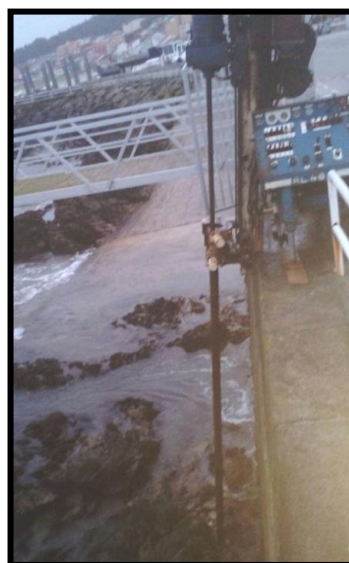




Detalle emboquille sondeo S-1 y sondeo S-3

Las coordenadas de dichos sondeos se muestran a continuación con la cota de emboquille de cada punto de perforación:

SONDEO Nº	COORD. X	COORD. Y	COORD. Z
S-1	499715.705	4785698.747	+1,60
S-2	499698.242	4785674.789	+5,85
S-3	499672.492	4785573.952	+1,60

En el cuadro adjunto se detallan las cotas de emboquille de los sondeos de ambas campañas y las profundidades alcanzadas en los mismos, desde el emboquille:

SONDEO Nº	COTA DE EMBOQUILLE	LONGITUD SONDEO (m)	COTA PERFORADA(m.)
S-1 (2011)	-1,90	3,30	-5,20
S-2(2011)	-1,40	2,00	-3,40
S-3(2011)	0,00	1,15	-1,15
S-1*	+1,60	9,00	-7,25*
S-2	+5,85	12,90	-7,05
S-3*	+1,60	8,70	-7,00*
S-4	-3,05	4,00	-7,05
S-5	-3,30	3,40	-6,70
S-6	-2,10	4,50	-6,60
S-7	-3,95	2,60	-6,55

*sondeos realizados en una cierta inclinación, 10 y 8º respectivamente.

En el anejo II se encuentra recogido el corte estratigráfico de cada sondeo, donde se presenta un reportaje fotográfico de los testigos extraídos.

3.1.2 Ensayos de laboratorio

En la campaña actual, se han recogido muestras del sustrato rocoso correspondiente al subsuelo en la zona donde se pretende llevar a cabo el dragado del puerto de Laxe. Sobre estas muestras se han realizado los ensayos de laboratorio que se relacionan a continuación:

- Resistencia a compresión simple de una roca 7
- Índice de resistencia a la carga puntual 7
- Abrasividad Cerchar 10
- Velocidad de impulsos ultrasónicos 11
- Resistencia a tracción indirecta de rocas “brasileño” 9

Los ensayos realizados se recogen en el anejo III del presente informe.

En la campaña de 2011, se realizaron los siguientes ensayos:

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

Los informes de estas analíticas se encuentran en el Anejo VII

En el cuadro adjunto se detalla la referencia de cada una de las muestras tomadas así como cota y resultados obtenidos:

SONDEO Nº	Nº REFERENCIA	COTA DE LA MUESTRA	NIVEL GEOTÉCNICO	ENSAYOS REALIZADOS				
				RCS (MPa)	Brasileño (MPa)	Is ₍₅₀₎ (MPa)	Ultrasonidos (m/s)	Abrasividad
S-1	ES-26531	1,3 a 1,0	RQD>50%	77,7	-----	-----	3741	-----
	ES-26532	1,0 a 0,7	RQD>50%	-----	7,50	-----	-----	5,0
	ES-26533	-1,4 a -1,7	RQD>50%	70,0	-----	-----	4026	-----
	ES-26534	-2,2 a -2,6	RQD>50%	-----	9,71	-----	-----	5,0
S-2	ES-26535	-0,25 a -0,45	RQD>50%	-----	7,35	-----	-----	5,2
	ES-26536	-0,65 a -1,15	RQD>50%	38,2	-----	-----	3613	-----
	ES-26537	-2,45 a -2,75	RQD>50%	42,7	-----	-----	3896	-----
	ES-26538	-3,25 a -3,45	RQD>50%	-----	7,15	-----	-----	4,8
S-3	ES-26539	1,3 a 1,1	RQD>50%	-----	9,87	-----	-----	5,0
	ES-26540	0,0 a -0,2	RQD>50%	71,0	-----	-----	4079	-----

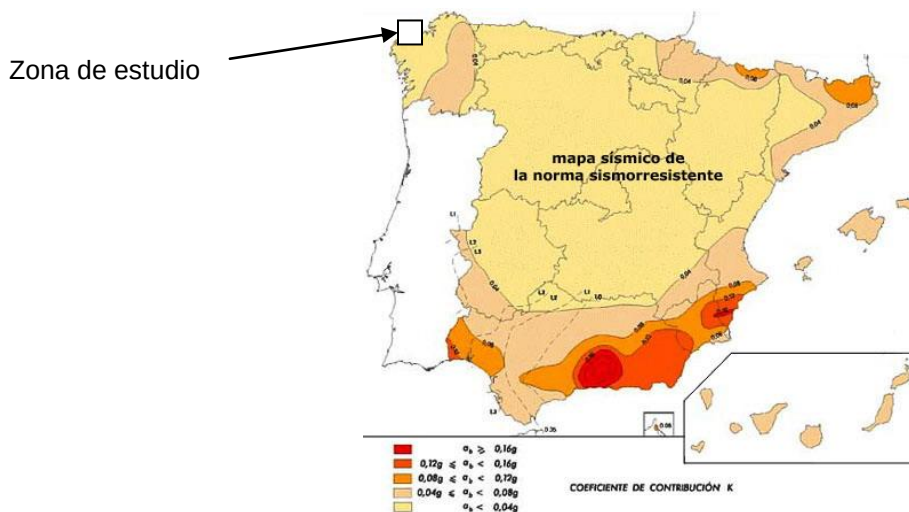
SONDEO N°	N° REFERENCIA	COTA DE LA MUESTRA	NIVEL GEOTÉCNICO	ENSAYOS REALIZADOS				
				RCS (MPa)	Brasileño (MPa)	Is ₍₅₀₎ (MPa)	Ultrasonidos (m/s)	Abrasividad
	ES-26541	-1,4 a -1,9	RQD>50%	41,8	-----	-----	4406	-----
	ES-26542	-2,0 a -2,5	RQD>50%	-----	7,28	-----	-----	5,0
S-4	ES-26513	-5,25 a -6,15	RQD>50%	-----	-----	1,62	-----	-----
	ES-26514	-5,55 a -5,65	RQD>50%	-----	5,34	-----	2451	-----
	ES-26515	-5,35 a -5,45	RQD>50%	-----	-----	-----	-----	4,6
S-5	ES-26516	-3,90 a -4,80	RQD<25%	-----	-----	1,53	-----	-----
	ES-26517	-3,95 a -4,00	RQD<25%	-----	-----	-----	-----	3,6
S-6	ES-26518	-5,35 a -5,50	RQD<25%	-----	-----	1,85	3853	-----
	ES-26519	-2,50 a -2,60	RQD<25%	-----	-----	-----	-----	3,6
	ES-26520	-2,60 a -3,10	RQD<25%	-----	-----	1,59	-----	-----
	ES-26521	-5,50 a -6,60	RQD<25%	-----	-----	4,79	-----	-----
	ES-26522	-6,40 a -6,50	RQD<25%	-----	14,80	-----	3777	-----
S-7	ES-26523	-4,45 a -4,55	RQD<25%	-----	-----	-----	-----	5,0
	ES-26524	-5,05 a -5,45	RQD>50%	-----	-----	5,39	-----	-----
	ES-26525	-5,45 a -5,75	RQD>50%	97,1	-----	-----	-----	-----
	ES-26526	-5,75 a -6,55	RQD>50%	-----	-----	5,72	3820	-----
	ES-26527	-4,85 a 5,05	RQD>50%	-----	8,63	-----	4094	-----

En cuanto a la calidad de la roca de la campaña realizada en el 2011, hay que indicar que sólo fue posible realizar un ensayo de compresión simple, debido a que la roca se presentaba bastante fracturada, por lo que únicamente fue posible ensayar un fragmento de roca de suficiente longitud en el sondeo S-1, entre la cota -3,55 y -3,75, cuyo resultado fue de 16,2 MPa.

El resto de los ensayos realizados sobre los sondeos de la campaña de 2011 fueron sobre las arenas cuaternarias situadas sobre el sustrato rocoso, cuyo espesor máximo superaba ligeramente el metro.

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. DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES

A partir de la investigación anteriormente señalada se puede establecer que el subsuelo más superficial del área de estudio lo conforman los siguientes niveles geotécnicos:

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

5.1 SEDIMENTOS CUATERNARIOS

En general se trata de materiales granulares re trabajados por corrientes marinas y depositados cuando éstas pierden energía. Se encuentra formado por arenas finas de composición silíceas con algunas gravillas y restos de bioclastos de pequeño tamaño. Estos materiales presentan un color grisáceo a blanquecino.

En la presente campaña, se han detectado únicamente en el sondeo S-4 con una potencia de 0,30 metros; mientras que en la campaña del 2011, se detectaron en los tres sondeos con potencias variables de 0,5 m a 1,15, correspondiendo la primera potencia al sondeo S-2(2011), la última al sondeo S3 (2011) y 1 m al sondeo S-1(2011).

Esto nos confirma que el lecho submarino del puerto de Laxe está fundamentalmente constituido por un sustrato rocoso granítico, el cual se encuentra tapizado de manera puntual y heterogénea por pequeños bancos de arena cuaternaria. Dichos bancos pueden variar su localización en función de cómo les afecte los temporales, por lo que la representación de los bancos que se incluyen en el plano del Anejo I, sólo es válida para el momento en que fue realizada cada investigación.

