

TRABAJO: **P1711025-052**

MUESTRA: **ES.26541**

CLAVE:

Hoja 3 de 3

Peticionario: XUNTA DE GALICIA-ENTE PUBLICO PORTOS DE GALICIA

Dirección: PRAZA DE EUROPA, 5A - 6º 15707 SANTIAGO DE COMPOSTELA A CORUÑA

Obra: ESTUDIO XEOTÉCNICO PARA A DRAGAXE DO PORTO DE LAXE (A CORUÑA). (EXPEDIENTE: 1/2017/CNTSE).

Localización: S-3 MR-3 PROFUNDIDAD: 3,00 - 3,50 m.

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE ONDAS ULTRASÓNICAS EN MATERIAL ROCOSO
(ASTM D 2845-05)

Fecha de inicio del ensayo: 22/01/2018

Fecha fin del ensayo: 22/01/2018

Datos de equipo: Tipo:

Marca: PROCEQ

Modelo: TICO

Dimensiones superficie de contacto de palpadores (mm):

Frecuencia del impulso de palpadores (Hz):

Datos del material ensayado: Descripción: Granito

Palpadores: Colocación: Caras opuestas

Método de transmisión: Directa

Estado de la superficie: LISO SERRADO

Preparación puntos ensayo:

Preparación puntos ensayo:

Identificación de probetas	Plano de medida	Longitud de trayectoria (mm)	Tiempo del impulso (µs)	Velocidad del impulso (m/s)
1		167,0	37,9	4406,33

Observaciones:



EPTISA
RUA XAFONTE Nº 1 BAJO
15174 CULLEREDO (A CORUÑA)
rutis@eptisa.com
Tfno.981.66.09.58 Fax. 981.65.44.68

Laboratorio habilitado por la Xunta
de Galicia e inscrito en el Registro General
del CTE como LECCE con N.º GAL-L-034
en las áreas de actuación:
EH, EA, EFA, EM, GT, VS, PS

TRABAJO: **P1711025-052**

MUESTRA: **ES.26542**

CLAVE:

Hoja 1 de 3

Peticionario: XUNTA DE GALICIA-ENTE PUBLICO PORTOS DE GALICIA

Dirección: PRAZA DE EUROPA, 5A - 6º 15707 SANTIAGO DE COMPOSTELA (A CORUÑA)

Obra: REDACCIÓN DO ESTUDO XEOTÉCNICO PARA A DRAGAXE DO PORTO DE LAXE (A CORUÑA). EXPEDIENTE:
2/2017/C-LICISE

Material:

Muestra: Tomada por el laboratorio

Fecha de toma: 19-01-2018

Lugar de toma: S-3 MR-3 PROFUNDIDAD: 3,60 - 4,10 m.

Procedencia:

ENSAYOS SOLICITADOS

Resistencia a tracción indirecta por el procedimiento Brasileño.
Abrasividad Cerchar.

Observaciones:

V.º B.º: Sofia Seco Pardo
Director de laboratorio



VILABOA, a 25/01/2018

Fda.
Andrés Basilio Castro Gil
Jefe de laboratorio

TRABAJO: **P1711025-052**

MUESTRA: **ES.26542**

CLAVE:

Hoja 2 de 3

Peticionario: XUNTA DE GALICIA-ENTE PUBLICO PORTOS DE GALICIA

Dirección: PRAZA DE EUROPA, 5A - 6º 15707 SANTIAGO DE COMPOSTELA (A CORUÑA)

Obra: REDACCIÓN DO ESTUDO XEOTÉCNICO PARA A DRAGAXE DO PORTO DE LAXE (A CORUÑA). EXPEDIENTE: 2/2017/C-LICISE

Material:

Muestra: Tomada por el laboratorio

Fecha de toma: 19/01/2018

Lugar de toma: S-3 MR-3 PROFUNDIDAD: 3.60 - 4.10 m.

Procedencia:

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ROCAS. RESISTENCIA A TRACCIÓN. DETERMINACIÓN INDIRECTA.
(UNE 22 950: Parte 2 y Erratum 2003)

Fecha Inicio ensayo: 22/01/2018

Fecha finalización ensayo: 22/01/2018

N.º de probetas ensayadas: 3

Probeta n.º	1	2	3	4	5
Descripción litológica	Granito	Granito	Granito		
Orientación de carga					
CONDICIONES DE LAS PROBETAS					
Diámetro mm	72,00	72,00	72,00		
Espesor mm	43,00	42,00	37,00		
Humedad %	0,45				
Peso específico g/cm³					
Porosidad %					
Permeabilidad cm/s					
RESULTADOS DEL ENSAYO					
Tipo de rotura					
Resist. tracción MPa	8,48	7,26	6,10		
Resist. tracción med. MPa	7,28				
Especificaciones sin cumplir					

Observaciones:



EPTISA
RUA XAFONTE Nº 1 BAJO
15174 CULLEREDO (A CORUÑA)
rutis@eptisa.com
Tfno.981.66.09.58 Fax. 981.65.44.68

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con N.º GAL-L-034 en las áreas de actuación:
EH, EA, EFA, EM, GT, VS, PS

TRABAJO: **P1711025-052**

MUESTRA: **ES.26542**

CLAVE:

Hoja 3 de 3

Peticionario: XUNTA DE GALICIA-ENTE PUBLICO PORTOS DE GALICIA

Dirección: PRAZA DE EUROPA, 5A - 6º 15707 SANTIAGO DE COMPOSTELA (A CORUÑA)

Obra: REDACCIÓN DO ESTUDO XEOTÉCNICO PARA A DRAGAXE DO PORTO DE LAXE (A CORUÑA). EXPEDIENTE: 2/2017/C-LICISE

Material:

Muestra: Tomada por el laboratorio

Fecha de toma: 19/01/2018

Lugar de toma: S-3 MR-3 PROFUNDIDAD: 3,60 - 4,10 m.

Procedencia:

ENSAYOS CERCHAR

Según G. West (1989)-"Rock abrasiveness testing for fullening" Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. Vol. 26, n.º 2, pp. 151-160)

