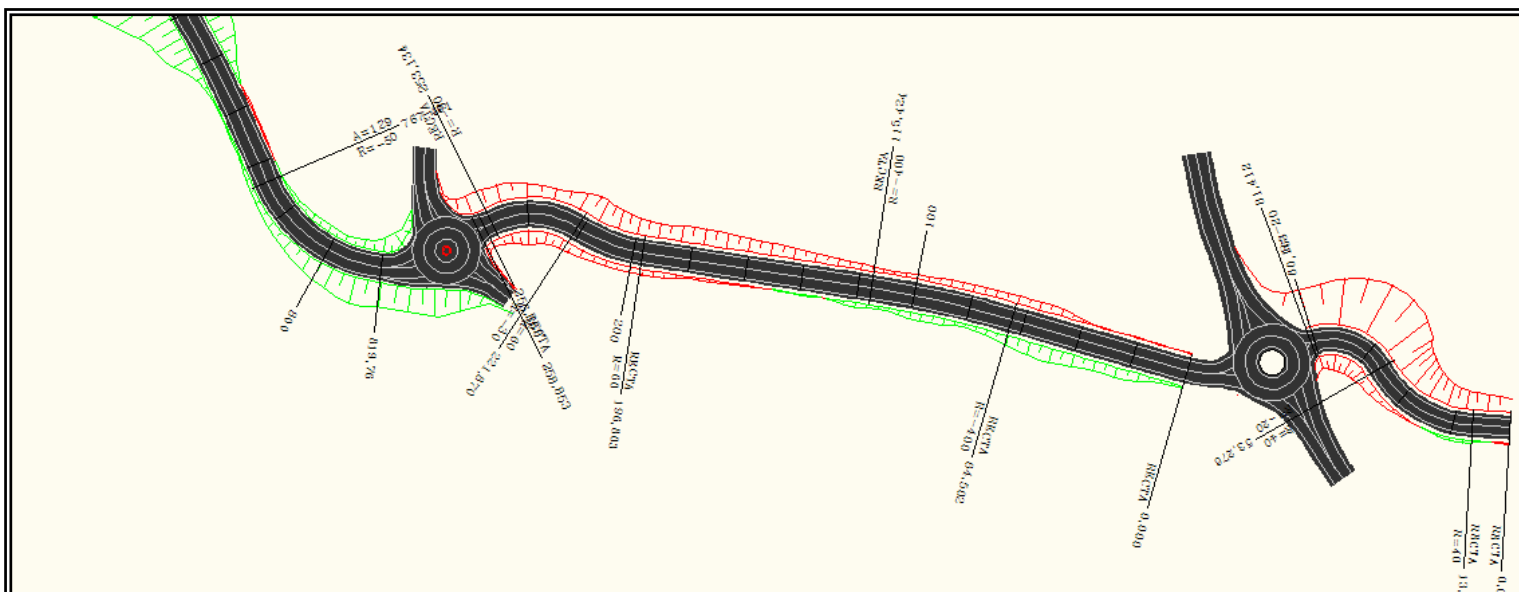




CLAVE: SE 124 / 13

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA EMPLEADA	Pág-2	8. ANEXOS:	Pág-26
2. GEOLOGÍA DE LA ZONA	Pág-3	ANEXO Nº 1: PLANO DE SITUACIÓN GENERAL DEL TRAZADO DE ESTUDIO.	
3. HIDROGEOLOGÍA GENERAL DE LA ZONA.	Pág-4	ANEXO Nº 2: PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS DE CAMPO REALIZADOS.	
4. SISMICIDAD DE LA ZONA.....	Pág-5	ANEXO Nº 3: MAPA GEOLÓGICO GENERAL DEL TRAZADO DE ESTUDIO.	
5. CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO.....	Pág-7	ANEXO Nº 4: REGISTRO DE LOS ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA.	
5.1 RECONOCIMIENTO SUPERFICIAL DE LA TRAZA.	Pág-8	ANEXO Nº 5: REGISTRO DE LAS FICHAS DE TALUDES.	
5.2 ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA.	Pág-8	ANEXO Nº 6: ENSAYOS DE LABORATORIO.	
5.3 RECONOCIMIENTO DE TALUDES.	Pág-8	ANEXO Nº 7: PLANTA GEOLÓGICA DEL TRAZADO.	
5.4 ENSAYOS DE LABORATORIO.	Pág-9	ANEXO Nº 8: PLANO DE SITUACIÓN DE CANTERAS DE PRÉSTAMOS Y VERTEDEROS.	
6. GEOTÉCNIA DE LA TRAZA	Pág-9	ANEXO Nº 9: CÁLCULO DE TALUDES PARA ESTABILIDAD DE DESMONTES Y RELLENOS.	
6.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES.....	Pág-9	ANEXO Nº 10: TABLAS DE CORRELACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS EMPLEADOS.	
6.2 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE CÁLCULO	Pág-11	ANEXO Nº 11: REPORTAJE FOTOGRÁFICO.	
6.3 EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE DESMONTES	Pág-12		
6.4 EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE RELLENOS.....	Pág-17		
6.5 ESTUDIO DE EXPLANADA	Pág-22		
6.6 COEFICIENTES DE PASO	Pág-23		
6.7 ESPESORES DE TIERRA VEGETAL Y SANEOS	Pág-24		
6.8 PRÉSTAMOS, CANTERAS Y VERTEDEROS	Pág-24		
6.9 AGRESIVIDAD DEL MEDIO	Pág-24		
6.10 EXPANSIVIDAD	Pág-24		
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	Pág-25		

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE TRAZADO E IMPACTO AMBIENTAL. CONEXIÓN CG 1.5 EN SAMPAIO-PORTOBRAVO (NOIA – A CORUÑA).

1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA EMPLEADA

El presente estudio fue realizado a solicitud de **INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.** y comprende el Reconocimiento Geológico-Geotécnico realizado por GALAICONTROL, S.L, en la traza de la actual carretera CP-5702 y de nueva creación en las intersecciones con la AC-311 y AC-301, sita en el término municipal de Noia (A Coruña), entre A Fialla y Portobravo, discurre por una zona variable topográficamente y en la cual se tiene previsto el ensanche y mejora de la misma, además de un tramo del trazado de nueva apertura. El objeto de este estudio está encaminado a obtener la siguiente información:

- Determinación de las características geotécnicas y geomecánicas de los diferentes niveles de terreno reconocidos a lo largo de la zona de estudio; identificación, propiedades de estado, parámetros resistentes y de deformación de los mismos, que permitan determinar y definir los datos necesarios para el cálculo de estabilidad de los desmontes y rellenos.
- Evaluación y determinación de las condiciones de ripabilidad de los materiales del subsuelo, así como su validez para posteriores usos.
- Determinación y localización del nivel freático en la zona estudiada, evaluación y posibles incidencias tanto en zonas de desmonte como en zonas de relleno.
- Como consecuencia de los estudios definidos en los apartados anteriores, fijar criterios y recomendaciones constructivas acerca de las condiciones de estabilidad de los desmontes y rellenos y saneos necesarios.

Los trabajos geotécnicos se detallan en el apartado 5 del presente Anexo y comprende los ensayos de penetración dinámica continua y el estudio de los taludes. El apartado 6 se dedica al estudio general de las características geotécnicas de los materiales, estudio de los desmontes, de los rellenos y de las explanadas.

La información obtenida en el estudio geológico y en los reconocimientos geotécnicos se ha utilizado para la elaboración de una planta geológica en el que se recogen datos de interés tales como disposición de las distintas unidades.

Se considera que el estudio realizado permite tener un conocimiento razonable del terreno en los aspectos más importantes para la geotecnia de la traza, que son los taludes de desmontes y rellenos, el estudio de materiales para la caracterización de rellenos y explanadas, así como los saneos necesarios a realizar.

En primer lugar se ha recopilado información de los antecedentes, analizado la información geológica disponible, se hizo un recorrido de la traza con ayuda de fotointerpretación.

En primer lugar, se analizó el Mapa Geológico de España (IGME), escala 1: 50.000 y los datos de campo disponibles que permitiese optimizar mejor las zonas de estudio. Además de los aspectos geológicos de los materiales de la traza propiamente dicha, se ha realizado complementariamente una recopilación de información referente a canteras y zonas de préstamos, en base principalmente al Mapa de Rocas Industriales a escala 1:200.000 del IGME, concretamente la Hoja nº 1 A Coruña.

Tras ese primer examen ha sido posible determinar las áreas más problemáticas o de mayor incidencia que a su vez han permitido seleccionar la fase de reconocimientos puntuales “in situ” (ensayos de penetración dinámica y fichas de taludes).

Progresivamente, se ha ido completando el grado de detalle, aumentando la escala de trabajo, y pasando sucesivamente a las siguientes etapas de reconocimiento puntual, incluyendo otros ensayos similares de reconocimientos más específicos; además de ensayos de laboratorio de las muestras recogidas para caracterización del terreno.

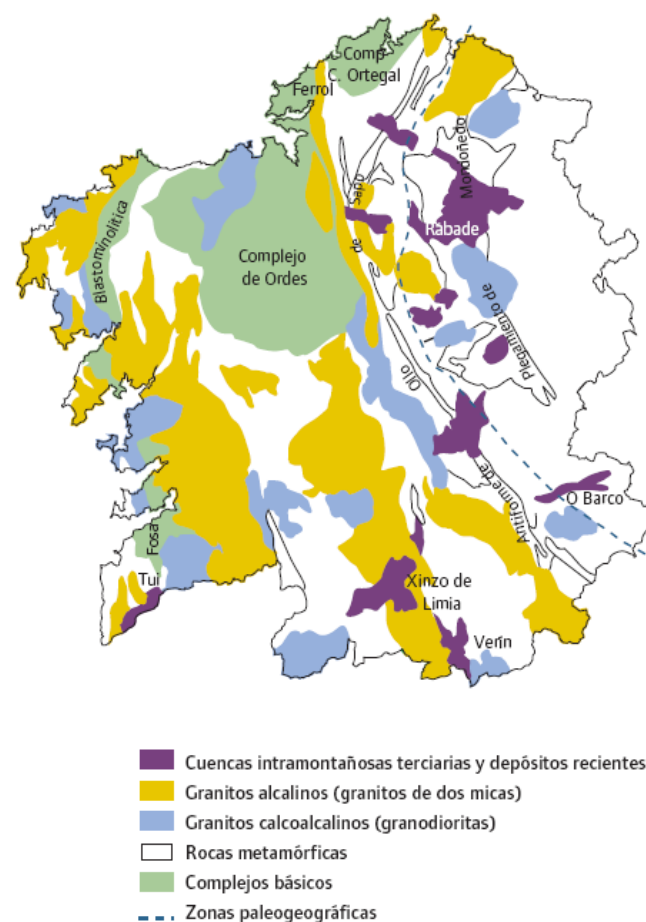
Esta planificación de la campaña de investigación basada en la realización de ensayos de penetración para estimar la resistencia del terreno en profundidad y un estudio de taludes, ha estado condicionada a la aparición en un primer tramo de un sustrato rocoso sano y en segundo tramo de nueva creación del trazado donde existe una falta de accesos que implica la realización de ensayos de campo mediante maquinaria de pequeño tamaño.

2. GEOLOGÍA DE LA ZONA

Geológicamente, el área por donde discurre la traza, se sitúa dentro de la zona V “Galicia Occidental NW de Portugal” establecida por Lotze (1945), y posteriormente revisada por Matte (1968).

Existen dos zonas netamente diferenciadas tanto desde el punto de vista petrológico como estructural, la más oriental se caracteriza por encontrarse en ella las rocas más antiguas, denominado “Complejo Antiguo”, caracterizado por la presencia en su interior de rocas polimetamórficas básicas y ácidas. Posteriormente se denomina “Fosa Blastomilonítica y Polimetamórfica”. En ella se encuentran rocas tanto de origen ígneo como sedimentario. Las primeras son granitos gneisicos que varían en edad de emplazamiento, composición y hábito estructural, están acompañadas de lentejones de ortoamfibolitas. Los metasedimentos son de composición grauváquica y se representan como paragneises y esquistos con intercalaciones de orto y paraanfibolitas, metacuarcitas, esquistos grafitosos y lentejones calcosilicatados.

Unidades litoestructurales y paleogeográficas de Galicia
(Xunta, 1991)



No se han encontrado argumentos que permitan afirmar la existencia de un graben. Existen fallas normales tardías y en el borde oeste de esta unidad que denominaremos “Complejo de Noia” un accidente que ha sido aprovechado por magmas básicos, serie de la granodiorita precoz, para su emplazamiento. La estructura del Complejo de Noia es un sinforme ligado a la segunda fase de deformación, flanqueada al este y oeste por dos antiformas, en el núcleo de las cuales aparecen gneises glandulares.

A ambos lados de la unidad afloran micaesquistos y rocas migmatíticas de probable edad Paleozoico Inferior, en este dominio son muy abundantes las intrusiones graníticas. Este conjunto de materiales fue denominado por “Grupo Laxe”. Nosotros nos referiremos a él como “Dominio Migmatítico y de las rocas graníticas. Grupo Laxe”. Poniendo especial relieve en la migmatización que afecta a estos materiales y que en el área de nuestro estudio no afecta a los del Complejo de Noia.

Complejo de Noia:

Caracterizado por paragneises y esquistos con intercalaciones de paraanfibolitas. Se extienden por la parte oriental en dirección aproximada N-S estando por el granito del Confurco. Este extenso grupo de rocas metasedimentarias presentan en general coloraciones que varían de gris oscuro a marrón, algunas variedades son de grano fino, otras masivas claramente metablásticas, con metablastos de plagioclasa oval, generalmente albitica. Intercalados se encuentran esquistos grafitosos, metacuarcitas y orto y paraanfibolitas. Estos paragneises parecen derivar de metagrauvacas, lo que es comprobable en las zonas de menor metamorfismo. De cualquier manera son rocas más antiguas que el Ordovícico Medio, porque son intruidas por rocas graníticas de composición peralcalina a calco-alcalina, datadas en 460-430 millones de años.

Dominio Migmatítico y de las Rocas Graníticas. Grupo Laxe:

Caracterizado por esquistos con intercalaciones cuarcíticas y esquistos grafitosos. Al este del Complejo de Noia, sonm esquistos micáceos, cuarzo-esquistos y cuarcitas, algo migmatizadas; en ellos la migmatización y elmetamorfismo crecen hacia al este. Al oeste del complejo, en ambos flancos del antiforme cuyo núcleo son los gneises glandulares. En la base de la serie cerca del contacto con los gneises glandulares se encuentran pequeños niveles de esquistos granatíferos e intercalaciones de rocas calcosilicatadas, que se presentan en forma de pequeños lentejones de cuarcitas anfibólicas. Pueden presentar fenómenos locales de metamorfismo de contacto, por su estrecha relación con los granitos de dos micas. Es comparable con las series Ordovícico-Silúricas que afloran más al este de Galicia.

Cuaternario:

Los depósitos más desarrollados son los correspondientes a depósitos costeros y fluviales en general de escaso espesor y poco desarrollo, aunque en algunos puntos de la costa pueden tener una extensión relativamente importante. En algunos lugares existen depósitos coluvionares de arcillas, arenas y gravas, englobando cantos de hasta 30-50 centímetros del material suprayacente. Destaca asimismo los depósitos de llanuras aluviales y fondos de vaguada, constituidos fundamentalmente por arenas, limos y gravas procedentes de la erosión fluvial, como depósitos heterométricos y heterogranulares, los clastos proceden de en su mayoría de la erosión de los materiales ígneos principalmente que afloran en la región aunque localmente puede haber fangos arcillosos producto de la erosión de los metasedimentos.

☐ **TECTÓNICA:**

Los materiales de esta región han sido afectados por una tectónica polifásica de edad hercínica. Se reconocen deformaciones originadas por dos fases principales plegamiento y otras debidas a fases tardías de menor entidad, que dan lugar sobre todo a fracturación. Se apunta a posibles deformaciones y metamorfismo de edad prehercínica, cuyas estructuras han sido casi totalmente obliteradas por las deformaciones hercínicas. Posteriormente al hercínico solo merece destacarse la reactivación de algunas fracturas tardihercínicas, con la intrusión de un cortejo de rocas filonianas y pequeños movimientos eustáticos durante el Cuaternario.

Durante la primera fase de la deformación (F_1) las rocas fueron fuertemente plegadas, desarrollándose una esquistoidad S_1 de flujo que es la más importante y penetrativa. Posteriormente al desarrollo de los pliegues de la primera fase, debió tener lugar el emplazamiento de los materiales que constituyen el Complejo de Noia. El contacto entre ambas unidades estaría en principio constituido por un plano de cizalla subhorizontal actualmente plegado por las fases posteriores.