5.2 **SUSTRATO HERCÍNICO**

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 por un granito de moderadamente meteorizado (grado III) a sano (grado II), atendiendo a la Escala de Meteorización de la Roca, que se adjunta en el anejo nº IV.

Este granito de la serie alcalina, producto de la granitización hercínica en Galicia Occidental pertenece al grupo de granitos de dos micas de Galicia Occidental que fue definido por PARGA PONDAL (1966) como “granitos de tipo Lage”.

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, presentado una deformación bastante característica.

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

En cuanto a sus características geotécnicas, basándonos en el examen “de visu” llevado a cabo a partir de los distintos sondeos realizados se observa claramente como en el sustrato rocoso existente en la zona se diferencian las siguientes subunidades en función de su grado de fracturación y RQD:

- Granito de dos micas de tipo Lage en grado de meteorización III caracterizado por un RQD inferior al 25%.
- Granito de dos micas de tipo Lage en grado de meteorización III-II caracterizado por un RQD superior al 75%.

5.2.1 Granito de dos micas con RQD<25%

El macizo rocoso presenta un grado de fracturación alto, con importantes tramos donde el RQD no supera el 10% debido al elevado grado de fracturación con valores medios de 8.

Este macizo se caracteriza fundamentalmente por estar meteorizado a través de la matriz reconociéndose el cambio de color respecto de la roca sana generalmente con una variación de color de toda la masa, así como la importante presencia de óxidos tapizando las juntas. De este modo nos encontramos ante un granito generalmente moderadamente meteorizado (grado III), atendiendo a la Escala de Meteorización de la Roca, que se adjunta en el anejo nº IV.

Este sustrato se ha detectado fundamentalmente en los sondeos S-1(2011), S-2(2011), S-3(2011), S-4, S-5, S-6 y S-7 realizados entre las cotas que se muestran a continuación:

SONDEOS	Cota emboquille	Inicio subnivel (cota, m)	Final subnivel (cota, m)	Espesor (m)
S-1(2011)	-1.90	-4,30	-5.20	>0,90
S-2(2011)	-1.40	-1,90	-3,40	>1,50
S-3(2011)	0.00	Se perforó hasta el techo de la roca		
Sondeo S-4	-3,05	-3,35	-5,25	1,90
Sondeo S-5	-3,30	-3,30	inferior a -6,70	>3,40
Sondeo S-6	-2,10	-2,10	inferior a -6,60	>4,50
Sondeo S-7	-3,95	-3,95	-4,85	0,90

Dado que en estos tramos de testigo con RQD <25% no ha sido posible realizar los correspondientes ensayos de **rotura a compresión simple** por falta de longitud en los mismos, se ha optado por la realización de otro ensayo que permite la determinación indirecta de la resistencia a compresión simple como es el **ensayo de la carga puntual**. A continuación se muestra una tabla resumen con los resultados obtenidos:

REF. MUESTRA	Localización (cota m)	Carga puntual (Is50) – RCS MPa	Clase de roca según I.S.R.M.
ES-26516	S-5 (-3,90 a -4,80)	1,53 - 40	R ₃ – Roca moderadamente dura
ES-26518	S-6 (-5,35 a -5,50)	1,85 - 48	R ₃ – Roca moderadamente dura
ES-26520	S-6 (-2,60 a -3,10)	1,59 - 41	R ₃ – Roca moderadamente dura
ES-26521	S-6 (-5,50 a -6,60)	4,79 - 124	R ₅ – Roca muy dura

El valor de la RCS a partir del $I_{s(50)}$ es el siguiente:

$RCS=23 \cdot I_{s(50)}$; cuando se tiene un I_s corregido a un diámetro distinto de 50 mm, la relación entre RCS e I_s es: $RCS=(14+0.175 \cdot \text{Diámetro}) \cdot I_s$.

El sustrato rocoso identificado se caracteriza como una roca moderadamente dura (R_3 según la clasificación ISRM, *Suggested methods for rock characterization, testing and monitoring*), donde los rangos de resistencia a compresión simple media oscilan entre 25 y 50 MPa.

Respecto a la resistencia de los materiales sobre este subnivel tan sólo ha sido posible realizar un **ensayo a tracción indirecta** sobre la muestra ES-26522 tomada en el sondeo S-6 entre -6,40 y -6,50 metros dando un resultado de 14,80 MPa.

Este ensayo ha sido utilizado por varios autores para clasificar las rocas según la resistencia a tracción de las mismas. Así en la tabla que se adjunta a continuación se muestran los criterios de Fourmaintraux y de Deere and Miller:

(FOURMAINTRAUX, 1976 y DEERE & MILLER, 1968. En OTEO, 1978)	
FOURMAINTRAUX:	
Resistencia	σ_t (Kp/cm ²)
Muy alta	> 300
Alta	100-300
Media	50-100
Débil	20-50
Muy débil	0-20
DEERE & MILLER:	
Resistencia	σ_t (Kp/cm ²)
Muy débil	0-15
Débil	15-35
Media	35-65
Alta	65-100
Muy alta	> 100

De este modo a partir del único resultado obtenido para este subnivel podríamos clasificar el material como de resistencia alta/muy alta.

No obstante la muestra analizada se trata de una fracción de roca puntual por lo que no se considera representativa respecto a la masa total del presente nivel.

Por otro lado, sobre las siguientes muestras se han llevado a cabo dos ensayos con el objetivo de conocer la velocidad de **impulsos ultrasónicos** obteniéndose los siguientes resultados:

REF. MUESTRA	Localización (cota m)	Ultrasonidos (m/s)
ES-26518	S-6 (-5,35 a -5,50)	3853
ES-26522	S-6 (-6,40 a -6,50)	3777

Por tanto, teniendo en cuenta las muestras analizadas podemos estimar una velocidad de impulsos ultrasónicos para los tramos de este subnivel (granito RQD<25%) en torno a 3.500 m/s, lo cual siguiendo los límites de excavación dados por Hagan y Gibson en 1983, clasifican el subnivel como rocas que precisan voladuras medias.

VELOCIDAD SÍSMICA (m/s)	CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA
<1500	Rocas excavadas con mototraillas excavadoras o tractores. No precisa voladuras
1500-2000	Ripado fácil. Excavación de estratos sin volar, algo difícil para excavadoras o tractores sin riper
2000-2500	Ripado algo costoso o voladuras ligeras
2500-3000	Se precisan voladuras ligeras o prevoladuras
3000-4500	Voladuras medias
>4500	Se precisan voladuras importantes

Finalmente se han llevado a cabo ensayos de **abrasividad Cerchar** con el objetivo de valorar el desgaste de los cabezales de los equipos de perforación y excavación. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

REF. MUESTRA	Localización (cota m)	Abrasividad Cerchar	Clasificación
ES-26517	S-5 (-3,95 a -4,00)	3,6	Moderadamente abrasiva
ES-26519	S-6 (-2,50 a -2,60)	3,6	Moderadamente abrasiva
ES-26523	S-7 (-4,45 a -4,55)	5,0	Extremadamente abrasiva

La clasificación del subnivel en base al índice Cerchar que se muestra en la tabla adjunta sería, con un índice medio 3,6, moderadamente abrasivo (valores entre 3,5 y 4,0), descartando de este modo la muestra del sondeo S-7.

índice Cerchar	Clasificación	Tipo de roca
> 4.5	Extremadamente abrasiva	Gneis, pegmatita, granito
4.25 – 4.5	Altamente abrasiva	Anfibolita, granito
4.0 – 4.25	Abrasiva	Granito, gneis, esquistos, piroxenita, arenisca
3.5 – 4.0	Moderadamente abrasiva	Granito, gneis, dolerita
1.2 – 2.5	Poco abrasiva	Arenisca
< 1.2	Muy poco abrasiva	Caliza

RESUMEN PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA LA ROCA CON RQD <25%

A continuación se facilitan los parámetros geotécnicos estimativos a partir de los ensayos de laboratorio realizados para los materiales que conforman este nivel:

- RQD<25%
- Grado de fracturación8
- Densidad aparente (gr/cm³):≈ 2,40 – 2,55
- RCS/ls (MPa):25 – 50 (R₃ moderadamente dura)
- Impulsos ultrasónicos (m/s)3.500
- Abrasividad Cerchar 3,6 (Moderadamente abrasiva)

Sin embargo se deberá tener en cuenta la posible presencia de “islas rocosas” donde las características geotécnicas del presente nivel se asemejen más al nivel con RQD>50% tal y como muestran los resultados obtenidos en ciertas muestras del sondeo S-6 (ES26521 y ES26522).

5.2.2 Granito de dos micas con RQD>50%

Una vez superado el subnivel anteriormente descrito o bien de manera superficial aflora el sustrato granítico donde se observa una importante mejora en sus características geotécnicas, alcanzándose valores RQD superior al 50% provocado por un grado de fracturación en el peor de los casos de 4 (ver cuadros geotécnicos en Anejo V).

Se trata por lo general de un sustrato rocoso que va de moderadamente meteorizado (grado_III) a sano (grado_II), donde las juntas están manchadas de óxidos pero la matriz de la roca mantiene un color lustroso, atendiendo a la Escala de Meteorización de la Roca.

Este sustrato se ha detectado en bastantes sondeos, excepto en los sondeos S-2(2011), S-3(2011) ya que no se perforó el sustrato rocoso, S-5 y S-6.

A continuación se muestran las cotas de inicio del subnivel así como el espesor detectado:

SONDEOS	Cota emboquille	Inicio subnivel (cota, m)	Espesor (m)
S-1(2011)	-1.90	-3.20	1.10
Sondeo S-1*	+1,60	+1,60	>8,85
Sondeo S-2	+5,85	+0,35	>7,40
Sondeo S-3*	+1,60	+1,60	>8,60
Sondeo S-4	-3,05	-5,25	>1,80
Sondeo S-7	-3,95	-4,85	>1,70

*sondeos realizados en una cierta inclinación, 10 y 8º respectivamente.

