre y grisáceos, algo arenosas y con presencia de alguna grava centimétrica de caliza.
1,40-1,60	Calizas grisáceas, algo arenosas, altamente karstificadas.

Como se puede observar en la Tabla III.II, la C2 pese a tener una mayor profundidad, atraviesa un nivel menos. Las fotografías y las columnas se representan en el Anexo I.

TABLA III.II. Testificación simplificada de la calicata C2.

Profundidad (m)	Descripción
0,00-1,70	Bloques decimétricos y gravas heterométricas angulosas, dispuestas entre una matriz fundamentalmente arcillosa y marrón.
1,70-2,30	Arcillas firmes, algo arenosas, de colores ocre y verdosos, y con presencia de alguna grava centimétrica ocasional.

###### 3.1.1.2 Sondeos mecánicos

A continuación, se muestran los resultados de los tres sondeos realizados. Todas las columnas y el fotocontrol llevado a cabo aparecen en el Anexo II. La descripción de los distintos niveles obtenidos en el S1, así como el grado de meteorización de estos, se representa en la Tabla III.III.



TABLA III.III. Resultados del sondeo S1.

Profundidad (m)	Descripción	Grado de meteorización (ISRM, 1981)
0,00-1,20	Gravas angulosas de tamaño centimétrico, en una matriz limo-arcillosa gris.	
1,20-1,80	Arcillas limosas ocre, firmes, de baja plasticidad.	IV-VI
1,80-2,10	Calizas grisáceas altamente karstificadas, rellenas de arcillas ocre blandas y fragmentos centimétricos de caliza.	IV
2,10-2,80	Tramo sano de calizas grisáceas.	II
2,80-3,70	Calizas grisáceas karstificadas, rellenas de arcillas ocre blandas y fragmentos centimétricos de caliza.	III
3,70-3,80	Tramo sano de calizas grisáceas.	II
3,80-6,30	Calizas grisáceas altamente karstificadas, rellenas de arcillas, algo arenosas, ocre y blandas.	V

En la Tabla III.IV, se recogen los resultados de la prospección S2 a modo de testificación simplificada.

TABLA III.IV. Descripción de los tramos del sondeo S2.

Profundidad (m)	Descripción
0,00-3,30	Arcillas marrones y blandas, que contienen algunas gravas centimétricas ocasionales y niveles milimétricos de arena.
3,30-6,55	Limos arcillosos marrones, de firmes a muy firmes.
6,55-6,90	Arcillas blandas de tonalidad naranja.
6,90-7,90	Arenas de color naranja y compacidad media, que contienen algo de arcilla.
7,90-8,40	Arcillas firmes de tonalidad anaranjada, que contienen algo de arena.
8,40-10,05	Arenas finas de color blanco, que contienen abundantes terrones limosos y blandos.

La descripción de las distintas capas alcanzadas en el S3 se representa detalladamente en la Tabla III.V.



TABLA III.V. Resultados del sondeo S3.

Profundidad (m)	Descripción
0,00-1,40	Bloques y gravas heterométricas, que ocasionalmente, presentan una matriz limosa de tonos marrones.
1,40-2,40	Arcillas de color marrón oscuro, algo arenosas, que de vez en cuando contienen gravas centimétricas, y abundante materia orgánica.
2,40-4,80	Arcillas anaranjadas y plásticas, de firmes a muy firmes.
4,80-5,30	Arenas de tonalidad naranja y compacidad entre media y alta.
5,30-5,40	Arenisca de grano grueso.
5,40-6,20	Arcilla de color gris claro, con algo de arena, de baja plasticidad y firmes.
6,20-6,55	Arenas anaranjadas, que presentan arcilla.
6,55-7,20	Arenisca que contiene, arcilla blanda rellenando las juntas.
7,20-7,30	Arenisca de grano grueso.
7,30-8,00	Arenas arcillosas, naranjas y blandas.
8,00-8,40	Arena fina, de compacidad media y tonalidad naranja.
8,40-9,40	Arena fina, de color blanquecino.
9,40-11,35	Arena gruesa, de tonalidad blanquecina.
11,35-12,30	Arena fina, de tonos blancos.

### 3.1.1.3 Pruebas de penetración dinámica

Las gráficas resultantes de estos datos se reflejan en el Anexo III. El número de golpes efectuados cada 20 cm en las pruebas P1, P2 y P3, se muestra en la Tabla III.VI.

TABLA III.VI. Resultados de los ensayos P1, P2 y P3.

P1		P2		P3	
Profundidad (m)	Golpes	Profundidad (m)	Golpes	Profundidad (m)	Golpes
0,00-0,20	2	0,00-0,20	7	0,00-0,20	3
0,20-0,40	6	0,20-0,40	5	0,20-0,40	6
0,40-0,60	25	0,40-0,60	6	0,40-0,60	12
0,60-0,80	15	0,60-0,80	6	0,60-0,80	12
0,80-1,00	4	0,80-1,00	4	0,80-1,00	7
1,00-1,20	5	1,00-1,20	38	1,00-1,20	22
1,20-1,40	16	1,20-1,40	100	1,20-1,40	39
1,40-1,60	100			1,40-1,60	100

Cabe destacar que las pruebas P4, P5 y P6 penetran más fácilmente en el terreno, siendo necesarios menos golpes para avanzar en los metros más superficiales, y alcanzando el rechazo a una mayor profundidad (Tabla III.VII).





TABLA III.VII. Resultados de los ensayos P4, P5 y P6.

<b>P4</b>	
<b>Profundidad (m)</b>	<b>Golpes</b>
0,00-0,20	1
0,20-0,40	1
0,40-0,60	1
0,60-0,80	3
0,80-1,00	3
1,00-1,20	2
1,20-1,40	1
1,40-1,60	3
1,60-1,80	3
1,80-2,00	2
2,00-2,20	2
2,20-2,40	1
2,40-2,60	3
2,60-2,80	2
2,80-3,00	2
3,00-3,20	3
3,20-3,40	4
3,40-3,60	3
3,60-3,80	5
3,80-4,00	7
4,00-4,20	11
4,20-4,40	13
4,40-4,60	8
4,60-4,80	10
4,80-5,00	9
5,00-5,20	11
5,20-5,40	12
5,40-5,60	16
5,60-5,80	38
5,80-6,00	100

<b>P5</b>	
<b>Profundidad (m)</b>	<b>Golpes</b>
0,00-0,20	2
0,20-0,40	4
0,40-0,60	11
0,60-0,80	7
0,80-1,00	3
1,00-1,20	3
1,20-1,40	4
1,40-1,60	3
1,60-1,80	3
1,80-2,00	4
2,00-2,20	27
2,20-2,40	100

<b>P6</b>	
<b>Profundidad (m)</b>	<b>Golpes</b>
0,00-0,20	4
0,20-0,40	14
0,40-0,60	7
0,60-0,80	13
0,80-1,00	9
1,00-1,20	6
1,20-1,40	3
1,40-1,60	7
1,60-1,80	7
1,80-2,00	2
2,00-2,20	9
2,20-2,40	24
2,40-2,60	12
2,60-2,80	4
2,80-3,00	14
3,00-3,20	9
3,20-3,40	15
3,40-3,60	28
3,60-3,80	100



### 3.1.2 Ensayos de ejecución in situ

Para las pruebas SPT, siguiendo la práctica habitual se considera como resultado de penetración ( $N_{SPT}$ ) la suma de los dos tramos intermedios del golpeo, salvo que se produzca rechazo (Tabla III.VIII).

TABLA III.VIII. Resultados de la pruebas de penetración estándar SPT.

Sondeo	Ensayo	Profundidad (m)	Golpeo	$N_{SPT}$
S1	SPT-1	6,00-6,30	28-50	R
S2	SPT-1	2,10-2,70	2-3-5-7	8
	SPT-2	4,20-4,80	5-15-14-13	29
	SPT-3	5,95-6,55	7-21-14-12	35
	SPT-4	7,70-7,90	43-50	R
S3	SPT-1	2,20-2,80	1-2-3-4	5
	SPT-2	4,20-4,80	6-10-12-20	22
	SPT-3	6,20-6,55	18-48-50	R
	SPT-4	8,40-8,85	33-46-50	R

Leyenda: R, rechazo.

Para interpretar correctamente los resultados de las pruebas anteriores se emplea una clasificación (Sanglerat, 1967), que permite correlacionar de forma orientativa el valor  $N_{SPT}$  con la consistencia o compacidad del suelo (Tabla III.IX).

TABLA III.IX. Clasificación de los suelos en función de los valores  $N_{SPT}$ .

Sondeo	Ensayo	Profundidad (m)	$N_{SPT}$	Suelo	Consistencia / Compacidad
S1	SPT-1	6,00-6,30	R	Cohesivo	Dura
S2	SPT-1	2,10-2,70	8	Cohesivo	Media
	SPT-2	4,20-4,80	29	Cohesivo	Dura
	SPT-3	5,95-6,55	35	Cohesivo	Dura
	SPT-4	7,70-7,90	R	Granular	Muy compacta
S3	SPT-1	2,20-2,80	5	Cohesivo	Blanda
	SPT-2	4,20-4,80	22	Cohesivo	Firme
	SPT-3	6,20-6,55	R	Granular	Muy compacta
	SPT-4	8,40-8,85	R	Granular	Muy compacta



### 3.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

#### 3.2.1 Pruebas de identificación y estado

Una vez ensayadas las muestras en el laboratorio, se obtienen los resultados recogidos en la Tabla III.X. La curva granulométrica determinada por tamizado, al igual que todas las actas, figura en el Anexo IV.

TABLA III.X. Distribución granulométrica.

		% que pasa						
		S1	S2			S3		
		MI-1	MI-2	MI-3	MI-4	MI-2	MI-3	MI-4
Tamiz (mm)	50	100	100	100	100	100	100	100
	40	100	91	100	100	100	100	100
	25	100	87	100	100	100	100	100
	20	100	84	100	100	99	100	100
	10	100	77	100	100	97	100	89
	5	98	68	100	100	97	95	80
	2	98	66	100	99	96	89	62
	0,4	95	65	99	82	88	64	28
	0,08	88,8	62,7	96,4	54,2	82,0	42,4	13,7

Leyenda: MI, muestra inalterada.

Las determinaciones de los límites de plasticidad, así como la humedad natural y las relaciones masa-volumen quedan representadas en la Tabla III.XI.

TABLA III.XI. Resultados de pruebas de identificación y estado.

		S1	S2			S3		
		MI-1	MI-2	MI-3	MI-4	MI-2	MI-3	MI-4
Límites de Atterberg	w <sub>L</sub>	38,0	31,9	25,5	24,1	56,9	23,8	-
	w <sub>P</sub>	30,4	25,9	20,9	20,0	30,6	21,1	-
	I <sub>P</sub>	7,6	6,0	4,6	4,2	26,3	2,7	No plástico
w (%)		25,2	13,0	16,2	19,7	28,7	12,7	7,5
Relaciones masa volumen	ρ (g/cm <sup>3</sup> )	1,908	2,061	2,184	2,163	1,919	2,325	1,967
	ρ <sub>d</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	1,524	1,824	1,880	1,807	1,491	2,063	1,830
	γ (kN/m <sup>3</sup> )	23,58	25,01	24,98	25,22	24,78	25,92	25,95

Leyenda: w<sub>L</sub>, límite líquido; w<sub>P</sub>, límite plástico; I<sub>P</sub>, índice de plasticidad; w, humedad natural; ρ, densidad aparente; ρ<sub>d</sub>, densidad seca; γ, peso específico aparente.



### 3.2.2 Pruebas mecánicas

Así mismo, los valores resultantes del ensayo edométrico o de compresibilidad, corte directo consolidado no drenado (CU), y resistencia a compresión simple en suelos, se reproducen en la Tabla III.XII.

TABLA III.XII. Resultados de las pruebas mecánicas.

		S1	S2			S3		
		MI-1	MI-2	MI-3	MI-4	MI-2	MI-3	MI-4
Edométrico	$C_c$	0,099						
	$C_s$	0,024						
Corte directo (CU)	$\phi$ (°)		6,0	33,2		7,0		
	$c$ (kPa)		130	37		34		
Compresión simple	$\sigma_c$ (kPa)	81	656	404		120	87	

Leyenda:  $C_c$ , índice de compresión;  $C_s$ , índice de hinchamiento;  $\phi$ , ángulo de rozamiento interno;  $c$ , cohesión;  $\sigma_c$ , resistencia a compresión simple.



### 3.3 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Gracias a los resultados de los trabajos realizados, se diferencian cinco unidades geotécnicas (UG) que se describen a continuación.

#### 3.3.1. Ia. Formación superficial: relleno antrópico

Suelo de gravas arcillosas (GC) mal graduadas, con fragmentos dispersos e irregulares de caliza de tamaño decimétrico. La matriz limo-arcillosa es de tonos marrones y grises. Presenta un espesor notablemente variable que oscila entre 0,80 y 1,70 m (Tabla III.XIII), y que según las diferentes prospecciones, gana potencia desde la parte noreste de la parcela hacia la zona suroeste.

TABLA III.XIII. Profundidad y espesor del relleno antrópico en las diferentes prospecciones.

Prospección	Profundidad (m)	Ia. Formación superficial: relleno antrópico		
		Profundidad inicial (m)	Profundidad final (m)	Espesor (m)
S1	6,30	0,00	1,20	1,20
C1	1,60	0,00	0,80	0,80
C2	2,30	0,00	1,70	1,70
P1	1,55	0,00	1,55	1,55
P2	1,30	0,00	1,30	1,30
P3	1,50	0,00	1,50	1,50

Cabe mencionar que, aunque los ensayos de penetración dinámica P1, P2 y P3 llegan a profundidades comprendidas entre 1,30 y 1,55 m, se consideran como falsos rechazos, al ser posiblemente provocados por la presencia de grandes bloques. Así mismo, los golpes obtenidos hasta la cota de rechazo son muy bajos, por lo que se trata de un relleno relativamente suelto. Los parámetros geotécnicos asignados se muestran en la Tabla III.XIV.

TABLA III.XIV. Parámetros geotécnicos del relleno antrópico.

	Ia. Formación superficial: Relleno antrópico
$\gamma$ (kN/ m <sup>3</sup> )	19,0
$\phi$ (°)	31,0
c (kPa)	6,0
E (kPa)	250

Leyenda:  $\gamma$ , peso específico aparente;  $\phi$ , ángulo de rozamiento interno; c, cohesión; E, módulo de deformación.



### 3.3.2. Ib. Formación superficial: arcilla eluvial

Suelo de arcillas inorgánicas de baja plasticidad (CL), moderadamente firmes, algo arenosas, y con alguna grava ocasional. Presenta tonos marrones y verdosos. Tiene una potencia de 0,60 m (Tabla III.XV), y tanto el contacto superior como el inferior son completamente irregulares. La base se apoya sobre caliza karstificada.

TABLA III.XV. Profundidad y espesor de la arcilla eluvial en los distintos trabajos de campo.

Prospección	Profundidad (m)	Ib. Formación superficial: arcilla eluvial		
		Profundidad inicial (m)	Profundidad final (m)	Espesor (m)
S1	6,30	1,20	1,80	0,60
C1	1,60	0,80	1,40	0,60
C2	2,30	1,70	2,30	0,60

Los parámetros geotécnicos (Tabla III.XVI) se asignan en base a los resultados obtenidos en las pruebas de penetración DPSH, SPT, y en los ensayos de laboratorio. Además, para esta definición se tienen en cuenta diferentes documentos geotécnicos de referencia (Ministerio de Fomento, 2002a; Ministerio de Vivienda, 2006).

TABLA III.XVI. Parámetros geotécnicos de la arcilla eluvial.

	Ib. Formación superficial: Arcilla eluvial
$\gamma$ (kN/ m <sup>3</sup> )	19,0
$\phi$ (°)	27,0
c (kPa)	13,0
E (kPa)	400

Leyenda:  $\gamma$ , peso específico aparente;  $\phi$ , ángulo de rozamiento interno; c, cohesión; E, módulo de deformación.

### 3.3.3. Ila. Sustrato rocoso: caliza karstificada

Calizas grisáceas en ocasiones arenosas, muy karstificadas, y por lo general, altamente meteorizadas. La unidad se presenta como una alternancia de tramos de roca sanos, de poca potencia y más frecuentes hacia el techo; y otros intensamente meteorizados, que se recuperan como fragmentos de roca centimétricos embebidos en una matriz arcillosa, o directamente niveles completamente arcillosos y ausentes de estructura. La matriz rocosa tiene grado de alteración II (ISRM, 1981). En términos de resistencia mecánica equivale a una roca blanda (ISRM, 1978). La base de la UG se apoya en arcillas. En la Tabla III.XVII se muestran las profundidades alcanzadas por los materiales que conforman este nivel.



TABLA III.XVII. Profundidad y espesor de la caliza karstificada hasta el final del sondeo S1 y de la calicata C1.

Prospección	Profundidad (m)	IIa. Sustrato rocoso: caliza karstificada		
		Profundidad inicial (m)	Profundidad final (m)	Espesor (m)
S1	6,30	1,80	6,30	4,50
C1	1,60	1,40	1,60	0,20

Las propiedades geotécnicas características de esta unidad (Tabla III.XVIII) corresponden a los tramos más alterados, y por tanto, no son representativas de la caliza sana.

TABLA III.XVIII. Parámetros geotécnicos de la UG IIa.

IIa. Sustrato rocoso: Caliza karstificada	
$\gamma$ (kN/ m <sup>3</sup> )	21,0
$\phi$ (°)	29,0
c (kPa)	20,0
E (MPa)	7,0

Leyenda:  $\gamma$ , peso específico aparente;  $\phi$ , ángulo de rozamiento interno; c, cohesión; E, módulo de deformación.

### 3.3.4. IIb. Sustrato rocoso: arcillas

Esta UG se denomina sustrato rocoso porque no corresponde a las formaciones superficiales del Cretácico, pero geotécnicamente se comporta como un suelo. Está formada por una alternancia de arcillas, limos, y arcillas arenosas, cuya consistencia aumenta con la profundidad, de blanda a dura (Sanglerat, 1967). Hacia el muro de la unidad, aparecen con mayor frecuencia niveles más arenosos. Ocasionalmente, en el sondeo S3 se presenta alguna capa de arenisca o de microconglomerado con espesor de hasta 50 cm, cuya continuidad lateral se pierde (no aparece en el S2), por lo que, se presupone como de morfología lenticular. La potencia oscila entre 8,00 y 8,40 m, y la base se apoya sobre arenas. En la Tabla III.XIX se muestran las profundidades alcanzadas en las diferentes prospecciones.

TABLA III.XIX. Profundidad y espesor de la UG IIb.

Prospección	Profundidad (m)	IIb. Sustrato rocoso: arcillas		
		Profundidad inicial (m)	Profundidad final (m)	Espesor (m)
S2	10,05	0,00	8,40	8,40
S3	12,30	0,00	8,00	8,00
P4	5,90	0,00	5,90	5,90
P5	2,40	0,00	2,40	2,40
P6	3,75	0,00	3,75	3,75



Las propiedades geotécnicas obtenidas para estas arcillas, tales como el ángulo de rozamiento o la cohesión, se indican a continuación (Tabla III.XX).

TABLA III.XX. Parámetros geotécnicos de la UG IIb.

	<b>IIb. Sustrato rocoso: Arcillas</b>
<b><math>\gamma</math> (kN/ m<sup>3</sup>)</b>	20,0
<b><math>\phi</math> (°)</b>	14,0
<b>c (kPa)</b>	24,0
<b>E (MPa)</b>	5,0

Leyenda:  $\gamma$ , peso específico aparente;  $\phi$ , ángulo de rozamiento interno; c, cohesión; E, módulo de deformación.

### 3.3.5. IIc. Sustrato rocoso: arenas

Al igual que la UG anterior, se comporta geotécnicamente como un suelo. Se corresponde con la parte inferior de la zona de estudio, y está formada por arenas con tamaño de grano que oscila entre fino y grueso. Presenta colores blancos anaranjados, y en ocasiones, capas de limos. La unidad presenta compacidad media que incrementa a densa en profundidad (Sanglerat, 1967). En la Tabla III.XXI se muestran las profundidades alcanzadas por los materiales que conforman este nivel.

TABLA III.XXI. Profundidad y espesor de la UG IIc hasta el final de los sondeos S2 y S3.

Prospección	Profundidad (m)	IIc. Sustrato rocoso: arenas		
		Profundidad inicial (m)	Profundidad final (m)	Espesor (m)
<b>S2</b>	10,05	8,40	10,05	1,65
<b>S3</b>	12,30	8,00	12,30	4,30

Las características geotécnicas, asignadas en base a los resultados obtenidos en los diferentes ensayos, se exponen en la Tabla III.XXII.

TABLA III.XXII. Parámetros geotécnicos de la UG IIc.

	<b>IIc. Sustrato rocoso: Arenas</b>
<b><math>\gamma</math> (kN/ m<sup>3</sup>)</b>	19,0
<b><math>\phi</math> (°)</b>	33,0
<b>c (kPa)</b>	5,0
<b>E (MPa)</b>	8,0

Leyenda:  $\gamma$ , peso específico aparente;  $\phi$ , ángulo de rozamiento interno; c, cohesión; E, módulo de deformación.





### 3.4 SECCIONES GEOTÉCNICAS

En este apartado figuran los perfiles geotécnicos levantados según el trazado de la Figura 2.1. Para una mejor visualización se muestra la cota teórica de cimentación (Fig. 3.1), así como, la ubicación de las distintas prospecciones. Además, en cada unidad aparecen representados sus respectivos parámetros geotécnicos.

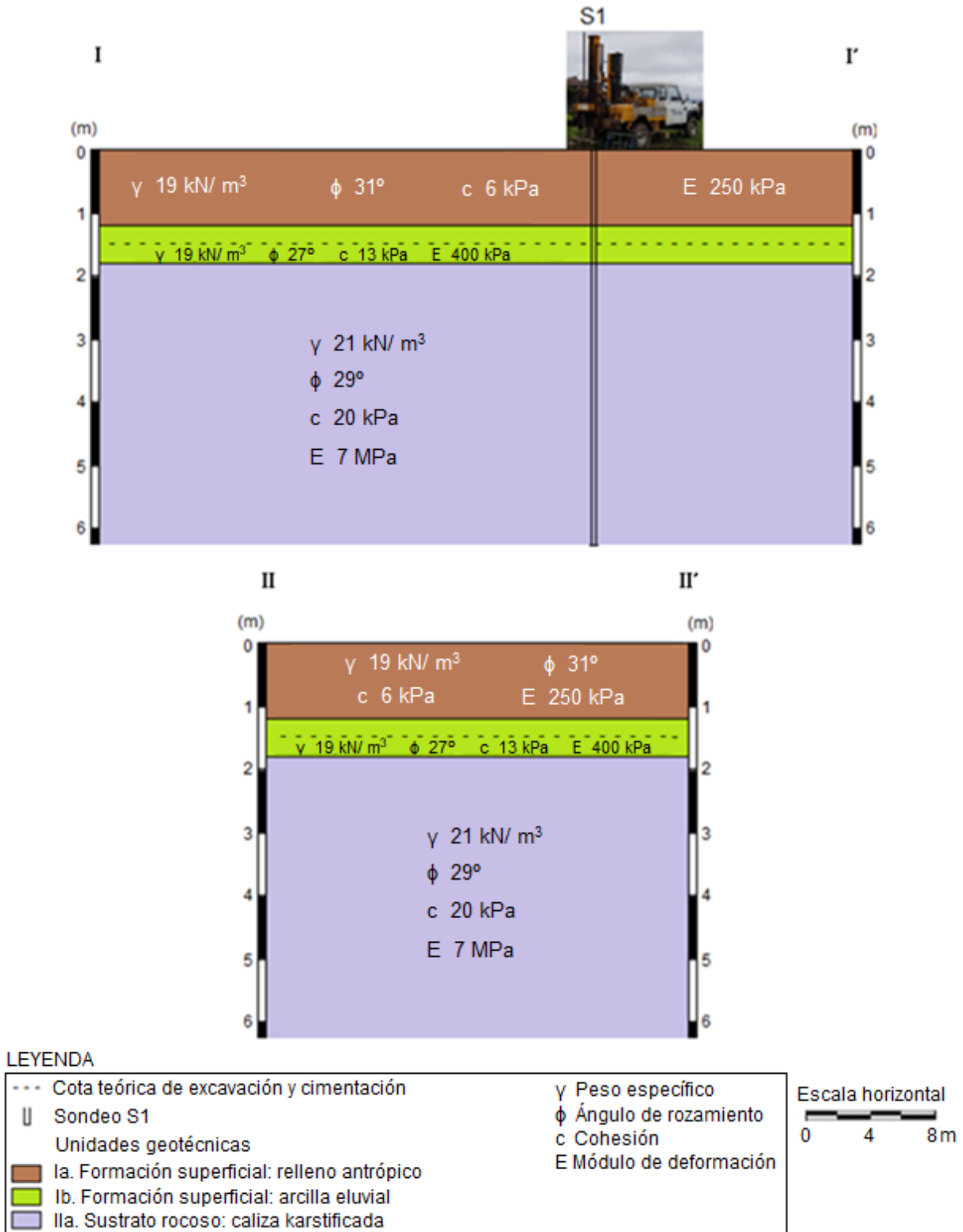


FIGURA 3.1. Secciones geotécnicas I-I' y II-II'.



En el perfil III-III' (Fig. 3.2) también se reproducen los resultados gráficos de las pruebas de penetración dinámica DPSH.