La segunda fase de deformación (F_2) da lugar a dos grandes megaestructuras cuyo trazado lleva una dirección aproximada NNO-SSE. De oeste a este son: un antiformal cuyo núcleo son los gneises glandulares del dominio migmatítico y un sinforme que aparece dentro del Complejo de Noia con dirección N15W y que marca la estructura principal de ésta en toda su longitud. Durante la segunda fase de la deformación y contemporáneamente a la aparición de las estructuras de plegamiento, se puede poner en evidencia que el régimen de deformación, durante la misma, era una cizalla simple fundamentalmente dextra, que dio lugar a la aparición de una serie de microestructuras visibles sobre todo en los granitoides sincinemáticos.

Las fracturas se clasifican en dos generaciones: las más antiguas son las fallas normales de dirección aproximada NNW-SSE que limitan del Complejo de Noia. Se trata de fallas escalonadas. Por otro lado, debido a los últimos esfuerzos hercínicos se originan en todo el macizo hespérico dos sistemas de fracturas conjugados de dirección NW-SE y NE-SW que cortan fundamentalmente los segundos netamente las estructuras creadas por las sucesivas fases de deformación hercínica.

3. HIDROGEOLOGÍA GENERAL DE LA ZONA

Pese al elevado índice de pluviosidad de esta región (próximos a los 1.300 mm. anuales) la escasa (cuando no nula) impermeabilidad del sustrato, propicia una importante escorrentía en toda la zona, a la vez que se dificulta la implantación de acuíferos subterráneos de interés. Pese a lo anteriormente expuesto, es posible la prospección y explotación de pequeñas venas acuíferas relacionadas con la importante red de diaclasas y fallas que afectan al sustrato metasedimentario.

Los materiales metasedimentarios principalmente esquistosos, donde se agrupan tanto los paragneises del Complejo de Noia como los esquistos del Grupo Laxe. Afloran con mayor o menor grado de alteración. Tienen una permeabilidad primaria prácticamente nula y dado que se alteran a materiales detríticos finos, mayoritariamente arcillosos, su permeabilidad secundaria es bastante baja. Dicha permeabilidad solo aumenta a favor de las superficies de discontinuidad, en su mayor parte de origen tectónico (esquistosidades, diaclasas y fracturas).

Por todo ello la explotación de aguas subterráneas en estos materiales, se limita a captaciones a cielo abierto de escasa profundidad, excavadas en las zonas de mayor meteorización superficial y a favor de la pendiente topográfica, obteniéndose caudales muy escasos.

Por otra parte la contaminación en estas rocas solo afecta a las aguas superficiales, dado que la infiltración es prácticamente nula debido a su impermeabilidad.

En cuanto a los depósitos de llanura aluvial y fondos de vaguada, que junto con las terrazas colectadas a ellos, pueden resultar interesantes acuíferos por su composición y morfología; y además dar caudales sostenidos si recargan del río al que están conectados. Son siempre depósitos de escaso espesor.

Desde el punto hidrogeológico, tanto los suelos residuales como el sustrato rocoso se comportan de manera diferente. Empleando correlaciones entre parámetros geotécnicos, definidos según Casagrande y R.E.FADUM, para unos materiales de estas características puede estimarse las siguientes permeabilidades teóricas:



4. SISMICIDAD DE LA ZONA

De acuerdo con la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-2002), la zona que nos ocupa presenta una aceleración sísmica básica inferior a 0.04g ($a_b < 0.04g$) siendo g la gravedad.

Según la clasificación de puentes por la citada Norma, el tipo de construcción en proyecto se calificaría como de Normal Importancia que se considera para todos aquellos puentes durante la etapa constructiva, salvo justificación especial.

Si la aceleración sísmica horizontal de cálculo es menor a 0,04 g no será necesaria la consideración de las acciones sísmicas.

La aceleración sísmica de cálculo viene dada por:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

donde:

a_b : Aceleración sísmica básica. En el Anejo 1 de la Norma tenemos un valor de $a_b = 0,04 g$.

ρ : Coeficiente adimensional de riesgo, obtenido como producto de dos factores: $\rho = \gamma_I \cdot \gamma_{II}$.

γ_I : Factor de importancia, función de la importancia del puente, cuyo valor toma los siguientes:

- Construcciones de importancia normal $\gamma_I = 1,0$
- Construcciones de importancia especial $\gamma_I = 1,3$

γ_{II} : Factor modificador para considerar un periodo diferente de 500 años. El producto de $\rho \cdot a_b$ representa la aceleración sísmica horizontal correspondiente a un periodo de retorno P_R . El valor de esa aceleración, de forma aproximada puede suponerse:

$$\gamma_{II} = (P_R / 500)^{0,4}$$

S: Coeficiente de amplificación del terreno, toma el valor:

- Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1 g$ $S = \frac{C}{1,25}$
- Para $0,1 g < \rho \cdot a_b \leq 0,4 g$ $S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \cdot \left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \cdot \left(1 - \frac{C}{1,25} \right)$
- Para $0,4 g \leq \rho \cdot a_b$ $S = 1,0$

C: Coeficiente del terreno, que depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación. Los terrenos se clasifican en los siguientes tipos.

- Terreno tipo I: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $V_s > 750$ m/s.
- Terreno tipo II: Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $750 \text{ m/s} \geq V_s > 400$ m/s.
- Terreno tipo III: Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $400 \text{ m/s} \geq V_s > 200$ m/s.
- Terreno tipo IV: Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $V_s \leq 200$ m/s.

A cada uno de estos tipos de terreno se le asigna el valor del coeficiente C indicado en la tabla siguiente:

TIPO DE TERRENO	COEFICIENTE C
I	1,0
II	1,3
III	1,6
IV	2,0

Debe considerarse la clasificación de las construcciones recogida en la norma sismorresistente, en base al uso al que se destinan independientemente del tipo de obra que se trate, que se clasificarían así:

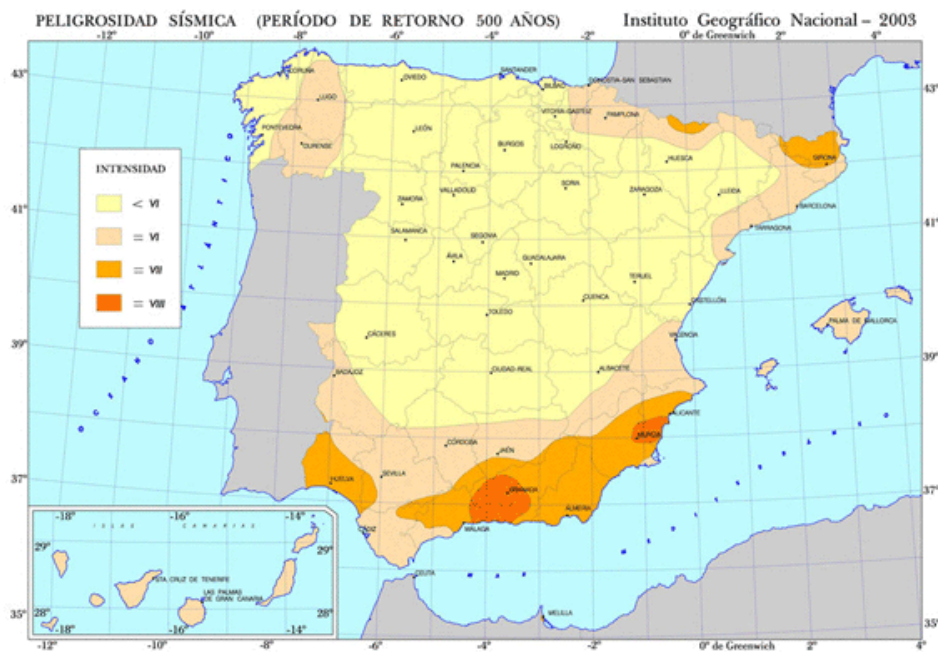
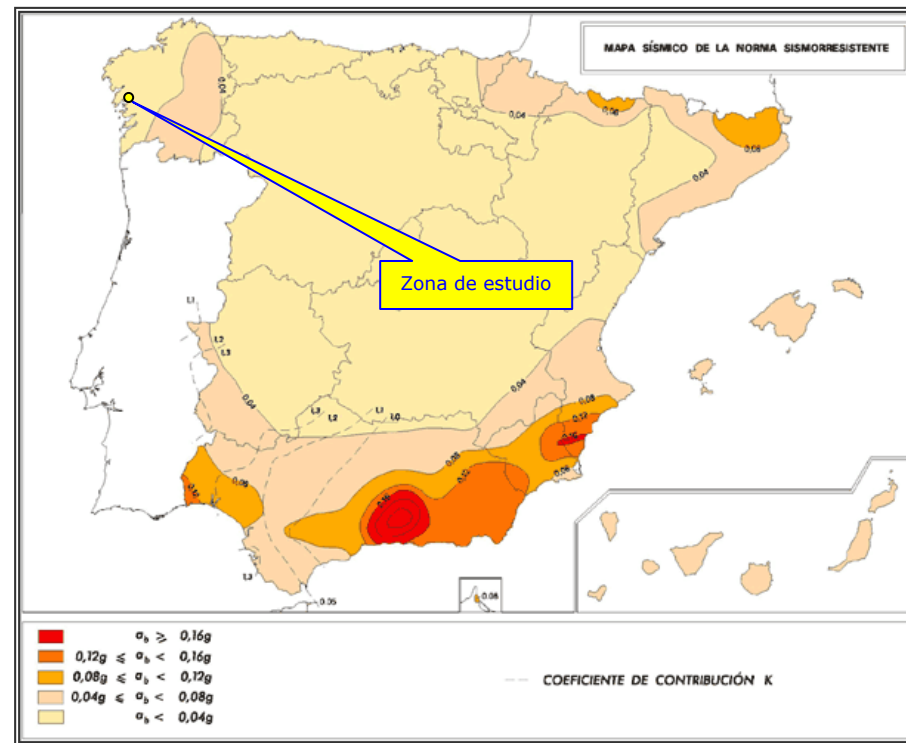
- De moderada importancia: aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos significativos a terceros.
- De importancia normal: aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas mortales, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importante pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.
- De importancia especial: aquellas cuya destrucción por el terremoto, pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos. En este grupo se incluyen las construcciones que así se consideren en el planteamiento urbanístico y documentos públicos análogos así como en reglamentaciones más específicas.

La aplicación de esta norma no es obligatoria en los siguientes casos:

- En las construcciones de importancia moderada.
- En las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica sea inferior a 0,04 g, siendo g la aceleración de la gravedad.
- En las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica sea inferior a 0.08 g.

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se mide por medio del mapa de peligrosidad sísmica, dicho mapa suministra para cada punto del territorio y expresada en relación a la gravedad (g), la aceleración sísmica básica (a_b), que corresponde a un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, correspondiente a un periodo de retorno de 500 años. Este mapa, que se recoge a continuación, suministra además los valores del coeficiente de contribución (K), que tiene en cuenta la influencia de la peligrosidad sísmica, de cada punto de los distintos tipos de terremotos considerados en el cálculo de la misma.

El mapa nacional de peligrosidad sísmica se muestra en la figura siguiente:



En la tabla siguiente se ofrece la caracterización del terreno de estudio en términos de sismicidad para considerar las acciones sísmicas en el cálculo en el presente proyecto:

VARIABLE	SÍMBOLO	VALOR
Aceleración sísmica de cálculo	a_c/g	0,34
Coeficiente de distribución	K	—
Aceleración sísmica básica	a_b/g	< 0,04
Coeficiente adimensional de riesgo	ρ	1,00
Coeficiente de amplificación del terreno	S	0,84
Coeficiente del terreno	C	1,3
Municipio	Noia	
Tipo de terreno	Tipo II	

Siguiendo los criterios de aplicación establecidos por la propia NCSE-2002, la aplicación de estas norma no es obligatoria para construcciones de importancia especial, como la aquí contemplada, cuando la aceleración sísmica básica sea inferior a 0,04 veces la gravedad, como es el caso del área de ubicación del presente estudio.

5. CAMPAÑA DE RECONOCIMIENTO DEL TERRENO

Se ha realizado una campaña geotécnica orientada sobre todo a evaluar las características geotécnicas del terreno e identificar, caracterizar los materiales afectados a lo largo de la traza; además de obtener una resistencia de los materiales situados en superficie. A continuación se muestra una lista con los trabajos realizados:

- ✓ 5.1 Reconocimiento superficial de la traza.
- ✓ 5.2 Realización de siete (7) ensayos de penetración dinámica tipo Borros.
- ✓ 5.3 Realización de nueve (9) fichas de taludes.
- ✓ 5.4 Realización de ensayos de laboratorio.

En el anexo nº 2, se muestra la traza de la obra y la localización de los trabajos de campo realizados.

5.1 RECONOCIMIENTO SUPERFICIAL DE LA TRAZA

Como primera fase del estudio se llevó a cabo un reconocimiento superficial de toda la traza de estudio, con la finalidad de estudiar las características regionales del terreno. Se reconocen aspectos relativos a la litología, geomorfología de la zona, pendientes, hidrogeología y geografía en general, así como edificaciones medianeras o viales que se puedan ver afectadas durante los trabajos de construcción. La zona por la que discurre la traza, se engloba dentro de una zona poco montañosa, de morfología algo accidentada, con pequeños afluentes y arroyos cercanos, que llevan agua prácticamente todo el año.

5.2 ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA

Se realizaron siete ensayos de penetración dinámica continua tipo borros, en puntos de interés de la traza. Principalmente se trató de enfocar estos ensayos de cara a evaluar la capacidad portante del terreno en las zonas previstas tanto en desmonte como en relleno, para conocer la compacidad del material e interpretar el espesor de saneo.

El ensayo se encuentra descrito en la norma UNE 103-801. Los trabajos de campo se realizaron el día 28 de Abril de 2014.

El ensayo consiste en ir introduciendo ininterrumpidamente una puntaza cuadrada de 40 milímetros de lado, cuyo extremo tiene forma piramidal. Dicha punta se introduce mediante un varillaje de acero macizo de 32 milímetros de diámetro y una maza de 63,50 kilogramos de peso que cae libremente desde una altura de 50 centímetros.

A medida que se va realizando el ensayo se van anotando los golpes necesarios en cada cota para que se produzca una penetración de la punta de 20 centímetros en el suelo del terreno, llevando la prueba hasta que se obtiene el rechazo. Esto ocurre cuando $N_{020} > 100$ golpes o cuando se obtiene constantemente una resistencia adecuada.

Para mayor seguridad los rechazos son verificados mediante una segunda o tercera andanada.

A continuación se muestra un resumen con los datos más importantes obtenidos y cuyo registro individual se puede observar en el anexo nº 4.

Penetrómetro Nº	Cota de inicio	Cota final	Situación	Profundidad alcanzada	Posición del nivel freático
PDC-1	Z=59,00	56,60	UTM: X= 511083; Y= 4737552	2,40 metros	No detectado
PDC-2	Z=47,00	42,20	UTM: X= 511038; Y= 4737413	4,80 metros	No detectado
PDC-3	Z=35,00	30,20	UTM: X= 510922; Y= 4737246	4,80 metros	No detectado
PDC-4	Z=32,00	24,20	UTM: X= 510819; Y= 4737187	7,80 metros	No detectado
PDC-5	Z=105,00	98,60	UTM: X= 511296; Y= 4738028	6,40 metros	A -1,80 metros
PDC-6	Z=91,00	90,00	UTM: X= 511261; Y= 4737879	1,00 metros	No detectado
PDC-7	Z=74,00	69,60	UTM: X= 511254; Y= 4737725	4,40 metros	No detectado

5.3 RECONOCIMIENTO DE TALUDES

Como complemento, se realizaron 9 estaciones de observación geológica-geotécnica de taludes, anexos a la actual carretera y en las zonas de nueva traza. Se describen aspectos geométricos del talud, estado actual y posibles inestabilidades, así como una descripción geológica-geotécnica y posibles problemas detectados y otras observaciones.