Se han tomado varios testigos de sustrato rocoso para ser sometidos a ensayos de rotura a compresión simple. En aquellos casos en que los testigos extraídos no presentan la esbeltez suficiente para la realización de ensayos de **RCS** se ha optado por la realización de **resistencia a la carga puntual**, según se comentó anteriormente. A continuación se muestra una tabla resumen con los resultados obtenidos:

REF. MUESTRA	Localización	Densidad aparente (gr/cm ³)	RCS (MPa)	Carga puntual (Is50) – RCS MPa	Clase de roca según I.S.R.M.
ES-26672	S-1(2011) (-3,55 A -3,75)	2,60	16,2		R ₂ – Roca débil
ES-26531	S-1 (1,3 a 1,0)	2,62	77,7	-----	R ₄ – Roca dura
ES-26533	S-1 (-1,4 a -1,7)	2,59	70,0	-----	R ₄ – Roca dura
ES-26536	S-2 (-0,65 a -1,15)	2,60	38,2	-----	R ₃ – Roca moderadamente dura
ES-26537	S-2 (-2,45 a -2,75)	2,61	42,7	-----	R ₃ – Roca moderadamente dura
ES-26540	S-3 (0,0 a -0,2)	2,63	71,0	-----	R ₄ – Roca dura
ES-26541	S-3 (-1,4 a -1,9)	2,62	41,8	-----	R ₃ – Roca moderadamente dura
ES-26513	S-4 (-5,25 a -6,15)	-----	-----	1,62 – 42,12	R ₃ – Roca moderadamente dura
ES-26524	S-7 (-5,05 a -5,45)	-----	-----	5,39 – 140,14	R ₅ – Roca muy dura
ES-26525	S-7 (-5,45 a -5,75)	2,63	97,1	-----	R ₄ – Roca dura
ES-26526	S-7 (-5,75 a -6,55)	-----	-----	5,72 – 148,72	R ₅ – Roca muy dura

El valor de la RCS a partir del Is(50) es el siguiente:

$RCS=23 \cdot I_{s(50)}$; cuando se tiene un Is corregido a un diámetro distinto de 50 mm, la relación entre RCS e Is es: $RCS=(14+0.175 \cdot \text{Diámetro})I_s$.

El sustrato rocoso identificado se caracteriza de manera general como una roca dura (R₄ según la clasificación ISRM, *Suggested methods for rock characterization, testing and monitoring*), donde los rangos de resistencia a compresión simple media oscilan entre 50 y100 MPa, detectando mínimos de 16,2 MPa (roca débil en el sondeo S-1(2011)) y máximos de 148 MPa (roca muy dura).

Por otro lado igualmente se han llevado a cabo ensayos de **tracción indirecta** sobre distintas muestras cuya numeración y resultados obtenidos se muestran a continuación:

REF. MUESTRA	Localización	Brasileño (MPa)	Resistencia		
			Fourmaintraux	Deere and Miller	Clase de roca según I.S.R.M.
ES-26532	S-1 (1,0 a 0,7)	7,50	Media	Alta	R ₄ – Roca dura
ES-26534	S-1 (-2,2 a -2,6)	9,71	Media	Alta	R ₄ – Roca dura
ES-26535	S-2 (-0,25 a -0,45)	7,35	Media	Alta	R ₄ – Roca dura

REF. MUESTRA	Localización	Brasileño (MPa)	Resistencia		
			Fourmaintraux	Deere and Miller	Clase de roca según I.S.R.M.
ES-26538	S-2 (-3,25 a -3,45)	7,15	Media	Alta	R ₄ – Roca dura
ES-26539	S-3 (1,3 a 1,1)	9,87	Media	Alta	R ₄ – Roca dura
ES-26542	S-3 (-2,0 a -2,5)	7,28	Media	Alta	R ₄ – Roca dura
ES-26514	S-4 (-5,55 a -5,65)	5,34	Media	Media	R ₄ – Roca dura
ES-26527	S-7 (-4,85 a 5,05)	8,63	Media	Alta	R ₄ – Roca dura

Este ensayo ha sido utilizado por varios autores para clasificar las rocas según la resistencia a tracción de las mismas. Así en la tabla que se adjunta a continuación se muestran los criterios de Fourmaintraux y de Deere and Miller:

(FOURMAINTRAUX, 1976 y DEERE & MILLER, 1968. En OTEO, 1978)	
FOURMAINTRAUX:	
Resistencia	σ_t (Kp/cm ²)
Muy alta	> 300
Alta	100-300
Media	50-100
Débil	20-50
Muy débil	0-20
DEERE & MILLER:	
Resistencia	σ_t (Kp/cm ²)
Muy débil	0-15
Débil	15-35
Media	35-65
Alta	65-100
Muy alta	> 100

Indicar que los valores de estos ensayos pueden correlacionarse con los de la resistencia a compresión simple de la roca matriz, ya que se puede estimar en una primera aproximación, que ésta es del orden de 10 veces superior a la resistencia a tracción de la roca.

De este modo a partir de los resultados obtenidos para este subnivel podríamos clasificar el material como roca dura (R₄, según I.S.R.M.).

Del mismo modo sobre diversas muestras se ha llevado a cabo el ensayo de impulsos ultrasónicos con el objetivo de conocer la velocidad de propagación de las ondas, a continuación se muestran los resultados obtenidos:

REF. MUESTRA	Localización (cota m)	Ultrasonidos (m/s)
ES-26531	S-1 (1,3 a -1,0)	3741
ES-26533	S-1 (-1,4 a -1,7)	4026
ES-26536	S-2 -0,65 a -1,15	3613
ES-26537	S-2 -2,45 a -2,75	3896
ES-26540	S-3 0,0 a -0,2	4079
ES-26541	S-3 -1,4 a -1,9	4406

REF. MUESTRA	Localización (cota m)	Ultrasonidos (m/s)
ES-26514	S-4 -5,55 a -5,65	2451
ES-26526	S-6 -5,75 a -6,55	3820
ES-26527	S-6 -4,85 a 5,05	4094

Por tanto teniendo en cuenta las muestras analizadas podemos estimar una velocidad de impulsos ultrasónicos para los tramos de este subnivel (granito RQD>50%) en torno a 4.000 m/s, lo cual siguiendo los límites de excavación dados por Hagan y Gibson en 1983 clasifican el subnivel como rocas que precisan voladuras medias, acercándonos de manera significativa al nivel de voladuras importantes.

VELOCIDAD SÍSMICA (m/s)	CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA
<1500	Rocas excavadas con mototraillas excavadoras o tractores. No precisa voladuras
1500-2000	Ripado fácil. Excavación de estratos sin volar. algo difícil para excavadoras o tractores sin ripper
2000-2500	Ripado algo costoso o voladuras ligeras
2500-3000	Se precisan voladuras ligeras o prevoladuras
3000-4500	Voladuras medias
>4500	Se precisan voladuras importantes

Finalmente se han llevado a cabo ensayos de **abrasividad Cerchar** con el objetivo de valorar el desgaste de los cabezales de los equipos de perforación y excavación. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

REF. MUESTRA	Localización (cota m)	Abrasividad Cerchar	Clasificación
ES-26532	S-1 (1,0 a 0,7)	5,0	Extremadamente abrasiva
ES-26534	S-1 (-2,2 a -2,6)	5,0	Extremadamente abrasiva
ES-26535	S-2 (-0,25 a -0,45)	5,2	Extremadamente abrasiva
ES-26538	S-2 (-3,25 a -3,45)	4,8	Extremadamente abrasiva
ES-26539	S-3 (1,3 a 1,1)	5,0	Extremadamente abrasiva
ES-26542	S-3 (-2,0 a -2,5)	5,0	Extremadamente abrasiva
ES-26515	S-4 (-5,35 a -5,45)	4,6	Extremadamente abrasiva

La clasificación del subnivel en base al índice Cerchar que se muestra en la tabla adjunta sería, con un índice medio 5,0, extremadamente abrasivo (valores superiores a 4.5).

índice Cerchar	Clasificación	Tipo de roca
> 4.5	Extremadamente abrasiva	Gneis, pegmatita, granito
4.25 – 4.5	Altamente abrasiva	Anfibolita, granito
4.0 – 4.25	Abrasiva	Granito, gneis, esquistos, piroxenita, arenisca
3.5 – 4.0	Moderadamente abrasiva	Granito, gneis, dolerita
1.2 – 2.5	Poco abrasiva	Arenisca
< 1.2	Muy poco abrasiva	Caliza

RESUMEN PARÁMETROS GEOTÉCNICOS NIVEL 5.2.2

A continuación se facilitan los parámetros geotécnicos estimativos a partir de los ensayos de laboratorio realizados para los materiales que conforman este nivel:

- RQD>50%
- Grado de fracturación4-2
- Densidad aparente (gr/cm³):2,59 – 2,63
- RCS/Is (MPa): 50 – 100 (R₄ roca dura)
- Tracción Indirecta (MPa)..... 5,34 – 9,87 (R₄ roca dura)
- Impulsos ultrasónicos (m/s)≈4.000
- Abrasividad Cerchar 5.0 (Extremadamente abrasiva)

5.2.3 RECONOCIMIENTO DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS

En el estudio realizado en el año 2011, se llevó a cabo un estudio geomecánico en los afloramientos rocosos existentes en la zona sur del Puerto, con el objeto de determinar las direcciones de fracturación más importantes.



Vista general del granito hercínico aflorante en la zona de actuación

El afloramiento estudiado, se corresponde con 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 estimó la resistencia a compresión simple de la roca aflorante a partir de la resistencia al rebote de la superficie de roca ensayada.

La medida de rebote se correlacionó 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.