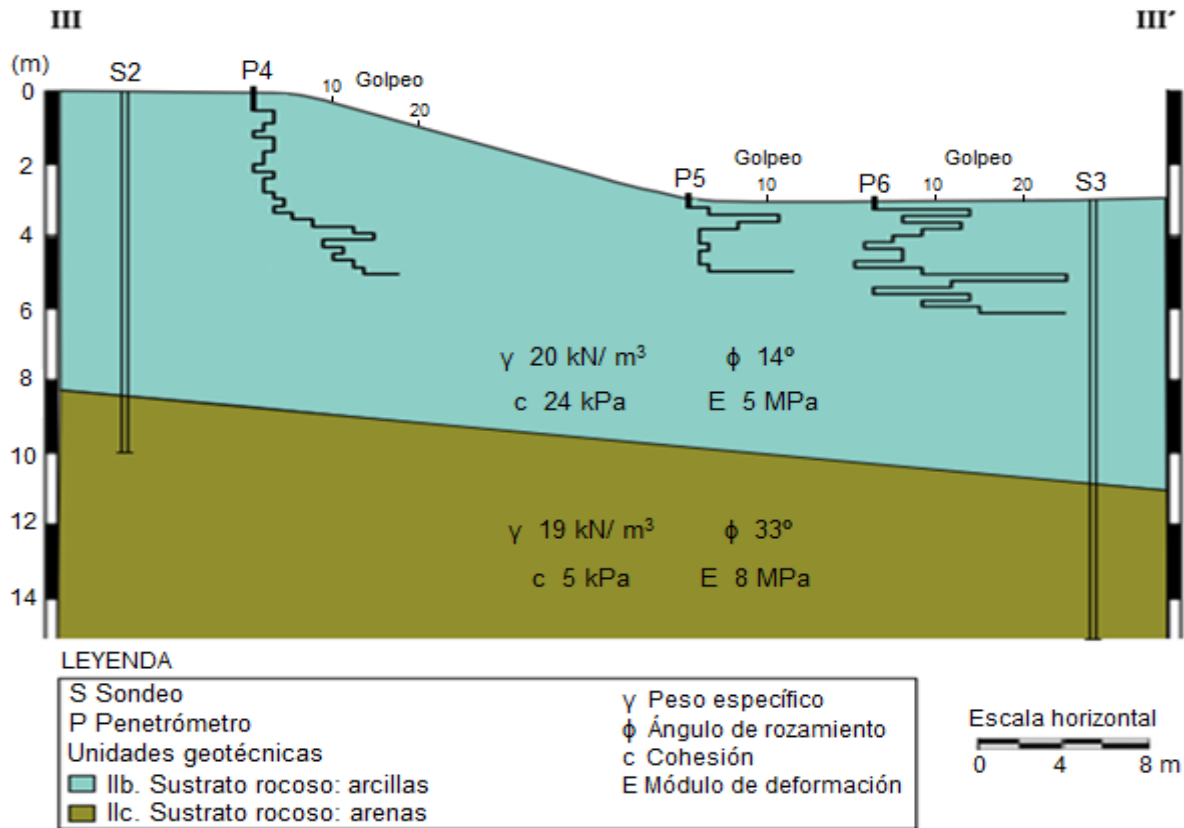


FIGURA 3.2. Sección geotécnica III-III'.

La sección IV-IV' está orientada en la dirección de máxima pendiente de la ladera (Fig. 3.3).

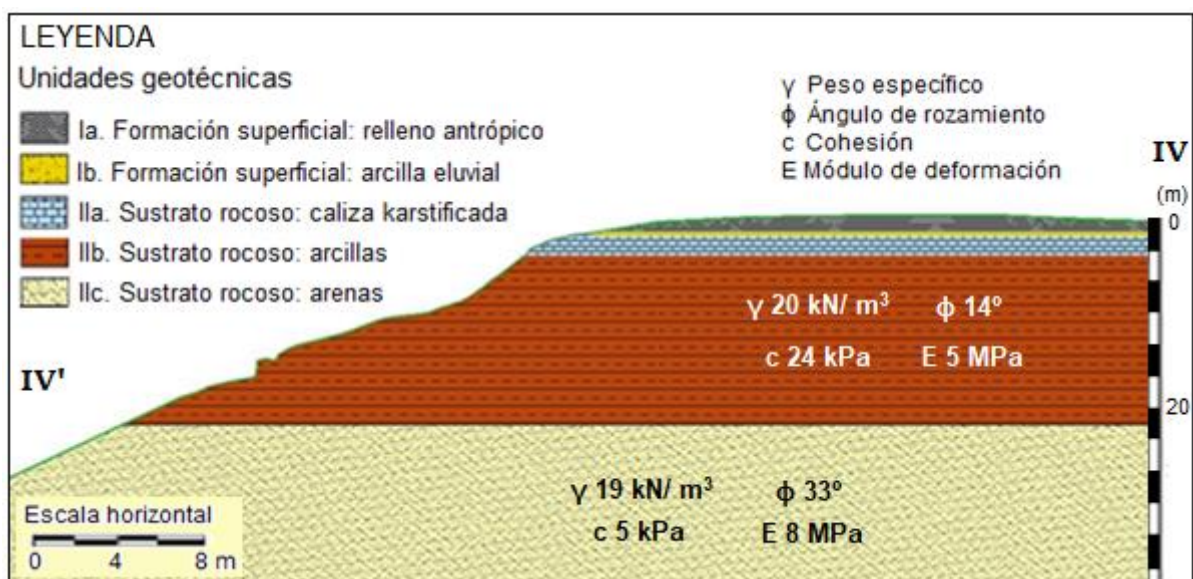


FIGURA 3.3. Perfil geotécnico IV-IV'.



### 3.5 CONDICIONES DE EXCAVACIÓN

#### 3.5.1 Excavabilidad de los materiales

Los materiales pueden clasificarse en tres categorías, en función de su facilidad de extracción (Tabla III.XXIII), según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

TABLA III.XXIII. Categoría de excavación (Ministerio de Fomento, 2011).

Categoría	Descripción
<b>Excavación en roca</b>	Para masas de roca, depósitos estratificados, y materiales que presenten características de roca masiva o que se encuentren cementados tan sólidamente que tengan que ser excavados mediante el uso de explosivos.
<b>Excavación en terreno de tránsito</b>	En materiales formados por rocas descompuestas, tierras muy compactas, y todos aquellos en que, no siendo necesario para su excavación el empleo de explosivos, sea precisa la utilización de escarificadores profundos y pesados. Es decir, requieren de una operación previa de ripado para su extracción.
<b>Excavación en tierra</b>	Comprende a todos los materiales no incluidos en los apartados anteriores. Se pueden extraer con maquinaria convencional.

Considerando la testificación de las calicatas y los sondeos realizados, así como el golpeo obtenido en los ensayos de penetración dinámica, se puede clasificar la extracción del relleno antrópico y de la arcilla eluvial como “excavación en tierra”.

Ahora bien, contemplando la posibilidad de introducir un sótano habría que analizar la excavabilidad del sustrato rocoso, ya que, la estructura apoyaría sobre la caliza karstificada. Para ello, se utiliza la clasificación de Pettifer y Fookes (1994) que relaciona el índice RQD (Rock Quality Designation) con la resistencia a compresión. El RQD se puede obtener en este caso calculando el porcentaje de testigo de roca carbonatada superior a 10 cm. Dado que en el sondeo S1 la caliza va desde 1,80 m a 6,30 m, el índice es igual a:

$$RQD (\%) = \frac{11 \text{ cm} + 15 \text{ cm} + 10,5 \text{ cm}}{630 \text{ cm} - 180 \text{ cm}} \times 100 = 8,11 \%$$

A su vez, el valor de la resistencia a la compresión simple se extrae a partir de la siguiente clasificación (Tabla III.XXIV).



TABLA III.XXIV. Clasificación de la resistencia de la roca matriz (ISRM, 1981; Bieniawski, 1973).

DESCRIPCIÓN	Resistencia a la compresión simple (MPa)
Extremadamente blanda	<1
Muy blanda	1-5
Blanda	5-25
Moderadamente dura	25-50
Dura	50-100
Muy dura	100-250
Extremadamente dura	>250

Como equivale a una roca blanda la resistencia a compresión es de entre 5 y 25 MPa, y para analizar la excavabilidad se utiliza el valor intermedio de 15 MPa. Como se observa en la Figura 3.4, sería una excavación difícil y habría que recurrir con excavadora hidráulica.

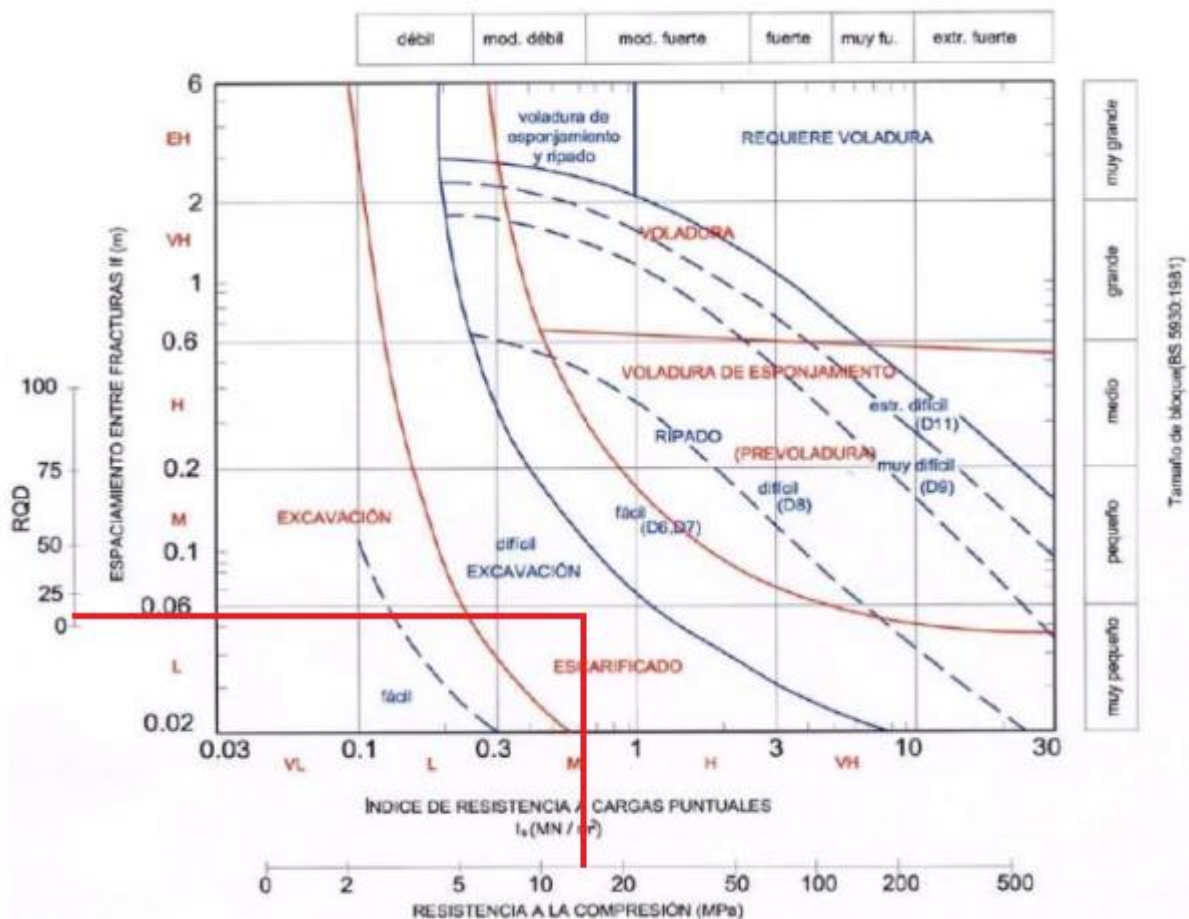


FIGURA 3.4. Clasificación de la excavabilidad del sustrato rocoso (Pettifer y Fookes, 1994).



### **3.5.2 Soluciones técnicas**

Teniendo en cuenta el apartado anterior, la potencia y distribución de las diferentes unidades geotécnicas, la pendiente de la parcela, y la entidad de la obra a ejecutar, se considera que los materiales presentes superficialmente en la parcela objeto de estudio (relleno antrópico y arcilla eluvial), permiten ser excavados mediante métodos convencionales, como excavadoras hidráulicas con cazo tipo retro, hasta la profundidad de la cota de cimentación estimada (-1,50 m).

La pendiente de la zona donde se pretende realizar la edificación de las viviendas (inferior a 3º) y la cota de cimentación (-1,50 m), implican una reducida excavación a realizar y que, consecuentemente, no se ocasionen taludes de la entidad suficiente como para generarse inestabilidad de estos. Por lo tanto, no se requiere un análisis de estabilidad de taludes en la zona a excavar.

En cambio, con la opción de una planta bajo rasante habría que seguir excavando hasta una cota aproximada de -4,50 m y no con los mismos medios convencionales de extracción, ya que, a partir de 2,10 m de profundidad se necesitaría maquinaria equipada con martillo rompedor hidráulico para atravesar la caliza sana. No obstante, solo sería necesario en los tramos de la roca carbonatada que no están alterados, es decir, en la mayor parte de la caliza karstificada se podría seguir excavando con maquinaria convencional al igual que en las dos unidades más superficiales. En este caso, con una cota de cimentación y excavación de -4,50 m si sería necesario tender taludes, y por ende, analizar la estabilidad de los mismos.



### 3.6 CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

#### 3.6.1 Soluciones técnicas

La cota teórica de cimentación se estima en -1,50 m, sin embargo, una vez conocidas las unidades geotécnicas y sus potencias se podría plantear descender 0,30 m más para apoyar la estructura sobre sustrato rocoso. Esta opción se descarta debido a que la caliza está tan karstificada que su comportamiento geotécnico se asemeja al suelo de alteración suprayacente.

En las diferentes prospecciones realizadas a lo largo de la zona de estudio, se observa que los contactos de la arcilla eluvial se sitúan a distintas cotas. Por lo tanto, en 1,50 m de profundidad, las edificaciones se apoyarán sobre materiales con diferente comportamiento geotécnico. De tal manera que, si se plantea una cimentación superficial por zapatas aisladas, pueden darse importantes asientos diferenciales entre ellas. Por otro lado, las zapatas corridas tienen que cubrir más de la mitad del área bajo el edificio y no resultan tan rentables económicamente.

Atendiendo a este condicionante se propone una cimentación directa mediante una losa, ya que reparte más la carga que se transmite al terreno, aportando una menor presión de apoyo y absorbiendo mejor posibles asientos diferenciales. La losa de cimentación es un tipo de estructura de hormigón armado que cubre toda la superficie bajo la edificación, soportando las columnas y/o muros, y repartiendo los esfuerzos de manera uniforme. Se suelen emplear al tratarse de suelos de baja capacidad portante, como en este caso.

#### 3.6.2 Capacidad portante

En este apartado se evaluará la capacidad portante de una losa de cimentación para una profundidad de empotramiento de 1,50 m.

##### 3.6.2.1 Presión de hundimiento

Se determina mediante la ecuación general de la presión de hundimiento de una cimentación directa, que se expresa de la siguiente manera:

$$q_h = c_k N_c d_c s_c i_c t_c + q_{0k} N_q d_q s_q i_q t_q + \frac{1}{2} B y_k N_y d_y s_y i_y t_y$$

Donde:

$q_h$	Presión vertical de hundimiento.
$q_{0k}$	Presión vertical en torno al nivel de la cimentación.
$c_k$	Cohesión del suelo.
$B$	Dimensión menor del cimiento en planta.
$y_k$	Peso específico del sedimento bajo la cimentación.





$N_c, N_q, N_\gamma$	Factor de cohesión, de sobrecarga y de peso específico, respectivamente. Dependientes del ángulo de rozamiento interno del suelo.
$d_c, d_q, d_\gamma$	Coefficientes de profundidad. Consideran la resistencia al corte del terreno situado arriba y alrededor de la base del cimiento.
$s_c, s_q, s_\gamma$	Factores que tienen en cuenta la morfología en planta de la cimentación.
$i_c, i_q, i_\gamma$	Coefficientes que valoran el efecto de inclinación de la resultante de las cargas que llegan al plano de cimentación.
$t_c, t_q, t_\gamma$	Factores que consideran la cercanía a los taludes.

Dado que no hay excentricidad en la aplicación de la carga, no es necesario emplear estos coeficientes ( $i_c, i_q, i_\gamma$ ) para corregir la ecuación. Del mismo modo, dado que no hay taludes relativamente próximos a la cimentación, no se aplican dichos factores de corrección ( $t_c, t_q, t_\gamma$ ). Por lo tanto, la fórmula de la presión de hundimiento o resistencia característica del suelo queda simplificada de la siguiente forma:

$$q_h = c_k N_c d_c s_c + q_{0k} N_q d_q s_q + \frac{1}{2} B \gamma_k N_\gamma d_\gamma s_\gamma$$

Para poder realizar los cálculos oportunos, se emplean las dimensiones de la losa y los parámetros geotécnicos (Tabla III.XXV) de la unidad sobre la que descansa la cimentación, en este caso la UG Ib (Formación superficial: arcilla eluvial), resultantes de los ensayos y de la documentación bibliográfica utilizada.

TABLA III.XXV. Dimensionado de la losa y parámetros geotécnicos utilizados en las ecuaciones.

<b>Ancho de la cimentación, B</b>	14 m
<b>Largo de la cimentación, L</b>	17 m
<b>Ángulo de rozamiento interno del terreno, <math>\phi</math></b>	27,0 °
<b>Cohesión del suelo, <math>c_k</math></b>	12,75 kN/m <sup>2</sup>
<b>Profundidad de empotramiento de la losa, D</b>	1,5 m
<b>Peso específico del terreno bajo la cimentación, <math>\gamma_k</math></b>	18,71 kN/m <sup>3</sup>
<b>Peso específico del suelo sobre la cimentación, <math>\gamma_0</math></b>	18,71 kN/m <sup>3</sup>

La estimación de la sobrecarga o presión vertical en torno al nivel de la cimentación ( $q_{0k}$ ), se consigue multiplicando la profundidad de empotramiento (D) por el peso específico sobre la losa ( $\gamma_0$ ).

$$q_{0k} = D \times \gamma_0 = 1,5 \text{ m} \times 18,71 \text{ kN/m}^3 = 28,07 \text{ kN/m}^2$$



Los coeficientes de capacidad de carga ( $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_y$ ) varían en función del ángulo de rozamiento. A continuación, se muestran los valores de estos factores para un ángulo de fricción de  $27^\circ$  (Meyerhof, 1951).

$$N_c = 23,94$$

$$N_q = 13,20$$

$$N_y = 9,46$$

Por su parte, los coeficientes de profundidad ( $d_c$ ,  $d_q$ ,  $d_y$ ) para una relación D/B menor o igual a 1, se rigen por las siguientes expresiones (Hansen, 1970).

$$d_c = 1 + \frac{0,4 D}{B} = 1 + \frac{0,4 \times 1,5 \text{ m}}{14 \text{ m}} = 1,04$$

$$d_q = 1 + \frac{2 \tan \phi (1 - \sin \phi) 2D}{B} = 1 + \frac{2 \tan 27^\circ (1 - \sin 27^\circ) 2 \times 1,5 \text{ m}}{14 \text{ m}}$$

$$d_q = 1,11$$

$$d_y = 1$$

Para cimentaciones superficiales con morfología de base rectangular, los factores de forma ( $s_c$ ,  $s_q$ ,  $s_y$ ) se determinan con las posteriores ecuaciones (Hansen, 1970).

$$s_c = 1 + \frac{B}{L} \left( \frac{N_q}{N_c} \right) = 1 + \frac{14 \text{ m}}{17 \text{ m}} \left( \frac{13,20}{23,94} \right) = 1,45$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi = 1 + \frac{14 \text{ m}}{17 \text{ m}} \tan 27^\circ = 1,37$$

$$s_y = 1 - 0,4 \left( \frac{B}{L} \right) = 1 - 0,4 \left( \frac{14 \text{ m}}{17 \text{ m}} \right) = 0,67$$

Con todos estos datos, se procede a resolver la fórmula simplificada de la capacidad de carga.

$$q_h = c_k N_c d_c s_c + q_{0k} N_q d_q s_q + \frac{1}{2} B \gamma_k N_y d_y s_y$$

$$q_h = 12,75 \text{ kN/m}^2 \times 23,94 \times 1,04 \times 1,45 + 28,07 \text{ kN/m}^2 \times 13,20 \times 1,11 \times 1,37 + 0,5 \times 14 \text{ m} \times 18,71 \text{ kN/m}^3 \times 9,46 \times 1 \times 0,67 = 1853,86 \text{ kN/m}^2$$

La presión neta ( $q_{neta}$ ), resulta de restar la presión de hundimiento bruta ( $q_h$ ) menos la presión vertical alrededor de la losa, en el nivel de su base ( $q_{0k}$ ), de tal forma que:



$$q_{neta} = q_h - q_{ok} = 1853,86 \text{ kN/m}^2 - 28,07 \text{ kN/m}^2 = 1825,79 \text{ kN/m}^2$$

El resultado final de la resistencia característica del terreno se suele expresar en presión admisible ( $q_{adm}$ ), siendo esta el cociente entre la presión neta ( $q_{neta}$ ) y el factor de seguridad apropiado ( $F$ ). Dicho coeficiente no debe ser menor que 3 en ninguna circunstancia, cuando se trata de losas de cimentación que se apoyan sobre arcillas, como en este caso concreto.

$$q_{adm} = \frac{q_{neta}}{F} = \frac{1825,79 \text{ kN/m}^2}{3} = 608,60 \text{ kN/m}^2 = 608,60 \text{ kPa}$$

El valor de tensión admisible obtenido (608,60 kPa), indica la presión que admite el terreno sin que este rompa con un margen de seguridad.

### 3.6.2.2 Análisis de asientos

Se necesita evaluar los asientos que puede sufrir la cimentación directa. Para ello, en primer lugar se determina el asiento instantáneo. Después, al tratarse de un suelo cohesivo, se calcula el asiento por consolidación. Por último, se analiza la distorsión angular que puede llegar a sufrir la losa, en el caso de producirse asientos diferenciales.

#### *Asiento instantáneo*

Al tratarse de arcillas se asume en primer lugar una deformación elástica bajo la aplicación de carga. Puesto que las ecuaciones para calcular el asiento instantáneo de estos materiales difieren si son arcillas normalmente consolidadas o, en cambio, sobreconsolidadas (índice de fluidez  $< 0$ ), se debe estimar el comportamiento de esta unidad.

$$I_F = \frac{(w - w_p)}{I_p} = \frac{(25,2 - 30,4)}{7,6} = -0,68$$

Donde:

$I_F$	Índice de fluidez o de liquidez.
$w$	Humedad natural.
$w_p$	Límite plástico.
$I_p$	Índice de plasticidad.

Dado que son arcillas sobreconsolidadas, se emplea la siguiente fórmula:

$$S_i = B q_{adm} \frac{(1 - \nu^2)}{E} I_p$$



Siendo:

$S_i$	Asiento instantáneo.
$B$	Ancho de la cimentación.
$q_{adm}$	Presión admisible.
$\nu$	Módulo de Poisson.
$E$	Módulo de deformación.
$I_p$	Factor dependiente de la relación entre el eje mayor y menor del cimiento en planta.

Con el fin de resolver esta operación, se utilizan las propiedades geotécnicas determinadas de la arcilla eluvial, así como el dimensionado característico de la losa (Tabla III.XXVI).

TABLA III.XXVI. Dimensiones del cimiento y parámetros geotécnicos de la UG para el cálculo del asiento instantáneo.

Ancho de la cimentación, $B$	1400 cm
Largo de la cimentación, $L$	1700 cm
Factor de influencia, $I_p$	1,05
Tensión admisible, $q_{adm}$	608,60 kPa
Coeficiente de Poisson, $\nu$	0,4
Módulo de elasticidad, $E$	39226,60 kPa

Sustituyendo las variables por sus valores se obtiene:

$$S_i = B q_{adm} \frac{(1 - \nu^2)}{E} I_p$$

$$S_i = 1400 \text{ cm} \times 608,60 \text{ kPa} \times \frac{(1 - 0,4^2)}{39226,60 \text{ kPa}} \times 1,05 = 19,16 \text{ cm}$$

Como se observa en los cálculos anteriores, los asientos instantáneos para una tensión máxima admisible del terreno (608,60 kPa) son claramente superiores a los (5 cm) tolerables para una losa (Tabla III.XXVII). Dado que se estima en 127,49 kPa la presión de servicio máxima que transmitirá la estructura al terreno, se repite el mismo procedimiento asumiendo este valor.



TABLA III.XXVII. Asientos generales admisibles (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 1988).

CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO	TERRENOS	
	Sin cohesión	Coherentes
Obras de carácter monumental.	12 mm	25 mm
Edificios con estructura de hormigón armado de gran rigidez.	35 mm	50 mm
Edificios con estructura de hormigón armado de pequeña rigidez. Estructuras metálicas hiperestáticas. Edificios con muros de fábrica.	50 mm	75 mm
Estructuras metálicas isostáticas. Estructuras de madera. Estructuras provisionales.	50 mm	75 mm

$$S_i = B q_{adm} \frac{(1 - \nu^2)}{E} I_p$$

$$S_i = 1400 \text{ cm} \times 127,49 \text{ kPa} \times \frac{(1 - 0,4^2)}{39226,60 \text{ kPa}} \times 1,05 = 4,01 \text{ cm}$$

En este caso, son inferiores a 5 cm. Sin embargo, aún se deben considerar los asientos por consolidación.

#### Asiento por consolidación

Es posible realizar este análisis gracias a los coeficientes de consolidación e hinchamiento que se obtienen en el ensayo edométrico (Tabla III.XXVIII). Como se trata de arcillas preconsolidadas se puede efectuar mediante la siguiente ecuación.

$$S_c = \frac{C_s H_c}{1 + e_0} \log \frac{p_0 + \Delta p_{prom}}{p_0}$$

Donde:

- $S_c$  Asiento por consolidación.
- $C_s$  Coeficiente de expansividad.
- $H_c$  Potencia de la capa de arcilla.
- $e_0$  Índice de poros inicial.
- $p_0$  Presión sobre la unidad antes de la cimentación.
- $\Delta p_{prom}$  Incremento promedio de la presión sobre la UG debido a la losa.



A su vez, el incremento del esfuerzo vertical ( $\Delta p_{prom}$ ), se consigue multiplicando la tensión admisible ( $q_{adm}$ ) por un factor de influencia (I), que varía en función de las medidas del cimiento y de la profundidad de cálculo bajo este.

TABLA III.XXVIII. Propiedades geotécnicas de la arcilla eluvial y coeficiente de influencia.

Índice de compresión, $C_c$	0,099
Índice de hinchamiento, $C_s$	0,024
Espesor de la capa, $H_c$	60 cm
Relación de vacíos inicial, $e_0$	0,542
Presión efectiva preliminar, $p_0$	28,07 kPa
Factor de influencia, I	0,247

Se procede a resolver la operación, reformulando la ecuación de esta manera:

$$S_c = \frac{C_s H_c}{1 + e_0} \log \frac{p_0 + q_{adm} I}{p_0}$$

$$S_c = \frac{0,024 \times 60 \text{ cm}}{1 + 0,542} \log \frac{28,07 \text{ kPa} + 127,49 \text{ kPa} \times 0,247}{28,07 \text{ kPa}} = 0,31 \text{ cm}$$

El asiento por consolidación resultante es de 0,31 cm, para una presión máxima de servicio de 127,49 kPa. Si se suma a los 4,01 cm de asiento instantáneo da lugar a un asiento total de 4,32 cm. Por ende, tolerable para una losa de cimentación.