En el anexo nº 5 se muestra un inventario con las fichas de taludes y las correspondientes fotografías panorámicas del mismo y detalles de los materiales observados. A continuación se muestra un resumen con los datos más importantes obtenidos:

Talud N°	Situación	Litología
T-1	UTM: X = 511439; Y = 4738309; Z = 109	Esquisto
T-2	UTM: X = 511426; Y = 4738252; Z = 104	Esquisto
T-3	UTM: X = 511404; Y = 4738237; Z = 103	Esquisto
T-4	UTM: X = 511402; Y = 4738154; Z = 94	Esquisto
T-5	UTM: X = 511381; Y = 4738052; Z = 87	Esquisto
T-6	UTM: X = 511376; Y = 4737989; Z = 80	Esquisto
T-7	UTM: X = 511138; Y = 4737648; Z = 75	Esquisto
T-8	UTM: X = 511035; Y = 4737469; Z = 49	Gneis
T-9	UTM: X = 511439; Y = 4738309; Z = 33	Gneis

5.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

Sobre la base de los perfiles del terreno, obtenidos durante la testificación de los materiales extraídos en los ensayo de penetración dinámica continua mediante tomamuestras, se seleccionaron dos muestras representativas del terreno; para ser trasladadas al laboratorio, donde fueron examinadas por personal técnico especializado, realizándose los oportunos ensayos de identificación y estado, clasificación, resistencia y aprovechamiento de los materiales como material de explanada y formación de rellenos; eligiéndose los más adecuados en función de la naturaleza del terreno y el tipo de obra a proyectar.

En aquellos penetómetros realizados en zonas de desmonte se ha valorado el comportamiento resistente de los materiales a excavar con objeto de determinar los taludes óptimos a adoptar, además de obtener un resultado sobre el aprovechamiento de estos materiales para las zonas de relleno, pedraplén o terraplén, mediante su clasificación según PG-3.

A continuación se expone una tabla de situación de las muestras ensayadas y la normativa aplicada en cada caso:

Procedencia de la muestra	Situación	Tipo de terreno	Ensayos realizados	Norma aplicada
Penetrómetro "PDC-1" (M-1)	UTM: X= 511083; Y= 4737552 Z= 59,00	Suelo residual esquistoso	Humedad natural, densidad aparente/seca, granulometría, límites de Atterberg, materia orgánica, sales solubles e hinchamiento	UNE
Penetrómetro "PDC-4" (M-2)	UTM: X= 510819; Y= 4737187 Z= 32,00	Suelo residual gneisico	Humedad natural, densidad aparente/seca, granulometría, límites de Atterberg, materia orgánica, sales solubles e hinchamiento	UNE

En el anexo nº 6 se muestran los resultados obtenidos en los ensayos realizados.

6. GEOTÉCNIA DE LA TRAZA

En este apartado, analizaremos las características de los materiales desde el punto de vista geotécnico, tratando de identificar las diferentes unidades litogeotécnicas, sus características y su validez como material aprovechable para uso en la explanación. Desde el punto de vista geotécnico la traza discurre por tres tipos de materiales: suelos granulares y cohesivos principalmente, rocas blandas alteradas y rocas duras con una matriz sana y poco alterada.

6.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

Se han diferenciado una serie de unidades geológico - geotécnicas que han sido muestreadas y cuyas características se describen a continuación.

Estos grupos geológico-geotécnicos han quedado diferenciados en la cartografía geológica-geotécnica. Se analizan los materiales tipo suelo y los materiales rocosos. Los materiales tipo suelo se caracterizan fundamentalmente por sus características intrínsecas, es decir, identificación, estado y sus características de resistencia (ángulo de rozamiento y cohesión). En las formaciones rocosas menos alteradas, la caracterización se ha basado en la investigación geomecánica realizada, donde se obtienen datos de la matriz rocosa y de las discontinuidades (grado de alteración, fracturación, estado de las juntas, etc., observada en los ensayos de campo).

➤ **Nivel-1: Cobertera vegetal y Relleno antrópico.**

Estos materiales se encuentran emplazados en la parte más superficial del terreno. Correspondería con la cobertera vegetal y los materiales de derrubio de ladera, transportados por gravedad en épocas de intensas y esporádicas riadas. Se trata de materiales de color oscuro, constituido por limos arenosos de escasa compacidad y elevado contenido en materia orgánica (entre un 2-4 %).

Además se han identificado rellenos antrópicos en zonas localizadas, coincidentes con infraestructuras, como intersecciones de infraestructuras; que se encuentran formados por un conjunto de limos arenosos de color oscuro, aunque pueden aparecer escombros de todo tipo.

En el caso de la cobertera vegetal, según Casagrande se pueden clasificar como unos limos de baja plasticidad, con un módulo de deformación (E) menor a 30 Kg/cm^2 , y una capacidad de drenaje mala, lo que permite clasificar este suelo (según el PG-3) como suelos inadecuados o marginales, por lo que se recomienda no utilizar este terreno en la explanada, pero si es válido para cubrir los frentes de taludes y bermas de seguridad, por su alto contenido en materia orgánica lo que facilita el rápido crecimiento de la vegetación e “impermeabiliza” el frente del talud, impidiendo el flujo de agua hacia el interior de éste. En el caso de los rellenos antrópicos, se recomienda su retirada y envío a escombrera. Su espesor medio a lo largo de la traza se sitúa entre los 0,05-1,20 metros en el caso de la cobertera vegetal, y entre los 0,20-3,60 metros en el caso de rellenos antrópicos en zonas muy localizadas (como en las zonas de emplazamiento de las futuras glorietas).

➤ **Nivel-2: Suelos residuales gneísicos / esquistosos (“tobres”) – G.M. V-VI.**

Por debajo de los primeros niveles, se identificó un horizonte limo-arenoso ligeramente plástico, de color pardo claro a ocre con tonos grisáceos, correspondiente a un suelo residual gneísico-esquistoso (“tobre”), alterados en diferentes grados entre V y VI. Compacidad suelta a media con la profundidad. Se trata de materiales algo plásticos, con contenidos bajos en materia orgánica (menor del 2%), con unos módulos de deformación (E) entorno a los 320 Kg/cm^2 , unos ángulos de rozamiento interno de 20° - 25° , cohesión entre $0,15$ - $0,25 \text{ Kg/cm}^2$ y una capacidad portante dentro del abanico de valores entre $0,50$ - $2,00 \text{ Kp/cm}^2$. Se pueden clasificar como unos suelos “SM” o “SC” y “ML”, ligeramente a medianamente plásticos, con una capacidad de drenaje regular-mala. Según el PG-3 se clasifican como suelos tolerables en general, por lo que se recomienda su utilización en la explanada, tanto en cimiento como en núcleo.

Estos suelos, tienen un espesor muy variable, entre 0,50-5,80 metros aproximadamente y en ocasiones conservan la estructura de la roca de la que proceden. Son materiales excavables mediante retroexcavadoras. Este tipo de materiales aparecen desde la intersección de la carretera CP-5702 con la AC-311 hasta la intersección del trazado de estudio con la AC-301.

Hay que destacar que en las zonas de fondo de vaguada donde existen regatos de carácter transitorio (como en el entorno del penetrómetro PDC-4), se identifican en profundidad suelos residuales de muy baja capacidad portante (inferior a $0,50 \text{ Kp/cm}^2$) en los 3,00 primeros metros de profundidad.

➤ **Nivel-3: Sustrato rocoso gneísico / esquistoso (“tobres rocosos”) – G.M. IV.**

Bajo el suelo residual esquistoso, se identificó un horizonte rocoso, de color grisáceo a pardo oscuro con niveles cuarcíticos, alterado en G.M. IV, intensamente fracturado. Presenta compacidad densa a muy densa con la profundidad.

Se trata de materiales formados “in situ”, sin transporte. Son depósitos formados por roca alterada, como consecuencia de la alteración de los gneises y esquistos subyacentes más sanos, donde se reconoce la estructura interna de la roca madre y más de la mitad del macizo rocoso original aparece transformado en suelo. Se observan algunos restos de tamaño centimétrico de la roca original decolorada. Por debajo y siempre como un cambio gradual empieza a reconocerse la estructura de la roca, aunque dicha roca se desmorona con facilidad. Se trata de materiales ripables mediante maquinaria potente. Presenta unos ángulos de rozamiento interno entre 25° - 32° , una cohesión entre $0,25$ - $0,30 \text{ Kg/cm}^2$ y un módulo de deformación de 600 Kg/cm^2 .

Ensayar correctamente esta unidad es difícil ya que no es fácil obtener un testigo inalterado, normalmente estos materiales se desmenuzan, por lo que los ensayos realizados del material inalterado no son muy fiables, especialmente los ensayos de resistencia. La capacidad portante de estos materiales es buena (entre $2,00$ - $3,00 \text{ Kp/cm}^2$), por lo que los rellenos podrán apoyarse directamente sin que aparezcan problemas de asentamientos. En los apoyos a media ladera se realizará un banqueo en el sustrato.

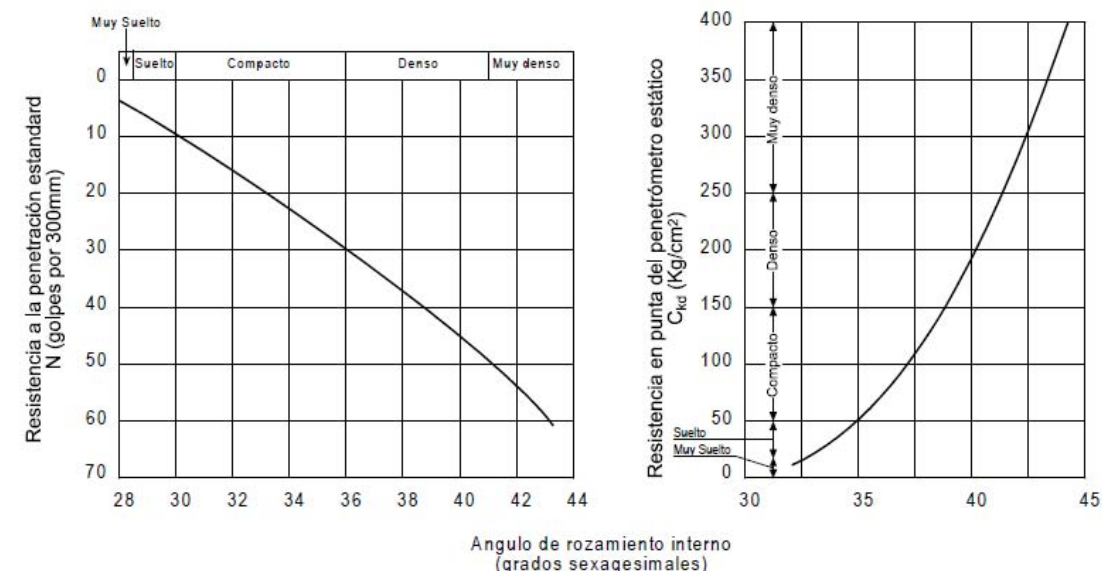
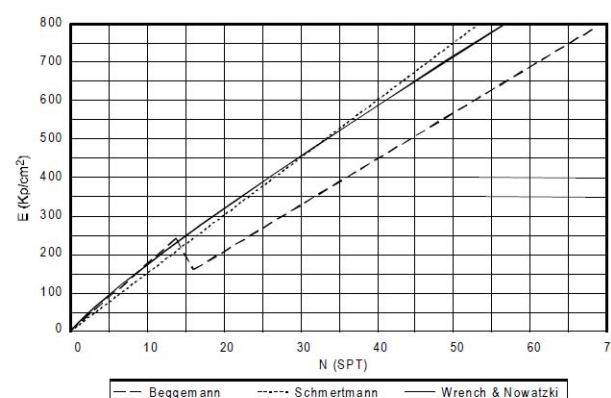
➤ **Nivel-4: Sustrato rocoso gneisico/esquistoso – G.M. II-III.**

Bajo el sustrato rocoso de naturaleza esquistosa más alterado (G.M. IV), se identificó la presencia de un basamento rocoso de color pardo en superficie de meteorización y gris claro en corte fresco. Se trata de un conjunto esquistoso de aspecto homogéneo y grano fino. Su condición de meteorización es media en superficie con intensa fracturación a baja con la profundidad, lo que da lugar a la formación de numerosas discontinuidades.

Se trata de una roca cuyas características geotécnicas las clasifican como rocas moderadamente sanas y duras, con índices de calidad RQD que alcanzan valores comprendidos entre el 10-40% y valores resistentes a la compresión simple no superiores a 250 Kg/cm². Son materiales que precisarán de ripado (retroexcavadoras potentes y equipos picadores) y en profundidad, ocasionalmente precisarán de voladuras de taqueo para su excavación. La capacidad portante de estos materiales es buena (entre 3,00-5,00 Kp/cm²), por lo que los rellenos podrán apoyarse directamente sin que aparezcan problemas de asentos, teniendo la precaución de eliminar la primera capa superficial de alteración (saneo). En los apoyos a media ladera se realizará un banqueo en el sustrato. El material excavado podrá utilizarse como todo-uno. Estos materiales tipo roca aparecen desde la intersección de CP-5702 con la AC-543 hasta la intersección de la primera con la AC-311.

❏ **6.2 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE CÁLCULO**

De acuerdo con los resultados de las pruebas "in situ", así como tanto de la experiencia como la bibliografía existente, pueden establecerse los siguientes parámetros geotécnicos medios de los diferentes grupos geotécnicos diferenciados a lo largo de la traza. Para determinar el ángulo de rozamiento y el módulo de deformación, se ha realizado una estimación a partir de los valores obtenidos en los penetrómetros, de acuerdo con la correlación que se muestra en la siguiente figura:



Nivel geotécnico	Descripción	Densidad (g/cm ³)	Cohesión (Kg/cm ²)	Ángulo de rozamiento	Resistencia a compresión simple (Kg/cm ²)	Módulo de deformación (Kg/cm ²)
N ₁	Cobertura vegetal y Relleno antrópico	1,05-1,20	0,00-0,02	15°-20°	–	30
N ₂	Suelo residual gneisico/esquistoso ("tobre") – G.M. V-VI	1,25-1,60	0,15-0,25	20°-25°	–	320
N ₃	Sustrato rocoso gneisico/esquistoso ("tobre rocoso") – G.M. IV	1,60-1,85	0,25-0,30	25°-32°	–	600
N ₄	Sustrato rocoso gneisico/esquistoso – G.M. II-III	2,40-2,50	0,30-0,80	32°-40°	<250	1.150

❏ **6.3 EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE DESMONTES**

El objetivo global del estudio de los desmontes es triple. De una parte decidir el talud apropiado y verificar su estabilidad general, especificar los métodos de excavación más adecuados y por último, estudiar la utilización en los rellenos de los materiales excavados. Para el análisis de estabilidad general es preciso conocer el tipo de material, las discontinuidades cuando son materiales rocosos, las condiciones hidrogeológicas y las propiedades de resistencia al corte de la masa del material y/o de sus discontinuidades.

Para el estudio de los métodos de excavación, así como su posible utilización en los rellenos, es preciso caracterizar los mismos, según su resistencia, disposición, índice de alterabilidad y resto de propiedades geotécnicas y por otra parte, decidir los métodos de excavación que proporcionarán los tamaños adecuados para cada tipo de relleno, (terraplenes, pedraplenes y todo-uno).

La mayoría de la traza discurre en desmonte y rellenos de poca altura (no superior a los 8,00 metros en ambos casos).

▪ **Metodología:**

De una manera general, deben distinguirse dos tipos de taludes, cuyo comportamiento y métodos de diseño y cálculo son muy diferentes:

Taludes en macizos rocosos diaclasados, donde la rotura se desarrolla fundamentalmente a favor de las discontinuidades y diaclasas. Las masas inestables son rígidas y la excavación requiere ripado y escarificado y/o voladura en su caso.

Taludes en suelos, donde la rotura se desarrolla a lo largo de superficies de rotura generales. Las masas inestables no son rígidas y pueden sufrir deformaciones y distorsiones durante la rotura y la excavación puede hacerse por medios mecánicos convencionales.

En la zona de estudio se ejecutarán desmontes sobre dos tipos básicos de materiales, que precisan de estudios diferentes: Suelos y Rocas alteradas a poco alteradas (gneises y esquistos), las cuales han estado sometidos a esfuerzos tectónicos, lo que origina una alta red de fracturación; además de taludes en suelos.

En el caso de las rocas alteradas (G.M. IV) se trata de rocas fracturadas y con grados de alteración variable, aunque en general intensos, por lo que el estudio de estabilidad no se puede limitar al estudio de las discontinuidades, ya que tienen un comportamiento mixto suelo-roca, donde habrá que tener en cuenta su comportamiento frente a roturas circulares tipo suelo. Los suelos residuales procedentes de la alteración de las rocas; se trata de materiales poco o medianamente cohesivos cuyo estudio se limita a roturas circulares. La metodología seguida ha consistido en lo siguiente:

▪ **Criterios generales de diseño:**

Los desmontes a realizar en el tramo presentan características distintas, de manera puntual, desde el comienzo de la traza hasta la intersección de la carretera CP-5702 con la carretera AC-311. A partir de aquí hasta el final, lo que comprende el trazado de nueva creación, el perfil tipo puede considerarse el siguiente: cobertera vegetal (de 0,05 a 1,20 metros); suelos residuales gneisico/esquistos ("tobres") (de 0,50 a 5,80 metros); gneises/esquistos alterados ("tobres rocosos") (con al menos 3,00 metros) y gneises/esquistos sanos con variación en la profundidad del grado de alteración y fracturación.