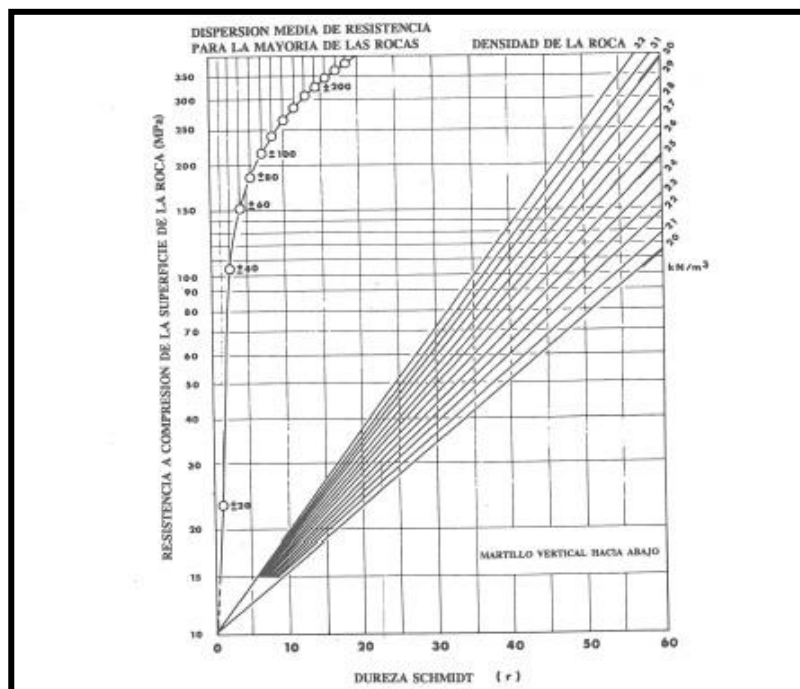
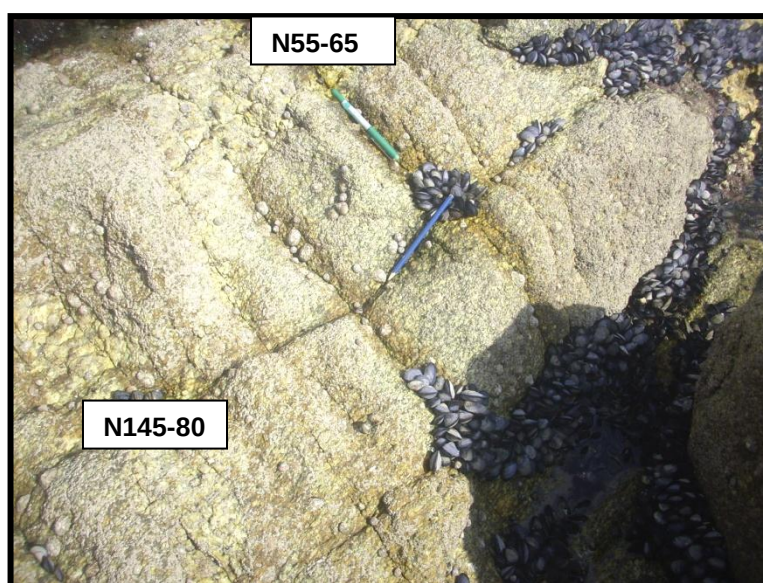


Gráfico de correlación para el martillo Schmidt entre resistencia a compresión, densidad de la roca y rebote (Miller, 1965).

Para la correlación de datos, la densidad de la roca está 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 en este sector, según la ISRM, como moderadamente duro.

-Fracturación

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

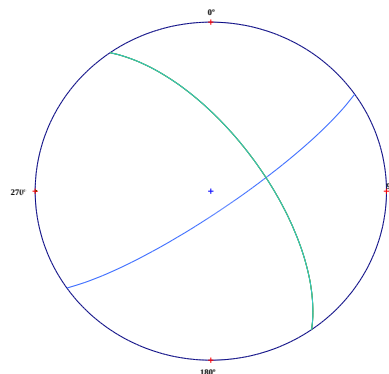


Fotografía 5. Detalle de los familias más importantes en la zona de actuación.

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

Familia J1 (N55° - 65°)

Familia J2 (N145° - 80°)

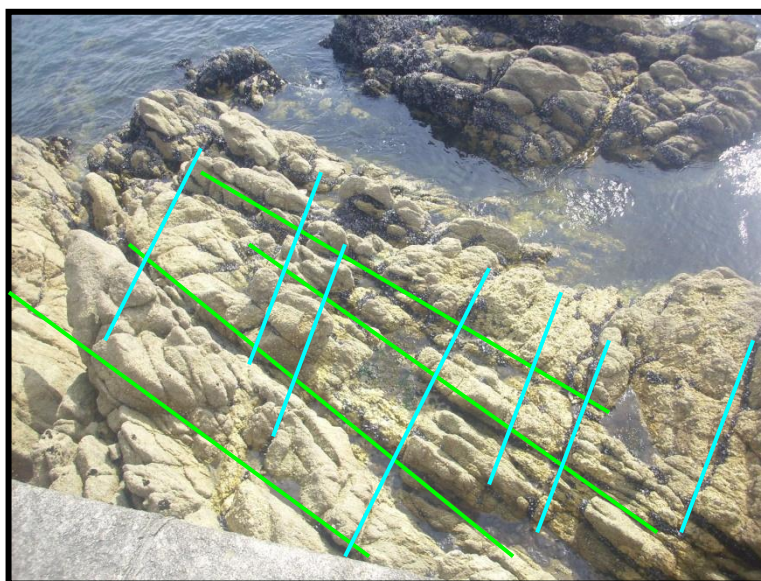


Como puede observarse en la representación gráfica de la orientación de la familia J1y la familia J2 se interceptan dando lugar a una estructura del medio rocoso de tipo tabular con una dimensión mucho menor que las otras dos.

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.



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

5.2.4 CUADRO RESUMEN DE LOS MATERIALES DETECTADOS

A continuación teniendo en cuenta que el proyecto prevé llevar a cabo un dragado general de la zona hasta la cota -5,00 (zona donde se ubican los sondeos S-4, S-5, S-6 y S-7), excepto en la franja más cercana al cantil donde la cota de dragado proyectada es la -3,00 (ubicación de los sondeos S-1, S-2 y S-3) se muestra una tabla resumen donde se presenta la cota de aparición de cada uno de los niveles identificados en los puntos de perforación así como el espesor de los materiales:

Sondeos en zona a dragar hasta cota -3,00	Cota inicio nivel CUATERNARIO (espesor, m)	Cota inicio nivel SUSTRATO HERCÍNICO (espesor, m)	
		RQD (<25%)	RQD (>50%)
S-1 (499715.705 / 4785698.747)	-----	-----	+1,60 (>8,85)
S-2 (499698.242 / 4785674.789)	-----	-----	+0,35 (>7,40)
S-3 (499672.492 / 4785573.952)	-----	-----	+1,60 (>8,60)

De este modo el sustrato aflorante hasta la cota -3,00, en la zona más próxima al cantil, está compuesto por un granito de dos micas con RQD>50% y valores RCS generalmente entre 50-100 MPa.

RESUMEN PARÁMETROS GEOTÉCNICOS NIVEL 5.2.2 (RQD >50 %)

A continuación se facilitan los parámetros geotécnicos estimativos a partir de los ensayos de laboratorio realizados para los materiales que conforman este nivel:

- RQD>50%
- Grado de fracturación4-2
- Densidad aparente (gr/cm³):2,59 – 2,63
- RCS/ls (MPa): 50 – 100 (R₄ roca dura)
- Tracción Indirecta (MPa)..... 5,34 – 9,87 (R₄ roca dura)
- Impulsos ultrasónicos (m/s)≈4.000
- Abrasividad Cerchar5,0 (extremadamente abrasiva)

Por otro lado en la zona alejada del cantil los materiales detectados son los siguientes:

Sondeos en zona a dragar hasta cota -5,00	Cota inicio nivel CUATERNARIO (espesor, m)	Cota inicio nivel SUSTRATO HERCÍNICO (espesor, m)	
		RQD (<25%)	RQD (>50%)
S-1(2011)	-3,20 (1,00)	-4.3 (0,70)	-3,20 (1,10)
S-2(2011)	-1,40 (0,50)	-1,90 (>1,50)	
S-3(2011)	0,00 (>1,15)	¿?	¿?
S-4 (499757.503 / 4785678.732)	-3,05 (0,30)	-3,35 (1,90)	-5,25 (>1,80)
S-5 (499742.580 / 4785599.509)	-----	-3,30 (>3,40)	-----
S-6 (499726.006/ 4785511.524)	-----	-2,10 (>4,50)	-----
S-7 (499780.498 / 4785485.300)	-----	-3,95 (0,90)	-4,85 (>1,70)

De este modo el sustrato aflorante hasta la cota de dragado -5,00, en el entorno de los sondeos S-4, S-5, S-6 y S-7 está compuesto mayoritariamente y de forma general por un granito de dos micas con un RQD<25% y valores RCS entre 25-50 MPa.

RESUMEN PARÁMETROS GEOTÉCNICOS NIVEL 5.2.1 (RQD < 25%)

A continuación se facilitan los parámetros geotécnicos estimativos a partir de los ensayos de laboratorio realizados para los materiales que conforman este nivel:

- RQD<25%
- Grado de fracturación8
- Densidad aparente (gr/cm³):≈ 2,50 – 2,55
- RCS/Is (MPa):25 – 50 (R₃ moderadamente dura)
- Impulsos ultrasónicos (m/s)3.500
- Abrasividad Cerchar 3,6 (Moderadamente abrasiva)

Sin embargo se deberá tener en cuenta la posible presencia de “islas rocosas” donde las características geotécnicas del presente nivel se asemejen más al nivel 5.2.2 (RQD>50%) tal y como muestran los resultados obtenidos en ciertas muestras del sondeo S-6 (ES26521 y ES26522) y el sondeo.S-1(2011), aunque en este caso y a pesar de tener un RQD alto en algún tramo, sin embargo la RCS es baja (16,2 MPa).