### 3.6.3 Planteamiento de un sótano

Se propone la alternativa de introducir una planta bajo superficie. Dado que los sótanos tienen una profundidad de 3,00 m, la cota teórica de cimentación y excavación para este caso sería de -4,50 m. La estructura apoyaría entonces en la unidad geotécnica Ila (sustrato rocoso: caliza karstificada). Este planteamiento es completamente orientativo, dado que el bulbo de tensiones que generaría la cimentación estaría por debajo de la profundidad de investigación del proyecto. Dicho esto, se plantea cimentación directa mediante zapatas aisladas.

Es necesario matizar que si se llevase a cabo la pretensión constructiva planteada, sería fundamental obtener nueva información sobre el terreno por debajo de lo determinado con el primer informe. Para ello, las prospecciones deberían ser más profundas, y se propone realizar sondeos rápidos a rotoperCUSión en las localizaciones de cada zapata, para comprobar si hay huecos o materiales blandos bajo cada apoyo. También sería factible recurrir a alguna técnica geofísica como el georradar para buscar cavidades kársticas.



Todo esto, suponiendo que las calizas tienen suficiente resistencia para soportar la presión que transmiten las zapatas, que debe comprobarse durante el cálculo de la capacidad portante. Esta operación, tanto la presión de hundimiento como sus respectivos asentos no se puede determinar con la información aportada, debido a que no hay datos de los parámetros geotécnicos de la caliza karstificada necesarios para realizar el cálculo. Sería preciso ensayar en el laboratorio las muestras de esta unidad que se obtengan en los nuevos trabajos de campo, para obtener esas propiedades.





### 3.7 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

En este apartado se llevará a cabo un análisis para estabilizar el talud de la parcela que ha sufrido un deslizamiento y quebrado un muro de hormigón armado. Para realizar esta interpretación, se introducen en el programa Rocscience Slide (v.6.0) las propiedades de cada unidad geotécnica (Tabla III.XXIX), con el criterio de rotura de Mohr-Coulomb.

TABLA III.XXIX. Parámetros geotécnicos de los materiales.

	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	c (kPa)	$\phi$ (°)	$R_u$
Ia. Formación superficial: relleno antrópico	19,0	6,0	31,0	0,2
Ib. Formación superficial: arcilla eluvial	19,0	13,0	27,0	0,2
IIa. Sustrato rocoso: caliza karstificada	21,0	20,0	29,0	0,2
IIb. Sustrato rocoso: arcillas	20,0	24,0	14,0	0,3
IIc. Sustrato rocoso: arenas	19,0	5,0	33,0	0,1

Legenda:  $\gamma$ , peso específico aparente; c, cohesión;  $\phi$ , ángulo de rozamiento interno;  $R_u$ , parámetro de influencia de la presión de poros.

Con estos valores, se procede a realizar el análisis de estabilidad del talud (Fig. 3.5) para el método de Bishop simplificado, teniendo en cuenta el perfil geotécnico IV-IV' del apartado 3.4.

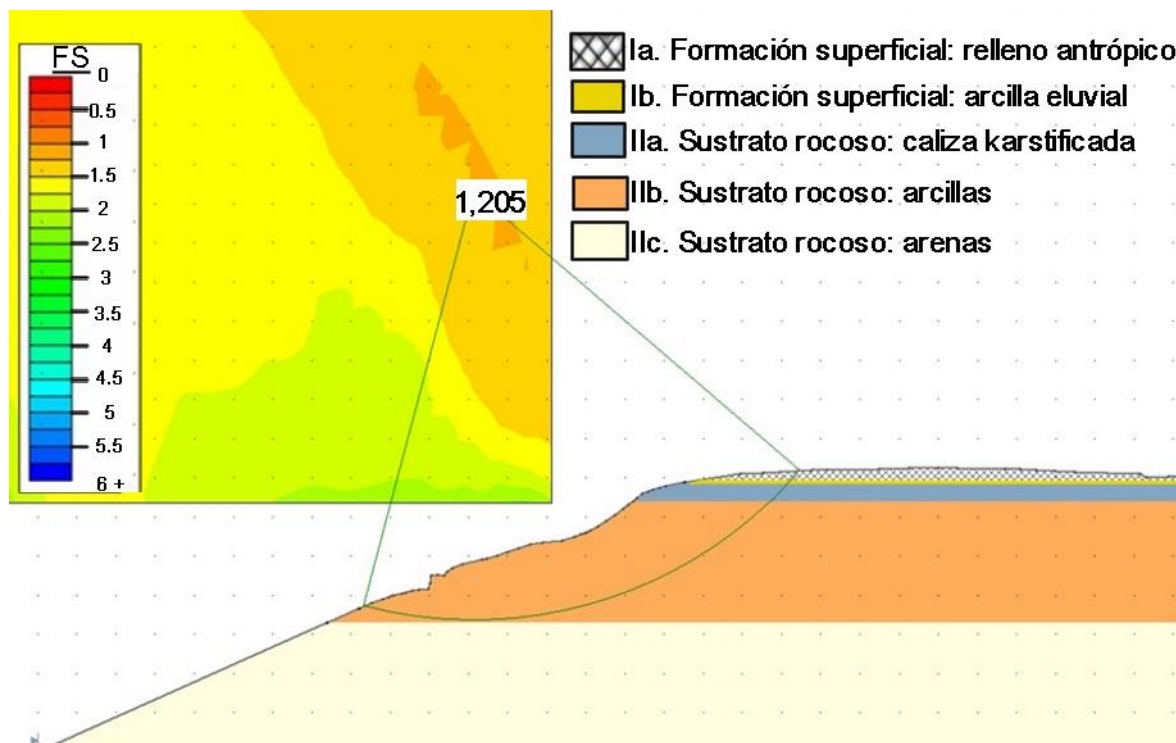


FIGURA 3.5. Factor de seguridad para la situación actual del talud.

Como se puede observar en la figura anterior, se obtiene un factor de seguridad (FS) de 1,205 para el estado inicial, por lo que, se constata que el valor está próximo



a la estabilidad teórica mínima (1) habiendo un margen de seguridad insuficiente, y se considera necesario llevar a efecto una actuación para garantizar la estabilidad ( $FS \geq 1,5$ ).

### 3.7.1 Propuesta de actuación

La solución propuesta consiste en una corrección geométrica de la pendiente, y en la proyección de una escollera colocada de contención, que se ajuste a lo establecido en la Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera (Ministerio de Fomento, 2006). Para ello, se realizará un saneo del material movilizado y se efectuará un retaluzado mediante bermas, de tal forma que, el talud resultante oscile entre  $10$  y  $17^\circ$ . Asimismo, se asegurará el pie del talud mediante una escollera (Fig. 3.6) de  $3,00$  m de altura cimentada sobre la UG IIb, cuya zapata se ha de hormigonar.

En el trasdós del alzado se colocará un relleno de  $1$  m de espesor, empleando pedraplén, y en ningún caso, el material retirado durante el saneo del talud. En la base del trasdós se recomienda colocar un tubo dren que recoja las aguas y las dirija a un pozo. Entre el relleno y el terreno natural se dispondrá un geotextil permeable que permita el paso del agua y no el de las partículas de suelo, para evitar la contaminación del pedraplén. En la zapata, se debe dejar sin hormigonar una ventana de  $1$  m cada  $3$  m lineales, para facilitar la evacuación de las aguas y evitar que se produzcan sobrepresiones en el trasdós.

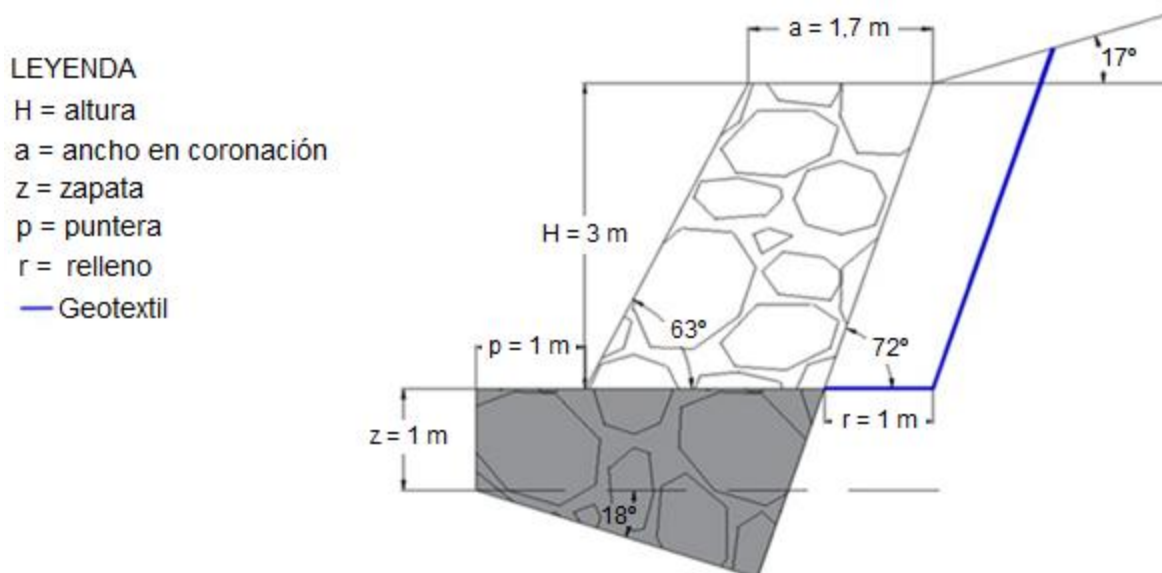


FIGURA 3.6. Definición geométrica de la sección tipo del muro de escollera.



### 3.7.2 Comprobaciones

#### 3.7.2.1 Deslizamiento y vuelco

Estos modos de fallo se calculan de acuerdo con lo fijado en la Guía de cimentaciones en obras de carretera (Ministerio de Fomento, 2002a). El factor de seguridad frente al deslizamiento queda determinado por la siguiente expresión:

$$F_d = \frac{V \tan \phi_c + B L c_c + R}{H}$$

Siendo:

$F_d$	Coeficiente de seguridad frente al deslizamiento.
$V$	La resultante de las acciones verticales.
$H$	La resultante de las fuerzas horizontales que actúan sobre el plano de cimentación.
$B, L$	Anchura y longitud de la cimentación.
$\phi_c$	Ángulo de rozamiento entre el terreno y la cimentación.
$c_c$	Cohesión terreno-cimentación.
$R$	Suma de las resistencias adicionales.

El cálculo de dicho factor se realiza en el Anexo V, dando como resultado un valor de 1,72. Este coeficiente es superior al límite establecido en la Guía ( $F_d \geq 1,50$ ). En cuanto al vuelco, la fórmula utilizada debe ser:

$$F_v = \frac{\sum M_{estabilizadores}}{\sum M_{volcadores}} = \frac{409,52}{152,30} = 2,69$$

Donde:

$F_v$	Factor de seguridad frente al vuelco.
$\sum$	Sumatorio.
$M$	Momentos de cada una de las acciones.

Como se puede observar en la ecuación y en el Anexo V de una forma más desglosada, el coeficiente de seguridad es 2,69 para el vuelco, bastante por encima del mínimo requerido ( $F_v \geq 2,00$ ).

#### 3.7.2.2 Hundimiento

Para determinar la seguridad frente al hundimiento, es necesario calcular las tensiones en puntera y en talón. En el Anexo V, se realiza esta determinación de acuerdo con la metodología referida. Se obtiene una tensión máxima transmitida por la escollera de 91,49 kN/m<sup>2</sup>, mientras que la admisible para el terreno es de 154,82 kN/m<sup>2</sup>. Por tanto, esta comprobación es apta ( $FS = 3,00$ ).



### 3.7.2.3 Estabilidad global

El conjunto formado por el cuerpo del muro de escollera y su cimiento, se puede ver inmerso en un fallo global, sin que se produzcan antes otros fallos locales. Se formaría una superficie continua que lo engloba por completo, en la que los esfuerzos de corte superan el valor de la resistencia del terreno. A continuación, se evalúa dicho factor de seguridad global (Fig. 3.7).

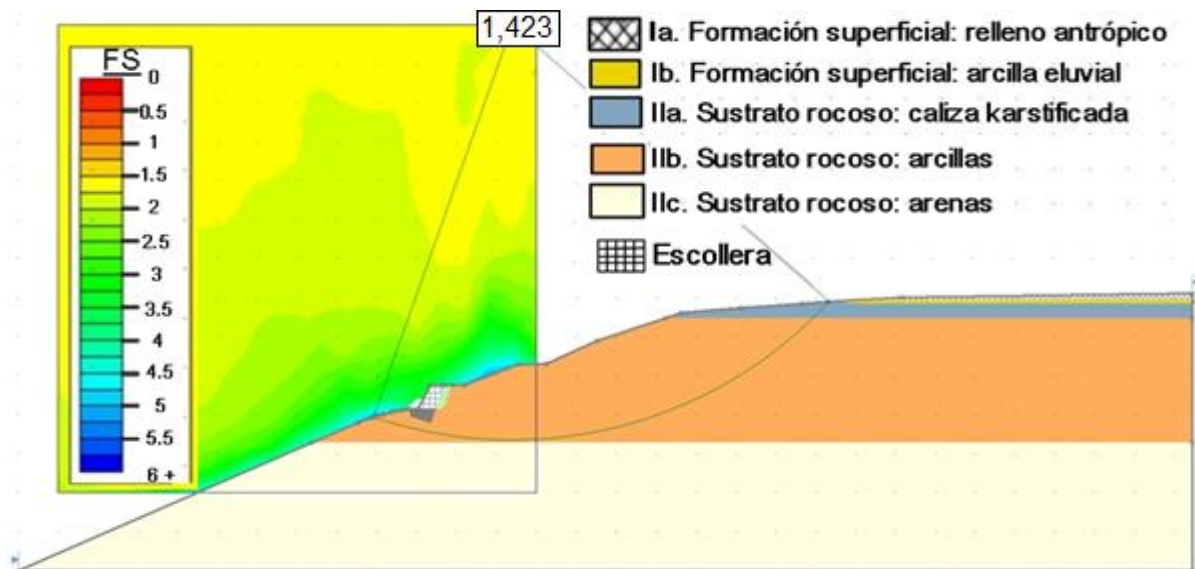


FIGURA 3.7. Análisis de estabilidad de la ladera con la solución técnica propuesta.

Se obtiene un FS de 1,423. Dado que no se alcanza el mínimo requerido ( $FS_{\min} \geq 1,5$ ), se propone introducir una hinca de carriles en la cimentación de la escollera, para evitar la superficie de deslizamiento y aumentar así el factor de seguridad mediante la resistencia a cortante de estos. Seguidamente, se exponen las características de dichos carriles:

- Tipo de carril: RN-45.
- Profundidad de empotramiento: 6 m o hasta alcanzar rechazo.
- Reparto: Separación de 1,50 m en dos hiladas al tresbolillo.

Además, se unirán en cabeza mediante soldadura formando una celosía, tal y como se muestra en la Figura 3.8.

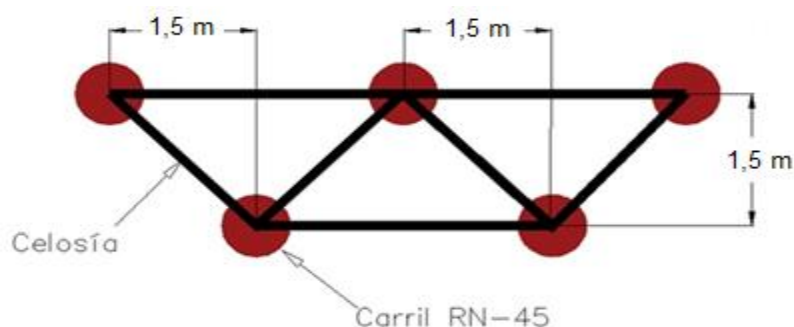


FIGURA 3.8. Disposición de la hinca de carriles en planta.



De nuevo, se vuelve a realizar el análisis incorporando estas medidas (Fig. 3.9).

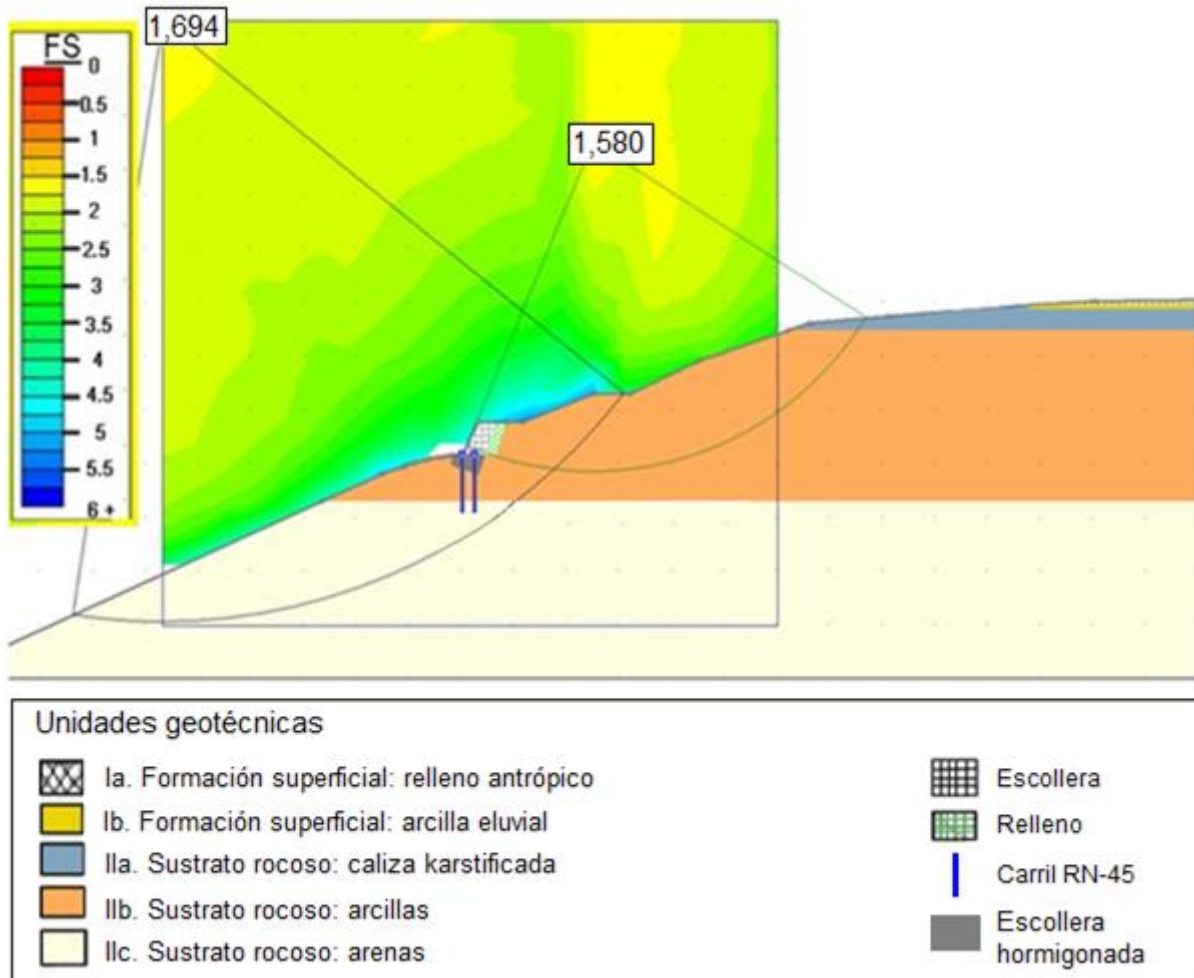


FIGURA 3.9. Estabilidad global del talud una vez incorporada la hinca de carriles.

Ahora el factor de seguridad aumenta hasta 1,694 y pasa a ser un valor seguro por encima del límite inferior obligatorio.

#### 3.7.2.4 Estabilidad local

Se entiende como fallo de estabilidad local de un muro de escollera colocada, a aquel en que la superficie de rotura corta a dicho muro, es decir que implica la rotura de este a una altura determinada. En la Figura 3.10 se valora la estabilidad local del talud.

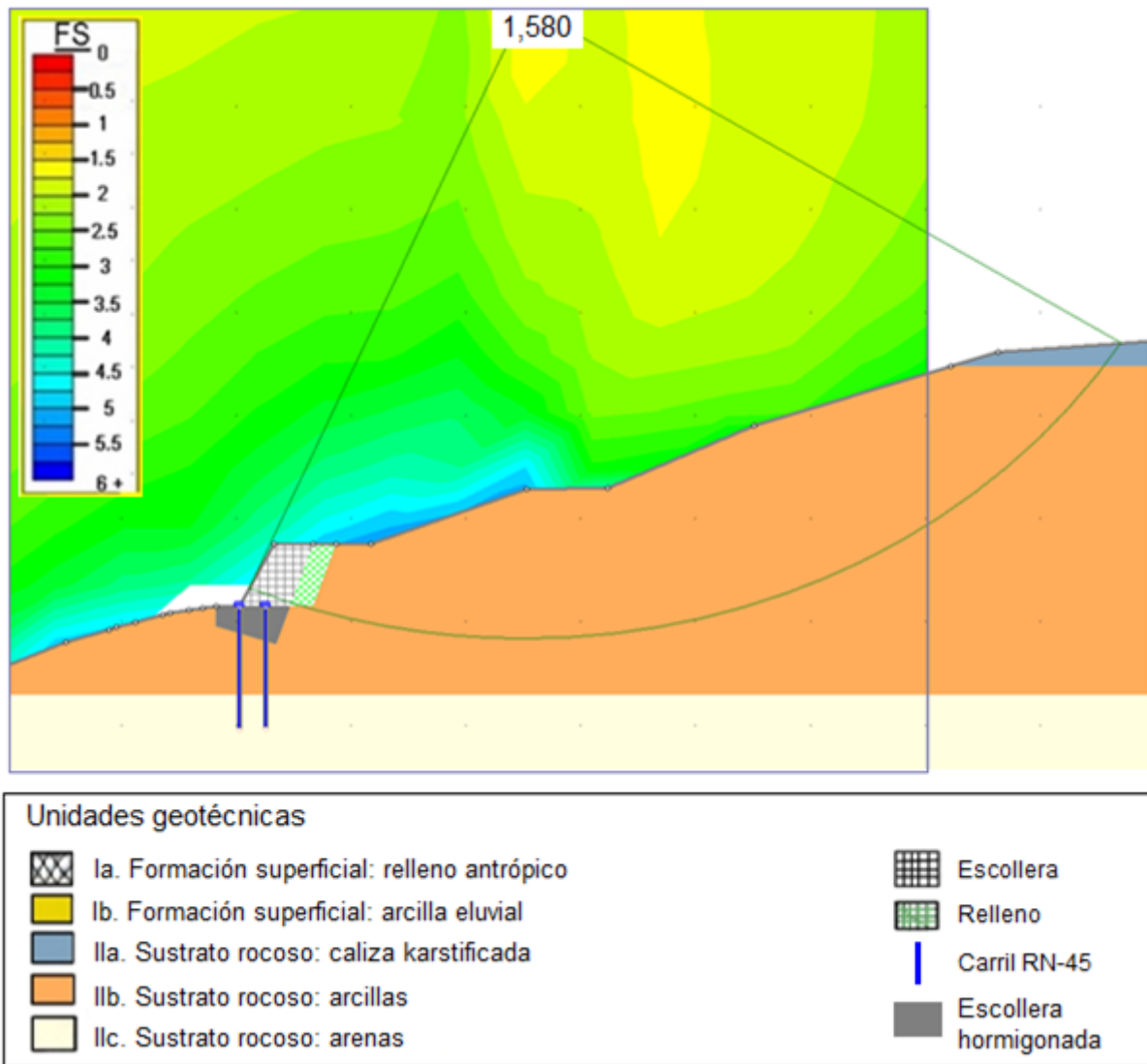


FIGURA 3.10. Estabilidad local de la escollera.

Se obtiene un factor de seguridad de 1,580. En la Tabla III.XXX se comparan los coeficientes de seguridad obtenidos para las diferentes situaciones, en relación con los establecidos en la Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera.

TABLA III.XXX. Factores de seguridad obtenidos y teóricos.

	Normativa	FS <sub>min</sub>
<b>Deslizamiento</b>	≥ 1,50	1,72
<b>Vuelco</b>	≥ 2,00	2,69
<b>Hundimiento</b>	≥ 3,00	3,00
<b>Estabilidad global</b>	≥ 1,50	1,69
<b>Estabilidad local</b>	≥ 1,50	1,58

Dado que todas las comprobaciones de seguridad dan coeficientes aptos, esta es la actuación más recomendable para poder estabilizar el talud de forma eficiente (Fig. 3.11).



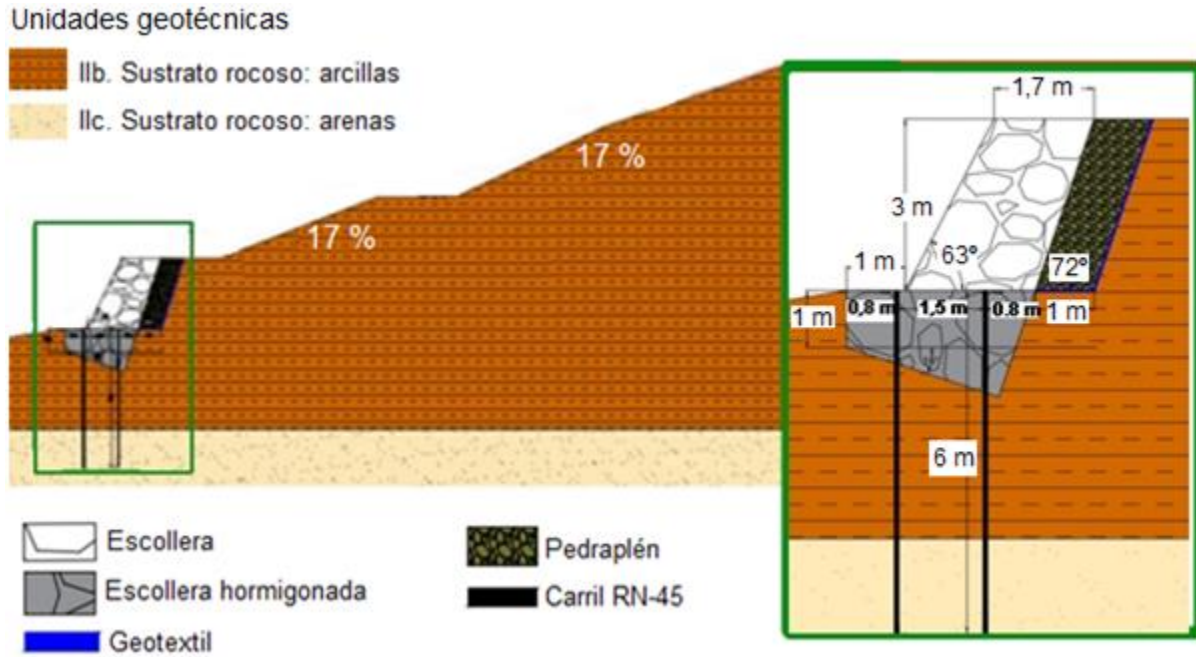


FIGURA 3.11. Talud estabilizado con las medidas de actuación propuestas.