Es por esto que en el estudio de estabilidad, se ha procurado normalizar los taludes, eligiendo un número limitado de pendientes características.

Se recomienda como medida correctora frente a la acción del agua superficial, la creación de una cuneta de coronación revestida a lo largo de toda la longitud de los desmontes en los márgenes aguas arriba, para la recogida de la escorrentía superficial, procedentes de las laderas que bordean la traza. Las aguas recogidas por la cuneta de coronación se deberán de canalizar hacia un punto bajo, donde serán evacuadas de la zona del desmonte a través de la obre de drenaje correspondiente.

En los desmontes en suelos y una vez realizado el retaluzado, se recomienda como medida adicional y complementaria a la cuneta de coronación, una hidrosiembra sobre la superficie de los taludes para que les proteja contra la erosión producida por el agua superficial o agentes meteorizantes.

Se recomienda el drenaje del talud deprimiéndolo al pie del mismo, debe tenerse en cuenta que todos los cálculos de estabilidad se han realizado asumiendo esta hipótesis.

En caso de situarse el nivel freático a cotas superiores de la rasante, se tendrá en cuenta el drenaje del talud, por lo que puede ser necesaria la instalación de drenes californianos que se deben situar en la parte baja y media de los taludes, con longitudes orientativas, iguales a la altura del talud y dispuestos a tresbolillo. Se debe recalcar la doble función de estos dispositivos, ya que rebajan el nivel freático y alivian la presión litostática existente a la profundidad del dren, lo cual favorece la estabilidad general del talud.

Como normal general, se recomienda descabezar los suelos de recubrimiento tipo tierra vegetal con un ángulo de talud 3H:2V, con el fin de evitar derrubios de la parte superior del talud, susceptibles de provocar daños a cota de rasante.

En cuanto a la posibilidad de utilización de bermas a medio talud o cerca de la coronación del desmonte, éstas en caso de realizarse, deben tener un ancho no inferior a los 4,00 metros para paso de maquinaria, con contrapendiente adecuada hacia el talud, para la recogida de aguas en una cuneta.

En los desmontes en roca en los que sea necesario el empleo de voladura, es muy importante la conveniencia de emplear el sistema de precorte, que garantice la integridad del macizo rocoso, evitando futuros desprendimientos, apertura de discontinuidades y caída de bloques.

Se tendrá en cuenta una posible partida de medidas específicas para garantizar la estabilidad y sostenimiento de los taludes, tales como la utilización de mallas de guiado, de triple torsión, sostenimiento, bulones, anclajes, gunita, etc.

En los desmontes de mayor altura y en aquellos que se puedan producir desprendimientos que no sean evitados por otros medios, se puede optar por la colocación de cunetones de seguridad tipo Ritchie, de forma que eviten que los materiales, una vez sueltos, puedan alcanzar la vía. A continuación se incluye el criterio por el que se establecen diferentes dimensionamientos en función de la pendiente de los taludes y de la altura de los mismos. En el siguiente cuadro se indica el dimensionamiento de los cunetones de seguridad al pie de los taludes según Ritchie, 1963.

Inclinación del talud (°)	Altura del talud, H (en metros)	Ancho del cunetón, W (en metros)	Profundidad del cunetón, D (en metros)
Subvertical	4,5-9 9-18 >18	3 4,5 6	0,9 1,2 1,2
0,25H:1V y 0,30H:1V	4,5-9 9-18 18-30 >30	3 4,5 6 7,6	0,9 1,2 1,8* 1,8*
0,5H:1V	4,5-9 9-18 18-30 >30	3 4,5 6 7,6	1,2 1,8* 1,8* 2,4*
0,75H:1V	0-9 9-18 >18	3 4,5 4,5	0,9 1,2 1,8*
0,75H:1V	0-9 9-18 >18	3 3 4,5	0,9 1,5 1,8*
*Si se utiliza valla se puede reducir D a 1,20 metros			

El ancho fijado en la tabla, corresponde al ancho desde la coronación del talud de la explanada y firmes.

En cuanto al empleo de cunetones de seguridad al pie de talud donde potencialmente puedan producirse desprendimientos, no se considera necesario su instalación para el caso de taludes de ≤ 9 metros de alto e inclinaciones próximas a 1H:1V, salvo los reglamentarios definidos en la sección.

■ Métodos de excavación:

Los métodos de excavación en cada desmonte se han representado en el perfil geotécnico. Los métodos de excavación definidos han sido:

Excavables: Materiales tipo suelo, la excavación se puede realizar mediante retroexcavadoras.

Ripables: materiales tipo suelos cementados o rocas alteradas, excavables por medios mecánicos potentes, martillos neumáticos o ripper.

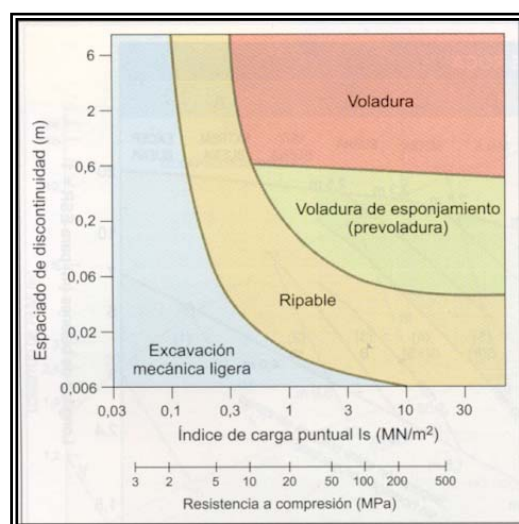
Marginales: rocas que serán ripables con ocasionales voladuras de taqueo.

Volables: materiales rocosos duros que precisan de voladura para su excavación.

Cada tipo se ha definido con los resultados del estudio in situ, con el estudio de taludes. En cuanto a la excavación en roca, esta dependerá fundamentalmente de cuatro parámetros, como son:

- Resistencia de la matriz rocosa.
- Dureza y abrasividad.
- Grado de fracturación.
- Índices de calidad geomecánica

A continuación se muestra un esquema de la excavabilidad de un terreno en función de la resistencia a compresión simple y el espaciado de sus juntas:



■ Análisis de estabilidad:

- Taludes en suelo y rocas altamente fracturadas: Para el estudio de los taludes a excavar en este tipo de materiales se ha considerado oportuno realizar unos cálculos de estabilidad asimilando cada nivel de terreno a un medio homogéneo, caracterizado por su peso específico y los parámetros resistentes del ángulo de rozamiento y la cohesión y en el que se produce una rotura de tipo circular. Los métodos de análisis de estabilidad de taludes tipo suelo o rocas altamente fracturadas se fundamentan en procedimientos denominados de equilibrio límite que consisten en suponer el equilibrio de la masa de suelo en relación a sus condiciones críticas, mediante la consideración de un factor de seguridad. Estos métodos, algunos de ellos muy utilizados desde hace décadas, proporcionan resultados razonables próximos a la realidad, siempre que se utilicen cabalmente los parámetros geomecánicos representativos de la masa de suelo.

En el presente estudio hemos utilizado el programa SLIDE 5.0 de la casa ROCSCIENCE INC., el cual permite diferenciar varios niveles de terreno de características diferentes, presencia de agua, efectos sísmicos y perfil variable del terreno, efectuando los cálculos por el método Bishop, Janbu y Fellenius, que permite determinar la formación de círculos de rotura en el talud y calcular sus correspondientes factores de seguridad. Este programa permite obtener soluciones a los problemas de estabilidad de taludes en dos dimensiones por el método de las dovelas mediante una adaptación del método de Bishop simplificado, que admite el análisis de superficies de tipo circular, generado de forma aleatoria o predefinida.

Así se pueden introducir suelos con características resistentes anisótropas, presiones intersticiales, cohesión y ángulos de rozamiento. Dicho programa establece una malla de puntos como posibles centros de círculos de rotura, para cada uno de los cuales estudia diferentes círculos, dibujando aquel que tenga el menor coeficiente de estabilidad de todos los analizados. Los parámetros de resistencia mecánica utilizados se han obtenido a partir de los ensayos realizados, de la bibliografía consultada y del conocimiento de estos materiales por otras obras cercanas.

- Taludes en roca: se analiza la estabilidad frente a roturas tipo roca mediante un estudio de estabilidad de las discontinuidades principales detectadas en los escasos afloramientos, analizándose las características de los planos y cuñas inestables. Para su estudio frente a rotura tipo suelo se siguen los siguientes criterios: se parte de que la estabilidad general estos taludes esta condicionada a la resistencia de la matriz rocosa más que a la resistencia de las discontinuidades.

Los taludes naturales o los excavados en roca están sujetos de forma permanente a procesos de inestabilidad, provocados por la acción de agentes erosivos, el agua en sus diversos estados es el principal, en el caso de los primeros, a los que se une la propia geometría del talud artificial en el segundo caso. Otro factor que también influye en la estabilidad es la sismicidad natural o provocada por las voladuras realizadas para excavar dicho talud. Los tres principales mecanismos de rotura de un talud rocoso son los que a continuación se citan:

✓ Rotura plana: Se produce a favor de una única familia de planos de rotura que buzan en el mismo sentido que el talud, y cuya dirección es sensiblemente paralela a la del frente del talud. Se producen fundamentalmente debido a que el buzamiento de los planos es menor que el del talud llegando a diferencias de hasta 20°, con lo que el rozamiento movilizado no es suficiente para asegurar la estabilidad.

✓Cuña: Este tipo de roturas se dan en la intersección de dos familias de planos de discontinuidad de diferente orientación, formándose una línea de inmersión a favor del talud, aunque con una inclinación inferior al buzamiento de éste.

✓Vuelco: En este último caso el buzamiento de los planos de fracturación es contrario al del propio talud, lo que provoca una división del macizo rocoso en bloques independientes que van cayendo por acción de la gravedad.

Para abordar el estudio de la estabilidad de taludes en roca es ineludible acudir a los estudios que los profesores Richard Benjawski y Manuel Romana han realizado sobre la influencia de los diferentes parámetros geomecánicos en la estabilidad de macizos rocosos. Fruto de estos estudios son los índices RMR (Rock Mass Rating) y SMR (Slope Mass Rating), que tratan de definir respectivamente la calidad de la roca y la de los taludes existentes.

Una vez calculado el RMR básico, hay que restarle un factor de ajuste, que es función de las discontinuidades, definido cualitativamente y que tiene valores distintos según se aplique a túneles, cimentaciones o taludes. El resultado final de la resta es el RMR final y cuya puntuación varía de 0 a 100, como se indica en la siguiente tabla:

RMR	Clase RMR	Ángulo de talud estable
> 80	I-MUY BUENA	75°
80-61	II-BUENA	65°
60-41	III-MEDIA	55°
40-21	IV-MALA	45°
< 20	V-MUY MALA	35°

Una vez calculado el ángulo de talud estable, procedemos a elaborar la clasificación SMR (Romana, 1995), mediante la cual podemos observar los diferentes problemas de inestabilidad que puedan surgir, en función del valor RMR final y en el cual tiene en cuenta la orientación de las juntas respecto a la inclinación del talud y el método de excavación utilizado.

SMR	Clase SMR	Grado de estabilidad	Tipo de rotura	Tratamiento
> 80	I-MUY BUENA	Totalmente estable	Ninguna	Ninguno
80-61	II-BUENA	Estable	Algunos bloques	Ocasional
60-41	III-MEDIA	Parcialmente estable	Algunas juntas o muchas cuñas	Sistemático
40-21	IV-MALA	Inestable	Juntas o grandes cuñas	Corrección
< 20	V-MUY MALA	Totalmente inestable	Grandes roturas por planos continuos o rotura total	Reexcavación

■ Análisis realizados:

Dado que son varios los desmontes existentes a lo largo de la traza, con variación en su altura y naturaleza, se ha realizado un estudio individualizado para los desmontes más significativos. Para el estudio de los taludes a excavar en este tipo de materiales se ha considerado oportuno realizar unos cálculos de estabilidad asimilando cada nivel de terreno a un medio homogéneo, caracterizado por su peso específico y los parámetros resistentes del ángulo de rozamiento y la cohesión y en el que se produce una rotura de tipo circular en el caso de los suelos y los rocas muy alteradas o tobres rocosos.

Los métodos de análisis de estabilidad de taludes tipo suelo se fundamentan en procedimientos denominados de equilibrio límite que consisten en suponer el equilibrio de la masa de suelo en relación a sus condiciones críticas, mediante la consideración de un factor de seguridad.

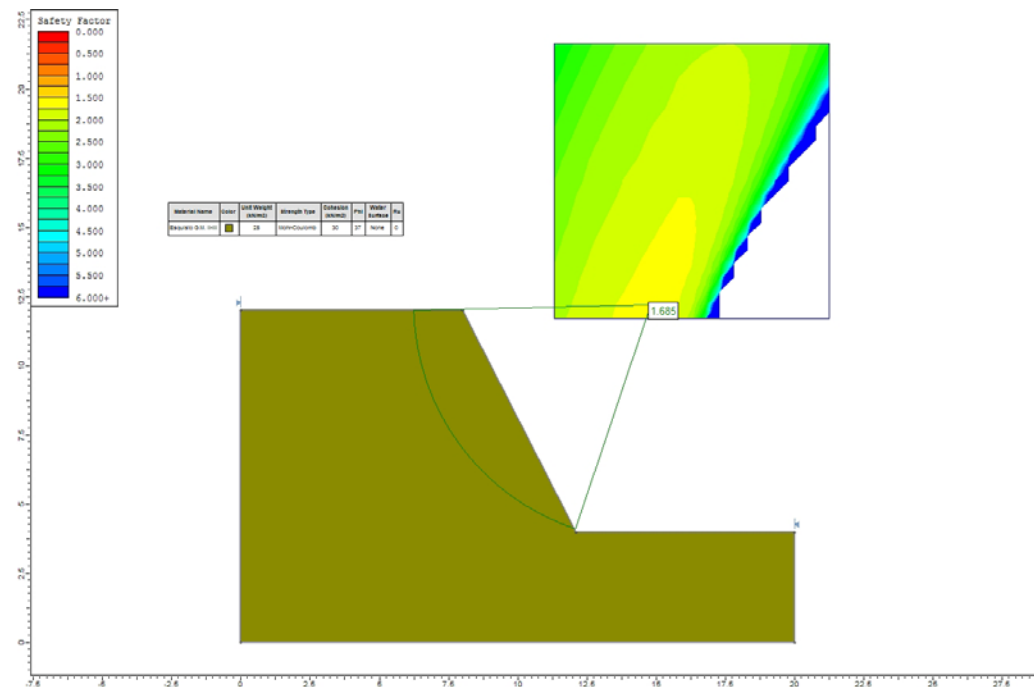
Estos métodos, algunos de ellos muy utilizados desde hace décadas, proporcionan resultados razonables próximos a la realidad, siempre que se utilicen cabalmente los parámetros geomecánicos representativos de la masa de suelo. Se ha considerado la ejecución de taludes con pendientes de 1H:1V para los taludes de suelo en general (G.M. V-VI). Dentro de cada eje principal se ha realizado la modelización de las zonas de desmonte más importantes, con el fin de determinar su grado de estabilidad. En el caso de taludes de suelos y suelos rocosos (G.M. IV) se han adoptado pendientes de 2H:3V. Finalmente para desmontes con materiales rocosos sanos (G.M. II-III) se adoptaran pendientes algo más verticalizadas, con ángulos 1H:2V A continuación procedemos al estudio de algunos de estos taludes:

➤ **Desmante en Talud T-1 (en roca sana G.M. II-III y altura 8 metros):**

Se dispone a un lado de la traza y presenta una altura máxima de unos 8,00 metros aproximadamente. La excavación afecta a un sustrato rocoso de matriz sana y naturaleza esquistosa, alterado en G.M. II-III, según la ficha de estudio del talud. Los suelos y jabres rocosos apenas tiene representación y podrían excavarse por medios convencionales, pudiendo ser necesario el uso de rippers en la parte inferior al aumentar la compacidad del material. Para el sustrato rocoso sano será necesario el uso de martillo hidráulico o voladura, en función del tamaño que presenten. Para los materiales tipo se ha realizado un análisis de estabilidad modelizando el terreno mediante el programa informático SLIDE 5.0 de la casa ROCSCIENCE INC. Para este tipo de desmante, se recomienda dotar a los taludes con ángulos 1H:2V. Para ello se han tenido en cuenta los siguientes parámetros geotécnicos de las distintas unidades:

Parámetros de los materiales	Peso específico (KN/m ³)	Cohesión (KPa)	Ángulo de rozamiento (°)
Sustrato rocoso esquistoso – G.M. II-III	25,00	30	37°

Los factores de seguridad obtenidos mediante el programa informático, nos da un valor mínimo de 1,685.