6. ANÁLISIS DE DRAGABILIDAD

En base a la investigación geotécnica realizada se puede establecer que el subsuelo del área de estudio lo conforman, a efectos de dragado, dos niveles, los cuales se presentan a continuación:

• **SEDIMENTOS CUATERNARIOS**

Se trata de materiales depositados recientemente como consecuencia de la dinámica litoral de la zona, en general subhorizontales y muy poco potentes, depositándose en los valles que el sustrato rocoso define de manera totalmente heterogénea y aleatoria. Desde el punto de vista granulométrico destaca la presencia de depósitos granulares, tipo arena no plásticas.

Estos materiales se caracterizan por presentar una baja compacidad pudiendo ser dragados mediante métodos mecánicos convencionales, como por ejemplo equipos de succión.

• **SUSTRATO ROCOSO GRADO III**

Las rocas, independientemente de su origen, no son materiales que se puedan dragar fácilmente. Tan sólo, tal y como se muestra en el cuadro adjunto, las dragas de pala o dragas de rosario (ambas de tipo mecánico) serían capaces de dragar materiales de tipo rocoso. Sin embargo este sustrato debería ser de pobres características geotécnicas con unos valores de Resistencia a Compresión Simple no superiores a 15 MPa.

	Buen comportamiento	Mal comportamiento
Cuchara	Terrenos sueltos o algo cohesivos	Terrenos fluidos o duros
Pala	Casi todos, incluso terrenos muy duros y compactos	Terrenos fluidos
Rosario	Fangos, arcillas y arenas compactas hasta rocas blandas	Arcillas muy cohesivas
Succión en marcha	Gravas, arenas sueltas, arenas Fangosas, limos, etc...	Terrenos compactos
Cortadora	Todo tipo de terreno excepto rocas duras	Rocas
Succión estacionaria	Arenas sueltas o semicompactas, fangos sueltos	Arenas compactas o cohesivas

Comportamiento de las dragas en función del terreno (Vigueras, M., 1997)

De forma inversa en la siguiente tabla se muestran los equipos más adecuados para cada tipo de terreno:

	Cuchara	Pala	Rosario	Succión en marcha	Cortadora	Succión estacionaria
Arena compacta				Con cabeza apropiada		
Arena suelta						
Arena fangosa						
Fangos				Con desgasificadores		
Arcillas	Si sueltas o plásticas	Si plásticas o compactas	Si sueltas o plásticas			
Arena con grava						
Margas						
Rocas	Con voladura previa	Con voladura previa	Con voladura previa			

 Equipo adecuado

Equipos más adecuados para cada terreno. (Sanz Bermejo, 2001)

Por tanto el nivel identificado como sustrato rocoso con un grado de alteración moderado o menor (grado III a II) no es dragable directamente debiendo recurrir al empleo de explosivos tanto para el subnivel de granito con RQD<25% como para el subnivel de granito con RQD>50%.

En este sentido Scoble y Muftuoglu (1984) clasifican los medios rocosos en función de su excavación definiendo un “Índice de Excavabilidad” combinando cuatro parámetros geomecánicos. En la siguiente tabla se muestran el sistema de cuantificación que estos autores proponen:

PARÁMETROS	CLASES DE MACIZOS ROCOSOS				
	1	2	3	4	5
ALTERACIÓN	INTENSA	ALTA	MODERADA	LIGERA	NULA
Valoración (W)	< 0	5	15	20	25
RESISTENCIA DE LA ROCA (MPa)	< 20	20 - 60	40 - 60	60 - 100	> 100
COMPRESIÓN SIMPLE (MPa) $I_s(50)$	< 0,5	0,5 - 1,5	1,5 - 2,0	2 - 3,5	> 3,5
Valoración (S)	0	10	15	20	25
SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS (m)	0,3	0,6 - 1,5	0,6 - 1,5	1,5 - 2	> 2
Valoración (J)	5	15	30	45	50
POTENCIA DE ESTRATOS (m)	< 0,1	0,1 - 0,3	0,3 - 0,6	0,6 - 1,5	> 1,5
Valoración (B)	0	5	10	20	30

Una vez sumadas las valoraciones de los 4 parámetros considerados se establecen conclusiones mediante la siguiente tabla:

CLASE	FACILIDAD DE EXCAVACIÓN	ÍNDICE (W+S+J+B)	EQUIPO DE EXCAVACIÓN	MODELOS DE EQUIPOS EMPLEADOS
1	MUY FÁCIL	< 40	TRACTORES DE RIPADO	A. Tractor (Cat. D8) B. Dragalina > 5 m ³ (Lima 2400) C. Excavadora de cables > 3 m ³ (Ruston Bucyrus 71 RB)
2	FÁCIL	40 - 50	DRAGALINAS EXCAVADORAS	A. Tractor (Cat. D9) B. Dragalina > 8 m ³ (Marion 195) C. Excavadora de cables > 5 m ³ (Ruston Bucyrus 150 RB)
3	MODERADAMENTE DIFÍCIL	50 - 60	DRAGALINAS	A. Tractor - Excavadora - Pala Cargadora (Cat. D9) B. Excavadora hidráulica > 3 m ³ (Cat. 245)
4	DIFÍCIL	60 - 70	EXCAVADORAS	A. Tractor - Excavadora - Pala Cargadora (Cat. D10) B. Excavadora hidráulica > 3 m ³ (Cat. 245 ó O&K RH40)
5	MUY DIFÍCIL	70 - 95	EXCAVADORAS	Excavadora hidráulica > 3 m ³ (Cat. 245 ó O&K RH40)
6	EXTREMADAMENTE DIFÍCIL	95 - 100		Demag H111 Excavadoras Poclain 1000 CK hidráulicas P & H 1200 > 7 m ³ R H 75
7	MARGINAL SIN VOLADURA	> 100		Demag H 185 Excavadoras Demag H 241 hidráulicas O & K RH300 > 10 m ³

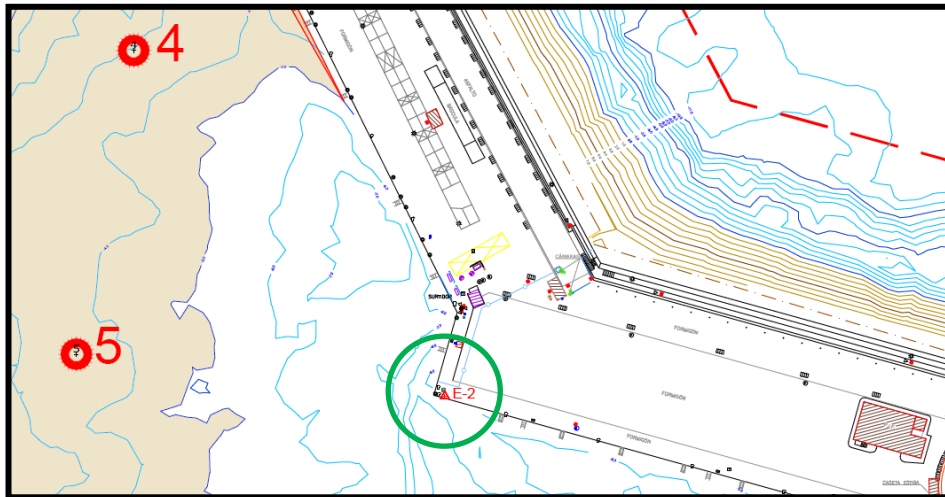
Teniendo en cuenta las características del macizo rocoso descrito en los sondeos efectuados se podría clasificar el sustrato rocoso con RQD<25% como de clase 4 difícil, mientras que el sustrato rocoso con RQD >50% se clasificaría como de clase 6 extremadamente difícil.

7. RESUMEN Y CONCLUSIONES

- A petición de XUNTA DE GALICIA, CONSELLERÍA DO MAR, **EPTISA, Servicios de Ingeniería, S.L.**, ha realizado el presente documento titulado ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL ESTUDIO DE LOS MATERIALES QUE SERÁN OBJETO DE DRAGADO EN EL PUERTO DE LAXE (CORUÑA).
- En el presente informe se exponen los resultados obtenidos a partir de los sondeos y ensayos de laboratorio realizados durante la campaña del año 2011 y la actual, llevada a cabo entre los meses de diciembre de 2017 y enero de 2018.
- En total en la campaña de año 2011 se realizaron 3 sondeos mecánicos y en la actual se han realizado siete (7) sondeos mecánicos a rotación con recuperación de testigo. En total existen diez (10) sondeos de investigación, perforados con coronas de widia y diamante de diámetros comprendidos entre 101 y 86 mm. De los diez (10) sondeos perforados, siete (7) se ejecutaron sobre pontona, La numeración de dichos sondeos así como las coordenadas se muestran a continuación, con excepción de los sondeos realizados durante la campaña del año 2011, cuyo posicionamiento se efectuó mediante distanciometro, debido a su proximidad al muelle:

SONDEO Nº	COORD. X	COORD. Y	COTA EMBOQUILLE (m)
S-1 (2011)	Estos sondeos se posicionaron con distanciometro.(En el plano del Anejo I, se puede ver su situación)		-1,90
S-2 (2011)			-1,40
S-3 (2011)			0,00
S-4	499757.503	4785678.732	-3.05
S-5	499742.580	4785599.509	-3.30
S-6	499726.006	4785511.524	-2.10
S-7	499780.498	4785485.300	-3.95

Con el objetivo de conocer la cota de emboquille de cada uno de estos sondeos se midió la columna de agua existente entre el punto de inicio de la perforación y la superficie. Al mismo tiempo se tomó la distancia entre el muelle próximo a la base E-2 de referencia (cota +5.94) y el nivel superficial de agua. De este modo se obtuvo la cota de emboquille a la que se sitúa cada punto de sondeo.