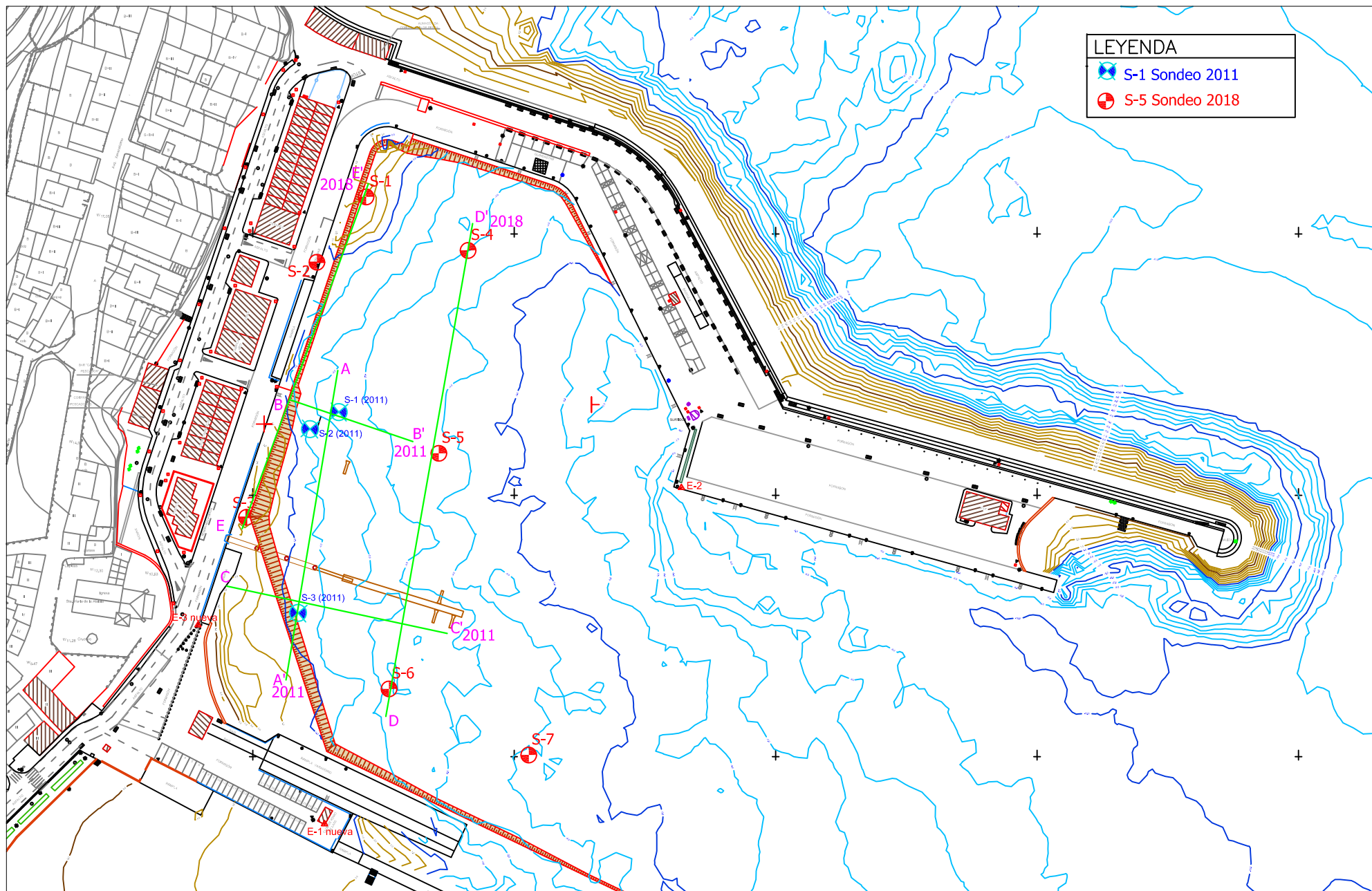
Fecha Inicio ensayo: 24/01/2018

Fecha finalización ensayo: 24/01/2018

Índice de abrasividad Cerchar	5,0
Clasificación de la roca	Extremadamente abrasiva

Observaciones:

ANEJO IV. Cortes geológico-geotécnicos deducidos



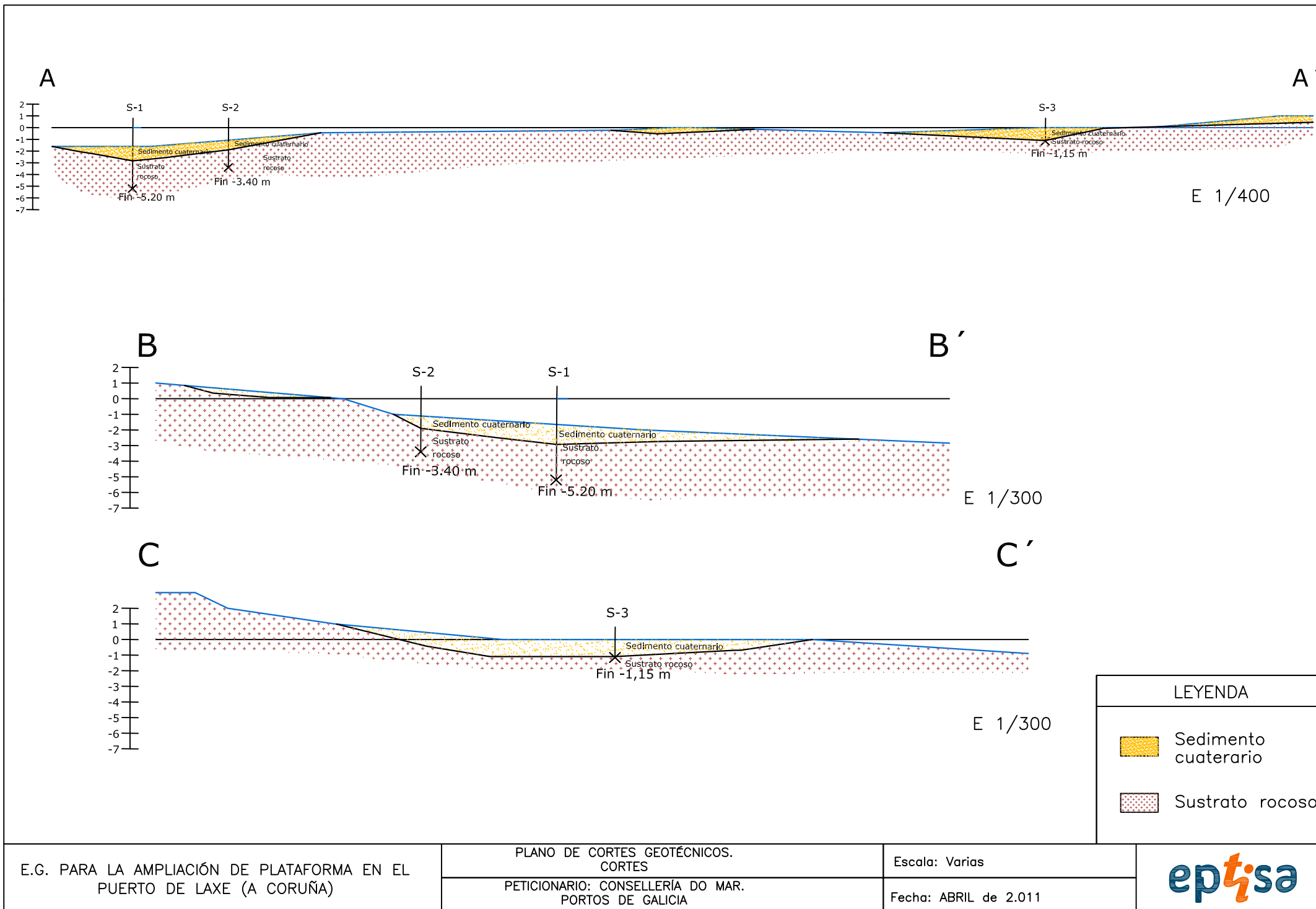
E. X. PARA A DRAGAXE DO PORTO DE LAXE, A CORUÑA

CORTES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
DEDUCIDOS - SITUACIÓN
PETICIONARIO:XUNTA DE GALICIA.
CONSELLERÍA DO MAR