## IV. CONCLUSIONES

- Se identifican cinco unidades geotécnicas (Ia. Formación superficial: relleno antrópico; Ib. Formación superficial: arcilla eluvial; IIa. Sustrato rocoso: caliza karstificada; IIb. Sustrato rocoso: arcillas; y IIc. Sustrato rocoso: arenas).
- No se considera que el terreno sea agresivo hacia el hormigón, y debido a las características de la zona, no se contempla la posibilidad de que el agua subterránea entre en contacto con el material de construcción.
- Los materiales más superficiales (relleno antrópico y arcilla eluvial) se pueden extraer mediante métodos convencionales, como excavadoras hidráulicas con cazo tipo retro. La caliza karstificada necesita ser excavada mediante maquinaria equipada con martillo rompedor hidráulico.
- Se estima la cota teórica de excavación en -1,50 m y se plantea una tipología de cimentación directa mediante una losa, ya que apoya sobre unidades con distinto comportamiento geotécnico y admite hasta 5 cm de asiento total.
- Se ha valorado la presión admisible del terreno bajo dicha losa, obteniéndose un valor de 608,60 kPa.
- Considerando el valor de tensión calculado y sin llegar a tener en cuenta los asientos por consolidación, se obtuvo un asiento instantáneo de 19,16 cm, que no es asumible para la cimentación propuesta.
- Con la presión máxima de servicio estimada (127,49 kPa) se alcanza un asiento total (suma de asiento instantáneo y asiento por consolidación) inferior a 5 cm, y por ende tolerable para una losa.
- Se plantea la posibilidad de añadir un sótano que apoye a una cota de cimentación de -4,50 m con zapatas aisladas. Este es un planteamiento orientativo que excede el objetivo original del informe, ya que, la profundidad de la investigación no alcanza para proponer plantas bajo rasante. Para llevarlo a cabo se debería obtener más información del terreno por debajo de esa cota.
- La excavación para llegar a los 1,5 m de profundidad no generaría taludes de la entidad suficiente como para producirse inestabilidad de estos. Sin embargo, con la opción de sótano sería necesario efectuar un análisis de estabilidad específico.
- Para garantizar la estabilidad del talud deslizado en la parte sur de la parcela y obtener un factor de seguridad apropiado, se propone un retaluzado en forma de bermas con una inclinación que oscile entre 10 y 17°, asegurando el pie mediante un muro de escollera cimentada en combinación con una hinca de carriles.



## V. BIBLIOGRAFÍA

- AEMET (2012). Guía resumida del clima en España (1981-2010). Agencia Estatal de Meteorología (España).
- ALMELA, A. y RÍOS, J.M. (1962). Investigación del Hullero bajo los terrenos mesozoicos de la costa cantábrica (zona de Oviedo-Gijón-Villaviciosa-Infiesto). ENADIMSA, 171 pp.
- BIENIAWSKI, Z.T. (1973). Engineering Classification of Jointed Rock Masses. The Civil Engineer in South Africa, 15: 335-343.
- BISHOP, A.W. (1955). The use of the slip circle in the stability analysis of earth slopes. Géotechnique, 5 (1): 7-17.
- CÁNOVAS, M.F. (1994). Patología y terapéutica del hormigón armado. Tercera edición. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Servicio de Publicaciones.
- CAPEL MOLINA, J.J. (1981). Los climas de España. Ed. Oikos-Tau, Barcelona, 403 pp.
- CSN (2017). Cartografía de potencial de radón en España. FDE-02.17. Consejo de Seguridad Nacional.
- GALLASTEGUI, J. (2000). Estructura cortical de la cordillera y margen continental cantábricos: perfiles ESCI-N. Trabajos de Geología. Universidad de Oviedo, 22: 9-231.
- GARCÍA-RAMOS, J.C. y GUTIÉRREZ CLAVEROL, M. (1995). La cobertera mesozoico-terciaria. En Geología de Asturias (C. Aramburu y F. Bastida, eds.). Editorial Trea, 81-94.
- GEODE. Mapa Geológico Digital continuo de España (en línea). (Fecha de consulta 23/03/2022). Disponible en:  
[http://mapas.igme.es/gis/rest/services/Cartografía\\_Geologica/IGME\\_Geode\\_50/MapServer](http://mapas.igme.es/gis/rest/services/Cartografía_Geologica/IGME_Geode_50/MapServer)
- GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, B., GUTIÉRREZ CLAVEROL, M. y MENÉNDEZ CASARES, E. (2005). Caracterización hidrogeológica de la sucesión cretácica en el sector central de Asturias (Oviedo, NO de España). Boletín Geológico y Minero, 116 (3): 231-246.
- GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, B., MENÉNDEZ CASARES, E., GUTIÉRREZ CLAVEROL, M. y GARCÍA-RAMOS, J.C. (2004). Litoestratigrafía del sector occidental de la cuenca cretácica de Asturias. Trabajos de Geología, Universidad de Oviedo, 24: 43-80.
- GUTIÉRREZ CLAVEROL, M. (1972). Estudio geológico de la Depresión Mesoterciaria Central de Asturias. Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo (inédita), 5 tomos.
- HANSEN, J.B. (1970). A Revised and Extended Formula for Bering Capacity, Danish Geotechnical Institute, Copenhagen, 28, 21 pp.
- HOEK, E., CARRANZA-TORRES, C. y CORKUM, B. (2002). Hoek-Brown failure criterion – 2002 Edition. Proc. NARMS-TAC Conference, Toronto, 2002, 1: 267-273.



- IGME (2009). Identificación y caracterización de la interrelación que se presenta entre aguas subterráneas, cursos fluviales, descargas por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial interés hídrico. Masa de agua subterránea 016.206 Oviedo-Cangas de Onís, 51 pp.
- ISRM (1978). Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 15: 319-368.
- ISRM (1981). *Rock Characterization Testing and Monitoring*. Brown, E., Edition, Pergamon Press, Oxford, 211 p.
- JULIVERT, M. (1967): La ventana del río Monasterio y la terminación meridional del Manto del Ponga. *Trabajos de Geología*. Universidad de Oviedo, 1: 39-46.
- LOTZE, F. (1945): Zur gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta. *Geotect. Forsch.*, 6: 1-12. (Traducido por J. M. Ríos, 1950. Observaciones respecto a la división de los Variscides de la Meseta Ibérica. *Publ. Extr. Geol. España*, V, 149-166).
- MÉNDEZ, C. y SWAIN, F. (1983). Ostrácodos cenomanenses de dos secciones en los alrededores de Oviedo (Asturias). *Revista Española de Micropaleontología*, 15 (3): 467-496.
- MEYERHOF, G.G. (1951). The Ultimate Bearing Capacity of Foundations. *Geotechnique*, 2 (4): 301-331.
- MINISTERIO DE FOMENTO (2002) a. Guía de Cimentaciones de Obras de Carretera. Publicado en BOE de 11 de octubre de 2002.
- MINISTERIO DE FOMENTO (2002) b. Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y de Edificación (NCSE-02). Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre. Publicado en BOE de 11 de octubre de 2002.
- MINISTERIO DE FOMENTO (2006). Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera. Publicado en BOE de 17 de agosto de 2006.
- MINISTERIO DE FOMENTO (2011). Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes, PG-3. Publicado en BOE de 28 de enero de 2000.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO (1988). Norma Básica de la Edificación, Acciones en la edificación (NBE-AE). Real Decreto 1370/1988, de 11 de noviembre. Publicado en BOE de 17 de noviembre de 1988.
- MINISTERIO DE VIVIENDA (2006). Código Técnico de la Edificación (CTE). Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo. Publicado en BOE de 28 de marzo de 2006.
- PETTIFER, G.S. y FOOKES, P.G. (1994). A revision of the graphical method for assessing the excavatability of rock. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 27: 145-164.
- PULGAR, J.A., ALONSO, J.L., ESPINA, R.G. y MARÍN, J.A. (1999). La deformación alpina en el basamento varisco de la Zona Cantábrica. *Trabajos de geología*. Universidad de Oviedo, 21: 283-294.
- QUINTANA, L., ALONSO, J.L. y RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, L.R. (2021). Mapa Geológico de la Hoja n.º 28 (Grado) del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Tercera serie (MAGNA). IGME. Madrid.



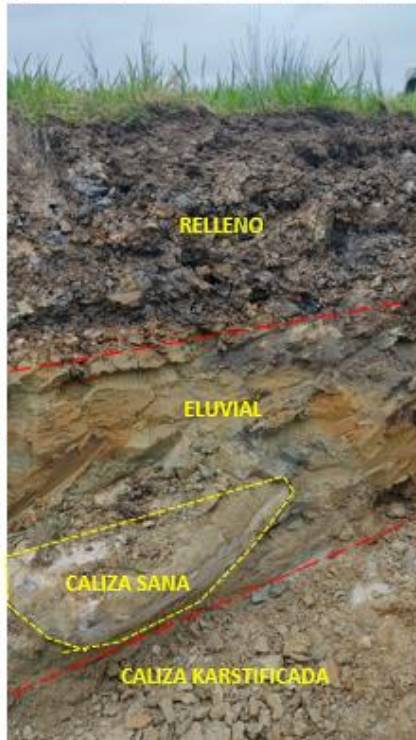
- SANGLERAT, G. (1967). El penetrómetro y el reconocimiento de los suelos: interpretación de los diagramas de penetración teórica y práctica. Servicio de publicaciones. Ministerio de Obras Públicas.
- SEC (2022). Sede Electrónica de la Dirección General del Catastro. Gobierno de España. Ministerio de Hacienda y Función Pública.
- UNE 103301:1994. Determinación de la densidad de un suelo. Método de la balanza hidrostática.
- UNE 103401:1998. Determinación de los parámetros resistentes al esfuerzo cortante de una muestra de suelo en la caja de corte directo.
- UNE 103405:1994. Geotecnia. Ensayo de consolidación unidimensional de un suelo en edómetro.
- UNE 103801:1994. Geotecnia. Prueba de penetración dinámica superpesada.
- UNE-EN ISO 17892-1:2015. Investigación y ensayos geotécnicos. Ensayos de laboratorio de suelos. Parte 1: Determinación de la humedad.
- UNE-EN ISO 17892-3:2018. Investigación y ensayos geotécnicos. Ensayos de laboratorio de suelos. Parte 3: Determinación de la densidad de las partículas.
- UNE-EN ISO 17892-4:2019. Investigación y ensayos geotécnicos. Ensayos de laboratorio de suelos. Parte 4: Determinación de la distribución granulométrica.
- UNE-EN ISO 17892-7:2019. Investigación y ensayos geotécnicos. Ensayos de laboratorio de suelos. Parte 7: Ensayo de compresión no confinada.
- UNE-EN ISO 17892-12:2019. Investigación y ensayos geotécnicos. Ensayos de laboratorio de suelos. Parte 12: Determinación del límite líquido y del límite plástico.
- YEPES, V. (2020). Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención. Colección Manual de Referencia, 2ª edición. Editorial Universitat Politècnica de València, 480 pp.



## **Anexo I: Fotografías y columnas de las calicatas**



<b>Calicata C1</b>	<b>Coordenadas UTM (ETRS89 H30T)</b>	<b>Cota (m)</b>
Situación: Calle Latores (Oviedo)	X = 266070,9 Y = 4803301,8	319,6







<b>Calicata C1</b>	<b>Coordenadas UTM (ETRS89 H30T)</b>	<b>Cota (m)</b>
Situación: Calle Latores (Oviedo)	X = 266070,9 Y = 4803301,8	319,6

RIPABILIDAD	ESTABILIDAD	ESCALA	PROFUNDIDAD	COLUMNA	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO
BUENA	BUENA		0,50		0,00 m. - 0,80 m. <b>RELLENO ANTRÓPICO:</b> Formado por gravas heterométricas angulosas y bloques decimétricos, en una matriz predominantemente arcillosa marrón.
			1,00		0,80 m. - 1,20 m. <b>ELUVIAL:</b> Arcillas moderadamente firmes, de tonos ocre y grisáceos, algo arenosas y con presencia de alguna grava centimétrica de caliza. Además, se identifican niveles de caliza sana intercalados, indicativos de karstificación de la caliza.
			1,50		1,40 m. - 1,60 m. <b>SUSTRATO ROCOSO:</b> Calizas grisáceas, algo arenosas altamente meteorizadas.
					FIN DE CALICATA = 1,60 m



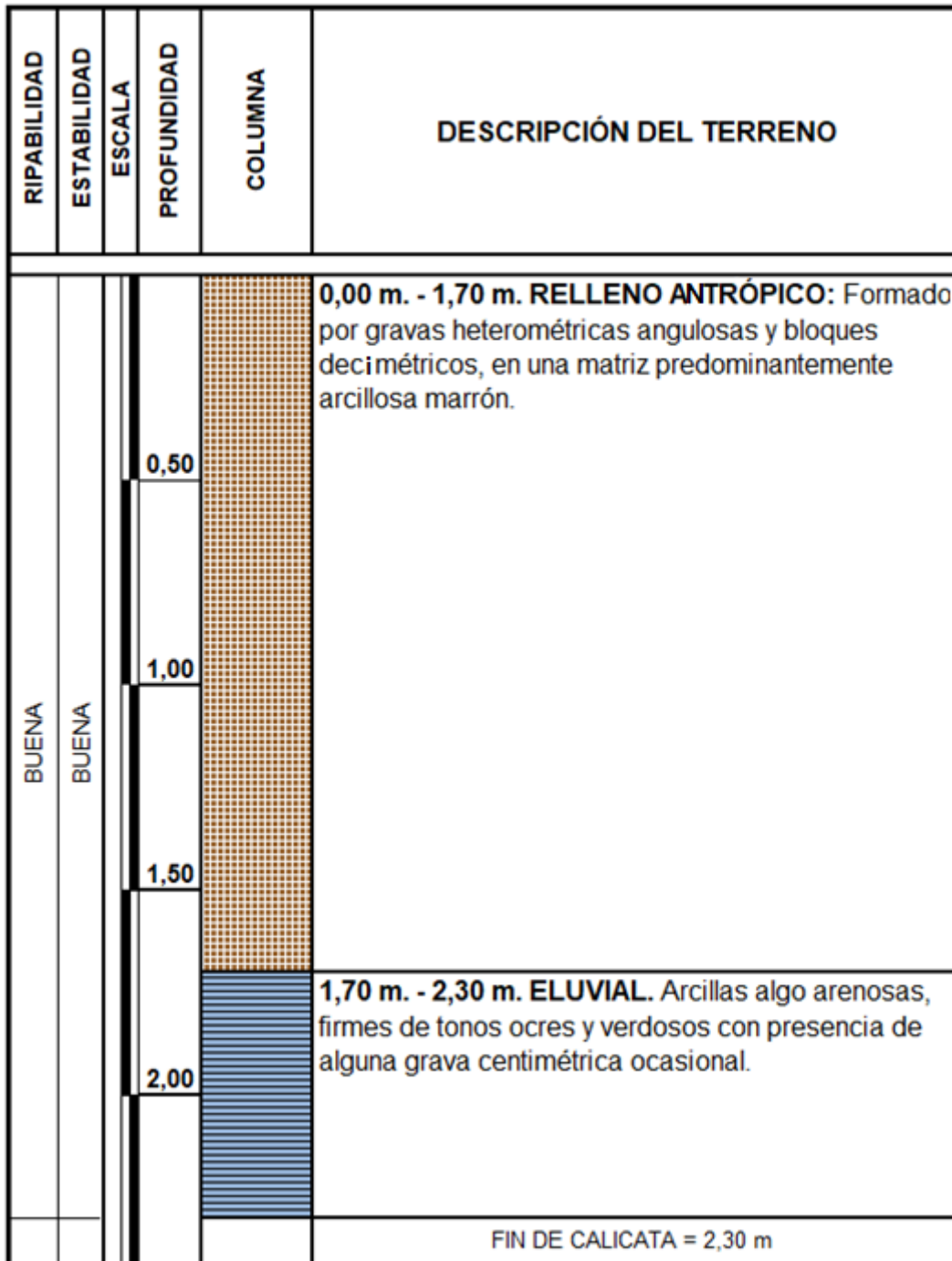


<b>Calicata C2</b>	<b>Coordenadas UTM (ETRS89 H30T)</b>	<b>Cota (m)</b>
Situación: Calle Latores (Oviedo)	X = 266043,0 Y = 4803290,4	319,8





<b>Calicata C2</b>	<b>Coordenadas UTM (ETRS89 H30T)</b>	<b>Cota (m)</b>
Situación: Calle Latores (Oviedo)	X = 266043,0 Y = 4803290,4	319,8





## **Anexo II: Fotocontrol y columnas de los sondeos**



<b>Sondeo S1</b>	<b>Coordenadas UTM (ETRS89 H30T)</b> X = 266065,1 Y = 4803296,6	<b>Cota (m)</b> 319,7
<b>Situación</b> Calle Latores (Oviedo)	<b>Máquina</b> TECOINSA TP-30	<b>Inclinación</b> 90°



Emplazamiento



Caja n.º 1: profundidad de 0 m a 2,40 m



Caja n.º 2: profundidad de 2,40 m a 4,80 m



Caja n.º 3: profundidad de 4,80 m a 6,30 m





<b>Sondeo S1</b>	<b>Coordenadas UTM (ETRS89 H30T)</b> X = 266065,1 Y = 4803296,6	<b>Cota (m)</b> 319,7
<b>Situación</b> Calle Latores (Oviedo)	<b>Máquina</b> TECOINSA TP-30	<b>Inclinación</b> 90°

DIAMETRO BATERIA CORONA	PROFUNDIDAD (m)	RECUPERACIÓN (%)	SÍMBOLO GRÁFICO	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	GOLPEO	NsPT
86B W	0	100	[Symbol]	<b>0.00 m. - 1.20 m. RELLENO ANTRÓPICO:</b> Formado por gravas angulosas de tamaño centimétrico en una matriz limoarcillosagris.				
	1	100		<b>1.20 m. - 1.80 m. ELUVIAL:</b> Arcillas limosas ocre, firmes, de baja plasticidad.	1,5			
86T D	2	100	[Symbol]	<b>1.80 m. - 6.30 m. SUSTRATO ROCOSO G.M. II-V: CALIZAS KARSTIFICADAS.</b> Calizas grisáceas altamente karstificadas. Se presenta como una alternancia de tramos sanos (G.M. II) con zonas karstificadas rellenas de arcillas ocre blandas y fragmentos centimétricos de roca.	1,8			
	3	80		1.80 m. - 2.10 m. Se recupera como gravas de caliza de milimétricas a centimétricas en una matriz arcillosos-arenosa ocre				
86T D	4	100	[Symbol]	2.80 m. - 3.70 m. Se recupera como gravas de hasta 5 centímetros en una matriz arcillosa ocre	4,3			
	5	100		3.80 m. - 6.30 m. Se recupera como unas arcillas algo arenosas ocre y blandas	4,5			
86B W	6	100	[Symbol]		5,4			
	7	100			5,6			
	6			6.3 M. FIN DEL SONDEO	6	SPT-1	28-50 R	50
	7				6,3			

Legenda: B, batería sencilla; T, batería doble; D, diamante; W, widia; SPT, ensayo de penetración estándar; R, rechazo; MI, muestra inalterada; TP, testigo parafinado.



<b>Sondeo S2</b>	<b>Coordenadas UTM (ETRS89 H30T)</b> X = 266035,8 Y = 4803242,4	<b>Cota (m)</b> 308,7
<b>Situación</b> Calle Latores (Oviedo)	<b>Máquina</b> ROLATEC RL-48	<b>Inclinación</b> 90°



Emplazamiento



Caja n.º 1: profundidad de 0 m a 3,05 m



Caja n.º 2: profundidad de 3,05 m a 5,50 m



Caja n.º 3: profundidad de 5,50 m a 9,20 m



Caja n.º 4: profundidad de 9,20 m a 10,00 m



<b>Sondeo S2</b>	<b>Coordenadas UTM (ETRS89 H30T)</b> X = 266035,8 Y = 4803242,4	<b>Cota (m)</b> 308,7
<b>Situación</b> Calle Latores (Oviedo)	<b>Máquina</b> ROLATEC RL-48	<b>Inclinación</b> 90°

DIÁMETRO BATERÍA CORONA	PROFUNDIDAD (m)	RECUPERACIÓN (%)	SÍMBOLO GRÁFICO	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	GOLPEO	NSPT
101B W	0			<b>0.00 m. - 3.30 m. ELUVIAL:</b> Arcillas marrones blandas que contienen algunas gravas centimétricas ocasionales y niveles milimétricos de arena.				
	100				1,5			
	200				2,1	MI-1	3-4 7-8	
	300				2,7	SPT1	2-3- 5-7	8
	400				2,7			
	500				3,6			
	600				4,2	MI-2	14-16 24-27	
	700				4,8	SPT2	10-15 19-13	34
	800				5,5			
	900				6	MI-3	20-28 50 R	
1000				6,5	SPT3	7-21- 14-12	35	
				<b>6.55 m. - 6.90 m. ARCILLAS</b> de tonalidad naranja blandas				
				<b>6.90 m. - 7.90 m. ARENAS</b> de tonalidad naranja y compacidad media que contienen algo de arcilla.				
					7,5	MI-4	50 R	
					7,9	SPT4	41-50 R	50
				<b>7.90 m. - 8.40 m. ARCILLAS</b> de tonalidad naranja firmes que contienen algo de arena.				
				<b>8.40 m. - 10.05 m. ARENAS</b> finas de color blanco que contienen abundantes terrones limosos blandos.				
				10.05 M. FIN DEL SONDEO				

Leyenda: B, batería sencilla; T, batería doble; D, diamante; W, widia; SPT, ensayo de penetración estándar; R, rechazo; MI, muestra inalterada; TP, testigo parafinado.





<b>Sondeo S3</b>	<b>Coordenadas UTM (ETRS89 H30T)</b> X = 266070,9 Y = 4803210,9	<b>Cota (m)</b> 306,1
<b>Situación</b> Calle Latores (Oviedo)	<b>Máquina</b> ROLATEC RL-48	<b>Inclinación</b> 90°



Emplazamiento



Caja n.º 1: profundidad de 0 m a 2,80 m



Caja n.º 2: profundidad de 2,80 m a 5,10 m



Caja n.º 3: profundidad de 5,10 m a 7,80 m



Caja n.º 4: profundidad de 7,80 m a 10,45 m



Caja n.º 5: profundidad de 10,45 a 12,30 m



<b>Sondeo S3</b>	<b>Coordenadas UTM (ETRS89 H30T)</b> X = 266070,9 Y = 4803210,9	<b>Cota (m)</b> 306,1
<b>Situación</b> Calle Latores (Oviedo)	<b>Máquina</b> ROLATEC RL-48	<b>Inclinación</b> 90°

BATERIA CORONA	PROF. (m)	% RECUPER.	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	PROF. (m)	MUESTRA	GOLPEO	N <sub>SPT</sub>	
101B W	0	100	[Symbol]	<b>0.00 m. - 1.40 m. RELLENO ANTRÓPICO:</b> Bolos y gravas heterométricas que presentan una matriz limosa marrón escasa.					
	1	100							
	1,6	100				1,6			
	2	100			<b>1.40 m. - 2.40 m. ARCILLAS</b> marrones oscuro algo arenosas que contienen gravas centimétricas ocasionales y abundante materia orgánica.	2,2	MI-1	3-4 5-6	
101B W	2	100	[Symbol]	<b>2.40 m. - 4.80 m. ARCILLAS</b> anaranjadas plásticas firmes a muy firmes.	2,8	SPT1	1-2 3-4	5	
	3	100							
	3,6	100							
	4	100							
101B W	4	100	[Symbol]	<b>4.80 m. - 8.00 m. ARCILLAS Y ARENAS</b> de tonos naranjas y blancos que ocasionalmente presentan capas de arenisca de hasta 10 centímetros. 4.80 m. - 5.30 m. Arenas de tonalidad naranja y compacidad media-alta. 5.30 m. - 5.40 m. Capa de arenisca de grano grueso.	4,8	MI-2	10-15 12-25		
	5	100							
	6	100							
	6,5	100							
101T D	6	100	[Symbol]	5.40 m. - 6.20 m. Arcilla gris claro con algo de arena, de baja plasticidad y firmes.	6	MI-3	50 R		
	7	90							
	6,5	100							
	6,5	100							
101B W	7	100	[Symbol]	6.20 m. - 6.55 m. Arenas de tonalidad naranja con algo de arcilla 6.55 m. - 7.20 m. Capa de arenisca que contiene arcilla blanda rellenando las juntas. 7.20 m. - 7.30 m. Capa de arenisca de grano grueso.	8,2	MI-4	50 R		
	8	100							
	8,2	100							
	8,8	100							
101B W	8	100	[Symbol]	<b>8.00 m. - 12.30 m. ARENAS</b> naranjas y blanquecinas de grano fino y grueso. 8.00 m. - 8.40 m. Arena fina de compacidad media y tonalidad naranja 8.40 m. - 9.40 m. Arena fina suelta de tonalidad blanquecina 9.40 m. - 11.35 m. Arena gruesa suelta de tonalidad blanquecina.	8,8	SPT4	33-46 50 R	96	
	9	100							
	10	100							
	11	100							
101B W	11	100	[Symbol]	11.35 m. - 12.30 m. Arena fina suelta de tonalidad blanquecina					
	12	100							

Legenda: B, batería sencilla; T, batería doble; D, diamante; W, widia; SPT, ensayo de penetración estándar; R, rechazo; MI, muestra inalterada; TP, testigo parafinado.