Detalle situación base E-2 (cota 5.94)

Por otro lado la campaña de campo se completó con la realización de tres (3) sondeos perforados desde tierra. De este modo mientras que el sondeo S-2 se emboquilló en el actual cantil, concretamente en la zona reservada para chalanas, los sondeos S-1 y S-3 se emboquillaron directamente en el sustrato rocoso que conforma el lecho marino por lo que ambos sondeos se perforaron con una inclinación de 10 y 8° respectivamente respecto a la vertical pudiendo de este modo situar la máquina de sondeos en el borde del cantil, tal y como se muestra en las fotografías adjuntas:



Detalle emboquille sondeo S-1 y sondeo S-3

Las coordenadas de dichos sondeos se muestran a continuación con la cota de emboquille de cada punto de perforación:

SONDEO Nº	COORD. X	COORD. Y	COORD. Z
S-1	499715.705	4785698.747	+1,60
S-2	499698.242	4785674.789	+5,85
S-3	499672.492	4785573.952	+1,60

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

SONDEO Nº	COTA DE EMBOQUILLE	LONGITUD SONDEO (m)	COTA FINAL DE PERFORACIÓN (m.)
S-1(2011)	-1,90	3,30	-5,20
S-2(2011)	-1,40	2,00	-3,40
S-2(2011)	0,00	1,15	-1,15
S-1*	+1,60	9,00	-7,25*
S-2	+5,85	12,90	-7,05
S-3*	+1,60	8,70	-7,00*
S-4	-3,05	4,00	-7,05
S-5	-3,30	3,40	-6,70
S-6	-2,10	4,50	-6,60
S-7	-3,95	2,60	-6,55

*sondeos realizados en una cierta inclinación, 10 y 8º respectivamente.

- A partir de la investigación anteriormente señalada se puede establecer que el subsuelo más superficial del área de estudio lo conforman los siguientes niveles geotécnicos:

SEDIMENTOS CUATERNARIOS

En general, se trata de materiales granulares retrabajados por corrientes marinas y depositados cuando éstas pierden energía. Se encuentra formado por arenas finas de composición silíceas con algunas gravillas y restos de bioclastos de pequeño tamaño. Estos materiales presentan un color grisáceo a blanquecino.

En la campaña actual, se han detectado únicamente en el sondeo S-4 con una potencia de 0,30 metros; sin embargo en la campaña del 2011, se detectaron en los 3 sondeos, con potencias de 0,50 m a más de 1,15 m. Esto nos confirma que el lecho submarino del puerto de Laxe está compuesto fundamentalmente por un sustrato rocoso, el cual se encuentra

tapizado de manera puntual y heterogénea por pequeños bancos de arena cuaternaria, que pueden evolucionar tanto en potencia como en posición con el tiempo debido a la dinámica litoral.

SUSTRATO HERCÍNICO

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 por un granito de moderadamente meteorizado (grado III) a sano (grado II), atendiendo a la Escala de Meteorización de la Roca, que se adjunta en el anejo nº IV.

En cuanto a sus características geotécnicas, basándonos en el examen “de visu” llevado a cabo a partir de los distintos sondeos realizados se observa claramente como en el sustrato rocoso existente en la zona se diferencian las siguientes subunidades en función de su grado de fracturación y RQD:

Granito de dos micas de tipo Lage en grado de meteorización III caracterizado por un RQD inferior al 25%.

Este sustrato se ha detectado fundamentalmente en los sondeos S-1(2011), S-2(2011), S-4, S-5, S-6 y S-7 realizados entre las cotas que se muestran a continuación:

SONDEOS	Cota emboquille	Inicio subnivel (cota, m)	Final subnivel (cota, m)	Espesor (m)
S-1(2011)	-1,90	-2,90 -4,30	-3,20 <-5,20	0,30 >0,90
S-2(2011)	-1,20	-1,90	<-3,40	>1,50
Sondeo S-4	-3,05	-3,35	-5,25	1,90
Sondeo S-5	-3,30	-3,30	inferior a -6,70	>3,40
Sondeo S-6	-2,10	-2,10	inferior a -6,60	>4,50
Sondeo S-7	-3,95	-3,95	-4,85	0,90

RESUMEN PARÁMETROS GEOTÉCNICOS NIVEL RQD<25%

A continuación se facilitan los parámetros geotécnicos estimativos a partir de los ensayos de laboratorio realizados para los materiales que conforman este nivel:

- RQD<25%
- Grado de fracturación8
- Densidad aparente (gr/cm³):.....≈ 2,40 – 2,55
- RCS/Is (MPa):25 – 50 (R₃ moderadamente dura)
- Impulsos ultrasónicos (m/s)3.500
- Abrasividad Cerchar 3.6 (Moderadamente abrasiva)

Sin embargo se deberá tener en cuenta la posible presencia de “islas rocosas” donde las características geotécnicas del presente nivel se asemejen más al nivel con RQD>50% tal y como muestran los resultados obtenidos en ciertas muestras del sondeo S-6 (ES26521 y ES26522) y del sondeo S-1(2011).

Granito de dos micas de tipo Lage en grado de meteorización III-II caracterizado por un RQD superior al 50%.

Este sustrato se ha detectado en la totalidad de los sondeos perforados excepto en los sondeos S-5 y S-6. A continuación se muestran las cotas de inicio del subnivel así como el espesor detectado:

SONDEOS	Cota emboquille	Inicio subnivel (cota, m)	Espesor (m)
S-1(2011)	-1,90	-3,20	0,90
Sondeo S-1*	+1,60	+1,60	>8,85
Sondeo S-2	+5,85	+0,35	>7,40
Sondeo S-3*	+1,60	+1,60	>8,60
Sondeo S-4	-3,05	-5,25	>1,80
Sondeo S-7	-3,95	-4,85	>1,70

*sondeos realizados en una cierta inclinación, 10 y 8º respectivamente.

RESUMEN PARÁMETROS GEOTÉCNICOS NIVEL RQD>50%

A continuación se facilitan los parámetros geotécnicos estimativos a partir de los ensayos de laboratorio realizados para los materiales que conforman este nivel:

- RQD>50%
 - Grado de fracturación4-2
 - Densidad aparente (gr/cm³):2,59 – 2,63
 - RCS/Is (MPa): 50 – 100 (R₄ roca dura)
 - Tracción Indirecta (MPa)..... 5,34 – 9,87 (R₄ roca dura)
 - Impulsos ultrasónicos (m/s)≈4.000
 - Abrasividad Cerchar5,0 (extremadamente abrasiva)
- A continuación teniendo en cuenta que el proyecto prevé llevar a cabo un dragado general de la zona hasta la cota -5,00 (zona donde se ubican los sondeos S-1(2011), S-2(2011), S-3(2011), S-4, S-5, S-6 y S-7), excepto en la franja más cercana al cantil donde la cota de dragado proyectada es la -3,00 (ubicación de los sondeos S-1, S-2 y S-3) se muestra una tabla resumen donde se presenta la cota de aparición de cada uno de los niveles identificados en los puntos de perforación así como el espesor de los materiales:

Sondeos en zona a dragar hasta cota -3,00	Cota inicio nivel CUATERNARIO (espesor, m)	Cota inicio nivel SUSTRATO HERCÍNICO (espesor, m)	
		RQD (<25%)	RQD (>50%)
S-1 (499715.705 / 4785698.747)	-----	-----	+1,60 (>8,85)
S-2 (499698.242 / 4785674.789)	-----	-----	+0,35 (>7,40)
S-3 (499672.492 / 4785573.952)	-----	-----	+1,60 (>8,60)

De este modo el sustrato aflorante hasta la cota -3,00, en la zona más próxima al cantil, está compuesto por un granito de dos micas con RQD>50% y valores RCS generalmente entre 50-100 MPa.

Sondeos en zona a dragar hasta cota -5,00	Cota inicio nivel CUATERNARIO (espesor, m)	Cota inicio nivel SUSTRATO HERCÍNICO (espesor, m)	
		RQD (<25%)	RQD (>50%)
S-1(2011)	-3,20 (1,00)	-4.3 (0,70)	-3,20 (1,10)
S-2(2011)	-1,40 (0,50)	-1,90 (>1,50)	
S-3(2011)	0,00 (>1,15)	¿?	¿?
S-4 (499757.503 / 4785678.732)	-3,05 (0,30)	-3,35 (1,90)	-5,25 (>1,80)
S-5 (499742.580 / 4785599.509)	-----	-3,30 (>3,40)	-----
S-6 (499726.006/ 4785511.524)	-----	-2,10 (>4,50)	-----
S-7 (499780.498 / 4785485.300)	-----	-3,95 (0,90)	-4,85 (>1,70)

De este modo el sustrato aflorante hasta la cota de dragado -5,00 en el entorno de los sondeos S-4, S-5, S-6 y S-7 está compuesto mayoritariamente y de forma general por un granito de dos micas con un RQD<25% y valores RCS entre 25-50 MPa.

En el entorno del sondeo S-1(2011) y probablemente en el entorno del sondeo S-1(2011), también se encontrará un granito con RQD<25%. Mientras que en la zona del sondeo S-3(2011) se pueden encontrar intercalaciones de roca con RQD>50%, pero con una resistencia a compresión simple baja, del orden de 15-20 MPa.

- En base a la investigación geotécnica realizada se puede establecer que el subsuelo del área de estudio lo conforman, a efectos de dragado, dos niveles, los cuales se presentan a continuación:

SEDIMENTOS CUATERNARIOS

Se trata de materiales depositados recientemente como consecuencia de la dinámica litoral de la zona, en general subhorizontales y muy poco potentes, depositándose en los valles que el sustrato rocoso define de manera totalmente heterogénea y aleatoria. Desde el punto de vista granulométrico destaca la presencia de depósitos granulares, tipo arena no plásticas.