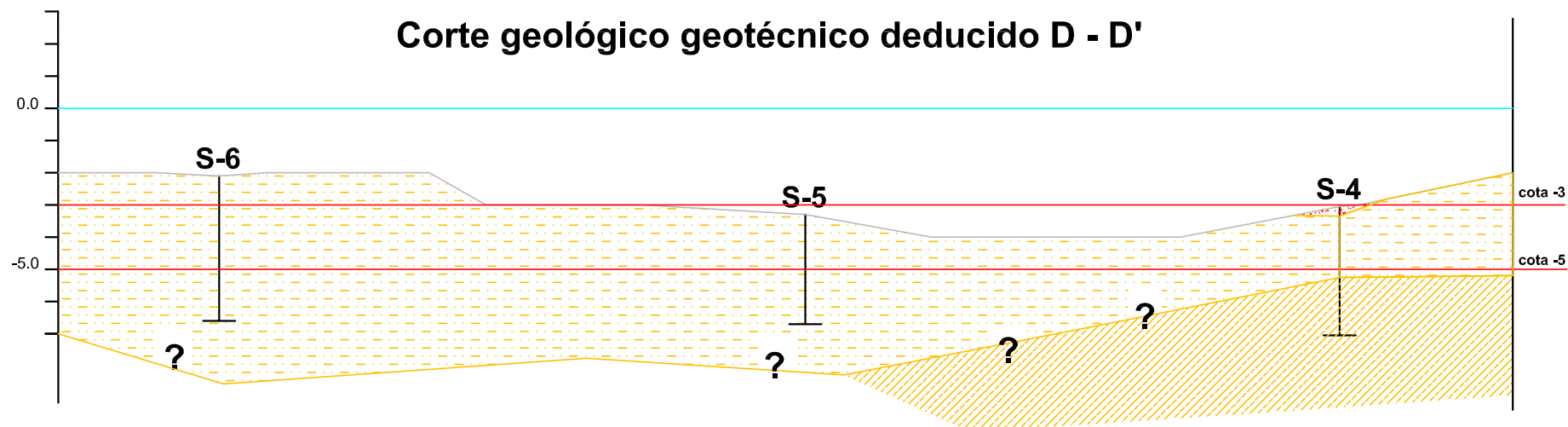
Escala 1/2000

Fecha: Enero de 2.018

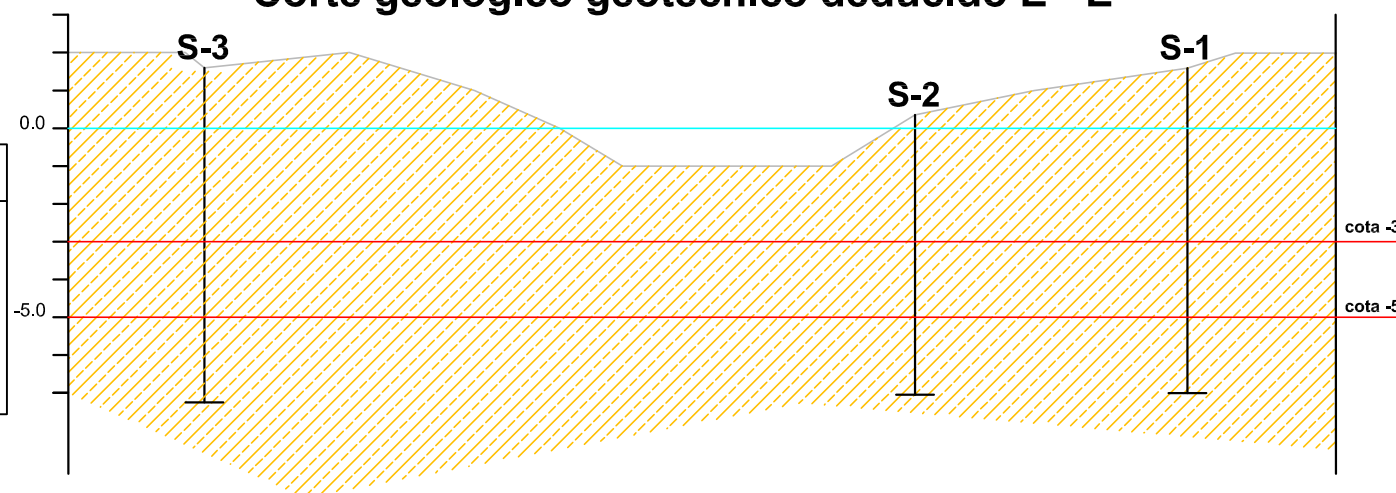
eptisa



Corte geológico geotécnico deducido D - D'



Corte geológico geotécnico deducido E - E'



LEYENDA

-  Sedimentos Cuaternarios
-  Sustrato Hercínico RQD<25%
-  Sustrato Hercínico RQD>50%

E. X. P ARA A DRAGAXE DO PORTO DE LAXE (A CORUÑA)

CORTES GEOLÓGICO - GEOTÉCNICOS
DEDUCIDOS

PETICIONARIO: XUNTA DE GALICIA - PORTOS DE GALICIA

Plano A4

Escala horizontal 1/1000
Escala vertical 1/200

Fecha: Enero de 2.018

eptisa

ANEJO V. Cuadros geotécnicos

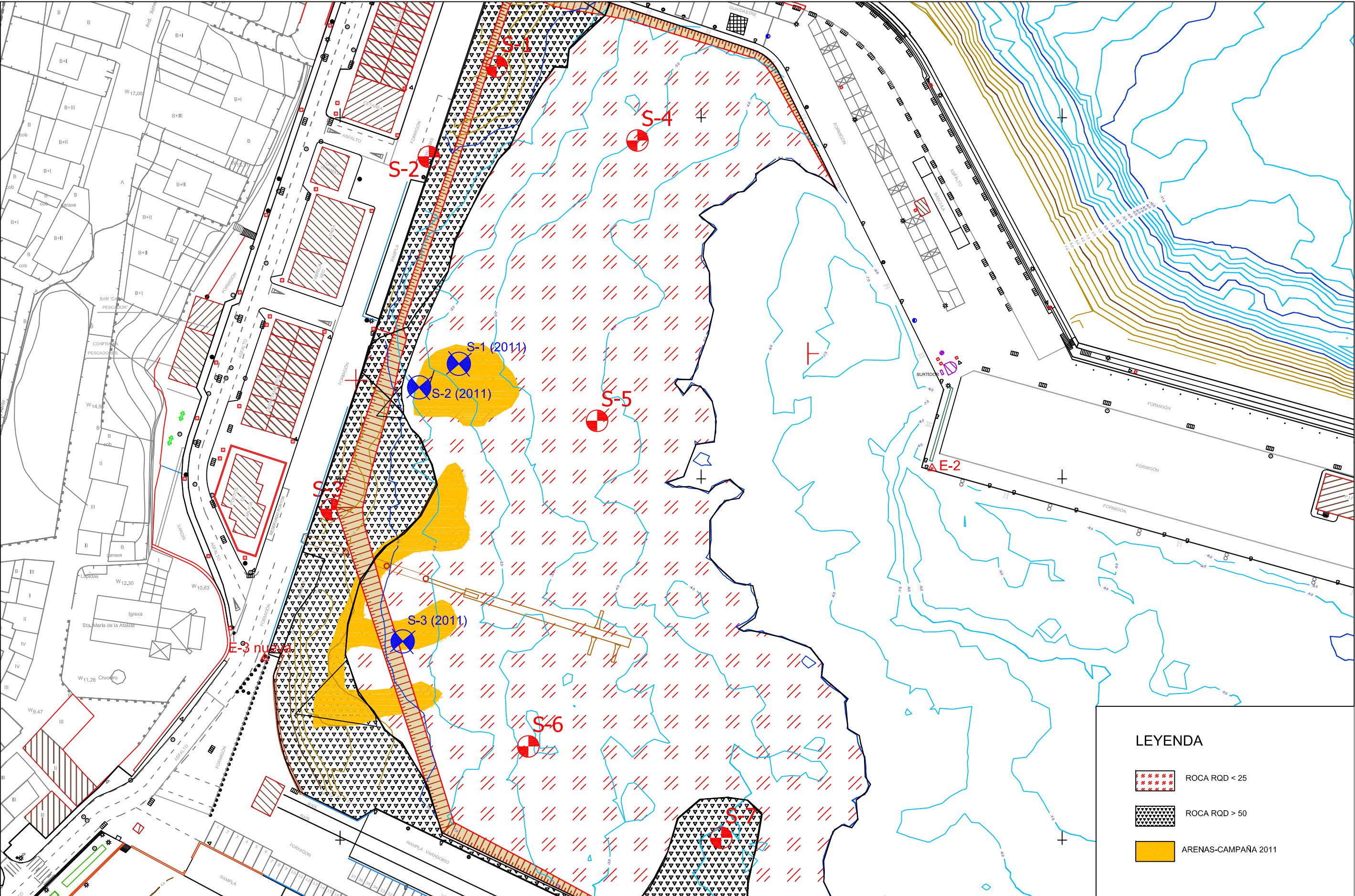
ESCALA DE METEORIZACION DE LA ROCA

GRADO DE METEORIZACIÓN	DENOMINACIÓN	CRITERIO DE RECONOCIMIENTO
I	SANA	Roca no meteorizada. Conserva el color lustroso en toda la masa.
II	SANA CON JUNTAS TEÑIDAS DE OXIDOS	Las caras de las juntas están manchadas de óxidos pero el bloque unitario entre juntas mantiene el color lustroso de la roca.
III	MODERADAMENTE METEORIZADA	Claramente meteorizada a través de la petrofábrica, reconociéndose el cambio de color respecto de la roca sana. El cambio de color puede ser desde simples manchas a variación de color de toda la masa, generalmente a colores típicos de óxidos de hierro. La resistencia de la roca puede variar desde muy análoga al de la roca de grado II a bastante más baja, pero tal que trozos de 25 cm ² de sección no pueden romperse a mano.
IV	MUY METEORIZADA	Roca intensamente meteorizada que puede desmenuzarse a mano y romperse.
V	COMPLETAMENTE METEORIZADA	Material con aspecto de suelo completamente descompuesto por meteorización "in situ", pero en el cual se puede reconocer la estructura de la roca original.

CLASIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE DE LA ROCA SEGÚN ISMR

CLASE	DESCRIPCIÓN	RECONOCIMIENTO	RESISTENCIA COMPRESION SIMPLE (MPa)
R ₀	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña	0,25 – 1,0
R ₁	Roca muy blanda	Se desmenuza con el martillo y se talla fácilmente con navaja	1 – 5
R ₂	Roca blanda	Al golpear con martillo se producen lascas. Talla difícilmente con navaja	5 - 25
R ₃	Roca moderadamente dura	Puede fracturarse con un golpe fuerte de martillo. No puede tallarse con navaja	25 - 50
R ₄	Roca dura	Se requiere más de un golpe de martillo para fracturarla	50 - 100
R ₅	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes de martillo para fracturarla	100 - 250
R ₆	Roca extremadamente dura	Al golpearla con martillo de geólogo solo saltan esquirlas	> 250

ANEJO VI. PLANTA CON DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES



DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES

INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

Planta de investigación

Escala 1:1000

Fecha: Febrero de 2.018

eptisa

ANEJO VII. INFORME GEOTÉCNICO CAMPAÑA 2011 (EG 3306)

**E.G. PARA LA AMPLIACIÓN DE PLATAFORMA EN EL
PUERTO DE LAXE - A CORUÑA**

Nº REFERENCIA: EG-3306



Peticionario:

**XUNTA DE GALICIA – CONSELLERÍA
DO MAR – PORTOS DE GALICIA**

Fecha:

13 de abril del 2011

ÍNDICE

E.G. PARA LA AMPLIACIÓN DE PLATAFORMA EN EL PUERTO DE LAXE - A CORUÑA

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	ENTORNO GEOLÓGICO.....	2
3.	TRABAJOS REALIZADOS.....	3
3.1	ANTECEDENTES.....	3
3.2	INVESTIGACIÓN REALIZADA.....	4
4.	SISMICIDAD	10
5.	EXPOSICIÓN AMBIENTAL	11
6.	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES	12
6.1	SEDIMENTOS CUATERNARIOS.	12
6.2	SUSTRATO HERCÍNICO DE NATURALEZA GRANÍTICA.	14
7.	ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN.....	16
7.1	CIMENTACIÓN SUPERFICIAL	16
7.2	CIMENTACIÓN PROFUNDA MEDIANTE PILOTAJE	20
7.3	CIMENTACIÓN PROFUNDA MEDIANTE MICROPILOTAJE.....	22
8.	RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	25

ANEJOS

ANEJO I.	PLANTA DE SITUACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
ANEJO II.	REGISTRO DE LOS SONDEOS
ANEJO III.	INFORMES DE ENSAYOS DE LABORATORIO
ANEJO IV.	CUADROS GEOTÉCNICOS
ANEJO V.	REPORTAJE FOTOGRÁFICO
ANEJO VI.	CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE LA ZONA
ANEJO VII.	CORTES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
ANEJO VIII.	INFORME SERVISUB GALICIA S.L. (2005)

E.G. PARA LA AMPLIACIÓN DE PLATAFORMA EN EL PUERTO DE LAXE - A CORUÑA

N/REFERENCIA: EG-3306

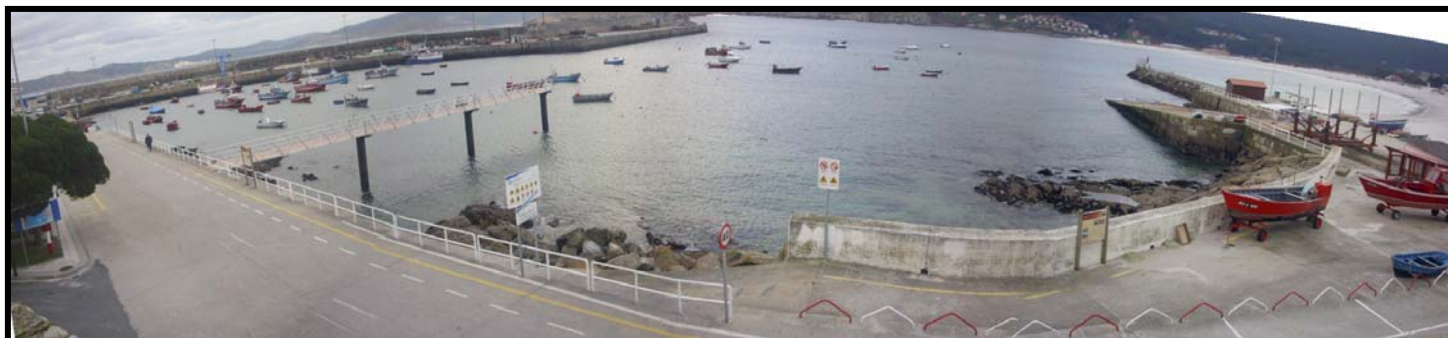
1. INTRODUCCIÓN

Por encargo de Portos de Galicia, **Eptisa, Servicios de Ingeniería, S.L.** ha redactado el presente documento titulado E.G. PARA LA AMPLIACIÓN DE PLATAFORMA EN EL PUERTO DE LAXE - A CORUÑA.

Los trabajos a realizar se enmarcan dentro del proyecto constructivo que Portos de Galicia está elaborando en las instalaciones del Puerto de Laxe. Las actuaciones previstas consisten en la construcción de una losa en voladizo de 126 metros de largo por 42 de ancho.



Fotografía 1. Vista aérea de la zona de actuación.



Fotografía 2. Vista panorámica de la zona de actuación.

El objeto de este informe es caracterizar geotécnicamente los materiales que conforman el subsuelo de la zona de ampliación de la plataforma desde el punto de vista de su comportamiento bajo la acción de cargas, así como para definir la tipología de cimentación que mejor se adapta a la problemática que el terreno presenta en la zona investigada.

En los apartados sucesivos se exponen los trabajos de campo y los ensayos de laboratorio realizados, la descripción de materiales y las conclusiones obtenidas.

2. ENTORNO GEOLÓGICO

El área objeto de estudio se encuentra situada en la hoja nº 43 –LAGE– del Mapa Geológico de España a escala 1/50.000 publicado por el ITGE (1.978). Esta hoja se encuentra situada en la zona más Occidental de la Península Ibérica y en la mitad Occidental de la provincia de La Coruña.

Geológicamente esta zona forma parte de la Zona Centro-Ibérica del Macizo Hespérico, según la división de la cadena Hercínica de la Península realizada por JULIVERT et al. (1974).

La hoja puede dividirse en dos dominios geológicos, denominados:

- Dominio del Complejo de Noya.
- Dominio Migmatítico y de las rocas graníticas. Grupo Lage.

De estos dos conjuntos petrológicos y estructurales, la zona investigada se sitúa sobre el segundo de ellos, donde el sustrato está constituido por granitos de dos micas, de tonos claros y tamaño de grano de medio a grueso. En las zonas donde el grano es más fino tiene una mayor homogeneidad, presentando una deformación bastante característica, con algunos cristales no muy homogéneos, que en ocasiones presentan una textura más o menos orientada.

La costa de esta Hoja se caracteriza, al igual que en toda la zona NO de Galicia, por su carácter accidentado con gran número de pequeñas calas y cabos, en gran parte determinadas por las redes de fracturación de los macizos graníticos y /o granodioríticos.

En la zona donde se enclava la zona de actuación afloran sedimentos del tipo arenoso procedentes de la dinámica mareal, bajo los cuales aparece un sustrato rocoso de naturaleza granítica.

3. TRABAJOS REALIZADOS

Con fecha 11-03-2005 la empresa Servisub Galicia S.L. presentó un informe sobre la naturaleza de los materiales existentes en el entorno del Puerto de Laxe, frente de las instalaciones de la Lonja.

En la actual zona de actuación se estimaron potencias máximas de fango y arena de compacidad suelta entorno a 0,50 metros en el punto 3 de los perfiles 7, 8 y 9. En más del 50% de puntos chequeados se detectó directamente el sustrato rocoso. Ver anejo VIII donde se incluye el informe emitido por la empresa Servisub Galicia S.L.

E.G. PARA LA AMPLIACIÓN DE PLATAFORMA EN EL PUERTO DE LAXE - A CORUÑA

3.2 INVESTIGACIÓN REALIZADA

Los trabajos de campo han consistido en la ejecución de tres (3) sondeos mecánicos a rotación con extracción de testigo, así como un reconocimiento del sustrato rocoso donde aflora directamente por encima del nivel de bajamar.

En el plano que se adjunta en el anejo I se muestra la distribución de todas las prospecciones realizadas.

3.2.1 Trabajos de campo

- **Sondeos**

Se han realizado tres (3) sondeos mecánicos a rotación con recuperación de testigo, perforado con coronas de widia y diamante de diámetros comprendidos entre 101 y 86 mm.

Aprovechando la perforación se han realizado ensayos de penetración estándar (S.P.T) a lo largo de la columna. Los ensayos de penetración estándar (S.P.T.) han servido para conocer “in situ” la compacidad de los niveles atravesados en la perforación. Estos ensayos se han realizado mediante el empleo de una cuchara bipartida de dimensiones estandarizadas.

El mecanismo de ejecución del S.P.T. consiste en la hincada en el terreno de la cuchara bipartida, por golpeo y en caída libre de una maza de 63,5 Kg. de peso, que cae desde una altura de 75 cm. El elemento de ensayo se introduce en el terreno 60 cm. divididos en cuatro tramos de 15 cm., siendo el resultado del ensayo (N) el número de golpes necesarios para introducir los dos tramos intermedios de 15 cm. cada uno. Si el golpeo supera un valor de N = 50 golpes se interrumpe el ensayo, considerando que se ha alcanzado el rechazo.

En cada sondeo se ha medido la columna de agua existente entre el punto de inicio de la perforación y la superficie. Al mismo tiempo se tomó la distancia entre un punto de referencia del muelle (cota + 6.00 según información facilitada por Portos de Galicia) y el nivel superficial de agua. De este modo se obtuvo la cota de emboquille a la que se sitúa cada punto de sondeo.