## **Anexo III: Estadillos de las pruebas de penetración dinámica**

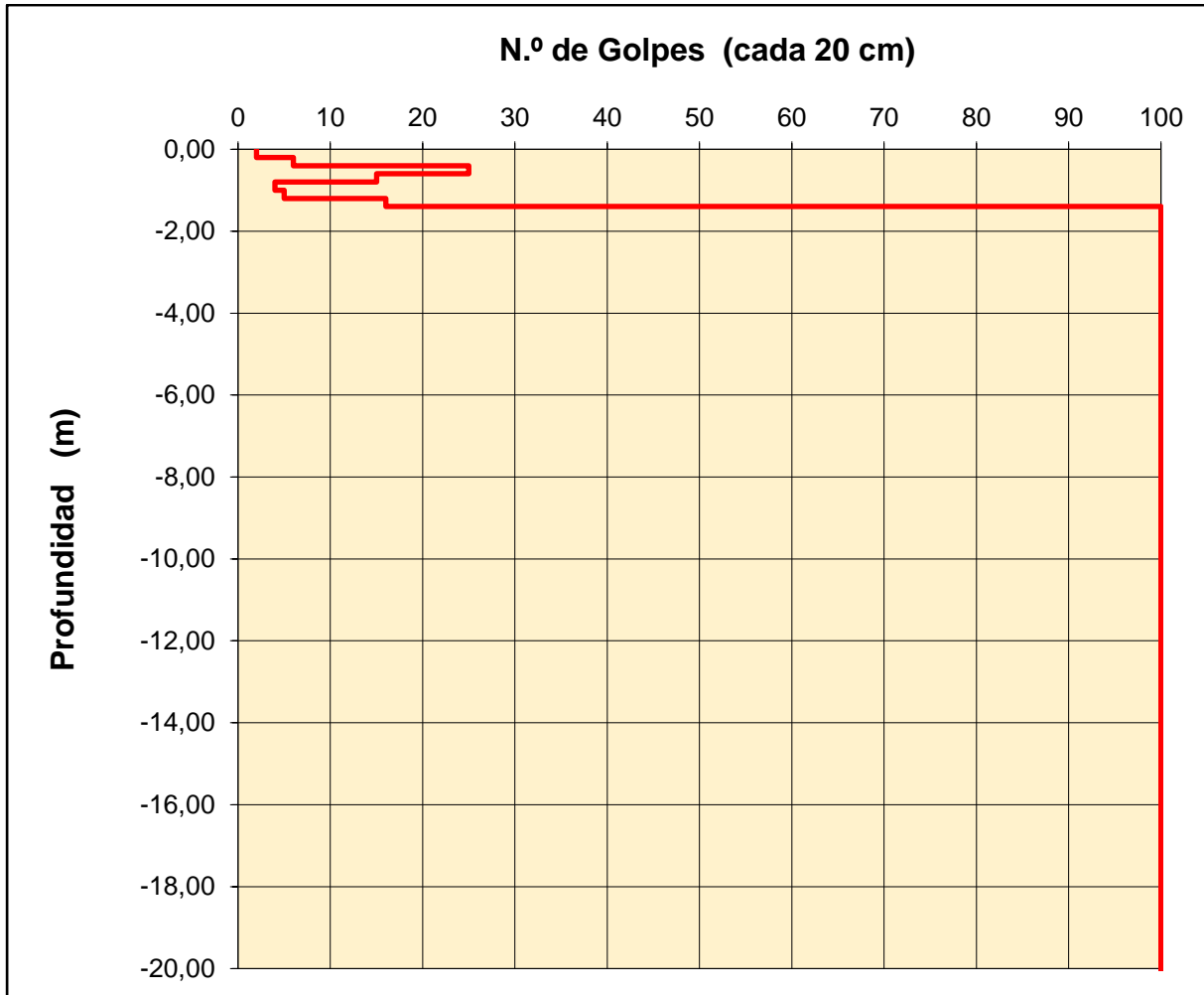


<b>Ensayo P1</b>	<b>Penetrómetro tipo DPSH</b>	<b>Peso maza 63,50 kg</b>	<b>Diámetro varillaje 32 mm</b>
<b>Situación C/ Latores (Oviedo)</b>	<b>Prof. rechazo 1,55 m</b>	<b>Altura caída 76,20 cm</b>	<b>Puntaza Cónica corta 51 mm</b>

Profundidad (m)	Golpes	Profundidad (m)	Golpes	Profundidad (m)	Golpes
0.00 - 0.20	2	7.00 - 7.20		14.00 - 14.20	
0.20 - 0.40	6	7.20 - 7.40		14.20 - 14.40	
0.40 - 0.60	25	7.40 - 7.60		14.40 - 14.60	
0.60 - 0.80	15	7.60 - 7.80		14.60 - 14.80	
0.80 - 1.00	4	7.80 - 8.00		14.80 - 15.00	
1.00 - 1.20	5	8.00 - 8.20		15.00 - 15.20	
1.20 - 1.40	16	8.20 - 8.40		15.20 - 15.40	
1.40 - 1.60	100	8.40 - 8.60		15.40 - 15.60	
1.60 - 1.80		8.60 - 8.80		15.60 - 15.80	
1.80 - 2.00		8.80 - 9.00		15.80 - 16.00	
2.00 - 2.20		9.00 - 9.20		16.00 - 16.20	
2.20 - 2.40		9.20 - 9.40		16.20 - 16.40	
2.40 - 2.60		9.40 - 9.60		16.40 - 16.60	
2.60 - 2.80		9.60 - 9.80		16.60 - 16.80	
2.80 - 3.00		9.80 - 10.00		16.80 - 17.00	
3.00 - 3.20		10.00 - 10.20		17.00 - 17.20	
3.20 - 3.40		10.20 - 10.40		17.20 - 17.40	
3.40 - 3.60		10.40 - 10.60		17.40 - 17.60	
3.60 - 3.80		10.60 - 10.80		17.60 - 17.80	
3.80 - 4.00		10.80 - 11.00		17.80 - 18.00	
4.00 - 4.20		11.00 - 11.20		18.00 - 18.20	
4.20 - 4.40		11.20 - 11.40		18.20 - 18.40	
4.40 - 4.60		11.40 - 11.60		18.40 - 18.60	
4.60 - 4.80		11.60 - 11.80		18.60 - 18.80	
4.80 - 5.00		11.80 - 12.00		18.80 - 19.00	
5.00 - 5.20		12.00 - 12.20		19.00 - 19.20	
5.20 - 5.40		12.20 - 12.40		19.20 - 19.40	
5.40 - 5.60		12.40 - 12.60		19.40 - 19.60	
5.60 - 5.80		12.60 - 12.80		19.60 - 19.80	
5.80 - 6.00		12.80 - 13.00		19.80 - 20.00	
6.00 - 6.20		13.00 - 13.20		20.00 - 20.20	
6.20 - 6.40		13.20 - 13.40		20.20 - 20.40	
6.40 - 6.60		13.40 - 13.60		20.40 - 20.60	
6.60 - 6.80		13.60 - 13.80		20.60 - 20.80	
6.80 - 7.00		13.80 - 14.00		20.80 - 21.00	



<b>Ensayo P1</b>	<b>Penetrómetro tipo</b> DPSH	<b>Peso maza</b> 63,50 kg	<b>Diámetro varillaje</b> 32 mm
<b>Situación</b> C/ Latores (Oviedo)	<b>Prof. rechazo</b> 1,55 m	<b>Altura caída</b> 76,20 cm	<b>Puntaza</b> Cónica corta 51 mm



**EMPLAZAMIENTO Y OBSERVACIONES:**





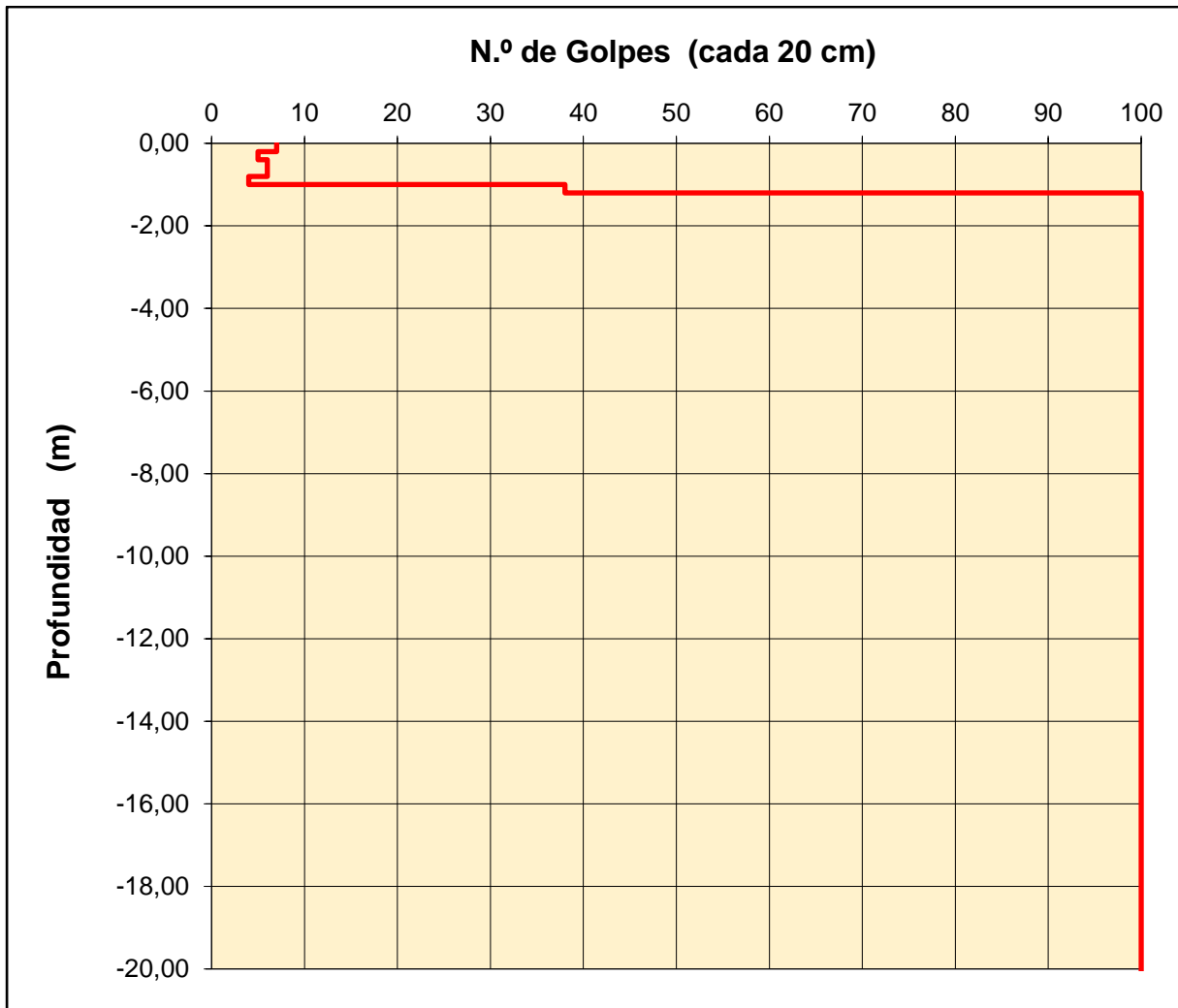
<b>Ensayo P2</b>	<b>Penetrómetro tipo DPSH</b>	<b>Peso maza 63,50 kg</b>	<b>Diámetro varillaje 32 mm</b>
<b>Situación C/ Latores (Oviedo)</b>	<b>Prof. rechazo 1,30 m</b>	<b>Altura caída 76,20 cm</b>	<b>Puntaza Cónica corta 51 mm</b>

Profundidad (m)	Golpes	Profundidad (m)	Golpes	Profundidad (m)	Golpes
0.00 - 0.20	7	7.00 - 7.20		14.00 - 14.20	
0.20 - 0.40	5	7.20 - 7.40		14.20 - 14.40	
0.40 - 0.60	6	7.40 - 7.60		14.40 - 14.60	
0.60 - 0.80	6	7.60 - 7.80		14.60 - 14.80	
0.80 - 1.00	4	7.80 - 8.00		14.80 - 15.00	
1.00 - 1.20	38	8.00 - 8.20		15.00 - 15.20	
1.20 - 1.40	100	8.20 - 8.40		15.20 - 15.40	
1.40 - 1.60		8.40 - 8.60		15.40 - 15.60	
1.60 - 1.80		8.60 - 8.80		15.60 - 15.80	
1.80 - 2.00		8.80 - 9.00		15.80 - 16.00	
2.00 - 2.20		9.00 - 9.20		16.00 - 16.20	
2.20 - 2.40		9.20 - 9.40		16.20 - 16.40	
2.40 - 2.60		9.40 - 9.60		16.40 - 16.60	
2.60 - 2.80		9.60 - 9.80		16.60 - 16.80	
2.80 - 3.00		9.80 - 10.00		16.80 - 17.00	
3.00 - 3.20		10.00 - 10.20		17.00 - 17.20	
3.20 - 3.40		10.20 - 10.40		17.20 - 17.40	
3.40 - 3.60		10.40 - 10.60		17.40 - 17.60	
3.60 - 3.80		10.60 - 10.80		17.60 - 17.80	
3.80 - 4.00		10.80 - 11.00		17.80 - 18.00	
4.00 - 4.20		11.00 - 11.20		18.00 - 18.20	
4.20 - 4.40		11.20 - 11.40		18.20 - 18.40	
4.40 - 4.60		11.40 - 11.60		18.40 - 18.60	
4.60 - 4.80		11.60 - 11.80		18.60 - 18.80	
4.80 - 5.00		11.80 - 12.00		18.80 - 19.00	
5.00 - 5.20		12.00 - 12.20		19.00 - 19.20	
5.20 - 5.40		12.20 - 12.40		19.20 - 19.40	
5.40 - 5.60		12.40 - 12.60		19.40 - 19.60	
5.60 - 5.80		12.60 - 12.80		19.60 - 19.80	
5.80 - 6.00		12.80 - 13.00		19.80 - 20.00	
6.00 - 6.20		13.00 - 13.20		20.00 - 20.20	
6.20 - 6.40		13.20 - 13.40		20.20 - 20.40	
6.40 - 6.60		13.40 - 13.60		20.40 - 20.60	
6.60 - 6.80		13.60 - 13.80		20.60 - 20.80	
6.80 - 7.00		13.80 - 14.00		20.80 - 21.00	





<b>Ensayo P2</b>	<b>Penetrómetro tipo</b> DPSH	<b>Peso maza</b> 63,50 kg	<b>Diámetro varillaje</b> 32 mm
<b>Situación</b> C/ Latores (Oviedo)	<b>Prof. rechazo</b> 1,30 m	<b>Altura caída</b> 76,20 cm	<b>Puntaza</b> Cónica corta 51 mm



**EMPLAZAMIENTO Y OBSERVACIONES:**





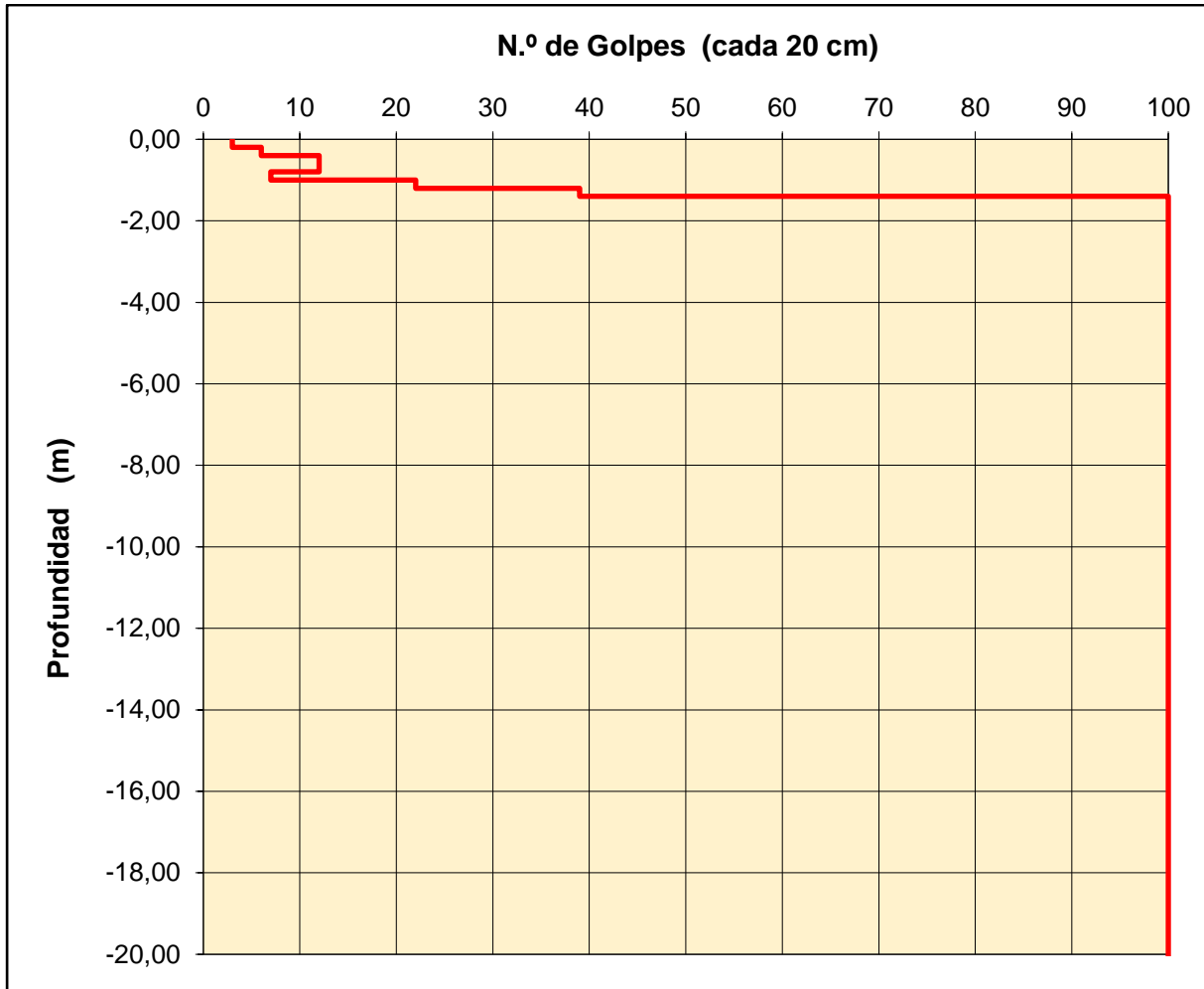


<b>Ensayo P3</b>	<b>Penetrómetro tipo DPSH</b>	<b>Peso maza 63,50 kg</b>	<b>Diámetro varillaje 32 mm</b>
<b>Situación C/ Latores (Oviedo)</b>	<b>Prof. rechazo 1,50 m</b>	<b>Altura caída 76,20 cm</b>	<b>Puntaza Cónica corta 51 mm</b>

Profundidad (m)	Golpes	Profundidad (m)	Golpes	Profundidad (m)	Golpes
0.00 - 0.20	3	7.00 - 7.20		14.00 - 14.20	
0.20 - 0.40	6	7.20 - 7.40		14.20 - 14.40	
0.40 - 0.60	12	7.40 - 7.60		14.40 - 14.60	
0.60 - 0.80	12	7.60 - 7.80		14.60 - 14.80	
0.80 - 1.00	7	7.80 - 8.00		14.80 - 15.00	
1.00 - 1.20	22	8.00 - 8.20		15.00 - 15.20	
1.20 - 1.40	39	8.20 - 8.40		15.20 - 15.40	
1.40 - 1.60	100	8.40 - 8.60		15.40 - 15.60	
1.60 - 1.80		8.60 - 8.80		15.60 - 15.80	
1.80 - 2.00		8.80 - 9.00		15.80 - 16.00	
2.00 - 2.20		9.00 - 9.20		16.00 - 16.20	
2.20 - 2.40		9.20 - 9.40		16.20 - 16.40	
2.40 - 2.60		9.40 - 9.60		16.40 - 16.60	
2.60 - 2.80		9.60 - 9.80		16.60 - 16.80	
2.80 - 3.00		9.80 - 10.00		16.80 - 17.00	
3.00 - 3.20		10.00 - 10.20		17.00 - 17.20	
3.20 - 3.40		10.20 - 10.40		17.20 - 17.40	
3.40 - 3.60		10.40 - 10.60		17.40 - 17.60	
3.60 - 3.80		10.60 - 10.80		17.60 - 17.80	
3.80 - 4.00		10.80 - 11.00		17.80 - 18.00	
4.00 - 4.20		11.00 - 11.20		18.00 - 18.20	
4.20 - 4.40		11.20 - 11.40		18.20 - 18.40	
4.40 - 4.60		11.40 - 11.60		18.40 - 18.60	
4.60 - 4.80		11.60 - 11.80		18.60 - 18.80	
4.80 - 5.00		11.80 - 12.00		18.80 - 19.00	
5.00 - 5.20		12.00 - 12.20		19.00 - 19.20	
5.20 - 5.40		12.20 - 12.40		19.20 - 19.40	
5.40 - 5.60		12.40 - 12.60		19.40 - 19.60	
5.60 - 5.80		12.60 - 12.80		19.60 - 19.80	
5.80 - 6.00		12.80 - 13.00		19.80 - 20.00	
6.00 - 6.20		13.00 - 13.20		20.00 - 20.20	
6.20 - 6.40		13.20 - 13.40		20.20 - 20.40	
6.40 - 6.60		13.40 - 13.60		20.40 - 20.60	
6.60 - 6.80		13.60 - 13.80		20.60 - 20.80	
6.80 - 7.00		13.80 - 14.00		20.80 - 21.00	



<b>Ensayo P3</b>	<b>Penetrómetro tipo DPSH</b>	<b>Peso maza 63,50 kg</b>	<b>Diámetro varillaje 32 mm</b>
<b>Situación C/ Latores (Oviedo)</b>	<b>Prof. rechazo 1,50 m</b>	<b>Altura caída 76,20 cm</b>	<b>Puntaza Cónica corta 51 mm</b>



**EMPLAZAMIENTO Y OBSERVACIONES:**



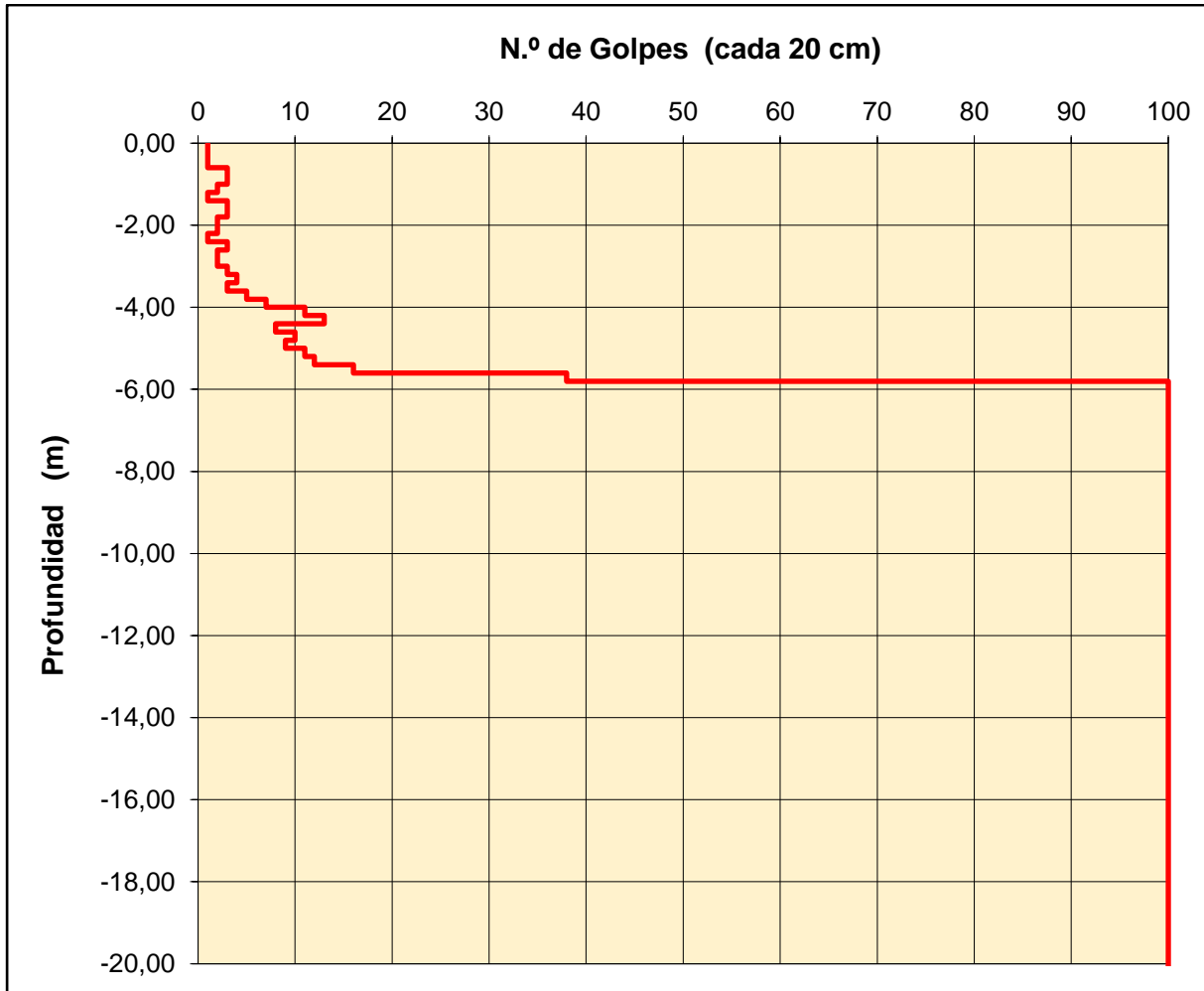


<b>Ensayo P4</b>	<b>Penetrómetro tipo DPSH</b>	<b>Peso maza 63,50 kg</b>	<b>Diámetro varillaje 32 mm</b>
<b>Situación C/ Latores (Oviedo)</b>	<b>Prof. rechazo 5,90 m</b>	<b>Altura caída 76,20 cm</b>	<b>Puntaza Cónica corta 51 mm</b>