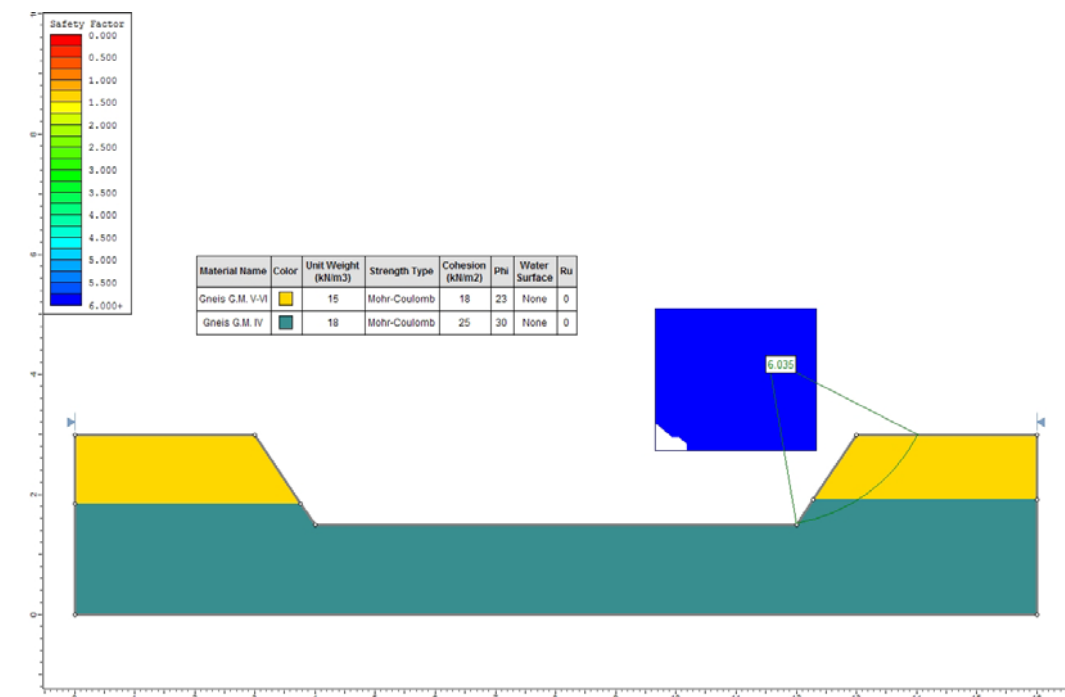
Modelización del desmante en el caso de roca sana G.M. II-III y altura de 8 metros

➤ **Desmante en Talud T-2 (gneises G.M. V-VI y gneises rocosos G.M. IV y altura de 1.50 metros):**

Se dispone a ambos lados de la traza y presenta una altura máxima de unos 1,50 metros aproximadamente. La excavación afecta a suelos residuales de naturaleza gneisica, alterados en G.M. V, con un espesor de unos 1,20 metros, bajo los cuales, se identifican gneises rocosos de la misma naturaleza, alterados en G.M. IV. Para su estudio se ha en cuenta los datos basados en las observaciones. Los suelos y gneises rocosos podrán excavarse por medios convencionales, pudiendo ser necesario el uso de rippers en la parte inferior al aumentar la compacidad del material. Para los materiales tipo suelo y suelos rocosos como este caso, se ha realizado un análisis de estabilidad modelizando el terreno mediante el programa informático SLIDE 5.0 de la casa ROCSCIENCE INC. Para este tipo de desmante, se recomienda dotar a los taludes con ángulos 2H:3V. Para ello se han tenido en cuenta los siguientes parámetros geotécnicos:

Parámetros de los materiales	Peso específico (KN/m ³)	Cohesión (KPa)	Ángulo de rozamiento (°)
Suelo residual gneisico – G.M. V-VI	15,00	18	23°
Sustrato rocoso gneisico – G.M. IV	18,00	25	30°

Los factores de seguridad obtenidos mediante el programa informático, nos da un valor mínimo de 6,035.



Modelización del desmante en el caso de suelo y suelo rocoso y altura de 1,50 metros

■ Reutilización de materiales:

Los materiales provenientes de la excavación de los desmontes podrán utilizarse en base a su clasificación según el PG-3, en la creación de rellenos:

Nivel geotécnico	Descripción	Clasificación	Utilización	Otras características
N ₁	Cobertera vegetal y Relleno antrópico	Inadecuado	Revegetación de taludes	Con sustratos de geocompuestos e hidrosiembra
N ₂	Suelo residual gneisico/esquistoso ("tobre") – G.M. V-VI	Tolerable	Cimiento y núcleo de terraplén	Altura de tongada de 30 centímetros, compactada como mínimo al 95% del Próctor modificado
N ₃	Sustrato rocoso gneisico/esquistoso ("tobre rocoso") – G.M. IV	Adecuado	Rellenos todo-uno, cimiento, núcleo de terraplén y coronación (CBR≥5)	Altura de tongada de 30 centímetros, compactada como mínimo al 95% del Próctor modificado
N ₄	Sustrato rocoso gneisico/esquistoso – G.M. III	Seleccionado E-2	Rellenos todo-uno y pedraplenes	Terreno seleccionado por machaqueo

□ 6.4 EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE TERRAPLENES / RELLENOS

En el trazado en estudio existe un número limitado de rellenos con volúmenes y alturas medias no superiores a 10,00 metros. Dadas las características de estos materiales se podrán ejecutar rellenos terraplén, todo-uno, pedraplén y escollera. Con los materiales en desmonte también se podrán ejecutar las capas de coronación de los terraplenes.

■ Criterios de uso de los materiales.

Los criterios de uso de los diferentes grupos de materiales pueden verse en el apartado de reutilización de materiales dentro de la evaluación geotécnica de los desmontes.

De acuerdo con el PG-3, los materiales que vayan a formar parte de los rellenos, deben cumplir las siguientes características:

Características	Marginales	Tolerables	Adecuados	Seleccionados
Materia orgánica (%)	< 5%	< 2%	< 1%	< 0,2%
Sales solubles en agua	Incluido yeso		< 0,2%	< 0,2%
	Sin incluir yeso	< 1%		
Yeso		< 5%		
Tamaño máximo en mm.			≤ 100	≤ 100
Cernido por tamiz 0,40 UNE	O en caso contrario cumplirá todas las condiciones			
Cernido por tamiz 2 UNE			< 80%	< 80%
Cernido por tamiz 0,40 UNE				< 75%
Cernido por tamiz 0,080 UNE			< 35%	< 25%
Límite líquido (LL)	Si > 90, IP < 0,73(LL-20)	< 65 y si > 40 IP > 0,73(LL-20)	< 40 y si > 30, IP > 4	< 30%
Índice de plasticidad				< 10%
Asiento ensayo de colapso		< 1%		
Hinchamiento en ensayo de expansión	< 5%	< 3%		
Índice C.B.R.		≥ 3	≥ 5	≥ 20 E3
				≥ 10 E2

■ Criterios generales y sección tipo de diseño.

En coronación de terraplenes se deben utilizar suelos adecuados o seleccionados, suelos estabilizados con cal o con cemento o todo-uno. En núcleos y cimientos de terraplenes deberán emplearse suelos tolerables, adecuados o seleccionados.

En este apartado se describen los criterios generales a tener en cuenta. En primer lugar se mencionan las características del terraplén y los materiales, para después establecer la disposición de los taludes a adoptar y las recomendaciones constructivas centradas en resolver la estabilidad y disminuir los asentamientos del terreno de cimiento.

El movimiento de tierras se va a realizar en desmontes con un sustrato rocoso de naturaleza esquistosa con matriz sana; además de suelos residuales de naturaleza gneisica-esquistosa y los terrenos de transición entre ambos, es decir, los suelos rocosos de naturaleza gneisica-esquistosa. La altura prevista de los terraplenes, comprende rangos no superiores a 10 metros.

El diseño de terraplenes tiene como objetivo prioritario rentabilizar al máximo el movimiento de tierras, de manera que se optimice el material extraído de los desmontes más próximos, teniendo además en cuenta los siguientes aspectos básicos: ejecutabilidad, estabilidad, deformabilidad y durabilidad.

En este apartado se definirán los principales condicionantes geotécnicos que hay que tener en cuenta para el diseño de rellenos, siendo principalmente los siguientes:

- Características geotécnicas del subsuelo en la base de apoyo de los rellenos, definiendo en cada caso los espesores de suelo a sanear para evitar deformaciones excesivas.
- Análisis de estabilidad de los rellenos en función de los materiales constituyentes y de la altura prevista: diseño de taludes.
- Deformabilidad: aspectos a tener en cuenta y previsiones de control de ejecución.

El relleno se denomina terraplén, cuando el material granular utilizado es un suelo o se comporta como si lo fuera. Granulométricamente deben tener un contenido en gruesos muy bajo o un contenido en finos alto. El Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de Carreteras PG-3 califica un material como terraplén cuando el material que pasa por el tamiz UNE 20 es superior al 70%, o bien si el porcentaje que pasa por el tamiz 0,08 es superior al 35%.

Un relleno ejecutado como escollera, pedraplén, todo uno, o terraplén, debe ser estable frente al deslizamiento, tener una compresibilidad baja de tal forma que los asientos después de la construcción no alteren el servicio que debe prestar la obra y la evolutividad de los materiales no debe modificar las previsiones de comportamiento del relleno.

La estabilidad frente al deslizamiento está definida por lo que se llama ángulo de rozamiento del material y se han realizado los cálculos de la estabilidad global de los rellenos de mayor altura para así definir el ángulo del talud.

La compresibilidad está gobernada, por lo que se denomina módulo de compresibilidad del material, y depende en gran medida de la forma de ejecución del terraplén, por lo que en esta fase no es mensurable, considerando "a priori" que se realiza un control estricto de la compactación. No se considera apreciable la deformabilidad del cimiento, ya que en todos los casos se considera el saneo de los materiales compresibles.

■ Ejecución de terraplenes y materiales.

Dada la topografía de la zona, los rellenos proyectados se ejecutarán generalmente sobre superficies suavemente inclinadas. En aquellos casos en los que las inclinaciones del terreno natural rondan o superen los 10°, se realizará un escalonado de la base del cimiento.

Previamente a la construcción de los rellenos, deberán sanearse siempre en su totalidad, la capa orgánica de tierra vegetal, además de los materiales antrópicos que pudieran existir.

Una vez ejecutado el saneo se deberá realizar una compactación del suelo de apoyo. En los tramos de relleno realizados para ampliar los ya existentes se realizará un escalonado del espaldón del relleno actual para conseguir un solape adecuado y seguro con el nuevo material aportado.

En el caso que los materiales excavados a lo largo de la traza sean insuficientes o no cumplan las prescripciones será necesaria la utilización de materiales de préstamo, Debiendo de controlarse la resistencia de estos materiales y su evolutividad, mediante el ensayo de durabilidad por desintegración (Slake Durability Test), ciclos humedad-sequedad, granulometría, etc.

A efectos prácticos, en el presente informe el tratamiento que se dará a los rellenos tipo terraplén o tipo "todo-uno" será conjunto.

En el caso de que se intersecte el nivel freático, la cota de la explanada deberá quedar al menos a 60 centímetros por encima del nivel más alto previsible de la capa freática, donde el macizo de suelos seleccionados, 80 centímetros por suelos adecuados, a 100 centímetros tolerables y a 120 marginales o inadecuados. A tal fin se adoptará medidas tales como elevar cota de explanada, colocación drenes subterráneos, interposición de geotextiles o capa drenante, asegurando la evacuación de agua.

En estas condiciones, se recomienda una disposición general de los taludes de rellenos tipo terraplén con inclinaciones 3H:2V (33°) para rellenos con alturas inferiores a 15 metros, como las que tenemos en nuestra zona de estudio.

■ Preparación de la superficie de asiento:

La base de los rellenos deberá cumplir una serie de condiciones básicas:

- Escalonado de la base a partir de 10° de desnivel de ladera.
- Retirar suelos de recubrimiento, es decir, saneo de tierra vegetal, suelos de origen mixto y transportado, rellenos antrópicos y suelos flojos.
- Si la pendiente es uniforme y menor de 10°, no será necesario el tacón de pedraplén – escollera.
- Si la pendiente no es uniforme y presenta valores de pendiente iguales o superiores a 10°, siempre es necesario el tacón de pedraplén o escollera.
- Si la pendiente no es uniforme y en su parte final varía a pendientes superiores a 10° también se deberá de disponer un tacón de pedraplén o escollera en el pie de relleno.

Características del tacón de pedraplén o escollera:

- El tacón deberá ocupar en proyección en planta al menos el 20% del talud exterior.
- El tacón de pedraplén-escollera será de materiales granulares groseros, que se incrusten en el terreno para dotar de estabilidad a la parte inferior y más crítica del relleno.
- Para la realización del tacón de pedraplén-escollera se deberá de realizar en el punto más externo de talud, un corte en el terreno natural de 1,5 a 2 metros de profundidad, llevando la base horizontal hasta ocupa la longitud 0,2 L. A partir de esta base se irá levantando el tacón de pedraplén-escollera por tongadas hasta alcanzar la altura definitiva.
- La altura del tacón de pedraplén va en función de la longitud del talud del relleno en planta, debiendo ocupar el 20%.
- En caso de utilizar materiales de tipo pedraplén, éstos deberán de estar adecuadamente compactados.
- Se consideran valores de ángulo de rozamiento entorno a 45° y cohesión nula.

Antes de iniciar cada relleno deberá estar terminada la obra de drenaje, si la hubiese, y canalizadas para la misma las aguas de escorrentía que tenderían a invadir la explanación y saturar los rellenos.

Una vez eliminado el espesor recomendado de material inadecuado, tal como tierra vegetal, rellenos antrópicos; si se localiza puntualmente alguna zona encharcada o lecho de agua, será preciso comenzar la construcción utilizando en las primeras tongadas materiales tipo pedraplén/escollera colocando entre el pedraplén y el relleno geotextiles con el fin de facilitar el drenaje de las aguas no permitiendo la lixiviación de los finos.

■ Compactación de terraplenes:

Consiste en la extensión y compactación por tongadas, de los materiales clasificados por el PG-3 dentro de la categoría de terraplenes, con destino a crear una plataforma sobre la que se asiente la explanada y el firme de una carretera, en zonas de tales dimensiones que permitan de forma sistemática la utilización de maquinaria pesada.

Su ejecución comprende las siguientes operaciones:

- Preparación de la superficie de apoyo del relleno.
- Excavación, carga y transporte del material.
- Extensión y compactación del material en tongadas, esta última operación se reiterará cuantas veces sea preciso.
- Humectación o desecación de cada tongada.
- Rasanteado, refino de taludes, etc.

Se excluye de esta unidad las operaciones necesarias para la ejecución de la coronación del relleno.

Los materiales a emplear en la base o cimiento de terraplenes podrá ser: análogo al del núcleo con restricciones, con características de refuerzo y de drenaje. En el núcleo de terraplenes, serán suelos o todo-uno, exentos de tierra vegetal y contenido en materia orgánica inferior al 1%, en sulfatos inferior al 5% y otras condicionantes. Los materiales a formar la coronación serán de mejor calidad que los anteriores.

La puesta en obra de los terraplenes, para el grado de compactación exigido, densidad seca mínima del 95% del Próctor Modificado en el cuerpo del terraplén y del 100% del Próctor Modificado en coronación.

Se recomienda utilizar tongadas de 25 centímetros de espesor después de compactar. Independientemente del tipo de compactador debe contarse siempre con la existencia de un rodillo liso para sellar la explanación en los periodos lluviosos. La compactación de las tongadas se hará desde fuera hacia el centro. El espesor de tongada ha de ser superior a dos veces el tamaño máximo del material a utilizar.