En el cuadro adjunto se detallan las cotas de emboquille de los sondeos, las profundidades alcanzadas en los mismos (desde el emboquille) y el número de ensayos SPT realizados en cada sondeo:

SONDEO Nº	COTA DE EMBOQUILLE	LONGITUD SONDEO (m)	TIPO DE ENSAYO	COTA (m.)	GOLPEO	COMPACIDAD/ NºREFERENCIA
S-1	-1,90	3,30	MA-1	-2,30 a -2,60	-----	ES-22671
			MR-1	-3,55 a -3,75	-----	ES-22672

SONDEO Nº	COTA DE EMBOQUILLE	LONGITUD SONDEO (m)	TIPO DE ENSAYO	COTA (m.)	GOLPEO	COMPACIDAD/ NºREFERENCIA
S-2	-1,40	2,00	MA-1	-1,40 a -1,70	-----	ES-22673
S-3	0,00	1,15	SPT-1	-1,10 a -1,15	R	MUY DENSA

MA: Muestra inalterada

SPT: Ensayo de penetración estándar

MR: Muestra parafinada

En el anejo II se encuentra recogido el corte estratigráfico de cada sondeo, donde se referencia cada uno de los ensayos realizados “in situ”. En el anejo V se adjunta un reportaje fotográfico de los testigos extraídos.

En una primera aproximación, y en base al golpeo obtenido en el ensayo, se puede valorar la compacidad de los terrenos predominantemente granulares según las correlaciones propuestas por diversos autores:

Compacidad	Muy suelta	Suelta	Media	Densa	Muy densa
Nº de golpes	< 4	4 – 10	10 – 30	30 – 50	> 50

• Reconocimiento de los afloramientos rocosos

En aquellas zonas donde directamente aflora el sustrato rocoso, se ha realizado una descripción y caracterización de éste exhaustiva, empleándose las clasificaciones de la ISRM, basadas en el grado de meteorización que presenta el macizo rocoso.

En la descripción del macizo rocoso serán de especial interés los siguientes parámetros:

- Litología
- Resistencia del material rocoso.
- Presencia de discontinuidades: espaciado, orientación, relleno, rugosidad, etc.

-Litología

La totalidad de la zona de ocupación de la futura plataforma se situará sobre un granito Hercínico de sano a moderadamente meteorizado (grados II a III) perteneciente al grupo de los granitos de dos micas de Galicia Occidental que fue definido por Parga Pondal (1966) como “granitos de tipo Lage”.



Fotografía 3. Vista general del granito hercínico aflorante en la zona de actuación

Se trata de un granito de tonos claros, y variado en su granulometría, generalmente de grano grueso. En las zonas donde el grano es más fino tiene una mayor homogeneidad, presentando una deformación bastante característica, con algunos megacrístales no muy homogéneos, que en ocasiones presentan una textura más o menos orientada.

Los componentes esenciales son: cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas, moscovita y biotita. Con carácter accesorio aparecen apatito, circón y clorita.

Se pueden observar en numerosos puntos pequeños diques de pegmatitas y cuarzo, presentando también “schlieren” de biotita y moscovitas tardías relativamente grandes.



Fotografía 4. Detalle de pequeño dique de cuarzo.

-Resistencia de la matriz rocosa

Mediante el martillo Schmidt o esclerómetro, se ha estimado la resistencia a compresión simple de la roca a partir de la resistencia al rebote de la superficie de roca ensayada.

Destacar que la superficie de la roca deberá ser fresca y limpia, sin ningún signo de alteración ni fracturas. De este modo se ha podido constatar durante la toma de medidas que en zonas especialmente fracturadas o meteorizadas las medidas de rebote eran prácticamente inapreciables.

La medida de rebote se ha de correlacionar con la resistencia mediante el gráfico de Miller (1965), que tiene en cuenta la densidad de la roca y la orientación del martillo respecto al plano ensayado.

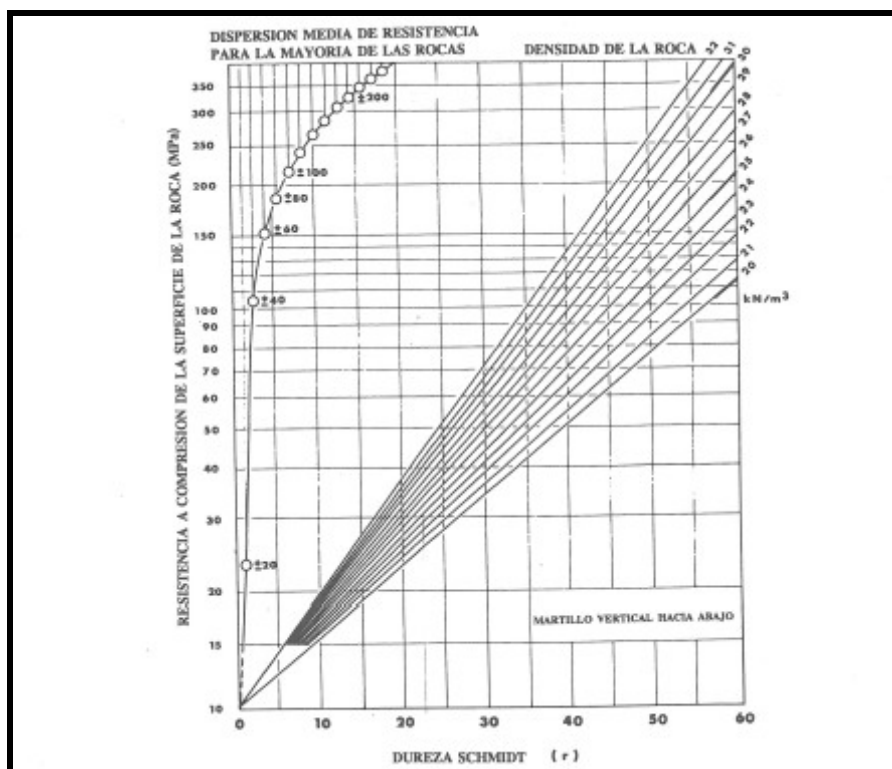


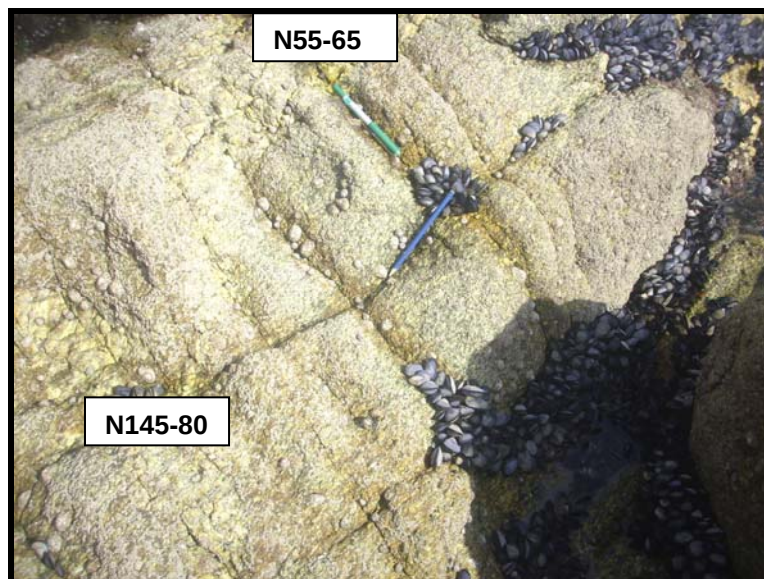
Figura 1. Gráfico de correlación para el martillo Schmidt entre resistencia a compresión, densidad de la roca y rebote (Miller, 1965).

Para la correlación de datos, según proyecto nos encontraríamos con una roca cuya densidad se estaría en torno a 2,65 t/m³. Por tanto, a partir de una media estadística la mayor parte de los ensayos arrojan valores de entre 25 y 50 MPa, pudiendo clasificar el macizo rocoso, según la ISRM, como moderadamente duro.

-Fracturación

Este granito, tal y como se ha señalado anteriormente, es producto de la granitización hercínica en Galicia Occidental.