Profundidad (m)	Golpes	Profundidad (m)	Golpes	Profundidad (m)	Golpes
0.00 - 0.20	1	7.00 - 7.20		14.00 - 14.20	
0.20 - 0.40	1	7.20 - 7.40		14.20 - 14.40	
0.40 - 0.60	1	7.40 - 7.60		14.40 - 14.60	
0.60 - 0.80	3	7.60 - 7.80		14.60 - 14.80	
0.80 - 1.00	3	7.80 - 8.00		14.80 - 15.00	
1.00 - 1.20	2	8.00 - 8.20		15.00 - 15.20	
1.20 - 1.40	1	8.20 - 8.40		15.20 - 15.40	
1.40 - 1.60	3	8.40 - 8.60		15.40 - 15.60	
1.60 - 1.80	3	8.60 - 8.80		15.60 - 15.80	
1.80 - 2.00	2	8.80 - 9.00		15.80 - 16.00	
2.00 - 2.20	2	9.00 - 9.20		16.00 - 16.20	
2.20 - 2.40	1	9.20 - 9.40		16.20 - 16.40	
2.40 - 2.60	3	9.40 - 9.60		16.40 - 16.60	
2.60 - 2.80	2	9.60 - 9.80		16.60 - 16.80	
2.80 - 3.00	2	9.80 - 10.00		16.80 - 17.00	
3.00 - 3.20	3	10.00 - 10.20		17.00 - 17.20	
3.20 - 3.40	4	10.20 - 10.40		17.20 - 17.40	
3.40 - 3.60	3	10.40 - 10.60		17.40 - 17.60	
3.60 - 3.80	5	10.60 - 10.80		17.60 - 17.80	
3.80 - 4.00	7	10.80 - 11.00		17.80 - 18.00	
4.00 - 4.20	11	11.00 - 11.20		18.00 - 18.20	
4.20 - 4.40	13	11.20 - 11.40		18.20 - 18.40	
4.40 - 4.60	8	11.40 - 11.60		18.40 - 18.60	
4.60 - 4.80	10	11.60 - 11.80		18.60 - 18.80	
4.80 - 5.00	9	11.80 - 12.00		18.80 - 19.00	
5.00 - 5.20	11	12.00 - 12.20		19.00 - 19.20	
5.20 - 5.40	12	12.20 - 12.40		19.20 - 19.40	
5.40 - 5.60	16	12.40 - 12.60		19.40 - 19.60	
5.60 - 5.80	38	12.60 - 12.80		19.60 - 19.80	
5.80 - 6.00	100	12.80 - 13.00		19.80 - 20.00	
6.00 - 6.20		13.00 - 13.20		20.00 - 20.20	
6.20 - 6.40		13.20 - 13.40		20.20 - 20.40	
6.40 - 6.60		13.40 - 13.60		20.40 - 20.60	
6.60 - 6.80		13.60 - 13.80		20.60 - 20.80	
6.80 - 7.00		13.80 - 14.00		20.80 - 21.00	



<b>Ensayo P4</b>	<b>Penetrómetro tipo DPSH</b>	<b>Peso maza 63,50 kg</b>	<b>Diámetro varillaje 32 mm</b>
<b>Situación C/ Latores (Oviedo)</b>	<b>Prof. rechazo 5,90 m</b>	<b>Altura caída 76,20 cm</b>	<b>Puntaza Cónica corta 51 mm</b>



**EMPLAZAMIENTO Y OBSERVACIONES:**



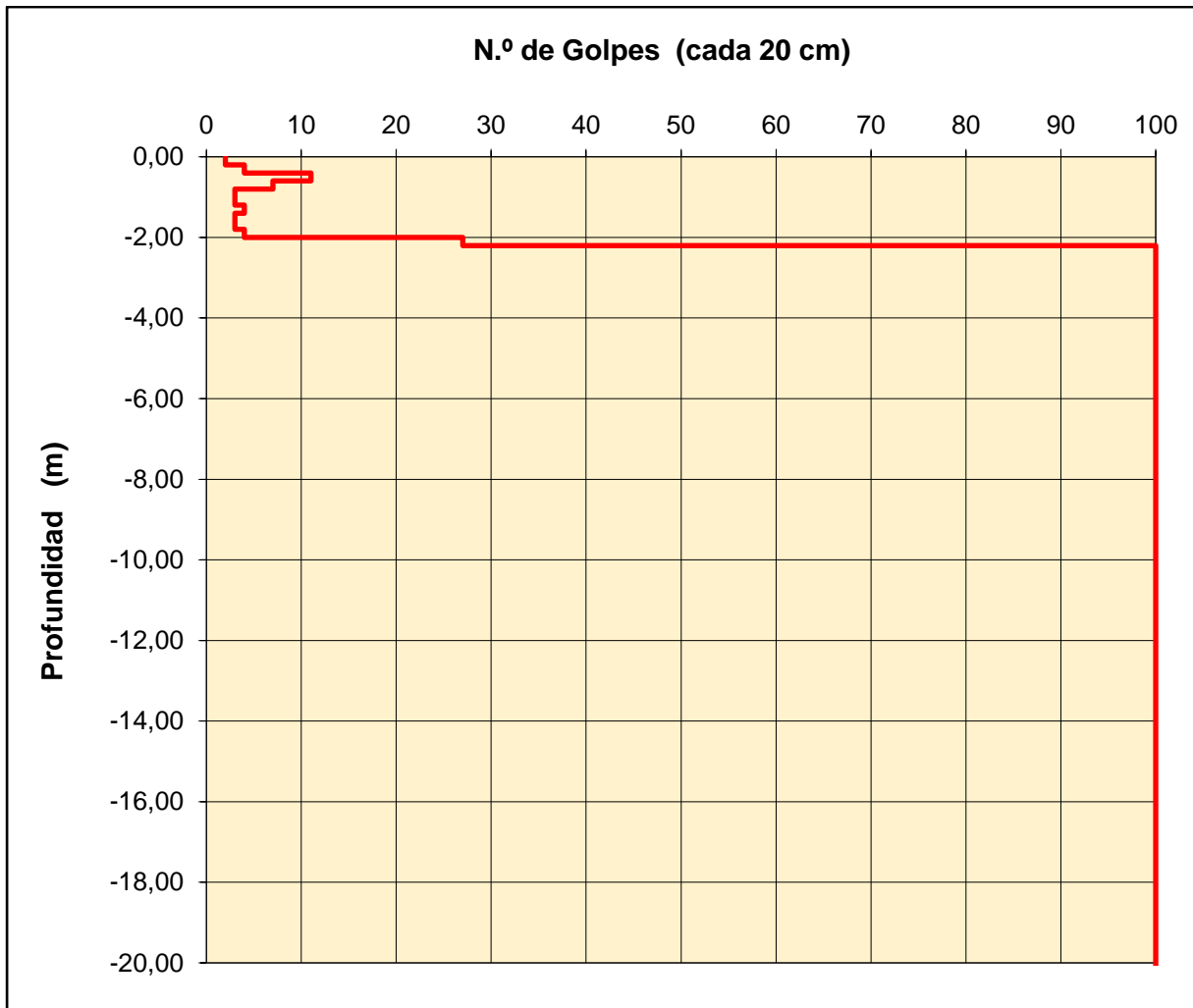


<b>Ensayo P5</b>	<b>Penetrómetro tipo DPSH</b>	<b>Peso maza 63,50 kg</b>	<b>Diámetro varillaje 32 mm</b>
<b>Situación C/ Latores (Oviedo)</b>	<b>Prof. rechazo 2,40 m</b>	<b>Altura caída 76,20 cm</b>	<b>Puntaza Cónica corta 51 mm</b>

Profundidad (m)	Golpes	Profundidad (m)	Golpes	Profundidad (m)	Golpes
0.00 - 0.20	2	7.00 - 7.20		14.00 - 14.20	
0.20 - 0.40	4	7.20 - 7.40		14.20 - 14.40	
0.40 - 0.60	11	7.40 - 7.60		14.40 - 14.60	
0.60 - 0.80	7	7.60 - 7.80		14.60 - 14.80	
0.80 - 1.00	3	7.80 - 8.00		14.80 - 15.00	
1.00 - 1.20	3	8.00 - 8.20		15.00 - 15.20	
1.20 - 1.40	4	8.20 - 8.40		15.20 - 15.40	
1.40 - 1.60	3	8.40 - 8.60		15.40 - 15.60	
1.60 - 1.80	3	8.60 - 8.80		15.60 - 15.80	
1.80 - 2.00	4	8.80 - 9.00		15.80 - 16.00	
2.00 - 2.20	27	9.00 - 9.20		16.00 - 16.20	
2.20 - 2.40	100	9.20 - 9.40		16.20 - 16.40	
2.40 - 2.60		9.40 - 9.60		16.40 - 16.60	
2.60 - 2.80		9.60 - 9.80		16.60 - 16.80	
2.80 - 3.00		9.80 - 10.00		16.80 - 17.00	
3.00 - 3.20		10.00 - 10.20		17.00 - 17.20	
3.20 - 3.40		10.20 - 10.40		17.20 - 17.40	
3.40 - 3.60		10.40 - 10.60		17.40 - 17.60	
3.60 - 3.80		10.60 - 10.80		17.60 - 17.80	
3.80 - 4.00		10.80 - 11.00		17.80 - 18.00	
4.00 - 4.20		11.00 - 11.20		18.00 - 18.20	
4.20 - 4.40		11.20 - 11.40		18.20 - 18.40	
4.40 - 4.60		11.40 - 11.60		18.40 - 18.60	
4.60 - 4.80		11.60 - 11.80		18.60 - 18.80	
4.80 - 5.00		11.80 - 12.00		18.80 - 19.00	
5.00 - 5.20		12.00 - 12.20		19.00 - 19.20	
5.20 - 5.40		12.20 - 12.40		19.20 - 19.40	
5.40 - 5.60		12.40 - 12.60		19.40 - 19.60	
5.60 - 5.80		12.60 - 12.80		19.60 - 19.80	
5.80 - 6.00		12.80 - 13.00		19.80 - 20.00	
6.00 - 6.20		13.00 - 13.20		20.00 - 20.20	
6.20 - 6.40		13.20 - 13.40		20.20 - 20.40	
6.40 - 6.60		13.40 - 13.60		20.40 - 20.60	
6.60 - 6.80		13.60 - 13.80		20.60 - 20.80	
6.80 - 7.00		13.80 - 14.00		20.80 - 21.00	



<b>Ensayo P5</b>	<b>Penetrómetro tipo DPSH</b>	<b>Peso maza 63,50 kg</b>	<b>Diámetro varillaje 32 mm</b>
<b>Situación C/ Latores (Oviedo)</b>	<b>Prof. rechazo 2,40 m</b>	<b>Altura caída 76,20 cm</b>	<b>Puntaza Cónica corta 51 mm</b>



**EMPLAZAMIENTO Y OBSERVACIONES:**





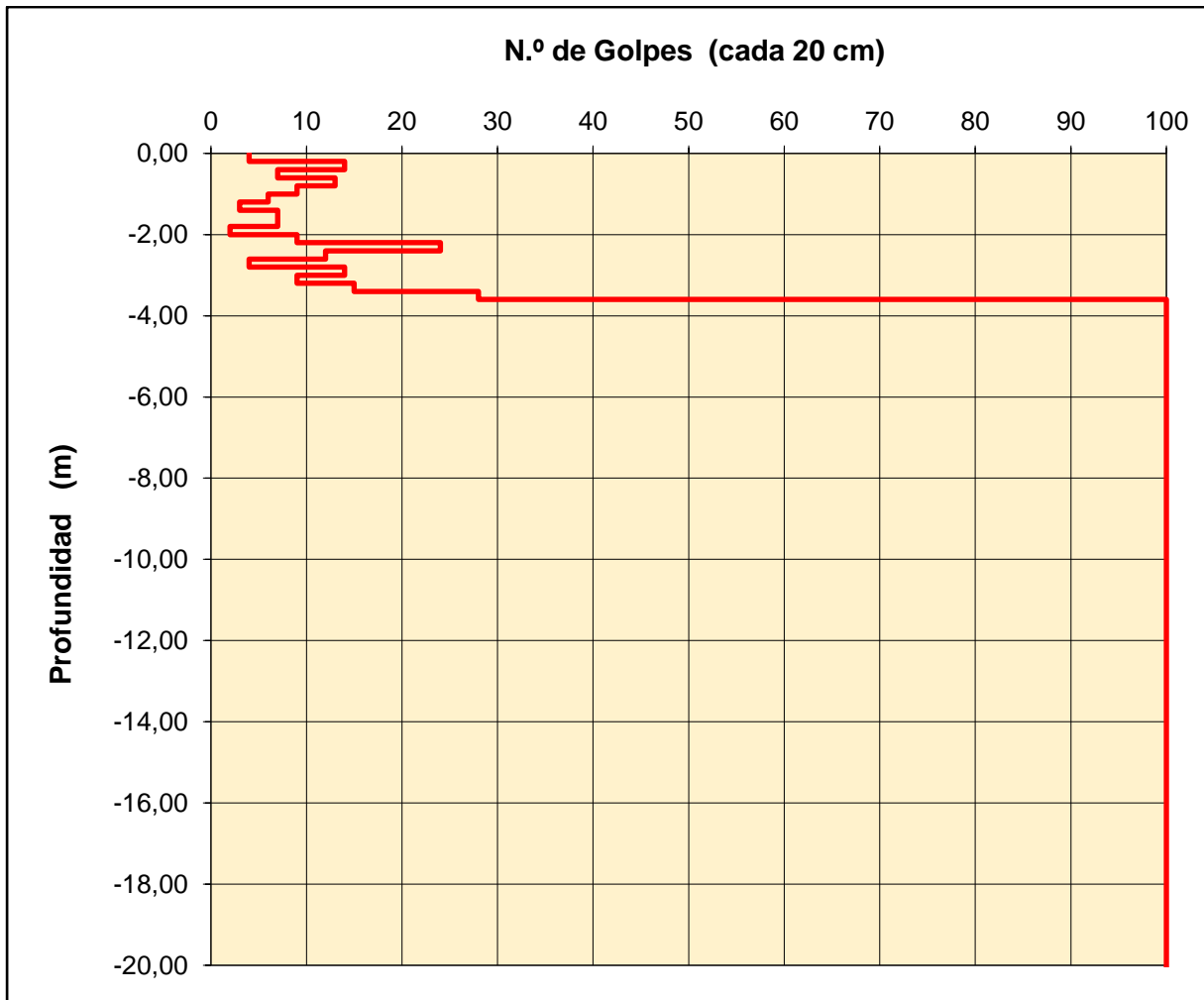


<b>Ensayo P6</b>	<b>Penetrómetro tipo DPSH</b>	<b>Peso maza 63,50 kg</b>	<b>Diámetro varillaje 32 mm</b>
<b>Situación C/ Latores (Oviedo)</b>	<b>Prof. rechazo 3,75 m</b>	<b>Altura caída 76,20 cm</b>	<b>Puntaza Cónica corta 51 mm</b>

Profundidad (m)	Golpes	Profundidad (m)	Golpes	Profundidad (m)	Golpes
0.00 - 0.20	4	7.00 - 7.20		14.00 - 14.20	
0.20 - 0.40	14	7.20 - 7.40		14.20 - 14.40	
0.40 - 0.60	7	7.40 - 7.60		14.40 - 14.60	
0.60 - 0.80	13	7.60 - 7.80		14.60 - 14.80	
0.80 - 1.00	9	7.80 - 8.00		14.80 - 15.00	
1.00 - 1.20	6	8.00 - 8.20		15.00 - 15.20	
1.20 - 1.40	3	8.20 - 8.40		15.20 - 15.40	
1.40 - 1.60	7	8.40 - 8.60		15.40 - 15.60	
1.60 - 1.80	7	8.60 - 8.80		15.60 - 15.80	
1.80 - 2.00	2	8.80 - 9.00		15.80 - 16.00	
2.00 - 2.20	9	9.00 - 9.20		16.00 - 16.20	
2.20 - 2.40	24	9.20 - 9.40		16.20 - 16.40	
2.40 - 2.60	12	9.40 - 9.60		16.40 - 16.60	
2.60 - 2.80	4	9.60 - 9.80		16.60 - 16.80	
2.80 - 3.00	14	9.80 - 10.00		16.80 - 17.00	
3.00 - 3.20	9	10.00 - 10.20		17.00 - 17.20	
3.20 - 3.40	15	10.20 - 10.40		17.20 - 17.40	
3.40 - 3.60	28	10.40 - 10.60		17.40 - 17.60	
3.60 - 3.80	100	10.60 - 10.80		17.60 - 17.80	
3.80 - 4.00		10.80 - 11.00		17.80 - 18.00	
4.00 - 4.20		11.00 - 11.20		18.00 - 18.20	
4.20 - 4.40		11.20 - 11.40		18.20 - 18.40	
4.40 - 4.60		11.40 - 11.60		18.40 - 18.60	
4.60 - 4.80		11.60 - 11.80		18.60 - 18.80	
4.80 - 5.00		11.80 - 12.00		18.80 - 19.00	
5.00 - 5.20		12.00 - 12.20		19.00 - 19.20	
5.20 - 5.40		12.20 - 12.40		19.20 - 19.40	
5.40 - 5.60		12.40 - 12.60		19.40 - 19.60	
5.60 - 5.80		12.60 - 12.80		19.60 - 19.80	
5.80 - 6.00		12.80 - 13.00		19.80 - 20.00	
6.00 - 6.20		13.00 - 13.20		20.00 - 20.20	
6.20 - 6.40		13.20 - 13.40		20.20 - 20.40	
6.40 - 6.60		13.40 - 13.60		20.40 - 20.60	
6.60 - 6.80		13.60 - 13.80		20.60 - 20.80	
6.80 - 7.00		13.80 - 14.00		20.80 - 21.00	



<b>Ensayo P6</b>	<b>Penetrómetro tipo DPSH</b>	<b>Peso maza 63,50 kg</b>	<b>Diámetro varillaje 32 mm</b>
<b>Situación C/ Latores (Oviedo)</b>	<b>Prof. rechazo 3,75 m</b>	<b>Altura caída 76,20 cm</b>	<b>Puntaza Cónica corta 51 mm</b>



**EMPLAZAMIENTO Y OBSERVACIONES:**





## **Anexo IV: Actas de laboratorio**



**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/4414	1232	64518	S .2021/381

**ACTA DE RESULTADOS** R-08-8

**DATOS DE LA MUESTRA**

TIPO DE MUESTRA: S1, MI-1 (De 1,50 a 1,80 m)  
 PROCEDENCIA: E.G. Latores

**ENSAYOS REALIZADOS**

Análisis granulométrico por tamizado en suelos. Según UNE-EN ISO 17892-4:2019  
 Determinación del límite líquido (mediante aparato de Casagrande) y del límite plástico. Según UNE-EN ISO 17892-12:2019.  
 Determinación del contenido de humedad natural, según UNE-EN ISO 17892-1:2015  
 Ensayo de compresión no confinada, en suelos. Según UNE-EN ISO 17892-7:2019.  
 Determinación de la densidad de un suelo. Método de la balanza hidrostática, según norma UNE 103,301:1994.  
 Determinación de la densidad de las partículas de un suelo, según UNE-EN ISO 17892-3:2018.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.  
 Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L .

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985.26,63,75 / F. 985,73,35,35

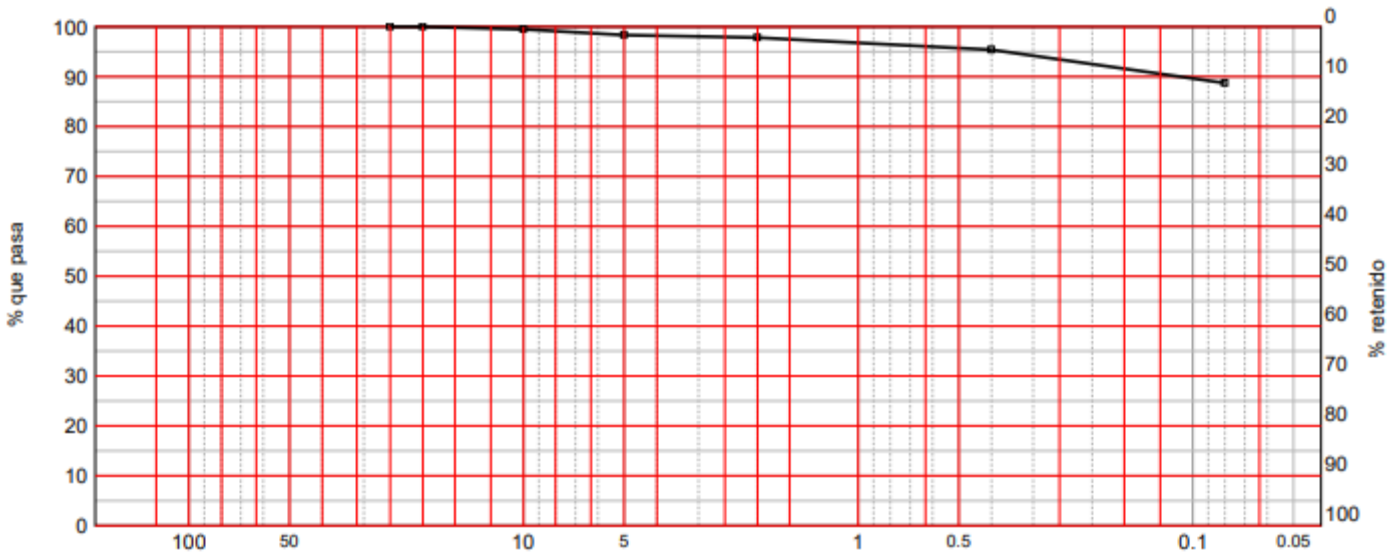


Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/4414	1232	64518	S .2021/381

## ACTA DE RESULTADOS R-08-8

Ident-Granulom. tamiz. suelos S/UNE-EN ISO 17892-4:2019							
Tamiz (mm)	25	20	10	5	2	0,4	0,08
Pasa (%)	100	100	100	98	98	95	88,8

### Curva granulométrica



### LÍMITES DE ATTERBERG

SEGÚN UNE-EN ISO 17892-12:2019

Límite líquido	<b>38,0</b>
Límite plástico	<b>30,4</b>
Índice de plasticidad	<b>7,6</b>

### HUMEDAD

SEGÚN UNE-EN ISO 17892-1:2015

Humedad (%)	<b>25,2</b>
-------------	-------------

### OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial



**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985.26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/4414	1232	64518	S .2021/381

**ACTA DE RESULTADOS** R-08-8

SUELO: COMPRESIÓN NO CONFINADA. Según UNE-EN ISO 17892-7:2019.		
DATOS INICIALES DE LA PROBETA		
Diámetro	mm	56,3
Altura	mm	127,5
Sección	cm <sup>2</sup>	24,98
Volumen	cm <sup>3</sup>	318,5
Peso húmedo	g	637,5
Humedad	%	25,2
Densidad húmeda	Mg/m <sup>3</sup>	2,002
Densidad seca	Mg/m <sup>3</sup>	1,599
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO		
Velocidad de deformación	mm/min	1,91
Carga máxima	kg	21
Deformación máxima	mm	12,0
Sección corregida	cm <sup>2</sup>	25,22
Tensión máxima	kg/cm <sup>2</sup>	0,83
Tensión máxima	kPa	<b>81</b>
Deformación en rotura	%	<b>9,4</b>

**Observaciones:** 1 kg/cm<sup>2</sup> = 98.07 kPa.

DENSIDAD DE UN SUELO. Según UNE 103,301:1994.		
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	<b>1,908</b>
Humedad	%	25,2
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	<b>1,524</b>

DENSIDAD DE LAS PARTÍCULAS DE UN SUELO, Según UNE-EN ISO 17892-3:2018		
Peso específico	g/cm <sup>3</sup>	<b>2,404</b>

**OBSERVACIONES:**

RESP. TÉCNICO DE ÁREA



**LACOTEC**  
 Raúl Alonso Fernández  
 Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO



**LACOTEC**  
 Laudelino Orviz González  
 Ingeniero T. Industrial

Laboratorio Inscrito en el Registro General del CTE, Sección 5,1 con el número AST-L-020





**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/4415	1233	64518	S .2021/381

## ACTA DE RESULTADOS

R-08-8

### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S1, MI-1 (De 1,50 a 1,80 m)

PROCEDENCIA: E.G. Latores

### ENSAYOS REALIZADOS

Ensayo edométrico en célula de 50 mm para seis escalones de carga y tres de descarga (presión máxima 800 KPa). Según UNE 103405/94

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L.