■ Métodos de control:

Durante la ejecución del relleno y en las condiciones de puesta en obra y compactación, el método de compactación elegido deberá garantizar la obtención de las compacidades mínimas necesarias. Con este objeto deberá elegirse adecuadamente, para cada zona del relleno, la granulometría del material, la humedad adecuada, el espesor de tongada, el tipo de maquinaria de compactación y el número de pasadas del equipo. Estas variables se determinarán a la vista de los resultados obtenidos durante la puesta a punto del método de trabajo.

También se podrá controlar el comportamiento del material mediante otras técnicas, siempre que sean debidamente aprobadas por el director de las obras, tales como Ensayo de carga con placa según NLT-357/98 o UNE 103808:2006, siempre que el diámetro de la placa sea superior a 5 veces el tamaño máximo del material del relleno todo-uno; además de ensayos de densidad "in situ" según ASTM D-2922 o D-3017. Ambos por cada 500 m² o fracción de capa.

Para medir la densidad seca "in situ" podrán emplearse procedimientos de sustitución (método de la arena UNE 103503, método del densómetro, etc.), o preferentemente métodos de alto rendimiento como los métodos nucleares con isótopos radiactivos. En todo caso, antes de utilizar estos últimos, se calibrarán sus resultados con las determinaciones dadas por los procedimientos de sustitución.

Para determinar el módulo de deformación del relleno tipo terraplén se utilizará el ensayo de carga con placa. Las dimensiones de dicha placa serán tales que su diámetro o lado sea al menos cinco (5) veces superior al tamaño máximo del material utilizado. En ningún caso la superficie de la placa será inferior a setecientos centímetros cuadrados (700 cm²). El ensayo se realizará según la metodología NLT 357 aplicando la presión, por escalones, en dos ciclos consecutivos de carga.

El módulo de deformación vertical en el segundo ciclo de carga del ensayo de carga con placa (E_{v2}) según NLT 357 es como mínimo, según el tipo de material y en función de la zona de obra de que se disponga, el siguiente:

- En cimiento, núcleo y espaldones, cincuenta megapascals ($E_{v2} \geq 50$ MPa) para los suelos seleccionados y treinta megapascals ($E_{v2} \geq 30$ MPa) para el resto.
- En coronación, cien megapascals ($E_{v2} \geq 100$ MPa) para los suelos seleccionados y sesenta megapascals ($E_{v2} \geq 60$ MPa) para el resto.

En este ensayo de carga sobre placa ejecutado conforme a NLT 357, la relación, K, entre el módulo de deformación obtenido en el segundo ciclo de carga, E_{v2} , y el módulo de deformación obtenido en el primer ciclo de carga, E_{v1} , no puede ser superior a dos con dos ($K \leq 2,2$).

En el caso de realizar el ensayo de la huella se utilizará la norma NLT 256, en la que se indica el control de asientos, sobre diez (10) puntos separados un metro (1 m), antes y después del paso del camión normalizado. El ensayo de huella se efectuará correlacionado con el ensayo de placa de carga NLT 357 y por tanto los valores de huella admisibles serán aquellos que garanticen el resultado de la placa de carga.

En todo caso los valores de huella admisible no serán superiores a los siguientes:

- En cimiento, núcleo y espaldones: cinco milímetros (5 mm).
- En coronación: tres milímetros (3 mm).

La densidad seca del relleno compactado ha de ser como mínimo el 95% de la densidad seca máxima en el caso del cimiento y núcleo y el 100% en el caso de la coronación del relleno, que se puede conseguir con el material del relleno que pasa por el tamiz 20 UNE, en el ensayo Próctor modificado UNE-103501:1994. En este sistema de control, se clasificarán los materiales a utilizar en grupos cuyas características sean similares. A estos efectos se consideran similares aquellos materiales en los que se cumpla, en un mínimo de tres (3) muestras ensayadas, lo siguiente: pertenencia al mismo tipo de clasificación; rangos de variación de la densidad seca máxima en el ensayo Próctor de referencia no superiores al tres por ciento (3%) y rangos de variación de la humedad óptima en el ensayo Próctor de referencia no superiores al dos por ciento (2%).

▪ **Parámetros e hipótesis de cálculo. Análisis de estabilidad.**

A continuación, se describen dos terraplenes por separado, determinando en cada uno de ellos las características de los materiales, las actuaciones geotécnicas llevadas a cabo para su investigación en las proximidades y las conclusiones sobre los métodos de ejecución del relleno, taludes admisibles recomendados, saneos a realizar.

Además de las medidas que se deben de tener en cuenta para garantizar la estabilidad de los mismos; teniendo en cuenta que se parte de un terraplén 3H:2V, en el caso de terraplenes con altura igual o inferior a 15 metros, como en nuestro caso.

Para el cálculo de estabilidad mediante el programa informático, procederemos el modelizado mediante el programa SLIDE 5.0 de ROCSCIENCE INC., el cual permite diferenciar varios niveles de terreno de características geotécnicas diferentes (caracterizado por una densidad, ángulo de rozamiento, cohesión, partiendo de que en él se produce una rotura de tipo circular), presencia de agua, efectos sísmicos y perfil de terreno variable, efectuando los cálculos según diversos autores.

Los métodos de análisis de estabilidad tipo suelo se fundamentan en procedimientos denominados de equilibrio límite que consisten en suponer el equilibrio de la masa de suelo en relación a sus condiciones críticas, mediante la consideración de un factor de seguridad. Estos métodos, algunos de ellos muy utilizados desde hace décadas, proporcionan resultados razonables próximos a la realidad, siempre que se utilicen cabalmente los parámetros geomecánicos representativos de la masa de suelo.

A continuación se muestra un relleno considerando las condiciones más desfavorables que se pueden encontrar a lo largo de la traza:

➤ **Relleno Tipo 1 (altura de 8,00 metros):**

Presenta una altura máxima no superior a 8,00s metro aproximadamente. Los materiales subyacentes se corresponden con suelos residuales gneisicos o esquistosos ("tobres"), con un grado de alteración V-VI. Se parte del supuesto que no se detecta el nivel freático, aunque se verificará en obra su posición.

Para la ejecución del terraplén se podrán utilizar los materiales extraídos de los desmontes cercanos existentes a lo largo de la traza, clasificados como tolerables o adecuados según el PG-3.

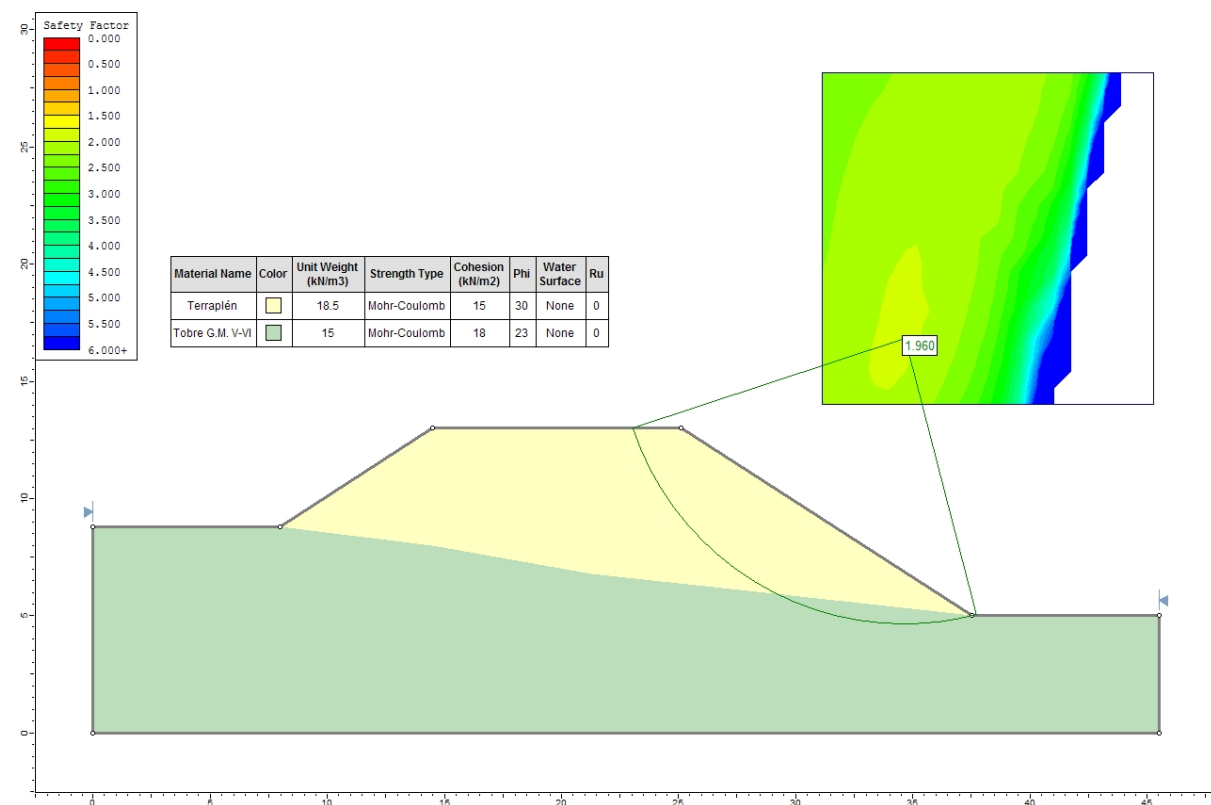
Además para la creación del relleno deberá de sanearse en su totalidad la tierra vegetal, los materiales correspondientes con posibles rellenos de posible origen antrópico y suelos residuales de compacidad muy floja. Se recomienda la compactación del fondo de excavación.

Para determinar la estabilidad de los taludes del terraplén se ha realizado una modelización de éste a partir de varias secciones, la más desfavorable y considerando que éste se encuentre formado por materiales tipo terraplén. Para ello se ha utilizado el programa informático SLIDE 5.0 de la casa ROCSCIENCE INC.

Para este tipo de terraplén, se recomienda dotar a los taludes con ángulos 3H:2V. Para ello se han tenido en cuenta los siguientes parámetros geotécnicos de las distintas unidades:

<i>Parámetros de los materiales</i>	<i>Peso específico (KN/m³)</i>	<i>Cohesión (KPa)</i>	<i>Ángulo de rozamiento (°)</i>
Terraplén	18,50	15	30°
Suelo residual gneisico-esquistoso (G.M. V-VI)	15,00	18	23°

El factor de seguridad nos da un valor mínimo de 1,960 en caso de ejecutar terraplén.



Modelización considerando materiales tipo Terraplén y alturas no superiores a 8,00 metros

6.5 ESTUDIO DE EXPLANADA

Para definir el tipo de explanada empleado en el Proyecto se han aplicado los criterios definidos en la Norma 6.1 IC: "Secciones de firme de la Instrucción de Carreteras". La formación de la explanada depende de la categoría de la misma que se proyecte y del suelo subyacente. A priori, para la categoría de tráfico pesado que se estima, se correspondería con un T42 y según se define en este estudio, la explanada adoptada vendría definida como E-2.

En cuanto al tipo de terreno subyacente, se clasifican las muestras de suelo ensayadas según los criterios establecidos en la Orden Ministerial FOM/3460/2003, donde se actualizan algunos de los artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras. Como puede apreciarse, según los ensayos realizados, se considera: que en términos generales el suelo que aparece es **inadecuado y marginal (IN)** en el caso de rellenos antrópicos no controlados, **tolerable (0)** en el caso de los suelos residuales y **roca (R)** en el caso del sustrato rocoso sano.

Los rellenos, utilizando los materiales excavados de la traza, serán bien terraplenes ejecutados con un núcleo formado por suelos tolerables o bien serán todo-uno o pedraplenes, por lo que, dependiendo de la categoría que se quiera alcanzar, será preciso:

En el caso de los suelos tolerables, presumiblemente entre la intersección de la AC-311 hasta el final de la traza (intersección con AC-301), para explanada E-2, serán necesarios 75 centímetros de suelo seleccionado con C.B.R <20 en la puesta en obra; o 40 centímetros de suelo seleccionado con C.B.R <20 en la puesta en obra sobre 50 centímetros de suelo adecuado. También se puede optar por 25 centímetros de suelo estabilizado in situ con cemento tipo S-Est2 sobre 25 centímetros de suelo estabilizado in situ con cemento tipo S-Est1; o bien, 25 centímetros de suelo seleccionado con C.B.R ≥20 en la puesta en obra sobre 25 centímetros de suelo estabilizado in situ con cemento tipo S-Est1.

Con objeto de disminuir la susceptibilidad al agua del suelo o aumentar su resistencia, para su uso en la formación de explanadas, se puede llevar a cabo la estabilización in situ de los suelo procedentes de desmontes, mediante la mezcla homogénea y uniforme con cal o con cemento y eventualmente agua. Según sus características finales se establecen tres tipos de suelos estabilizados in situ, denominados respectivamente S-EST1, S-EST2 y S-EST3. Los dos primeros se pueden conseguir con cal o con cemento, mientras que el tercer tipo se tiene que realizar necesariamente con cemento.

Los materiales que vayan a se estabilizados deberán cumplir con los dispuesto en el artículo 512 del PG-3, establecido en la Orden FOM 891/2004, donde los suelos de la traza presentarán unas características generales, además de cumplir con las especificaciones de granulometría, contenido en materia orgánica, sulfatos solubles y plasticidad.

En cuanto a las secciones de firme para la categoría de tráfico pesado T42 en función de una categoría de explanada E2, tendremos tres posibilidades: 5 centímetros de mezcla bituminosa por debajo de la cual se se dispondrán 25 centímetros de zahorra artificial o 22 centímetros de suelo-cemento, o bien, 18 centímetros de hormigón de firme.

Con tráficos de intensidad reducida (menor de 100 vehículos/carril/día) podrá disponerse un riego con gravilla bicapa como sustitución de los 5 centímetros de mezcla bituminosa.

❏ 6.6 COEFICIENTE DE PASO

Se llama coeficiente de paso a la relación existente entre el volumen in situ del terreno que se debe excavar y el máximo volumen posible de relleno compactado que se debe ejecutar con dicho material. En los materiales que se van a excavar y reutilizar en los rellenos tipo terraplén, los coeficientes de paso o de variación volumétrica C_{vu} se determinan mediante la expresión:

$$C_{vu} = 100 * \frac{\gamma_{dm} / \gamma_{d\max}}{G_c}$$

donde:

γ_{dm} : valor medio de las densidades secas en el estado natural del material (g/cm^3), obtenido de los sondeos en desmontes si ha sido posible disponer de muestras inalteradas, y en función de la granulometría de los materiales granulares donde no se dispone de ellas.

$\gamma_{d\max}$: valor medio de las densidades máximas correspondientes al ensayo de compactación próctor (g/cm^3).

G_c : grado de compactación conseguido en la puesta en obra del material, expresado en tanto por ciento respecto al máximo obtenido en el ensayo de compactación próctor. Se ha considerado que el grado de compactación conseguido en obra será del 95%.

A partir del estudio de desmontes se desprende que se van a obtener varios tipos de materiales procedentes de la excavación de los taludes. Por un lado materiales para la ejecución de terraplenes, mezcla de rocas alteradas (roca excavable-ripable) y pedraplenes (roca sana).

El coeficiente de paso se ha calculado en función del tipo de material y grado de alteración, considerando un 1% de pérdida en el transporte. Se considera adoptar un coeficiente de paso de 1,02-1,07 para los suelos residuales procedentes de rocas gneisicas-esquistosas, comúnmente denominados tobres.

% de compactación	Suelos residuales (tobres G.M. V-VI)
95% próctor modificado	1,07
98% próctor modificado	1,04
100% próctor modificado	1,02

Para los rellenos tipo pedraplén o todo-uno no es aplicable la expresión anterior, dado que los tamaños resultantes de la excavación (roca) son muy variables oscilando entre bloques y gravilla. En este tipo de rellenos el cálculo del coeficiente de paso es independiente de las densidades inicial y final, únicamente depende del porcentaje de huecos considerado en el relleno compactado.

En función de la naturaleza del relleno, y tomando tanto como punto de partida tanto la experiencia como la bibliografía existente, se ha considerado para los materiales tipo pedraplén, un coeficiente de paso entre 1,20-1,30. Como coeficiente de paso para materiales todo-uno, se ha adoptado como válido alcanzar un porcentaje de huecos del 10-15% en la ejecución de estos rellenos, teniendo en cuenta que el material mayoritario serán materiales rocosos con una densidad de $2,00 \text{ g/cm}^3$, el coeficiente de paso es de 1,15. En el caso de material sobrante con destino vertedero el coeficiente de paso, teniendo en cuenta que la porosidad final será del orden de un 15% superior a la del material compactado, el coeficiente de paso será de 1,30.