En la zona objeto de estudio se han reconocido fundamentalmente dos familias principales de diaclasas, cuya descripción se realiza a continuación:

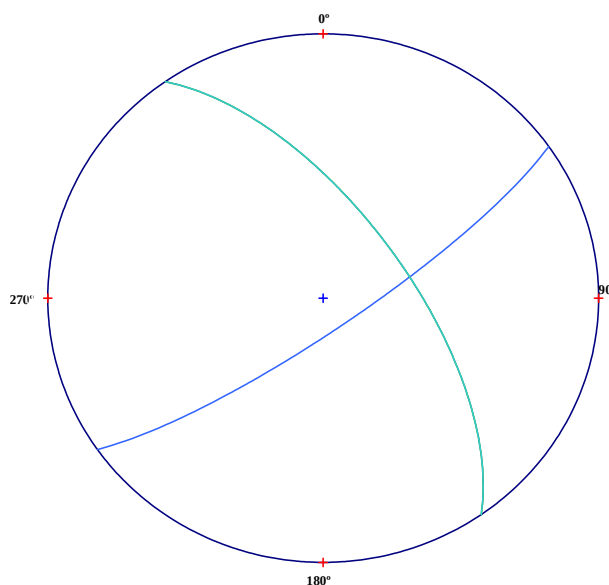


Fotografía 5. Detalle de las familias más importantes en la zona de actuación.

Estas familias se representan a continuación mediante la proyección de Schmidt:

Familia J1 (N55 - 65)

Familia J2 (N145 - 80)

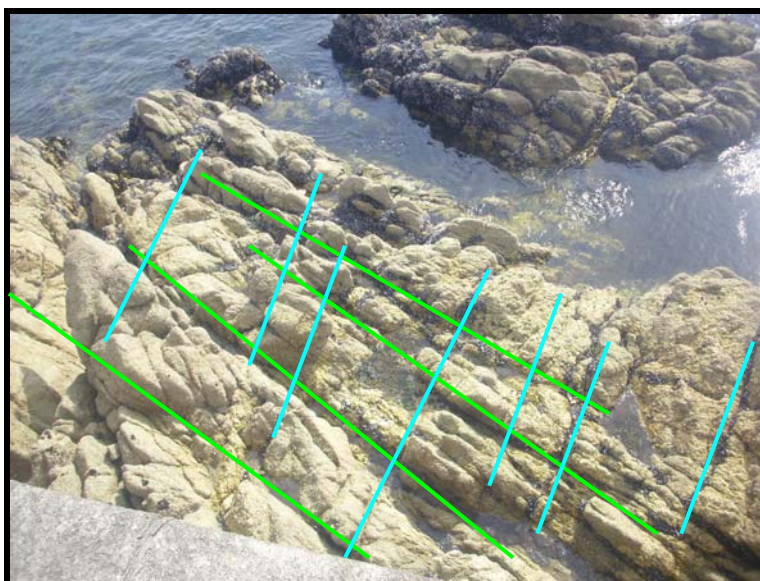


Como puede observarse en la representación gráfica de la orientación de la familia J1y la familia J2 se interceptan dando lugar a una estructura del medio rocoso de tipo tabular con una dimensión mucho menor que las otras dos.

Estas familias presentan una continuidad o persistencia muy elevada. De este modo estaríamos ante familias cuya continuidad supera los 10 metros, clasificándose según la tabla “Descripción de la Continuidad (ISRM, 1981)” como de alta o muy alta continuidad.

En cuanto al espaciado, definido como la distancia entre dos planos de discontinuidad consecutivos y de la misma familia, arroja valores medios de entre 60-200 mm, clasificándose como juntas según la tabla anteriormente mencionada y llegando en el peor de los casos a presentar un comportamiento típico de materiales granulares debido a que la red de fracturación es muy densa.

Otro de los parámetros observados en las juntas es la rugosidad. En el caso que nos ocupa los perfiles de rugosidad detectados en la familia tienen que ver en gran medida con el macizo al que afectan. Tal y como se ha señalado con anterioridad se trata de un granito de grano grueso lo cual provocará perfiles de alteración ondulados de tipo rugoso. Por lo general las juntas no presentan aberturas significativas, encontrándose parcialmente abiertas en el peor de los casos y con las paredes recubiertas de óxidos o leves pátinas de arcilla.



Fotografía 6. Disposición de la red de fracturación que afecta al macizo rocoso existente.

3.2.2 Ensayos de laboratorio

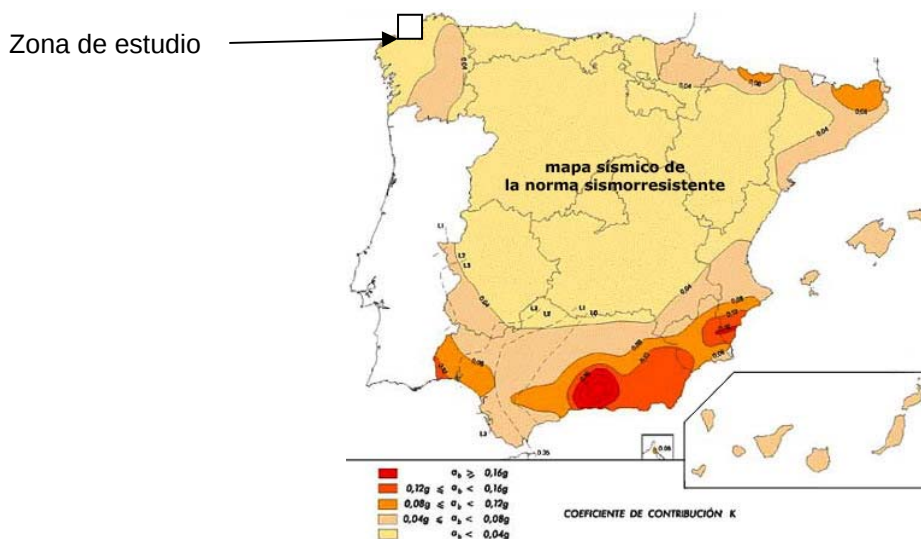
Se han recogido muestras de los distintos niveles que conforman el subsuelo en el área investigada. Sobre estas muestras se han realizado los ensayos de laboratorio que se relacionan a continuación:

- Análisis granulométrico por tamizado 2
- Límites de Atterberg 2
- Resistencia a compresión simple de una roca 1

Los informes de todas las analíticas realizadas están recogidos en el anejo nº IV.

4. SISMICIDAD

La Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), tiene por objeto proporcionar los criterios que han de seguirse dentro del territorio español para la consideración de la acción sísmica en el proyecto, construcción, reforma y conservación de aquellas edificaciones y obras a las que sea aplicable.



Según esta norma las construcciones consideradas se clasifican como de especial importancia.

A partir del mapa de peligrosidad sísmica del territorio nacional, se determina un valor de la aceleración sísmica básica (a_b) menor de 0,04 g.

Esta norma no es de obligada aplicación en edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica (a_b) sea inferior a 0,04 g, siendo g la aceleración.

5. EXPOSICIÓN AMBIENTAL

De acuerdo con la EHE, antes de comenzar el proyecto, se deberá identificar el tipo de ambiente que defina la agresividad a la que va a estar sometida cada elemento estructural.

El tipo de ambiente al que está sometido un elemento estructural viene definido por el conjunto de condiciones físicas y químicas a las que está expuesto y que puede llegar a provocar su degradación.

El tipo de ambiente viene definido por la combinación de:

- una de las clases generales de exposición frente a la corrosión de las armaduras, de acuerdo con la tabla 8.2.2 de la EHE
- las clases específicas de exposición relativas a los otros procesos de degradación que procedan para cada caso, de entre las definidas en 8.2.3 de la EHE.

Teniendo en cuenta el entorno de proyecto, para cualquier elemento de hormigón armado deberán considerarse los siguientes tipos de exposición:

- IIIa para estructuras marinas por encima del nivel de pleamar.
- IIIb para estructuras marinas sumergidas permanentemente.
- IIIc para estructuras marinas situadas en la carrera de mareas.

Para cualquier tipo de estructura en contacto con el agua del mar existe riesgo de corrosión química por lo que habrá de considerarse una clase específica de exposición Qb.

A modo de ejemplo, para estructuras de hormigón armado sumergidas permanentemente el tipo de ambiente es IIIb+Qb.

Ante los tipos de exposición definidos deberán tomarse las medidas que la actual normativa (E.H.E.) estipula al respecto.

6. DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES

A partir de la investigación geotécnica realizada se puede establecer que el subsuelo más superficial del área de estudio lo conforman de techo a muro los siguientes niveles geotécnicos:

1. Sedimentos Cuaternarios.
2. Sustrato Hercínico de naturaleza granítica.

En el anejo VII se pueden consultar los cortes geológico – geotécnicos deducidos donde queda reflejada la distribución espacial de los diferentes niveles descritos.

6.1 SEDIMENTOS CUATERNARIOS.

En las diferentes prospecciones realizadas únicamente se ha identificado un tipo de terreno de naturaleza cuaternaria. Se trata de un conjunto de sedimentos detríticos, cuyo origen está claramente ligado a la dinámica litoral de la zona.