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVES 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/4415	1233	64518	S. 2021/381

## ACTA DE RESULTADOS

R-08-8

CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE UN SUELO EN EDÓMETRO Según UNE 103405/94	
DATOS INICIALES	
Lectura inicial	mm 5,000

LECTURAS DE CARGA							
Tiempo / Presiones		25 KPa	50 KPa	100 KPa	200 KPa	400 KPa	800 KPa
10 s	mm	4,810	4,653	4,400	4,119	3,753	3,304
15 s	mm	4,802	4,648	4,396	4,110	3,742	3,285
30 s	mm	4,790	4,638	4,383	4,097	3,720	3,261
1 min	mm	4,780	4,628	4,372	4,082	3,700	3,235
2 min	mm	4,770	4,619	4,361	4,067	3,680	3,210
3 min	mm	4,768	4,612	4,356	4,060	3,666	3,198
5 min	mm	4,765	4,609	4,350	4,052	3,657	3,186
7 min	mm	4,763	4,605	4,346	4,046	3,650	3,180
10 min	mm	4,762	4,598	4,342	4,040	3,644	3,174
15 min	mm	4,760	4,596	4,339	4,037	3,640	3,165
20 min	mm	4,759	4,594	4,336	4,034	3,635	3,160
30 min	mm	4,758	4,593	4,334	4,030	3,630	3,156
45 min	mm	4,757	4,590	4,330	4,026	3,618	3,149
1 h	mm	4,756	4,572	4,318	4,020	3,614	3,147
2 h	mm	4,752	4,550	4,293	4,016	3,605	3,137
1 día	mm	4,750	4,534	4,272	3,994	3,583	3,114

LECTURAS DE DESCARGA				
Presiones	KPa	200	50	0
Lecturas	mm	3,223	3,410	4,204

RESULTADOS DE ENSAYO							
Humedad inicial	%	25,2					
Humedad final	%	22,0					
Densidad seca inicial	g/cm <sup>3</sup>	1,559					
Densidad relativa de partículas sólidas	g/cm <sup>3</sup>	2,404					
Índice de poros inicial; e <sub>0</sub>		0,542					
Grado de saturación inicial	%	100,0					
Altura de sólido; H <sub>s</sub>	cm	1,297					
CICLO DE CARGA	KPa	25	50	100	200	400	800
Altura de la probeta; H	cm	1,975	1,953	1,927	1,899	1,858	1,811
Índice de poros; e		0,522	0,506	0,485	0,464	0,432	0,396
CICLO DE DESCARGA	KPa	200		50		0	
Altura de la probeta; H	cm	1,822		1,841		1,920	
Índice de poros; e		0,405		0,419		0,480	

**OBSERVACIONES:**

RESP. TÉCNICO DE ÁREA



Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO



Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial



**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
33428.Llanera(Asturias)  
laboratorio@lacotec.es  
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



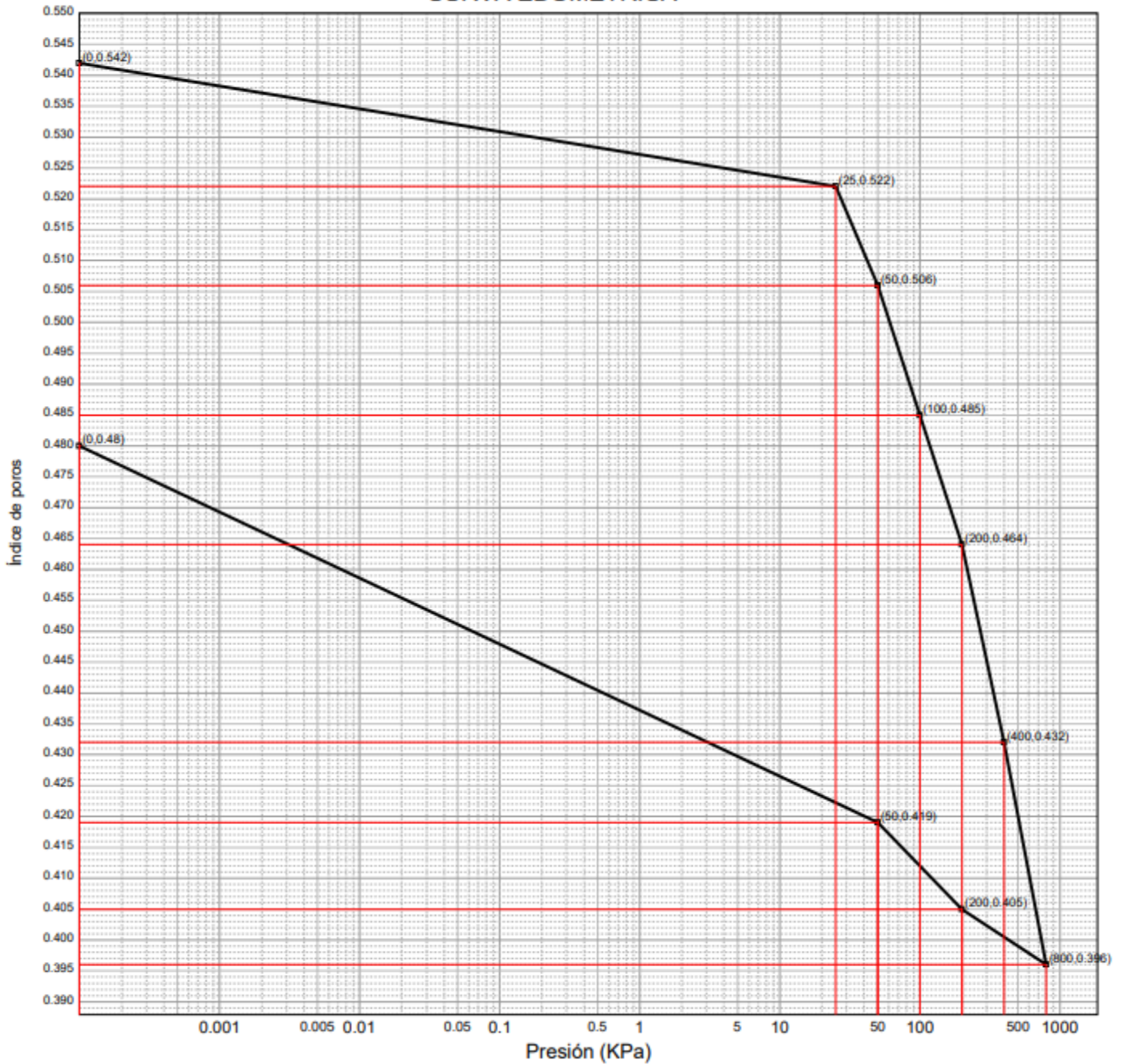
Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/4415	1233	64518	S .2021/381

## ACTA DE RESULTADOS

R-08-8

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		
Índice de compresión	Cc	0,099
Índice de hinchamiento	Cs	0,024

### CURVA EDOMÉTRICA







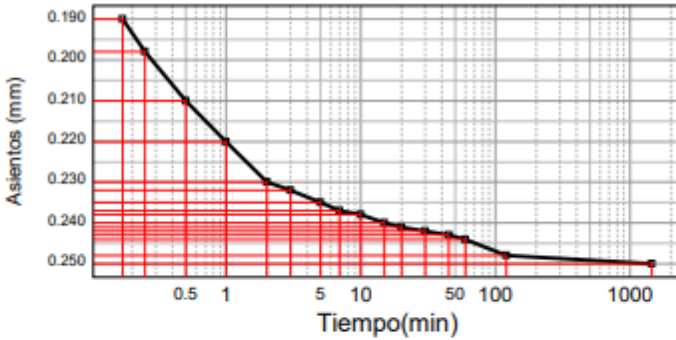
**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



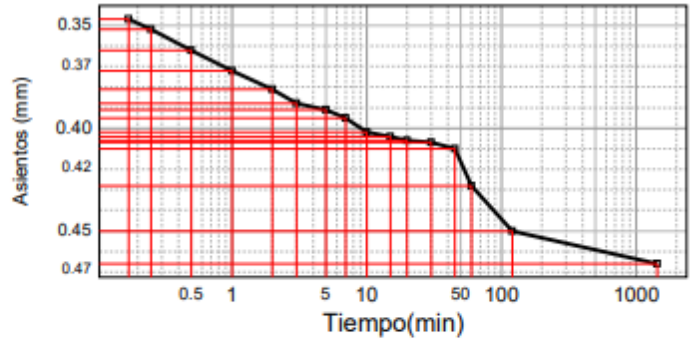
Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/4415	1233	64518	S .2021/381

# ACTA DE RESULTADOS R-08-8

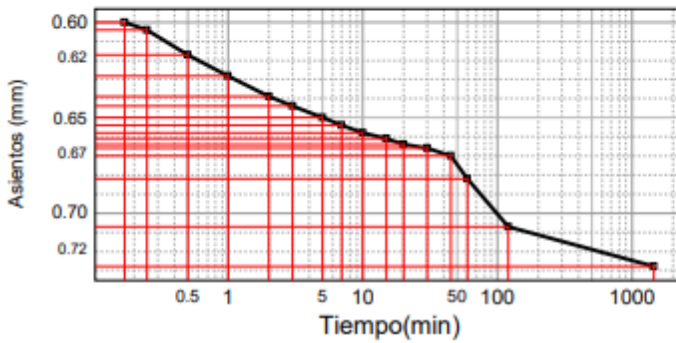
### CURVA DE CONSOLIDACIÓN A 25 KPa



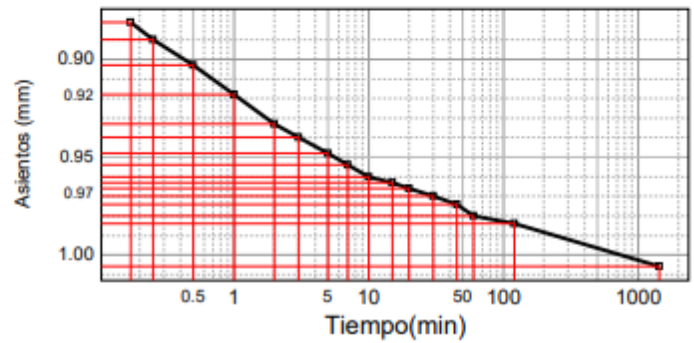
### CURVA DE CONSOLIDACIÓN A 50 KPa



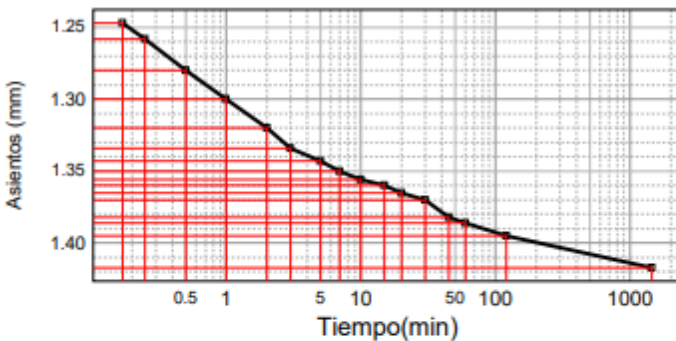
### CURVA DE CONSOLIDACIÓN A 100 KPa



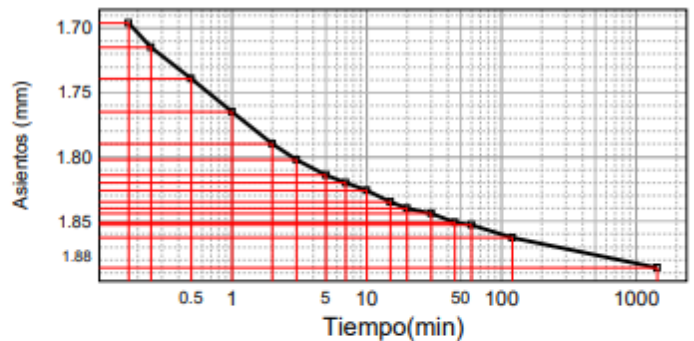
### CURVA DE CONSOLIDACIÓN A 200 KPa



### CURVA DE CONSOLIDACIÓN A 400 KPa



### CURVA DE CONSOLIDACIÓN A 800 KPa



## OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA



Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO



Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial



**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**

CL "A" .Parcela 3, Nave 1

33428.Llanera(Asturias)

laboratorio@lacotec.es

T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/6523	1249	67764	S .2021/615

## ACTA DE RESULTADOS R-08-8

### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S2 , MI-2 (De 3,60 a 4,20 m)

PROCEDENCIA: Muro Latores

### ENSAYOS REALIZADOS

Análisis granulométrico por tamizado en suelos. Según UNE-EN ISO 17892-4:2019  
 Determinación del límite líquido (mediante aparato de Casagrande) y del límite plástico. Según UNE-EN ISO 17892-12:2019.  
 Determinación del contenido de humedad natural, según UNE-EN ISO 17892-1:2015  
 Ensayo de compresión no confinada, en suelos. Según UNE-EN ISO 17892-7:2019.  
 Determinación de la densidad de un suelo. Método de la balanza hidrostática, según norma UNE 103,301:1994.  
 Ensayo de Corte Directo de una muestra de suelo, consolidado y no drenado (CU), según UNE 103,401:1998  
 Determinación de la densidad de las partículas de un suelo, según UNE-EN ISO 17892-3:2018.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L .

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
33428.Llanera(Asturias)  
laboratorio@lacotec.es  
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35

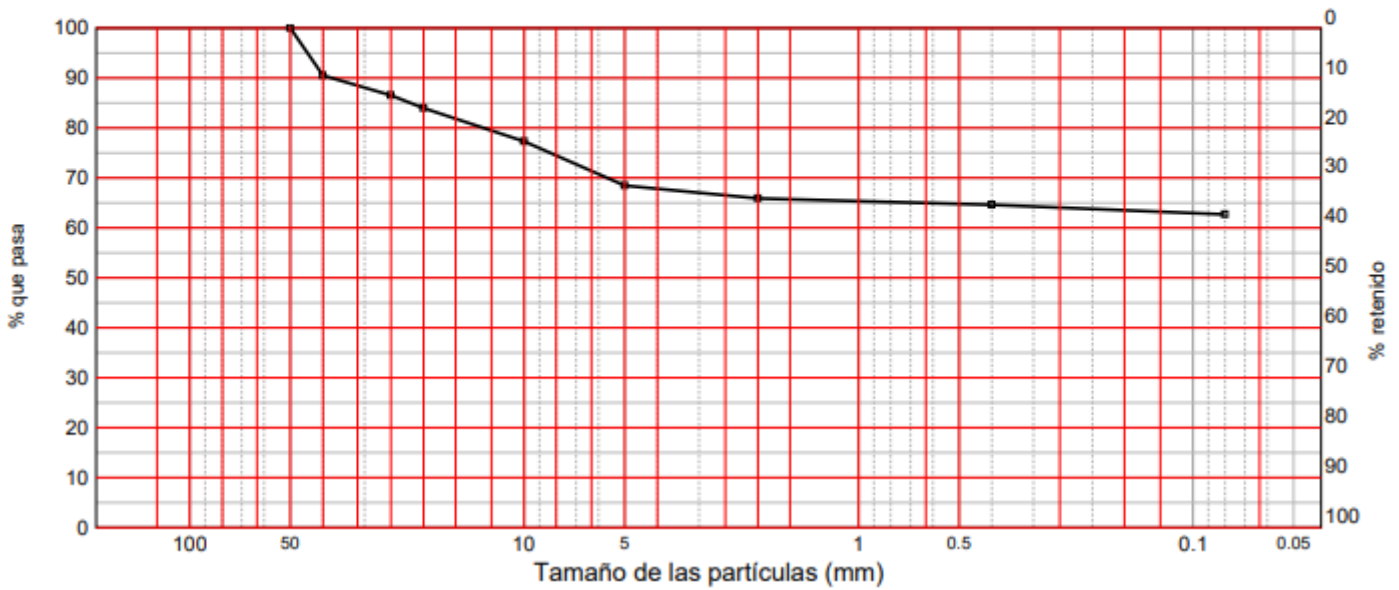


Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/6523	1249	67764	S.2021/615

## ACTA DE RESULTADOS R-08-8

Ident-Granulom. tamiz. suelos S/UNE-EN ISO 17892-4:2019									
Tamiz (mm)	50	40	25	20	10	5	2	0,4	0,08
Pasa (%)	100	91	87	84	77	68	66	65	62,7

Curva granulométrica



LÍMITES DE ATTERBERG	
SEGÚN UNE-EN ISO 17892-12:2019	
Límite líquido	<b>31,9</b>
Límite plástico	<b>25,9</b>
Índice de plasticidad	<b>6,0</b>

HUMEDAD	
SEGÚN UNE-EN ISO 17892-1:2015	
Humedad (%)	<b>13,0</b>

**OBSERVACIONES:**

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial

Laboratorio Inscrito en el Registro General del CTE, Sección 5,1 con el número AST-L-020





**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/6523	1249	67764	S.2021/615

**ACTA DE RESULTADOS** R-08-8

SUELO: COMPRESIÓN NO CONFINADA. Según UNE-EN ISO 17892-7:2019.		
DATOS INICIALES DE LA PROBETA		
Diámetro	mm	57,0
Altura	mm	115,2
Sección	cm <sup>2</sup>	25,52
Volumen	cm <sup>3</sup>	294,0
Peso húmedo	g	668,7
Humedad	%	13,0
Densidad húmeda	Mg/m <sup>3</sup>	2,274
Densidad seca	Mg/m <sup>3</sup>	2,013
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO		
Velocidad de deformación	mm/min	1,73
Carga máxima	kg	172
Deformación máxima	mm	9,0
Sección corregida	cm <sup>2</sup>	25,72
Tensión máxima	kg/cm <sup>2</sup>	6,69
Tensión máxima	kPa	<b>656</b>
Deformación en rotura	%	<b>7,8</b>

**Observaciones:** 1 kg/cm<sup>2</sup> = 98.07 kPa.

DENSIDAD DE UN SUELO. Según UNE 103,301:1994.		
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	<b>2,061</b>
Humedad	%	13,0
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	<b>1,824</b>

**OBSERVACIONES:**

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial

Laboratorio Inscrito en el Registro General del CTE, Sección 5,1 con el número AST-L-020



**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35

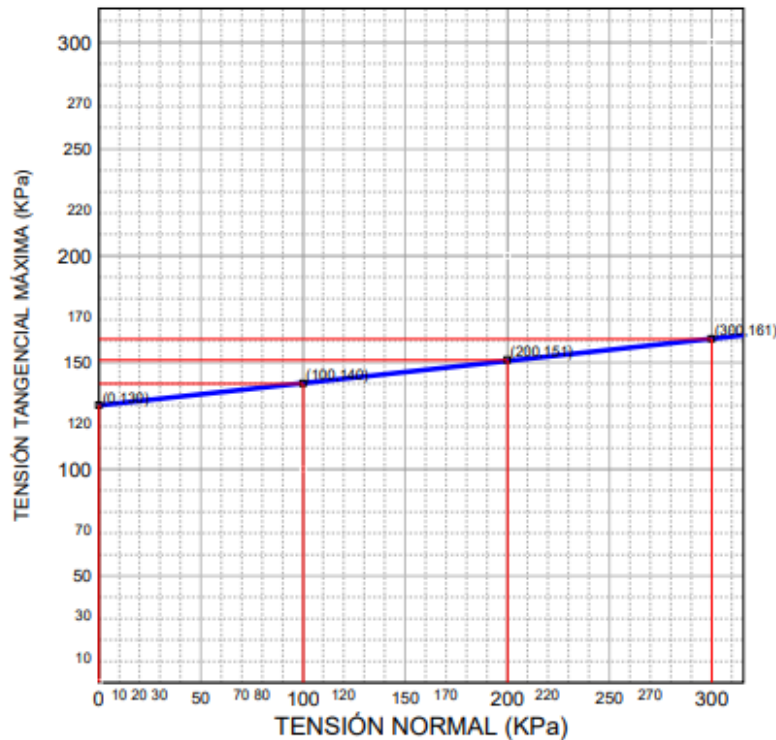


Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/6523	1249	67764	S.2021/615

**ACTA DE RESULTADOS** R-08-8

CORTE DIRECTO Consolidado - no drenado (CU). Según UNE 103,401:1998.				
		Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Humedad inicial	%	13,0		
Humedad final	%	22,2	22,0	22,0
Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	2,062	2,035	2,027
Densidad seca inicial	g/cm <sup>3</sup>	1,825	1,801	1,794
Índice de huecos inicial		0,397	0,416	0,422
Grado de saturación inicial	%	83,4	79,7	78,6
Índice de huecos final (de consolidación)		0,371	0,365	0,336
Tensión normal	KPa	100	200	300
Tensión tangencial máxima	KPa	140	151	161
Ángulo de Rozamiento Interno	°	6,0		
Cohesión	KPa	130		

Observaciones: 1 kg/cm<sup>2</sup> = 98 kPa.



DENSIDAD DE LAS PARTÍCULAS DE UN SUELO, Según UNE-EN ISO 17892-3:2018	
Peso específico	g/cm <sup>3</sup> <b>2,550</b>

OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laidelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial



**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/6522	1248	67763	S .2021/614

## ACTA DE RESULTADOS R-08-8

### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S2, MI-3 (De 5,50 a 5,45 m)

PROCEDENCIA: Muro Latores

### ENSAYOS REALIZADOS

Análisis granulométrico por tamizado en suelos. Según UNE-EN ISO 17892-4:2019  
 Determinación del límite líquido (mediante aparato de Casagrande) y del límite plástico.  
 Según UNE-EN ISO 17892-12:2019.  
 Determinación del contenido de humedad natural, según UNE-EN ISO 17892-1:2015  
 Ensayo de compresión no confinada, en suelos. Según UNE-EN ISO 17892-7:2019.  
 Determinación de la densidad de un suelo. Método de la balanza hidrostática, según norma  
 UNE 103,301:1994.  
 Ensayo de Corte Directo de una muestra de suelo, consolidado y no drenado (CU), según  
 UNE 103,401:1998  
 Determinación de la densidad de las partículas de un suelo, según UNE-EN ISO  
 17892-3:2018.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.  
 Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L.

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35

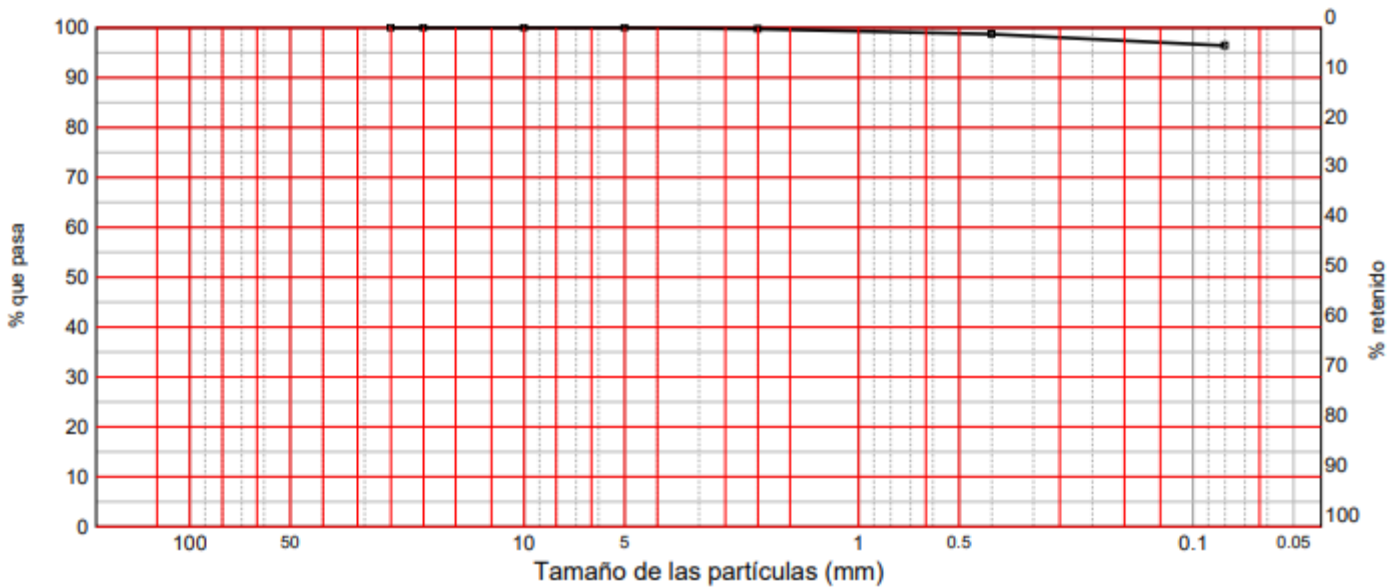


Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/6522	1248	67763	S .2021/614

## ACTA DE RESULTADOS R-08-8

Ident-Granulom. tamiz. suelos S/UNE-EN ISO 17892-4:2019							
Tamiz (mm)	25	20	10	5	2	0,4	0,08
Pasa (%)	100	100	100	100	100	99	96,4

### Curva granulométrica



LÍMITES DE ATTERBERG	
SEGÚN UNE-EN ISO 17892-12:2019	
Límite líquido	<b>25,5</b>
Límite plástico	<b>20,9</b>
Índice de plasticidad	<b>4,6</b>

HUMEDAD	
SEGÚN UNE-EN ISO 17892-1:2015	
Humedad (%)	<b>16,2</b>

**OBSERVACIONES:**

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández  
 Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González  
 Ingeniero T. Industrial





**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/6522	1248	67763	S .2021/614

## ACTA DE RESULTADOS R-08-8

SUELO: COMPRESIÓN NO CONFINADA. Según UNE-EN ISO 17892-7:2019.		
DATOS INICIALES DE LA PROBETA		
Diámetro	mm	57,0
Altura	mm	130,6
Sección	cm <sup>2</sup>	25,52
Volumen	cm <sup>3</sup>	333,3
Peso húmedo	g	746,2
Humedad	%	16,2
Densidad húmeda	Mg/m <sup>3</sup>	2,239
Densidad seca	Mg/m <sup>3</sup>	1,927
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO		
Velocidad de deformación	mm/min	1,96
Carga máxima	kg	106
Deformación máxima	mm	9,0
Sección corregida	cm <sup>2</sup>	25,70
Tensión máxima	kg/cm <sup>2</sup>	4,12
Tensión máxima	kPa	<b>404</b>
Deformación en rotura	%	<b>6,9</b>

**Observaciones:** 1 kg/cm<sup>2</sup> = 98.07 kPa.

DENSIDAD DE UN SUELO. Según UNE 103,301:1994.		
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	<b>2,184</b>
Humedad	%	16,2
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	<b>1,880</b>

**OBSERVACIONES:**

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial

Laboratorio Inscrito en el Registro General del CTE, Sección 5,1 con el número AST-L-020



**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35

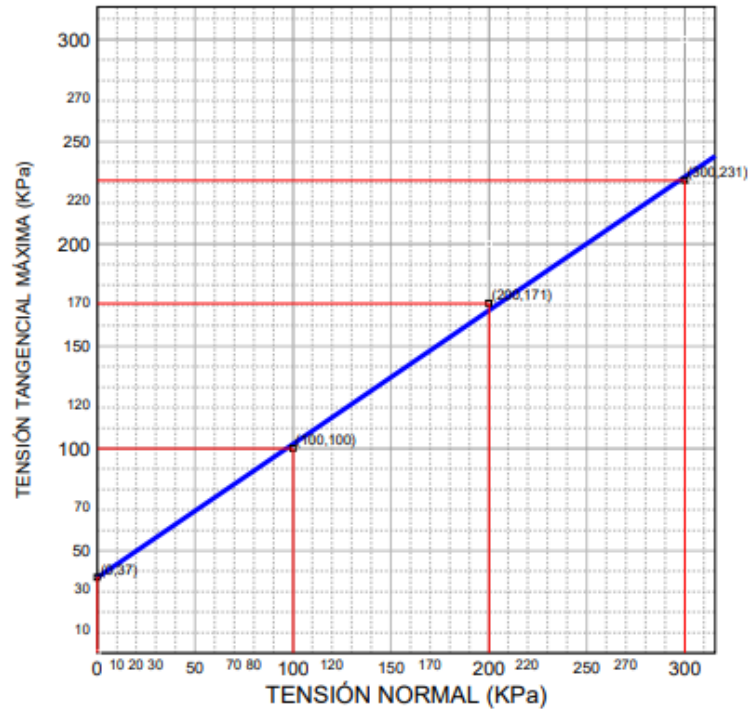


Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/6522	1248	67763	S .2021/614

**ACTA DE RESULTADOS R-08-8**

CORTE DIRECTO Consolidado - no drenado (CU). Según UNE 103,401:1998.			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Humedad inicial	16,2		
Humedad final	22,0	21,0	19,8
Densidad aparente	2,051	2,016	1,992
Densidad seca inicial	1,765	1,735	1,715
Índice de huecos inicial	0,443	0,468	0,485
Grado de saturación inicial	93,2	88,2	85,0
Índice de huecos final (de consolidación)	0,426	0,407	0,414
Tensión normal	100	200	300
Tensión tangencial máxima	100	171	231
Ángulo de Rozamiento Interno	33,2		
Cohesión	37		

Observaciones: 1 kg/cm<sup>2</sup> = 98 kPa.