❏ 6.7 ESPESORES DE TIERRA VEGETAL Y SANEOS

A lo largo del trazado se dispone de un pequeño tapiz continuo de tierra vegetal, rico en materia orgánica, con espesores variables, entre los 0,05-1,20 metros aproximadamente. Esta capa puede se deberá retirar totalmente a la hora de ejecutar las obras y se reutilizará para la revegetación de los nuevos taludes de relleno-terraplén.

Cabe destacar que en zonas concretas de la traza de estudio, pueden identificarse rellenos antrópicos no controlados de pequeña potencia, que deberán ser retirados y enviados a vertedero. Éstos podrán ser localizados en las inmediciones de las intersecciones de las actuales carreteras con la traza de estudio.

También se han localizado suelos de compacidad muy floja (inferior a 0,50 kp/cm²) en las zonas de vaguada, como es el caso del entorno del penetrómetro "PDC-4", donde el espesor alcanza hasta los 3,00 metros.

6.8 PRÉSTAMOS, CANTERAS Y VERTEDEROS

La tierra vegetal no se reutilizará en los rellenos de la obra, exceptuando la que se use para la revegetación de los taludes en rellenos, el resto irá a vertedero, o se podrá valorar para su empleo en otras obras.

Los suelos inadecuados también irán al vertedero, mientras que el resto de tipos de suelos de recubrimiento y el sustrato rocoso, serán en principio, los que se utilicen para realizar los rellenos de la obra tipo pedraplén (grandes por ser abundantes las zonas donde se localiza el sustrato rocoso con G.M. III o inferior), todo-uno (zona de tránsito entre los suelos y el sustrato rocoso) y rellenos tipo terraplén (roca alterada en G.M. V-VI, suelos tolerables y adecuados).

En este sentido, se consideran aptos como relleno la totalidad de los materiales rocosos y suelos residuales presentes en la traza. En caso de que exista descompensación del volumen de materiales a excavar con respecto a los rellenos necesarios, se puede prever el uso de materiales externos a la obra, que se obtendrá de préstamos y canteras situadas en las proximidades del trazado de estudio.

En el anexo nº 8, se puede ver un plano en planta con la localización de las canteras más próximas a la traza, instalaciones de suministro de materiales, así como posibles zonas de vertedero.

Atendiendo a criterios económicos de transporte, las zonas de préstamo se han situado próximas a la traza, por lo que se puede considerar que los ensayos disponibles para el trazado son asimilables a los materiales de préstamo que se pueden obtener de la zona.

A su vez estas zonas podrán ser restituidas utilizándose como zonas receptoras de materiales inadecuados procedentes de las obras, tales como tierra vegetal y los materiales antrópicos no controlados o vertidos.

Según se ha podido comprobar durante la fase de recopilación de datos correspondientes a canteras y posibles vertederos, se entiende que la mejor zona para emplazar los materiales de vertedero son las canteras más cercanas, que se pueden localizar en la proximidades (ver anexo nº 8), lo que permite además la reconstrucción ambiental de la zona.

6.9. AGRESIVIDAD DEL MEDIO.

En base al conocimiento de análisis de agresividad realizados en terrenos similares a los detectados aquí, se deduce que se trata de terrenos no agresivos al hormigón. De acuerdo con la *Instrucción de hormigón estructural EHE, capítulo II*, la zona que nos ocupa está sometida a un ambiente definido por las siguientes clases de exposición:

- ✓ *Clase general de exposición: II-a.*
- ✓ *Clase específica de exposición: No tiene.*
- ✓ *Tipo de ambiente: IIa.*

6.10. EXPANSIVIDAD.

Por los conocimientos geotécnicos que se tienen de la zona y de los materiales componentes del subsuelo y los residuales, no son terrenos susceptibles de provocar expansividad potencial.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

- ✓ El presente estudio fue realizado a solicitud de INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L. y comprende el Reconocimiento Geológico-Geotécnico realizado por GALAICONTROL, S.L, en la traza de la actual carretera CP-5702 y de nueva creación en las intersecciones con la AC-311 y AC-301, sita en el término municipal de Noia (A Coruña), entre A Fialla y Portobravo, discurre por una zona variable topográficamente y en la cual se tiene previsto el ensanche y mejora de la misma, además de un tramo del trazado de nueva apertura.
- ✓ Dada la superficie a estudiar, se ha planteado una campaña de campo con una primera fase de reconocimiento visual a lo largo de toda la traza, lo que ha permitido definir una segunda fase basada en la realización de ensayos de penetración dinámica continua y un estudio detallado de taludes; continuando con una tercera fase de ensayos de laboratorio de las muestras recortadas y una fase final de trabajo de gabinete que permitiese realizar el siguiente anejo. Esta planificación de la campaña de investigación basada en la realización de penetómetros y estudio de taludes ha estado condicionada a la aparición en un primer tramo de un sustrato rocoso sano y en segundo tramo de nueva creación del trazado donde existe una falta de accesos que implica la realización de ensayos de campo mediante maquinaria de pequeño tamaño.
- ✓ El subsuelo de la zona donde discurre la traza de estudio está conformado por un suelo residual de compacidad densa y un sustrato rocoso sano desde el comienzo de la traza hasta la intersección de la carretera CP-5702 con la carretera AC-311; además de rellenos bajo los viales actuales y zonas de terraplén. A partir de aquí hasta el final, lo que comprende el trazado de nueva creación, se corresponde con materiales tipo suelo y suelos rocosos de naturaleza gneisica y esquistosa ("tobres").
- ✓ En términos generales los materiales tipo suelo que aparecen a lo largo del tramo se pueden clasificar como inadecuado y marginal (IN) en el caso de rellenos antrópicos no controlados, tolerable (0) en el caso de los gneises-tobres y roca (R) en el caso del sustrato rocoso sano.
- ✓ En cuanto a la reutilización de los materiales, se recomienda retirar la tierra vegetal. Los suelos residuales gneisicos-esquistosos ("tobres") podrán usarse como cimienta y núcleo de terraplén. Los sustratos rocosos podrán utilizarse como rellenos todo-uno y pedraplenes.
- ✓ La naturaleza del terreno permite clasificar a los suelos y rocas como no agresivos al hormigón (tipo de ambiente IIa).
- ✓ Los materiales son volables en el caso de la roca sana (G.M. II-III), ripables para rocas alteradas (G.M. IV) y excavables en el caso de materiales tipo suelo.
- ✓ En cuanto a los desmontes, no presentan grandes alturas, no superiores a los 8,00 metros aproximadamente, por lo que se ha realizado un estudio individualizado para los desmontes más significativos. Para el estudio de los taludes a excavar en este tipo de materiales se ha considerado oportuno realizar unos cálculos de estabilidad asimilando cada nivel de terreno a un medio homogéneo, caracterizado por su peso específico y los parámetros resistentes del ángulo de rozamiento y la cohesión y en el que se produce una rotura de tipo circular en el caso de los suelos y los rocas muy alteradas o tobres rocosos. Se ha considerado la ejecución de taludes con pendientes de 1H:1V para los taludes en suelos, 2H:3V para los suelos rocosos y 1H:2V para el sustrato rocoso, siendo los factores de seguridad considerados superiores a 1,50 y por tanto estables.
- ✓ No obstante se recomienda tener en cuenta una partida económica para los sostenimientos a realizar en caso de posibles inestabilidades locales de los taludes.
- ✓ Para los terraplenes a ejecutar, se recomienda una disposición general de los taludes de rellenos tipo terraplén con inclinaciones 3H:2V (33º) para rellenos con alturas inferiores a 15 metros, como en nuestro caso. De los cálculos de estabilidad efectuados, se han obtenido factores de seguridad superiores a 1,50.
- ✓ Señalar que en todos aquellos casos en los que no se tienen datos in situ de los materiales, los valores dados siempre se han determinado para estar del lado de la seguridad.
- ✓ Se recomienda que todas las conclusiones emitidas en este informe se revisen y se amplíen en la fase de obra, debido a la extrapolación de los datos de campo, basados en los resultados de las pruebas "in situ", así como en la experiencia y la bibliografía existente.

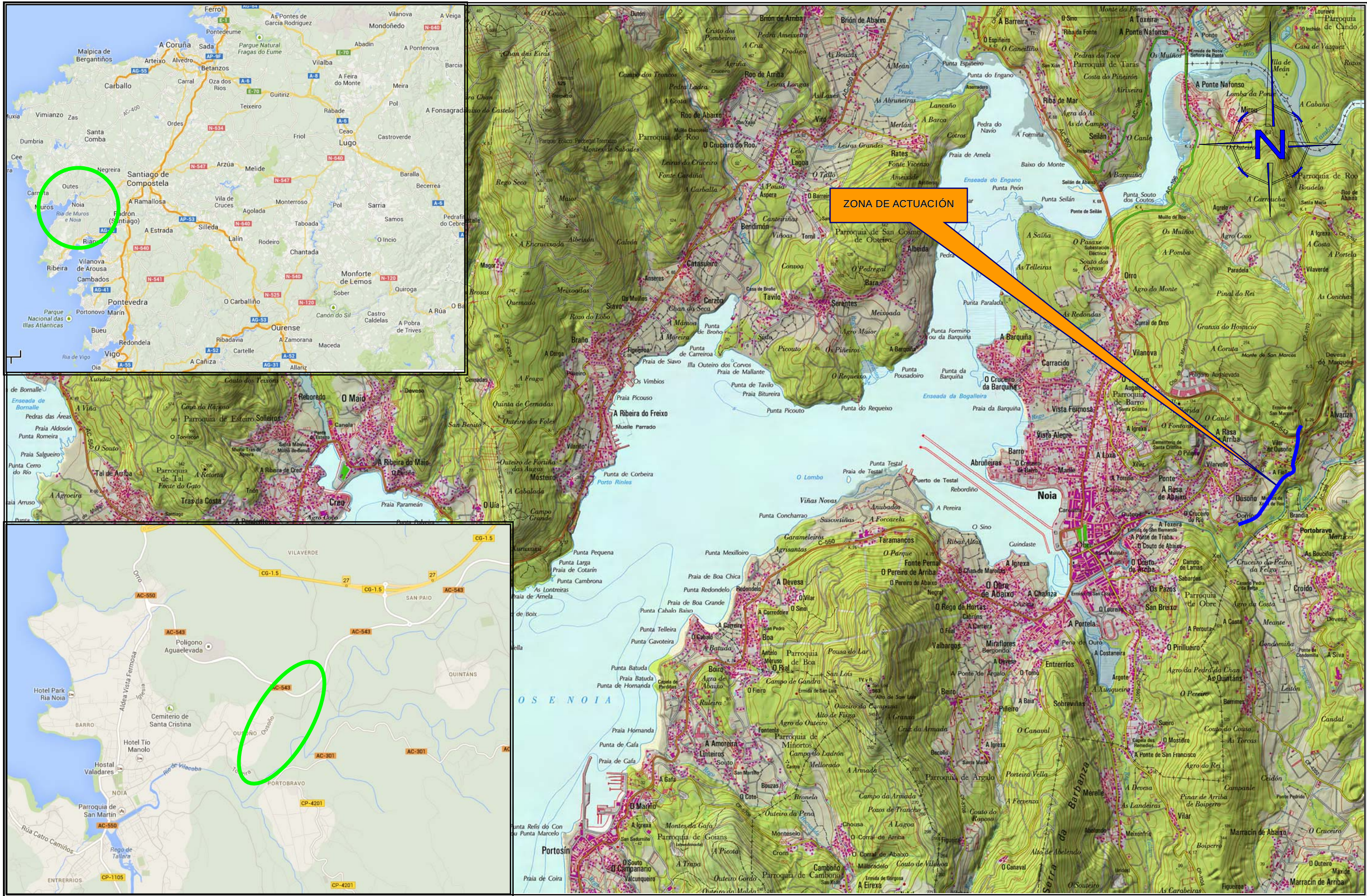
Vigo, Mayo de 2014

Emilio Otero Martínez
Director

Eduardo Villota Carreño
Geólogo. Colegiado nº 5781

ANEXO N° 1

PLANO DE SITUACIÓN GENERAL DEL TRAZADO DE
ESTUDIO



Peticionario:

INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.

Fecha:

Diciembre-13

Escala Gráfica:

Escala:

Título de la obra:

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE TRAZADO E IMPACTO AMBIENTAL.
CONEXIÓN CG 1.5 EN SAMPAIO-PORTOBRABO (NOIA - A CORUÑA)

Tamaño

A3

Plano

1/6

Hoja

1/1



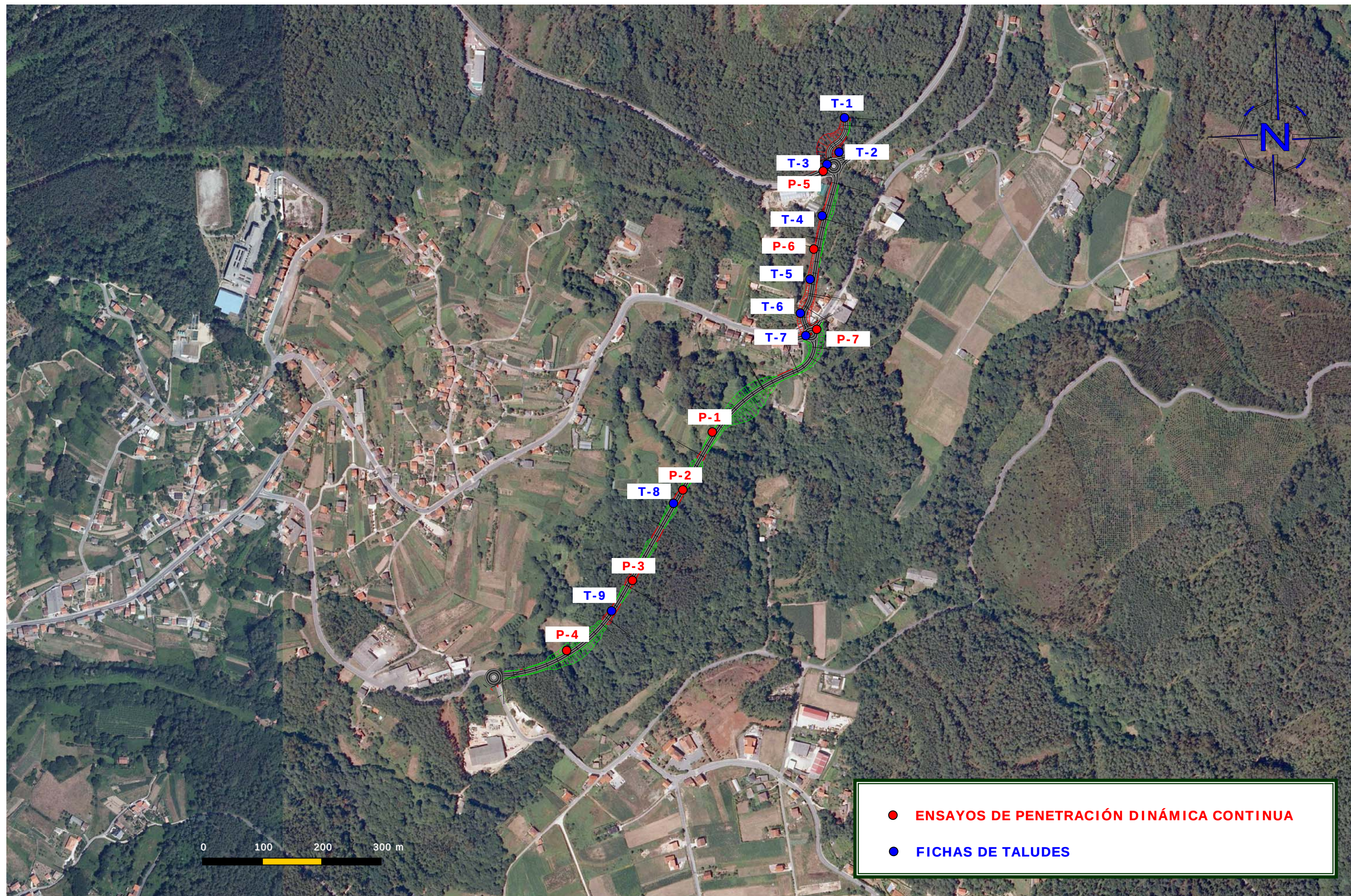
Autor: E. Villota Carreño
Geólogo. Colegiado nº 5781

Título del plano

PLANO DE SITUACIÓN GENERAL DEL TRAZADO DE
ESTUDIO

ANEXO N° 2

PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS DE CAMPO
REALIZADOS



Peticionario:

INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.