El subsuelo más superficial detectado en las prospecciones realizadas está formado por arenas finas de composición silíceas con algunas gravillas y restos de bioclastos de pequeño tamaño muy esporádicos. Son frecuentes las intercalaciones de limos arenosos que suelen ser de espesor centimétrico y color gris. De forma ocasional en la base del nivel arenoso, justo antes de alcanzar el sustrato rocoso, aparecen gravas sub_angulosas a redondeadas de hasta 5 cm. y algunos restos de conchas de hasta 3 cm.

Estos materiales presentan un color grisáceo a blanquecino y un cierto contenido en materia orgánica lo que le confiere un olor desagradable.

A las profundidades alcanzadas en todas las prospecciones se ha llegado a cortar la superficie de muro de esta capa tal y como se muestra en la tabla adjunta:

PROSPECCIÓN	Cota inicio depósitos cuaternarios	Cota final depósitos cuaternarios	Espesor
Sondeo S-1	-1,90	-2,90	1,00
Sondeo S-2	-1,40	-1,90	0,50
Sondeo S-3	0,00	-1,15	1,15

Estos suelos arenosos presentan una compacidad suelta, en general son materiales que no oponen resistencia a la penetración de la maniobra durante la perforación.



Fotografía 7 y 8. Detalle de los sedimentos cuaternarios extraídos y analizados.

En la siguiente tabla se resumen los resultados de los ensayos de caracterización efectuados sobre una muestra de este grupo litológico:

REF. MUESTRA	ES-22671	ES-22673
LOCALIZACIÓN	S-1 -2,30 a -2,60	S-2 -1,40 a -1,70
ENSAYOS		
% pasa por el tamiz 0,080 UNE	11,7	5,8
Límites de Atterberg		
L. Líquido	No	No
L. Plástico	No	No
I. Plasticidad	N.P.	N.P.
Clasificación del suelo		
Casagrande	SP-SM	SP-SM
H.R.B. (I.G.)	A-2-4 (0)	A-3 (0)

A continuación se facilitan los parámetros geotécnicos estimativos para los materiales que conforman este nivel:

- Densidad aparente (gr/cm^3):1,60 – 1,40
- Cohesión (Kg/cm^2):0,00 (bibliográfico)
- Ángulo de rozamiento: 30°-35° (bibliográfico)
- Coeficiente de balasto $K_{30}(\text{kp/cm}^3)$...1,00 – 1,50 (bibliográfico)

6.2 SUSTRATO HERCÍNICO DE NATURALEZA GRANÍTICA.

Bajo los sedimentos cuaternarios de origen marino o bien superficialmente a lo largo de la totalidad de la zona objeto de estudio, se ha identificado un sustrato rocoso caracterizado como una roca blanda a moderadamente dura (Clase $R_2 - R_3$ según la clasificación ISRM, *Suggested methods for rock characterization, testing and monitoring*), donde los rangos de resistencia a compresión simple oscilan entre 5,0 y 25 MPa para R_2 y entre 25-50 MPa para R_3 .

Atendiendo a la Escala de Meteorización de la roca, que se adjunta en el anejo nº IV, estos materiales se corresponden con un granito moderadamente meteorizado (grado III) donde se observa con claridad la estructura y textura del protolito original. Los componentes esenciales de este macizo son cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas, moscovita y biotita. Con carácter accesorio aparecen apatito, circón y clorita.

Se pueden observar en numerosos puntos pequeños diques de pegmatitas y cuarzo, presentando también “schlieren” de biotita y moscovitas tardías relativamente grandes.

A continuación se establece la cota a la cual se ha cortado este nivel:

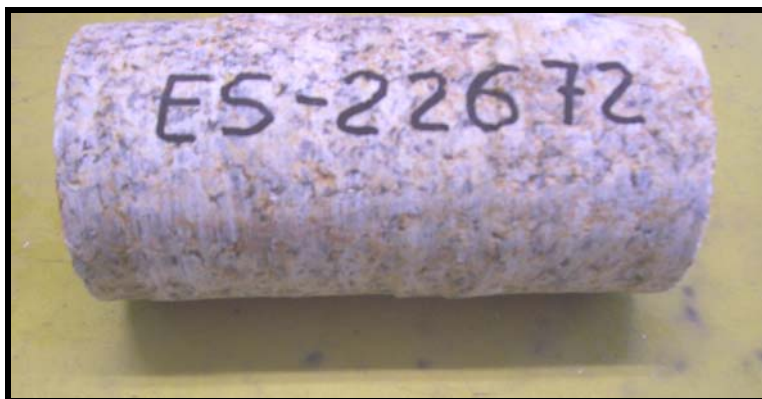
PROSPECCIÓN	Cota techo sustrato hercínico
Sondeo S-1	-2,90
Sondeo S-2	-1,90
Sondeo S-3	-1,15

El macizo rocoso presenta un grado de fracturación alto, con un RQD medio no superior al 10%, de manera esporádica se observan tramos con una mayor calidad, tal y como el perforado entre la cota -3,20 a -4,30 del sondeo S-1, con un RQD del 70%.

En cuanto a los testigos de sustrato moderadamente meteorizado (grado III) extraídos en el sondeo por lo general no ha sido posible someterlos a rotura a compresión debido a la escasa longitud que presentaban los mismos (generalmente testigos inferiores a 10 cm).

Tan sólo un testigo detectado en el tramo anteriormente señalado ha podido ser sometido a rotura a compresión simple, obteniéndose el siguiente resultado:

REF. MUESTRA	Localización	Densidad aparente (gr/cm ³)	Resistencia a compresión (Kp/cm ²)	Clase de roca según I.S.R.M.
ES-22672	S-1 -3,55 a -3,75	2,6	16,2	R_2 – Roca blanda



Fotografía 9. Detalle de testigo tallado en sustrato granítico grado III.

A continuación se facilitan los parámetros geotécnicos estimativos para los materiales que conforman este nivel:

- Densidad aparente (gr/cm^3): 2,00 – 2,10
- Cohesión (Kg/cm^2): 1 – 2 (bibliográfico)
- Ángulo de rozamiento: 25° (bibliográfico)
- Coeficiente de balasto $K_{30}(\text{kg/cm}^3)$ 30 - 500 (bibliográfico)

Nota: los parámetros geotécnicos propuestos para los diferente niveles son meramente orientativos, la mayor parte de las veces estimados a partir de referencias bibliográficas y la propia experiencia que se tiene sobre ese tipo de terrenos, o bien directamente a partir de ensayos de laboratorio cuando las condiciones lo permiten.

El ángulo de rozamiento interno y la cohesión del sustrato rocoso, se han estimado a partir de la Clasificación Geomecánica de Bieniawski (1979), según la cual estos parámetros son función de las características del macizo rocoso.

El coeficiente de balasto se ha determinado a partir de los valores normativos propuestos en la tabla D.29 del CTE para materiales de similares características litológicas.

7. ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN

En la zona investigada se pretende ampliar la plataforma del puerto de Laxe, para ello se proyecta abordar la construcción de una losa en voladizo de 126 metros de largo por 42 de ancho.

A partir de los sondeos efectuados se establece una columna litológica formada por arenas finas de composición fundamentalmente silícea con intercalaciones de limos arenosos. Estos materiales presentan potencias muy escasas (nunca superiores a 1,50 metros en el entorno de los puntos perforados), dejando paso a un sustrato Hercínico de naturaleza granítica con un grado de meteorización moderado o inferior (grado III). El macizo rocoso presenta un grado de fracturación alto, con un RQD medio no superior al 10%, de manera esporádica se observan tramos con una mayor calidad, como el perforado entre la cota -3,2 a -4,3 del sondeo S-1, con un RQD del 70%.

En función de las características de la obra a realizar, se van a valorar diferentes supuestos de cimentación. Primeramente se planteará una cimentación directa considerando la misma como la más económica y posteriormente se analizará la posibilidad de ejecutar una cimentación profunda mediante pilotes o micropilotes.

Según la ROM 0.5-05 cuando el grado de alteración sea igual o superior a IV o cuando el espaciamiento entre litoclasas sea menor que 10 cm o cuando el RQD sea inferior al 10%, el terreno habrá que considerarlo como un suelo. De este modo, dadas las pobres características geotécnicas del sustrato Hercínico existente en la zona para el dimensionamiento de la cimentación se considerará el terreno como un suelo de compacidad muy densa.

En los apartados sucesivos se desarrollan las metodologías de cálculo para la estimación de la carga admisible por hundimiento y de los asientos a largo plazo esperables para estas cargas en el caso de cimentaciones superficiales. También se desarrollarán las metodologías de cálculo para el diseño de pilotes y micropilotes.