Estos materiales se caracterizan por presentar una baja compacidad pudiendo ser dragados mediante métodos mecánicos convencionales, como por ejemplo equipos de succión.

Estos sedimentos pueden variar tanto su posición como su potencia con el tiempo debido a la dinámica litoral.

SUSTRATO ROCOSO GRADO III

Las rocas, independientemente de su origen, no son materiales que se puedan dragar fácilmente. Tan sólo, tal y como se muestra en el cuadro adjunto, las dragas de pala o dragas de rosario (ambas de tipo mecánico) serían capaces de dragar materiales de tipo rocoso. Sin embargo este sustrato debería ser de pobres características geotécnicas con unos valores de Resistencia a Compresión Simple no superiores a 15 MPa.

	Buen comportamiento	Mal comportamiento
Cuchara	Terrenos sueltos o algo cohesivos	Terrenos fluidos o duros
Pala	Casi todos, incluso terrenos muy duros y compactos	Terrenos fluidos
Rosario	Fangos, arcillas y arenas compactas hasta rocas blandas	Arcillas muy cohesivas
Succión en marcha	Gravas, arenas sueltas, arenas Fangosas, limos, etc...	Terrenos compactos
Cortadora	Todo tipo de terreno excepto rocas duras	Rocas
Succión estacionaria	Arenas sueltas o semicompactas, fangos sueltos	Arenas compactas o cohesivas

Comportamiento de las dragas en función del terreno (Vigueras, M., 1997)

En la siguiente tabla se muestran los equipos más adecuados para cada tipo de terreno:

	Cuchara	Pala	Rosario	Succión en marcha	Cortadora	Succión estacionaria
Arena compacta				Con cabeza apropiada		
Arena suelta						
Arena fangosa						
Fangos				Con desgasificadores		
Arcillas	Si sueltas o plásticas	Si plásticas o compactas	Si sueltas o plásticas			
Arena con grava						
Margas						
Rocas	Con voladura previa	Con voladura previa	Con voladura previa			

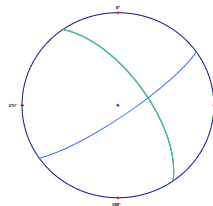
 Equipo adecuado

Equipos más adecuados para cada terreno. (Sanz Bermejo, 2001)

Las direcciones de las líneas de buzamiento de las principales juntas medidas en uno de los afloramientos existentes en las proximidades del muelle, son:

Familia J1 (N55° - 65°)

Familia J2 (N145° - 80°)



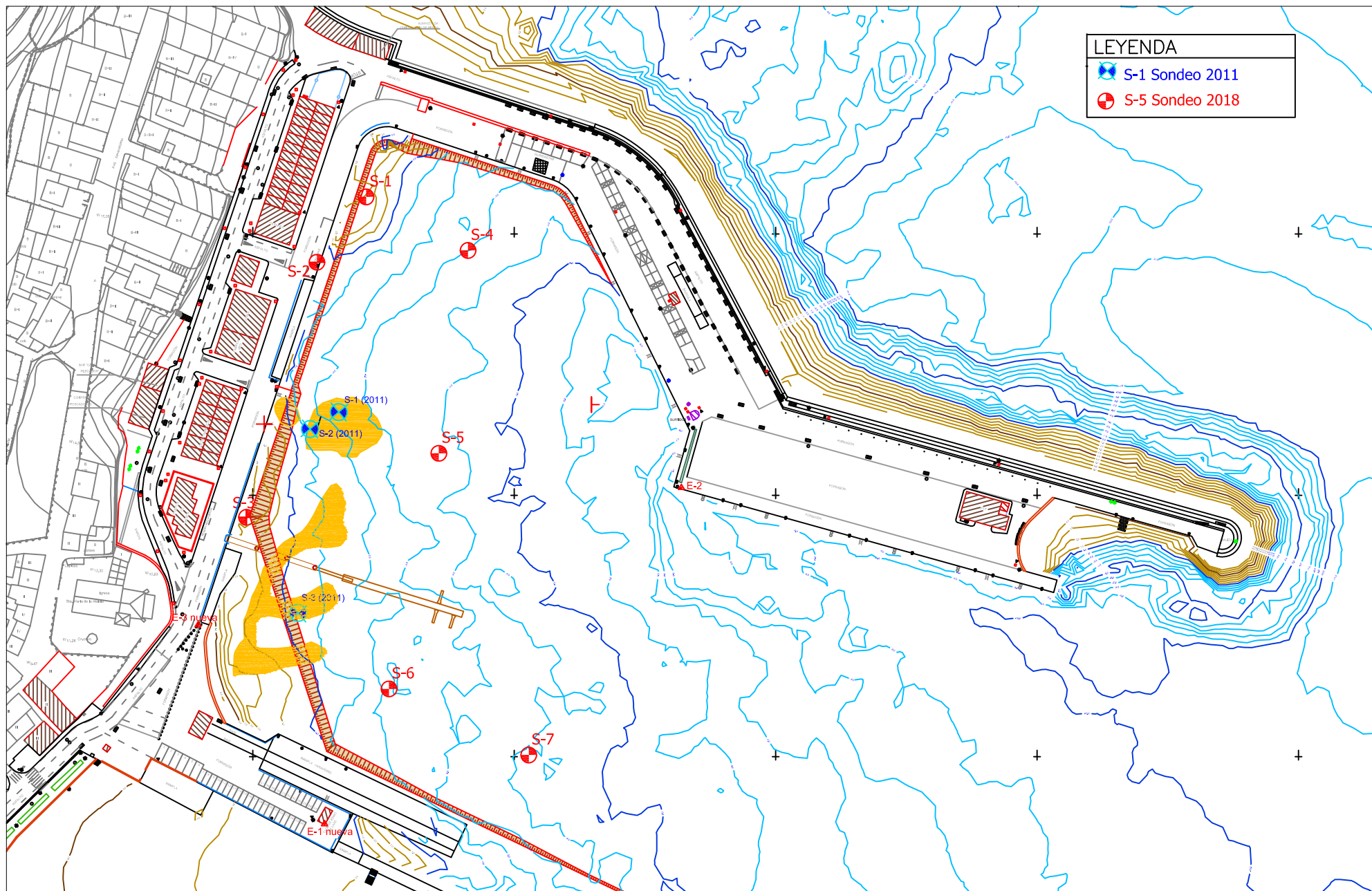
En definitiva, el nivel identificado como sustrato rocoso con un grado de alteración moderado o menor (grado III a II) no es dragable directamente, por lo que será necesario recurrir al empleo de explosivos, tanto para el subnivel de granito con RQD<25% como para el de RQD>50%. En el Anejo VI se incluye una planta con una interpretación de la posible distribución de los suelos cuaternarios y granitos con diferentes RQD.

Vilaboa, a 14 de febrero de 2018.-

VºBº. FCO. MARTÍNEZ LOZANO
DIRECTOR DE DIVISIÓN

Fdo.: MIGUEL ANGEL LUCAS
DPTO. DE GEOTECNIA
Geólogo

ANEJO I. Planta de situación de la investigación



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

PLANO DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA.

PETICIONARIO: XUNTA DE GALICIA.
CONSELLERÍA DO MAR

Escala 1/2000

Fecha: Enero de 2018

eptisa

ANEJO II. Registro de los sondeos y reportaje fotográfico

E482/071/01

Peticionario:	XUNTA DE GALICIA. CONSELLERÍA DO MAR. PORTOS DE GALICIA
Dirección:	Praza de Europa 5A-6º. 15707 SANTIAGO DE COMPOSTELA
Obra:	DRAGAXE DO PORTO DE LAXE
Denominación del estudio:	ELABORACIÓN DO ESTUDO XEOTÉCNICO PARA A DRAGAXE DO PORTO DE LAXE

Coordenadas:	X: 499715,71	Y: 4785695,5	Z: 1,6	Fecha sondeo: 16/01/2018
Sondista:	J.A. Lubián	Geólogo/a:	Miguel A. Lucas	
Observaciones:	Sondeo realizado desde el cantil con un ángulo de inclinación de 10º y emboquillado en el fondo marino			

VANE Vane Test **PRES** Presiómetro **MS** SHELBY **MI** M. Inalterada **MP** M. Parafinada **MA** M. Alterada **SPT** **MOD.: ROCA**

[illegible]

REPORTAJE FOTOGRÁFICO



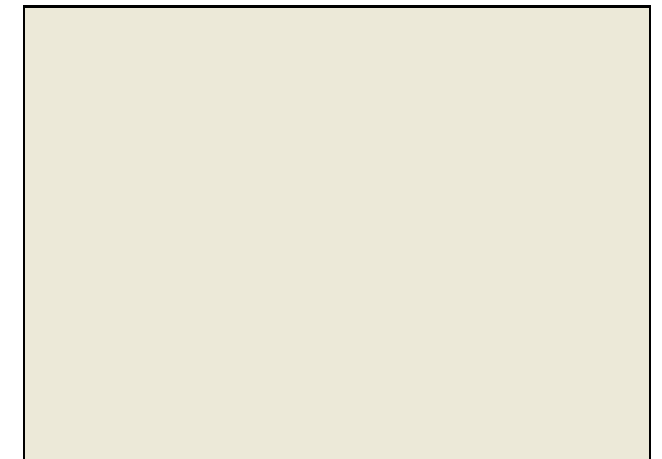
CAJA 1 DE 0,00 A 3,00 m



CAJA 2 DE 3,00 A 6,00 m



CAJA 3 DE 6,00 A 9,00 m



CAJA DE A m

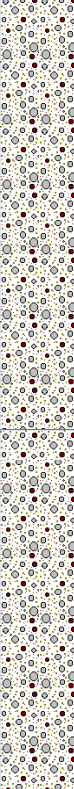
Peticionario: XUNTA DE GALICIA. CONSELLERÍA DO MAR. PORTOS DE GALICIA
Dirección: Praza de Europa 5A-6º. 15707 SANTIAGO DE COMPOSTELA
Obra: DRAGAXE DO PORTO DE LAXE
Denominación del estudio: ELABORACIÓN DO ESTUDO XEOTÉCNICO PARA A DRAGAXE DO PORTO DE LAXE