DENSIDAD DE LAS PARTÍCULAS DE UN SUELO, Según UNE-EN ISO 17892-3:2018	
Peso específico	g/cm <sup>3</sup> 2,547

**OBSERVACIONES:**

RESP. TÉCNICO DE ÁREA



Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO



Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial





**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
33428.Llanera(Asturias)  
laboratorio@lacotec.es  
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/6696	1252	67767	S .2021/618

## ACTA DE RESULTADOS

R-08-8

### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S2, MI-4 (De 7,50 a 7,70 m)

PROCEDENCIA: Muro Latores

### ENSAYOS REALIZADOS

Análisis granulométrico por tamizado en suelos. Según UNE-EN ISO 17892-4:2019  
Determinación del límite líquido (mediante aparato de Casagrande) y del límite plástico. Según UNE-EN ISO 17892-12:2019.  
Determinación del contenido de humedad natural, según UNE-EN ISO 17892-1:2015  
Determinación de la densidad de un suelo. Método de la balanza hidrostática, según norma UNE 103,301:1994.  
Determinación de la densidad de las partículas de un suelo, según UNE-EN ISO 17892-3:2018.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L.

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35

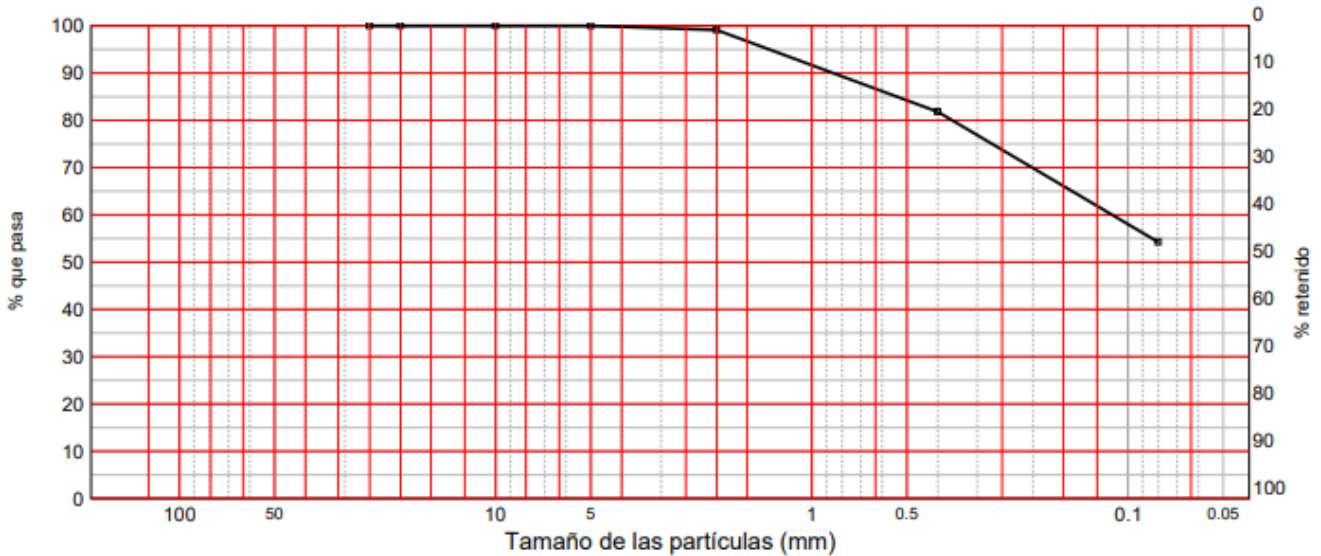


Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/6696	1252	67767	S.2021/618

**ACTA DE RESULTADOS** R-08-8

Ident-Granulom. tamiz. suelos S/UNE-EN ISO 17892-4:2019							
Tamiz (mm)	25	20	10	5	2	0,4	0,08
Pasa (%)	100	100	100	100	99	82	54,2

Curva granulométrica



LÍMITES DE ATTERBERG SEGÚN UNE-EN ISO 17892-12:2019	
Límite líquido	24,1
Límite plástico	20,0
Índice de plasticidad	4,2

HUMEDAD SEGÚN UNE-EN ISO 17892-1:2015	
Humedad (%)	19,7

DENSIDAD DE UN SUELO. Según UNE 103,301:1994.		
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	2,163
Humedad	%	19,67
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	1,807

DENSIDAD DE LAS PARTÍCULAS DE UN SUELO, Según UNE-EN ISO 17892-3:2018	
Peso específico	g/cm <sup>3</sup>
	2,572

**OBSERVACIONES:**

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández  
 Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González  
 Ingeniero T. Industrial



**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**

CL "A" Parcela 3, Nave 1

33428.Llanera(Asturias)

laboratorio@lacotec.es

T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/6524	1250	67765	S .2021/616

**ACTA DE RESULTADOS** R-08-8

### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S3, MI-2 (De 3,60 a 4,20 m)

PROCEDENCIA: Muro Latores

### ENSAYOS REALIZADOS

Análisis granulométrico por tamizado en suelos. Según UNE-EN ISO 17892-4:2019  
Determinación del límite líquido (mediante aparato de Casagrande) y del límite plástico.  
Según UNE-EN ISO 17892-12:2019.  
Determinación del contenido de humedad natural, según UNE-EN ISO 17892-1:2015  
Ensayo de compresión no confinada, en suelos. Según UNE-EN ISO 17892-7:2019.  
Determinación de la densidad de un suelo. Método de la balanza hidrostática, según norma  
UNE 103,301:1994.  
Ensayo de Corte Directo de una muestra de suelo, consolidado y no drenado (CU), según  
UNE 103,401:1998  
Determinación de la densidad de las partículas de un suelo, según UNE-EN ISO  
17892-3:2018.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L.

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.





**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35

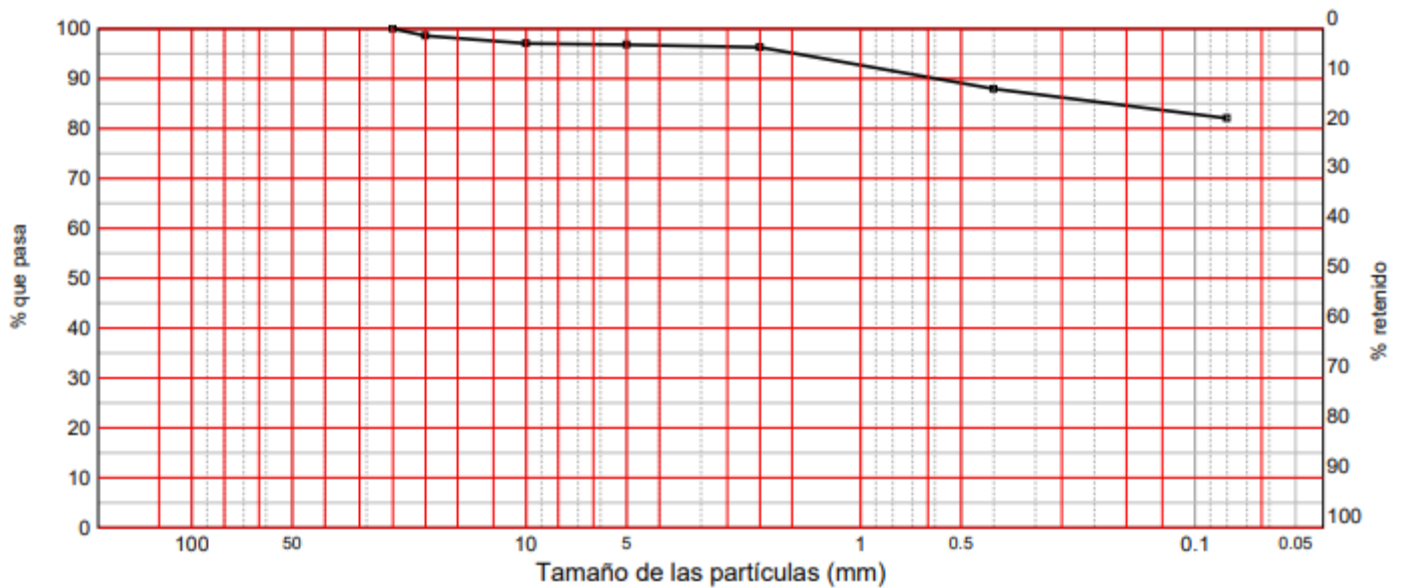


Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/6524	1250	67765	S .2021/616

## ACTA DE RESULTADOS R-08-8

Ident-Granulom. tamiz. suelos S/UNE-EN ISO 17892-4:2019							
Tamiz (mm)	25	20	10	5	2	0,4	0,08
Pasa (%)	100	99	97	97	96	88	82,0

### Curva granulométrica



LÍMITES DE ATTERBERG	
SEGÚN UNE-EN ISO 17892-12:2019	
Límite líquido	56,9
Límite plástico	30,6
Índice de plasticidad	26,3

HUMEDAD	
SEGÚN UNE-EN ISO 17892-1:2015	
Humedad (%)	28,7

**OBSERVACIONES:**

RESP. TÉCNICO DE ÀREA

LACOTEG  
 Raúl Alonso Fernández  
 Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

LACOTEG  
 Laudelino Orviz González  
 Ingeniero T. Industrial

Laboratorio Inscrito en el Registro General del CTE, Sección 5,1 con el número AST-L-020



**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/6524	1250	67765	S .2021/616

## ACTA DE RESULTADOS R-08-8

SUELO: COMPRESIÓN NO CONFINADA. Según UNE-EN ISO 17892-7:2019.		
DATOS INICIALES DE LA PROBETA		
Diámetro	mm	57,5
Altura	mm	122,1
Sección	cm <sup>2</sup>	26,06
Volumen	cm <sup>3</sup>	318,2
Peso húmedo	g	616,7
Humedad	%	28,7
Densidad húmeda	Mg/m <sup>3</sup>	1,938
Densidad seca	Mg/m <sup>3</sup>	1,506
DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO		
Velocidad de deformación	mm/min	1,83
Carga máxima	kg	32
Deformación máxima	mm	9,0
Sección corregida	cm <sup>2</sup>	26,25
Tensión máxima	kg/cm <sup>2</sup>	1,22
Tensión máxima	kPa	<b>120</b>
Deformación en rotura	%	<b>7,4</b>

**Observaciones:** 1 kg/cm<sup>2</sup> = 98.07 kPa.

DENSIDAD DE UN SUELO. Según UNE 103,301:1994.		
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	<b>1,919</b>
Humedad	%	28,7
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	<b>1,491</b>

**OBSERVACIONES:**

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial

Laboratorio Inscrito en el Registro General del CTE, Sección 5,1 con el número AST-L-020



**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35

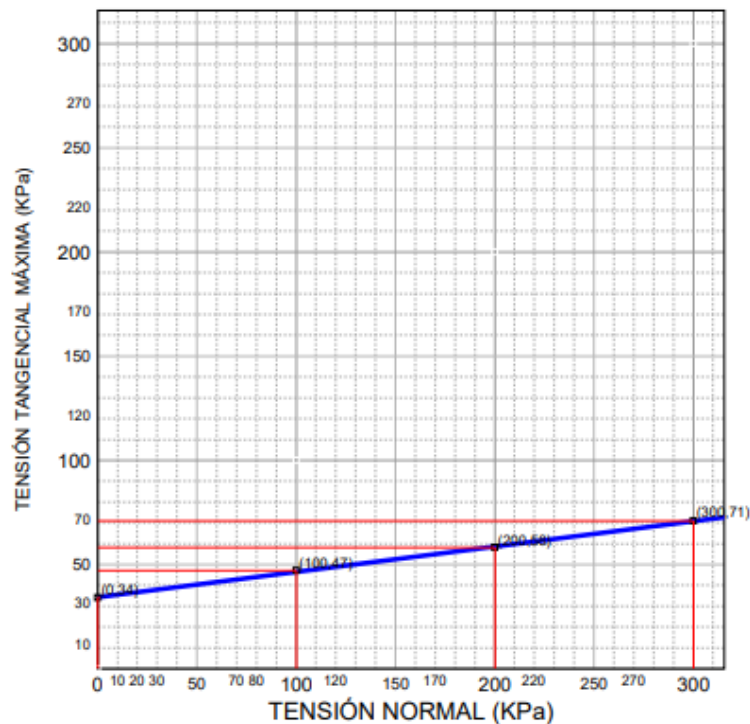


Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/6524	1250	67765	S .2021/616

## ACTA DE RESULTADOS R-08-8

CORTE DIRECTO Consolidado - no drenado (CU). Según UNE 103,401:1998.				
		Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Humedad inicial	%	28,7		
Humedad final	%	32,3	32,5	32,2
Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	1,987	1,875	1,857
Densidad seca inicial	g/cm <sup>3</sup>	1,544	1,457	1,443
Índice de huecos inicial		0,637	0,734	0,751
Grado de saturación inicial	%	113,8	98,8	96,5
Índice de huecos final (de consolidación)		0,601	0,654	0,656
Tensión normal	KPa	100	200	300
Tensión tangencial máxima	KPa	47	58	71
Ángulo de Rozamiento Interno	°	7,0		
Cohesión	KPa	34		

Observaciones: 1 kg/cm<sup>2</sup> = 98 kPa.



DENSIDAD DE LAS PARTÍCULAS DE UN SUELO, Según UNE-EN ISO 17892-3:2018		
Peso específico	g/cm <sup>3</sup>	2,527

OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO



Raúl Alonso Fernández  
Geólogo



Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial





**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/6695	1251	67766	S .2021/617

## ACTA DE RESULTADOS R-08-8

### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S3, MI-3 (De 6,00 a 6,20 m)  
 PROCEDENCIA: Muro Latores

### ENSAYOS REALIZADOS

Análisis granulométrico por tamizado en suelos. Según UNE-EN ISO 17892-4:2019  
 Determinación del límite líquido (mediante aparato de Casagrande) y del límite plástico. Según UNE-EN ISO 17892-12:2019.  
 Determinación del contenido de humedad natural, según UNE-EN ISO 17892-1:2015  
 Ensayo de compresión no confinada, en suelos. Según UNE-EN ISO 17892-7:2019.  
 Determinación de la densidad de un suelo. Método de la balanza hidrostática, según norma UNE 103,301:1994.  
 Determinación de la densidad de las partículas de un suelo, según UNE-EN ISO 17892-3:2018.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.  
 Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L .

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35

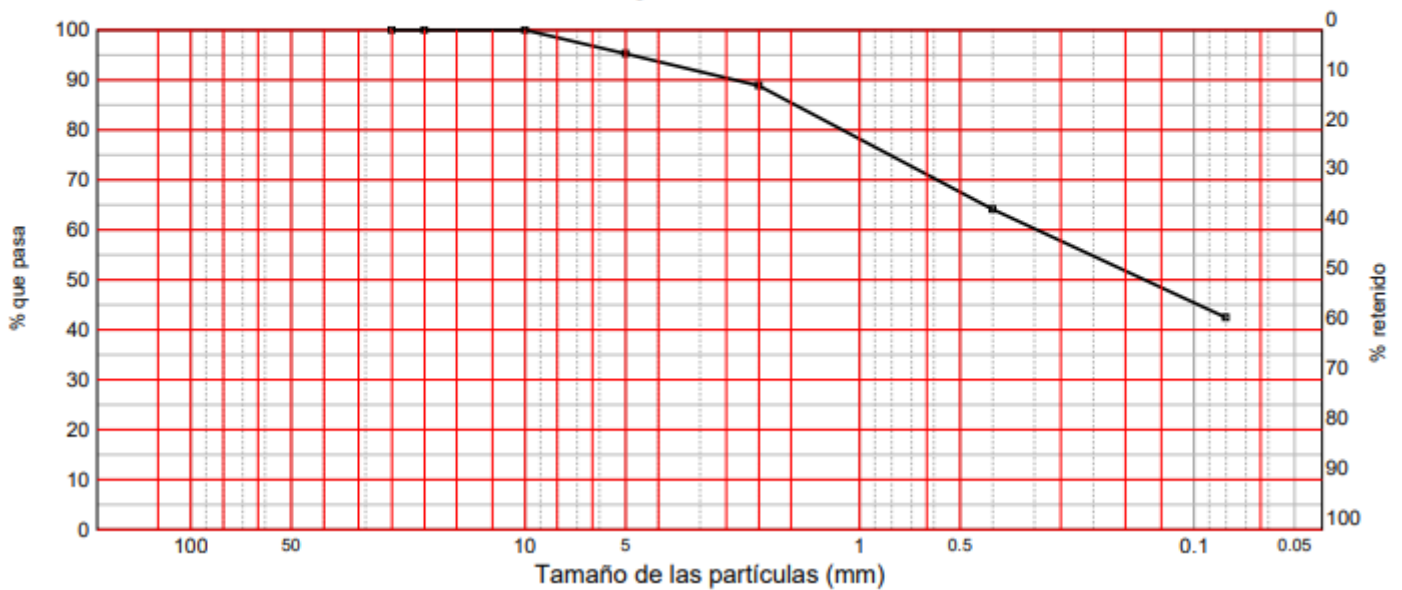


Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/6695	1251	67766	S .2021/617

## ACTA DE RESULTADOS R-08-8

Ident-Granulom. tamiz. suelos S/UNE-EN ISO 17892-4:2019							
Tamiz (mm)	25	20	10	5	2	0,4	0,08
Pasa (%)	100	100	100	95	89	64	42,4

### Curva granulométrica



### LÍMITES DE ATTERBERG

SEGÚN UNE-EN ISO 17892-12:2019

Límite líquido **23,8**  
 Límite plástico **21,1**  
 Índice de plasticidad **2,7**

### HUMEDAD

SEGÚN UNE-EN ISO 17892-1:2015

Humedad (%) **12,7**

### OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial

Laboratorio Inscrito en el Registro General del CTE, Sección 5,1 con el número AST-L-020



**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/6695	1251	67766	S .2021/617

**ACTA DE RESULTADOS R-08-8**

<b>SUELO: COMPRESIÓN NO CONFINADA. Según UNE-EN ISO 17892-7:2019.</b>		
<b>DATOS INICIALES DE LA PROBETA</b>		
Diámetro	mm	57,0
Altura	mm	73,0
Sección	cm <sup>2</sup>	25,52
Volumen	cm <sup>3</sup>	186,3
Peso húmedo	g	424,2
Humedad	%	12,7
Densidad húmeda	Mg/m <sup>3</sup>	2,277
Densidad seca	Mg/m <sup>3</sup>	2,020
<b>DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO</b>		
Velocidad de deformación	mm/min	1,10
Carga máxima	kg	23
Deformación máxima	mm	11,0
Sección corregida	cm <sup>2</sup>	25,91
Tensión máxima	kg/cm <sup>2</sup>	0,89
Tensión máxima	kPa	<b>87</b>
Deformación en rotura	%	<b>15,1</b>

**Observaciones:** 1 kg/cm<sup>2</sup> = 98.07 kPa.

<b>DENSIDAD DE UN SUELO. Según UNE 103,301:1994.</b>		
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	<b>2,325</b>
Humedad	%	12,7
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	<b>2,063</b>

<b>DENSIDAD DE LAS PARTÍCULAS DE UN SUELO, Según UNE-EN ISO 17892-3:2018</b>		
Peso específico	g/cm <sup>3</sup>	<b>2,643</b>

**OBSERVACIONES:**

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial

Laboratorio Inscrito en el Registro General del CTE, Sección 5,1 con el número AST-L-020



**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
33428.Llanera(Asturias)  
laboratorio@lacotec.es  
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/6697	1253	67768	S .2021/619

## ACTA DE RESULTADOS R-08-8

### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S3, MI-4 (De 8,25 a 8,40 m)

PROCEDENCIA: Muro Latores

### ENSAYOS REALIZADOS

Análisis granulométrico por tamizado en suelos. Según UNE-EN ISO 17892-4:2019  
 Determinación del límite líquido (mediante aparato de Casagrande) y del límite plástico. Según UNE-EN ISO 17892-12:2019.  
 Determinación del contenido de humedad natural, según UNE-EN ISO 17892-1:2015  
 Determinación de la densidad de un suelo. Método de la balanza hidrostática, según norma UNE 103,301:1994.  
 Determinación de la densidad de las partículas de un suelo, según UNE-EN ISO 17892-3:2018.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico, S.A.L.

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.





**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**  
 CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
 33428.Llanera(Asturias)  
 laboratorio@lacotec.es  
 T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35

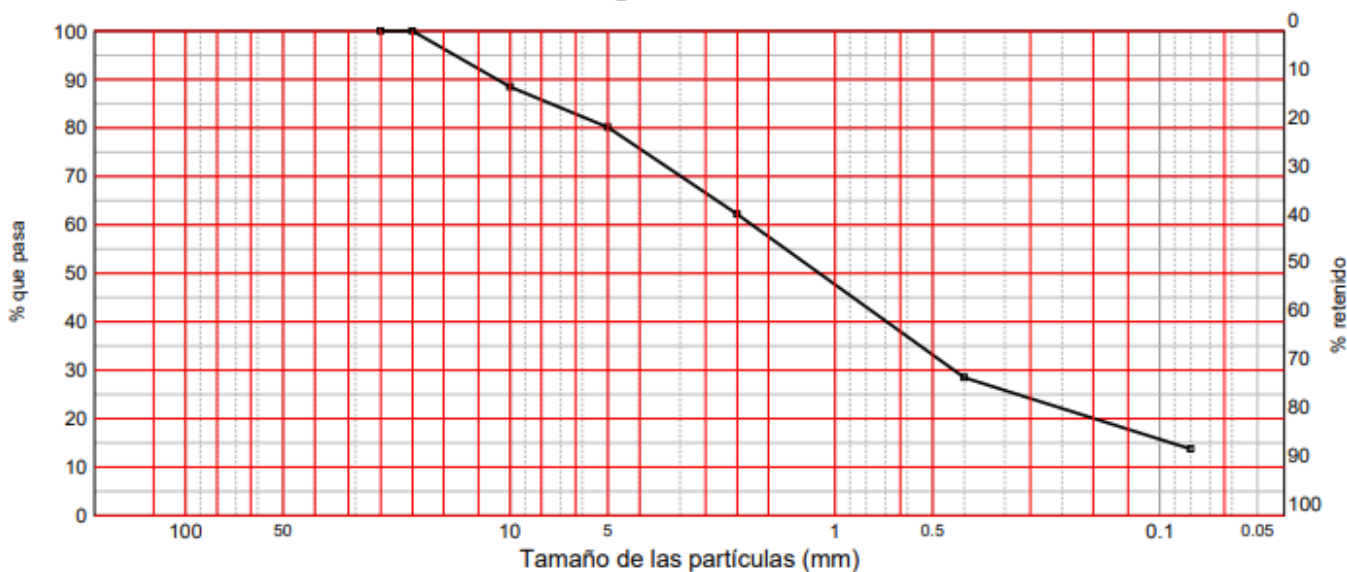


Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO
2021/6697	1253	67768	S .2021/619

## ACTA DE RESULTADOS R-08-8

Ident-Granulom. tamiz. suelos S/UNE-EN ISO 17892-4:2019							
Tamiz (mm)	25	20	10	5	2	0,4	0,08
Pasa (%)	100	100	89	80	62	28	13,7

### Curva granulométrica



LÍMITES DE ATTERBERG SEGÚN UNE-EN ISO 17892-12:2019	
Límite líquido	-----
Límite plástico	-----
Índice de plasticidad	<b>No plástico</b>

HUMEDAD SEGÚN UNE-EN ISO 17892-1:2015	
Humedad (%)	<b>7,5</b>

DENSIDAD DE UN SUELO. Según UNE 103,301:1994.		
Densidad húmeda	g/cm <sup>3</sup>	<b>1,967</b>
Humedad	%	7,5
Densidad seca	g/cm <sup>3</sup>	<b>1,830</b>

DENSIDAD DE LAS PARTÍCULAS DE UN SUELO, Según UNE-EN ISO 17892-3:2018	
Peso específico	g/cm <sup>3</sup>
	<b>2,646</b>

**OBSERVACIONES:**

RESP. TÉCNICO DE ÁREA



Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO



Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial



## **Anexo V: Cálculos de estabilidad de la escollera**





<b>TEORIA DE COULOMB</b>			
<b>H= 3,00 m</b>	<b>b= 17 °</b>	<b>Sobrecarga = 0,00 KN/ml</b>	
<b>TABLA DE ENTRADA DE DATOS</b>			
<b>Características del terreno</b>			
Ang. Roz. Int	F terreno	18 °	
Densidad	g terreno	20,00 KN/m <sup>3</sup>	
Ang. Roz. Int	F cimiento	40 °	
Densidad	g cimiento	20,00 KN/m <sup>3</sup>	
<b>Características escollera</b>			
	Densidad g escollera	18,00 KN/m <sup>3</sup>	
	Ang. Roz Terr-Trados d	12,2 °	
	Ang. Rozam F zap-terr.	33,9 °	
<b>Dimensiones</b>			
	n	3,3	
	m	5,0	
	t	3,0	
	H	3,00 m	
	a	1,70 m	
	X0	1,00 m	
	Y0	1,00 m	
	Angulo Talud Terreno b	17 °	
	Sobrecarga	0,00 KN/ml	
<b>Cálculos adicionales</b>			
b	0,296706	h	0,3217506
d	0,213318	Z=	0,865
F	0,314159	H <sub>T</sub> =	4,86
F <sub>Tz</sub>	0,591189		
a	-0,31875	a <sub>2</sub>	-0,463648
<b>EMPUJES</b>		<b>PESOS</b>	
Coef. Empuje activo	Ka	0,595	
Empuje activo tierras	E1	140,770	
Empuje sobrecarga	E2	-	
Empuje total	Ea	140,770	
Componente tangencial	Et	137,489	
Componente normal	En	30,214	
Brazo del empuje tierras	d <sub>2</sub>	1,08	
Brazo empuje sobrecarga	d <sub>2</sub>	1,92	
		W1	40,50
		W2	91,80
		W3	26,73
		W4	57,78
		W5	30,91
		W6	11,47
		W <sub>=</sub>	182,80
		W <sub>r</sub> =	57,81
		W <sub>n</sub> =	173,42
		X1	2,00
		X2	3,35
		X3	3,87
		X4	1,61
		X5	2,14
		X6	3,00
<b>ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO</b>		<b>ESTABILIDAD AL VUELCO</b>	
F.desliz.	79,68	M.volc.	152,30
F.estab.	136,69	M.est.	409,52
F <sub>d</sub> =	1,72	F <sub>v</sub> =	2,69
<b>CALCULO DE TENSIONES</b>			
Longitud base=	2,73	m	S <sub>1</sub> en Puntera = 91,49 KN/m <sup>2</sup>
Sumatorio fuerzas Normales =	203,63	KN	S <sub>2</sub> en Talón = 57,42 KN/m <sup>2</sup>
Suma Momentos respecto a la Base=	257,22	KN.m	S <sub>ADM</sub> = 154,82 KN/m <sup>2</sup>
(positivo sentido horario hacia talon)			