7.1 CIMENTACIÓN SUPERFICIAL

Tal y como se ha señalado anteriormente, la ROM 0.5-05 establece que la verificación de la seguridad frente al hundimiento no podrá realizarse como si fuera una roca siempre y cuando que el grado de alteración del sustrato sea igual o superior a IV o cuando el espaciamiento entre litoclasas se menor que 10 cm o cuando el RQD sea inferior al 10%; en ese caso el terreno habrá que considerarlo como un suelo y utilizar otro procedimiento de cálculo.

7.1.1 Carga admisible en Cimentaciones superficiales

El cálculo de la carga de hundimiento (q_h) se realiza a partir de la ecuación general de la capacidad de carga:

$$q_h = c N_c \xi_{cs} \xi_{cd} \xi_{ci} + q N_q \xi_{qs} \xi_{qd} \xi_{qi} + \frac{1}{2} \gamma N_\gamma \xi_{\gamma s} \xi_{\gamma d} \xi_{\gamma i}$$

en la que:

c:	cohesión
q:	esfuerzo efectivo al nivel del fondo de cimentación
γ :	peso específico del suelo
N_c, N_q, N_γ :	factores de capacidad de carga
$\xi_{cs}, \xi_{qs}, \xi_{\gamma s}$:	factores de forma
$\xi_{cd}, \xi_{qd}, \xi_{\gamma d}$:	factores de profundidad
$\xi_{ci}, \xi_{qi}, \xi_{\gamma i}$:	factores de inclinación

Factores de capacidad de carga

Los factores de capacidad de carga se determinan a partir del ángulo de rozamiento interno del terreno (ϕ) con las expresiones:

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}; \quad N_c = (N_q - 1) \cot \phi; \quad N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

debiéndose la fórmula de N_c a Prandtl (1921), la de N_q a Reissner (1924) y la correspondiente a N_γ a Caquot y Kerisel (1953) y Vesic (1973).

Factores de forma

Estos factores se evalúan a partir del ancho de zapata (B) y de la longitud (L) con:

$$\xi_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c}; \quad \xi_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi; \quad \xi_{\gamma s} = 1 - 0,40 \frac{B}{L}$$

Factores de profundidad

Si la profundidad de cimentación (D_f) es inferior o igual al ancho de zapata (B) se aplican las siguientes expresiones:

$$\xi_{cd} = 1 + 0,40 \frac{D_f}{B}; \quad \xi_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{D_f}{B}; \quad \xi_{\gamma d} = 1$$

Para profundidades de cimentación (D_f) superiores al ancho de zapata (B) los factores de profundidad se obtienen de:

$$\xi_{cd} = 1 + 0,40 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right); \quad \xi_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right); \quad \xi_{\gamma d} = 1$$

Factores de inclinación

Los factores de inclinación se han determinado a partir del ángulo de inclinación de la carga con la vertical (β) de acuerdo con:

$$\xi_{ci} = \left(1 - \frac{\beta^0}{90^0} \right)^2; \quad \xi_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^0}{90^0} \right)^2; \quad \xi_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi} \right)^2$$

Carga admisible por hundimiento

La carga admisible por hundimiento se obtiene aplicando un coeficiente de seguridad (FS) a la carga de hundimiento determinada con las expresiones anteriores. Usualmente para el coeficiente de seguridad se adopta un valor de 3.

7.1.2 Estimación de asientos. Método de Burland y Burbidge

Siguiendo las recomendaciones de la “Guía 0.5-05” en cimentaciones sobre terrenos granulares puede seguirse el procedimiento de cálculo de asientos indicado por J.B. Burland y M.C. Burbidge.

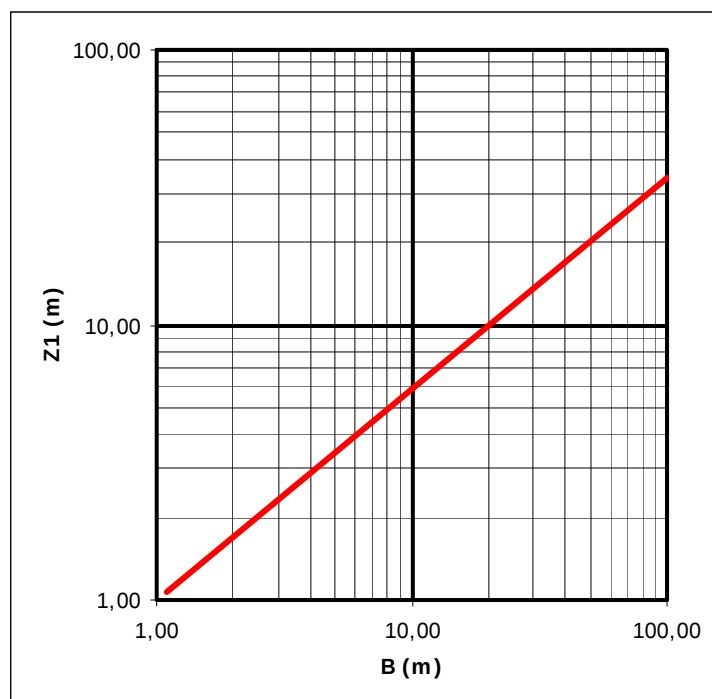
La expresión del asiento es:

$$S_i = f_l \cdot f_s \cdot q'_b \cdot B^{0,7} \cdot I_c$$

siendo:

- S_i : asiento medio al final de la construcción, en mm
- q'_b : presión efectiva de cálculo, en kN/m^2
- B : ancho de la zapata o losa, en m
- I_c : índice de compresibilidad
- f_s : coeficiente dependiente de las dimensiones de la cimentación
- f_l : factor de corrección por la presencia de una capa rígida

En el cálculo hay que considerar la zona de influencia de la cimentación (Z_1) en función del ancho de la zapata o losa. Este valor se obtiene del siguiente diagrama:



El índice de compresibilidad (I_c) depende del golpeo medio SPT (N_{med}) en la zona de influencia según:

$$I_c = \frac{1,7}{N_{med}^{1,4}}$$

La expresión del coeficiente dependiente de las dimensiones de la cimentación (f_s) es:

$$f_s = \left(\frac{1,25 \frac{L}{B}}{\frac{L}{B} + 0,25} \right)^2$$

En caso de que exista una capa rígida a una profundidad (H_s) inferior a la de la zona de influencia habrá que aplicar un coeficiente de corrección (f_l) cuya expresión es:

$$f_l = \frac{H_s}{Z_1} \left(2 - \frac{H_s}{Z_1} \right)$$

Finalmente, los citados autores señalan que, aun tratándose de suelos granulares, se tiene constancia de la producción de asientos diferidos en el tiempo. Para tener en cuenta este efecto proponen emplear la expresión:

$$S_i = f_t \cdot S_i$$

Donde:

f_t : 1,5 para cargas estáticas y para un periodo de 30 años.

f_t : 2,5 para cargas cíclicas y el mismo periodo de tiempo.

7.1.3 Resultados

A partir de la formulación desarrollada en el apartado 7.1.1, suponiendo una cimentación superficial empotrada sobre el sustrato Hercínico de compacidad muy densa, se obtienen elevadas cargas admisibles por hundimiento por lo que se ha considerado oportuno minorar las mismas en función de que no se alcancen asientos superiores a 2,54 cm (una pulgada).

Tras analizar los asentamientos con la metodología de J.B. Burland y M.C. Burbidge se observa que para cimentaciones cuadradas de 3x3 m² proyectadas para tensiones de trabajo de 5,00 Kp/cm², los asientos esperables no superan el valor anteriormente señalado (una pulgada). En cualquier caso se recomienda el correcto dimensionamiento de las zapatas debido a la importante longitud de los pilares que se ejecutarán, con el objetivo de evitar el vuelco de la cimentación.

Se recomienda no superar la tensión de trabajo propuesta, con el fin de que los asientos generados por las mismas sean inferiores al asiento máximo admisible.

7.2 CIMENTACIÓN PROFUNDA MEDIANTE PILOTAJE

En primer lugar hay que tener en cuenta, siguiendo diversas recomendaciones bibliográficas, que la longitud del pilote será como mínimo de 6 m ó 9D. Esta consideración es de importancia en el presente estudio ya que el sustrato Hercínico de empotramiento se alcanza a profundidades muy someras (nunca superiores a 1,50 metros).

Para determinar la capacidad portante por hundimiento de los pilotes se ha empleado la formulación recomendada en la ROM 0.5-05:

$$Q_h = Q_p + Q_f = R_p A_p + R_f A_f$$

siendo:

Q_h :	carga de hundimiento
Q_p :	carga de hundimiento por punta
Q_f :	carga de hundimiento por fuste
R_p :	resistencia por punta
A_p :	área de la punta
R_f :	resistencia por fuste
A_f :	área del fuste