Coordenadas:	X: 499698,242	Y: 4785674,79	Z: 5,85	Fecha sondeo:	17/01/2018
---------------------	----------------------	----------------------	----------------	----------------------	------------

Sondista: J.A. Lubián **Geólogo/a:** Miguel A. Lucas

Observaciones:

VANE Vane Test
PRES Presiómetro
MS SHELBY
MI M. Inalterada
MP M. Parafinada
MA M. Alterada
SPT
MOD.: SUELO

COTA (m)	DIÁMETRO PERFOR. (mm)	TIPO CORONA W: Wídea D: Diamante	ESPESOR DEL ESTRATO (m)	CORTE LITOLÓGICO	NATURALEZA Y DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	RECUPERACIÓN (%)	TIPO DE MUESTRA	GOLPEOS	REGISTRO LAB.	VANE TEST- PRESIÓMETRO- PERMEABILIDAD			PIEZÓMETRO
										INTERVALO	Vane test Cp-Lr	Permeabilidad K (cm ² /seg)	
											Presiom. PL-Em		
5,85						50 100							
4,85	86	D			RELLENO QUE CONFORMA EL TRASDÓS DEL ACTUAL MURO DE MAMPOSTERIA - CANTIL COMPUESTO POR BOLOS CENTIMÉTRICOS A DECIMÉTRICOS "TOMADOS" CON HORMIGÓN POBRE						kp/cm ²		
3,85			3,0										
2,85			3,0		A PARTIR DE 3,00 METROS DESAPARECE LA PRESENCIA DE HORMIGÓN POBRE Y EL TRASDÓS ESTÁ COMPUESTO POR BLOQUES DE ROCA CON FRAGMENTOS CENTIMÉTRICOS ANGULOSOS DE TIPO ZAHORRA.								
1,85			2,5										
0,85			5,5										
	86	D			CAMBIA DE MODELO DE HOJA								

REPORTAJE FOTOGRÁFICO



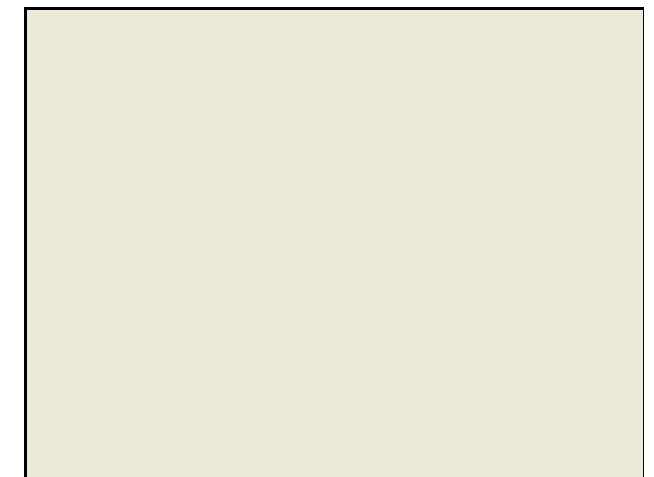
CAJA 1 DE 0,00 A 2,70 m



CAJA 2 DE 2,70 A 5,30 m



CAJA 3 DE 5,30 A 8,30 m



CAJA DE A m

E482/071/01

Peticionario: XUNTA DE GALICIA. CONSELLERÍA DO MAR. PORTOS DE GALICIA
Dirección: Praza de Europa 5A-6º. 15707 SANTIAGO DE COMPOSTELA
Obra: DRAGAXE DO PORTO DE LAXE
Denominación del estudio: ELABORACIÓN DO ESTUDO XEOTÉCNICO PARA A DRAGAXE DO PORTO DE LAXE

Coordenadas:	X: 499698,24	Y: 4785674,8	Z: 5,85	Fecha sondeo:	17/01/2018
Sondista:	J.A. Lubián	Geólogo/a:	Miguel A. Lucas		
Observaciones:					

VANE Vane Test
 PRES Presiómetro
 MS SHELBY
 MI M. Inalterada
 MP M. Parafinada
 MA M. Alterada
 SPT
 MOD.: ROCA

PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO PERFOR. (mm)	TIPO CORONA W: Wileia D: Diamante	ESPESOR DEL ESTRATO (m)	CORTE LITOLÓGICO	NATURALEZA Y DESCRIPCIÓN DEL TERRENO	RECUPERACIÓN (%)	MUESTRAS Y PRESIOM.	R. Q. D.	Nº FRACTURAS POR CADA 30 cm	GRADO DE METEORIZACIÓN	DIR. JUNTA	BUZ. JUNTA	ESPACIADO (m)	RUGOSIDAD	TIPO RELLENO	ESPESOR (mm)	PIEZÓMETRO
0,35			5,5			50 100		50 100	W I I I I I	V IV III II I							
-0,65	86	D			GRANITO DE GRANO GRUESO CON DOS MICAS DE TIPO LAGE CON ABUNDANTES FENOCRISTALES DE FELDESPATO. SUSTRATO SANO - GRADO II - I.		MR		ES-26535		J	15		10	OX	>1	
					COLOR BLANQUECINO.		MR-2		ES-26536		J	60		8	OX	>1	
-1,65											J	60		8	OX	>1	
											J	20		14	OX	<1	
-2,65							MR-3		ES-26537		J	25		8	CL	>1	
-3,65			7,4				MR		ES-26538								
											J	30		8	OX	>1	
-4,65											J	20		10	OX	>1	
					ENTRE 10,70 - 11,00 TRAMO DE GRANO MÁS FINO Y CON MAYOR PORCENTAJE DE BIOTITA						J	65		8	OX	>1	
-5,65											J	15		8		<1	
											J	45		8	CL	>1	
-6,65																	
											J	30		8	CL	>1	
			12,9								J	70		4	CL	>1	
					FIN SONDEO 12,9 m						J	35		14	CL	>1	

REPORTAJE FOTOGRÁFICO



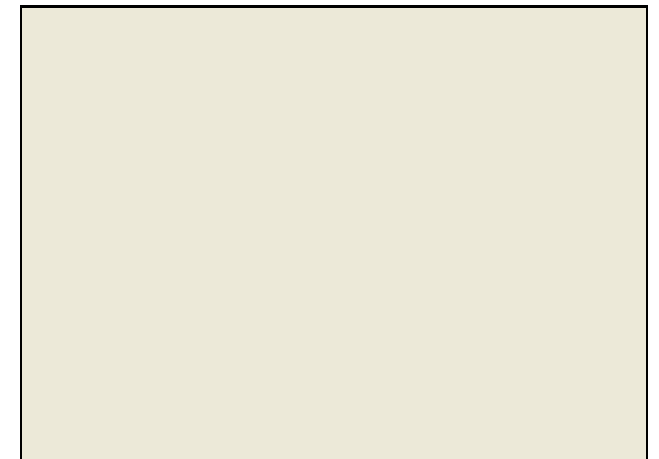
CAJA 3 DE 5,30 A 8,30 m



CAJA 4 DE 8,30 A 11,30 m



CAJA 5 DE 11,30 A 12,90 m



CAJA DE A m

Peticionario: XUNTA DE GALICIA. CONSELLERÍA DO MAR. PORTOS DE GALICIA
Dirección: Praza de Europa 5A-6º. 15707 SANTIAGO DE COMPOSTELA
Obra: DRAGAXE DO PORTO DE LAXE
Denominación del estudio: ELABORACIÓN DO ESTUDO XEOTÉCNICO PARA A DRAGAXE DO PORTO DE LAXE

Coordenadas:	X: 499672,49	Y: 4785574	Z: 1,6	Fecha sondeo:	19/01/2018
Sondista:	J.A. Lubián	Geólogo/a:	Miguel A. Lucas		
Observaciones:	Sondeo realizado desde el cantil con un ángulo de inclinación de 8º y emboquillado en el fondo marino				

VANE Vane Test **PRES** Presiómetro **MS** SHELBY **MI** M. Inalterada **MP** M. Parafinada **MA** M. Alterada **SPT** **MOD.: ROCA**

[illegible]

REPORTAJE FOTOGRÁFICO



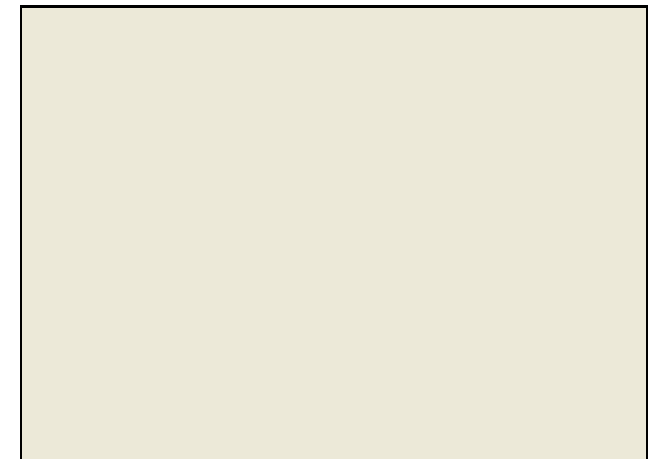
CAJA 1 DE 0,00 A 3,00 m



CAJA 2 DE 3,00 A 5,70 m



CAJA 3 DE 5,70 A 8,70 m



CAJA DE A m