Fecha:

Diciembre-13

Escala Gráfica:

Escala:

Título de la obra:

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE TRAZADO E IMPACTO AMBIENTAL.
CONEXIÓN CG 1.5 EN SAMPAIO-PORTOBRABO (NOIA - A CORUÑA)

Tamaño

A3

Plano

2/6

Hoja

1/1



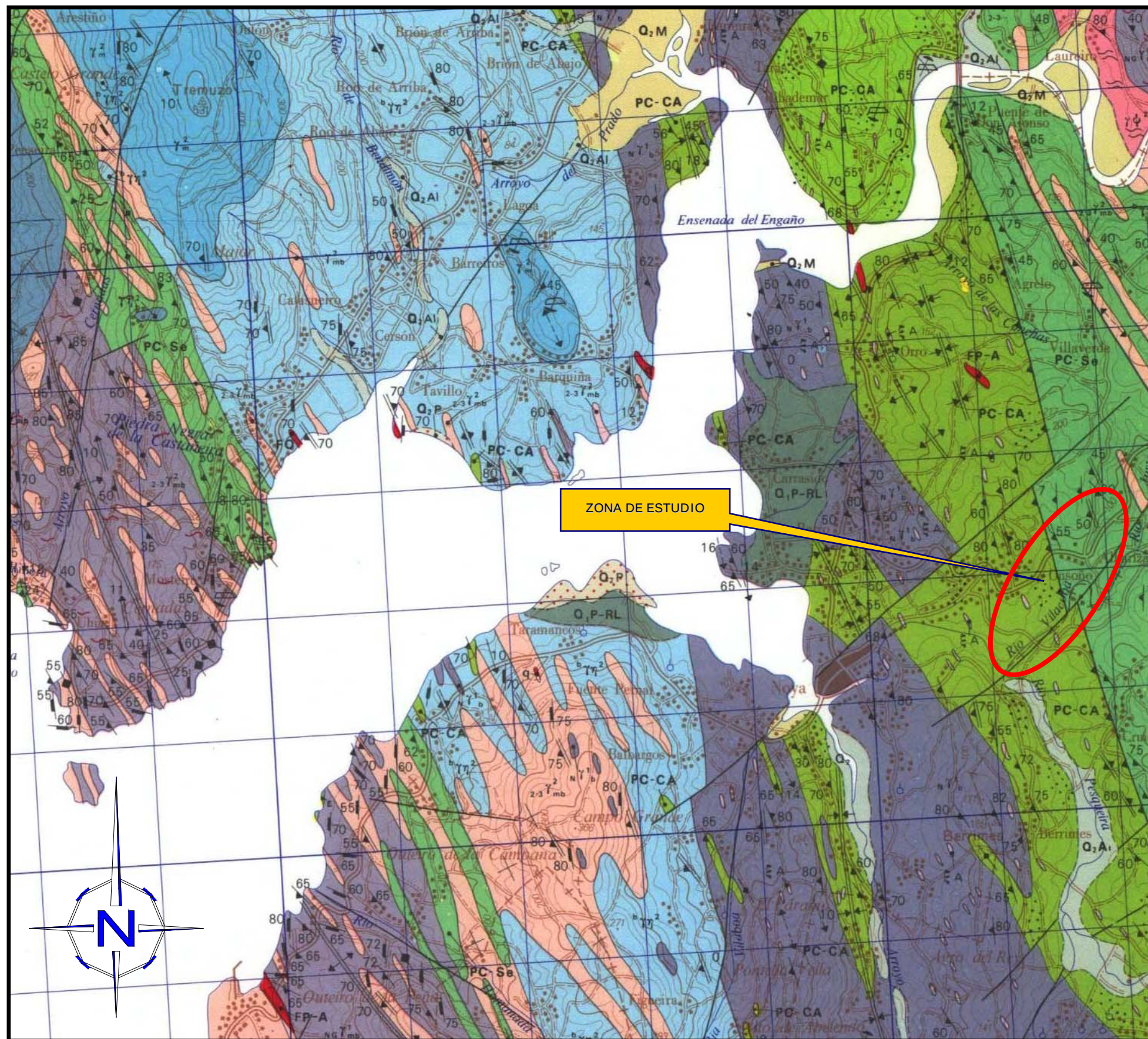
Autor: E. Villota Carreño
Geólogo. Colegiado nº 5781

Título del plano

PLANO DE LOCALIZACIÓN DE LOS TALUDES ESTUDIADOS

ANEXO N° 3

MAPA GEOLÓGICO GENERAL DEL TRAZADO DE ESTUDIO



Peticionario:

INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.

Fecha:

Diciembre-13

Escala Gráfica:

Escala:

Título de la obra:

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE TRAZADO E IMPACTO AMBIENTAL.
CONEXIÓN CG 1.5 EN SAMPAIO-PORTOBRABO (NOIA - A CORUÑA)

Tamaño

A3

Plano

3/6

Hoja

1/1



Autor: E. Villota Carreño
Geólogo. Colegiado nº 5781

Título del plano

PLANO GEOLÓGICO NACIONAL DEL TRAZADO DE
ESTUDIO

ANEXO N° 4

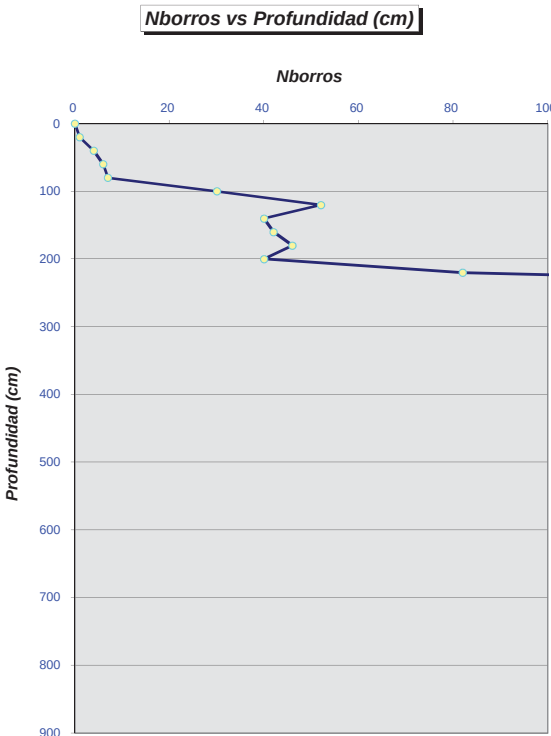
REGISTRO DE LOS ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA
CONTINUA

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA

CONTINUA PESADA TIPO BORROS

PETICIONARIO:	INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.	
OBRA:	PROYECTO DE TRAZADO E IMPACTO AMBIENTAL	P.D.C. N°: 1
	CONEXIÓN CG 1.5 EN SAMPAIO - PORTOBRAGO (NOIA - A CORUÑA)	
FECHA:	28/04/2014	
SITUACIÓN:	UTM (X: 511083 // Y: 4737552)	
COTA INICIO:	Z= 59,00 metros	CLAVE: SE-124/13
NIVEL FREÁTICO:	NO DETECTADO	

RESUMEN Datos de campo

Nborros	Prof.Par. (cm)	Profund. (cm)	Comp acidad	Nborros	Prof.Par. (cm)	Profund. (cm)	Comp acidad	Nborros vs Profundidad (cm) 
0	0	0						
1	20	20	muy suelta					
4	20	40						
6	20	60	suelta					
7	20	80						
30	20	100	densa					
52	20	120	muy densa					
40	20	140	densa					
42	20	160						
46	20	180	muy densa					
40	20	200	densa					
82	20	220	muy densa					
200	20	240	rechazo					



D. Luis Alberto Otero Lemos

JEFE DE AREA GEOTÉCNIA

D. Emilio Otero Martínez

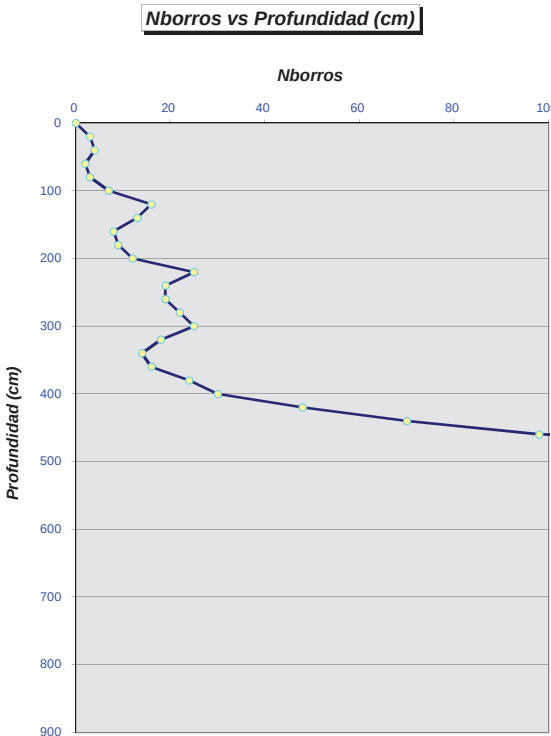
DIRECTOR DEL LABORATORIO

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA

CONTINUA PESADA TIPO BORROS

PETICIONARIO:	INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.	
OBRA:	PROYECTO DE TRAZADO E IMPACTO AMBIENTAL	P.D.C. N°: 2
	CONEXIÓN CG 1.5 EN SAMPAIO - PORTOBRAGO (NOIA - A CORUÑA)	
FECHA:	28/04/2014	
SITUACIÓN:	UTM (X: 511038 // Y: 4737413)	
COTA INICIO:	Z= 47,00 metros	CLAVE: SE-124/13
NIVEL FREÁTICO:	NO DETECTADO	

RESUMEN Datos de campo

Nborros	Prof.Par. (cm)	Profund. (cm)	Comp acidad	Nborros	Prof.Par. (cm)	Profund. (cm)	Comp acidad	Nborros vs Profundidad (cm) 
0	0	0						
3	20	20						
4	20	40	muy suelta					
2	20	60						
3	20	80						
7	20	100	suelta					
16	20	120						
13	20	140	media					
8	20	160	suelta					
9	20	180						
12	20	200						
25	20	220						
19	20	240						
19	20	260						
22	20	280	densa					
25	20	300						
18	20	320						
14	20	340						
16	20	360						
24	20	380						
30	20	400	densa					
48	20	420						
70	20	440	muy densa					
98	20	460						
200	20	480	rechazo					



D. Luis Alberto Otero Lemos

JEFE DE AREA GEOTÉCNIA

D. Emilio Otero Martínez

DIRECTOR DEL LABORATORIO



ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA
CONTINUA PESADA TIPO BORROS

PETICIONARIO:	INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.	
OBRA:	PROYECTO DE TRAZADO E IMPACTO AMBIENTAL	P.D.C. N°: 3
	CONEXIÓN CG 1.5 EN SAMPAIO - PORTOBRAGO (NOIA - A CORUÑA)	
FECHA:	28/04/2014	
SITUACIÓN:	UTM (X: 510922 // Y: 4737246)	
COTA INICIO:	Z= 35,00 metros	CLAVE: SE-124/13
NIVEL FREÁTICO:	NO DETECTADO	

RESUMEN Datos de campo

Nborros	Prof.Par. (cm)	Profund. (cm)	Comp acidad	Nborros	Prof.Par. (cm)	Profund. (cm)	Comp acidad
0	0	0					
1	20	20					
1	20	40					
2	20	60	muy suelta				
2	20	80					
1	20	100					
4	20	120					
5	20	140	suelta				
7	20	160					
20	20	180					
25	20	200	media				
37	20	220					
28	20	240					
30	20	260	densa				
30	20	280					
24	20	300	media				
26	20	320	densa				
22	20	340	media				
30	20	360	densa				
48	20	380	muy densa				
37	20	400	densa				
50	20	420					
70	20	440	muy densa				
106	20	460					
200	20	480	rechazo				

Nborros vs Profundidad (cm)

D. Luis Alberto Otero Lemos
JEFE DE AREA GEOTÉCNIA

D. Emilio Otero Martínez
DIRECTOR DEL LABORATORIO



ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA
CONTINUA PESADA TIPO BORROS

PETICIONARIO:	INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.	
OBRA:	PROYECTO DE TRAZADO E IMPACTO AMBIENTAL	P.D.C. N°: 4
	CONEXIÓN CG 1.5 EN SAMPAIO - PORTOBRAGO (NOIA - A CORUÑA)	
FECHA:	28/04/2014	
SITUACIÓN:	UTM (X: 510819 // Y: 4737187)	
COTA INICIO:	Z= 32,00 metros	CLAVE: SE-124/13
NIVEL FREÁTICO:	NO DETECTADO	

RESUMEN Datos de campo

Nborros	Prof.Par. (cm)	Profund. (cm)	Comp acidad	Nborros	Prof.Par. (cm)	Profund. (cm)	Comp acidad
0	0	0					
1	20	20					
2	20	40					
1	20	60					
1	40	100	muy suelta				
1	100	200					
1	60	260					
1	20	280					
1	20	300					
5	20	320					
7	20	340					
6	20	360	suelta				
7	20	380					
12	20	400					
18	20	420					
12	20	440	media				
15	20	460					
18	20	480					
22	20	500					
28	20	520					
34	20	540	densa				
26	20	560					
24	20	580	media				
32	20	600					
36	20	620					
28	20	640	densa				
30	20	660					
37	20	680					
45	20	700					
50	20	720	muy densa				
78	20	740					
96	20	760					
200	20	780	rechazo				

Nborros vs Profundidad (cm)

D. Luis Alberto Otero Lemos
JEFE DE AREA GEOTÉCNIA

D. Emilio Otero Martínez
DIRECTOR DEL LABORATORIO



ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA
CONTINUA PESADA TIPO BORROS

PETICIONARIO:	INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.	
OBRA:	PROYECTO DE TRAZADO E IMPACTO AMBIENTAL	P.D.C. N°: 5
	CONEXIÓN CG 1.5 EN SAMPAIO - PORTOBRAGO (NOIA - A CORUÑA)	
FECHA:	28/04/2014	
SITUACIÓN:	UTM (X: 511296 // Y: 4738028)	
COTA INICIO:	Z= 105,00 metros	CLAVE: SE-124/13
NIVEL FREÁTICO:	A -1,80 m (RESPECTO COTA INICIO DEL PENETROMETRO)	

RESUMEN Datos de campo

Nborros	Prof.Par. (cm)	Profund. (cm)	Comp acidad	Nborros	Prof.Par. (cm)	Profund. (cm)	Comp acidad
0	0	0					
12	20	20	media				
26	20	40	densa				
18	20	60					
23	20	80	media				
25	20	100					
22	20	120					
33	20	140					
30	20	160	densa				
30	20	180					
30	20	200					
48	20	220	muy densa				
30	20	240	densa				
18	20	260	media				
20	20	280					
45	20	300	muy densa				
43	20	320					
18	20	340	media				
36	20	360					
35	20	380	densa				
30	20	400					
42	20	420	muy densa				
29	20	440	densa				
21	20	460	media				
18	20	480					
30	20	500	densa				
35	20	520					
44	20	540					
42	20	560					
54	20	580	muy densa				
81	20	600					
90	20	620					
200	20	640	rechazo				

Nborros vs Profundidad (cm)

D. Luis Alberto Otero Lemos
JEFE DE AREA GEOTÉCNIA

D. Emilio Otero Martínez
DIRECTOR DEL LABORATORIO



ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA
CONTINUA PESADA TIPO BORROS

PETICIONARIO:	INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.	
OBRA:	PROYECTO DE TRAZADO E IMPACTO AMBIENTAL	P.D.C. N°: 6
	CONEXIÓN CG 1.5 EN SAMPAIO - PORTOBRAGO (NOIA - A CORUÑA)	
FECHA:	28/04/2014	
SITUACIÓN:	UTM (X: 511261 // Y: 4737879)	
COTA INICIO:	Z= 91,00 metros	CLAVE: SE-124/13
NIVEL FREÁTICO:	NO DETECTADO	

RESUMEN Datos de campo

Nborros	Prof.Par. (cm)	Profund. (cm)	Comp acidad	Nborros	Prof.Par. (cm)	Profund. (cm)	Comp acidad
0	0	0					
15	20	20	media				
30	20	40	densa				
40	20	60					
100	40	100	rechazo				

Nborros vs Profundidad (cm)

D. Luis Alberto Otero Lemos
JEFE DE AREA GEOTÉCNIA

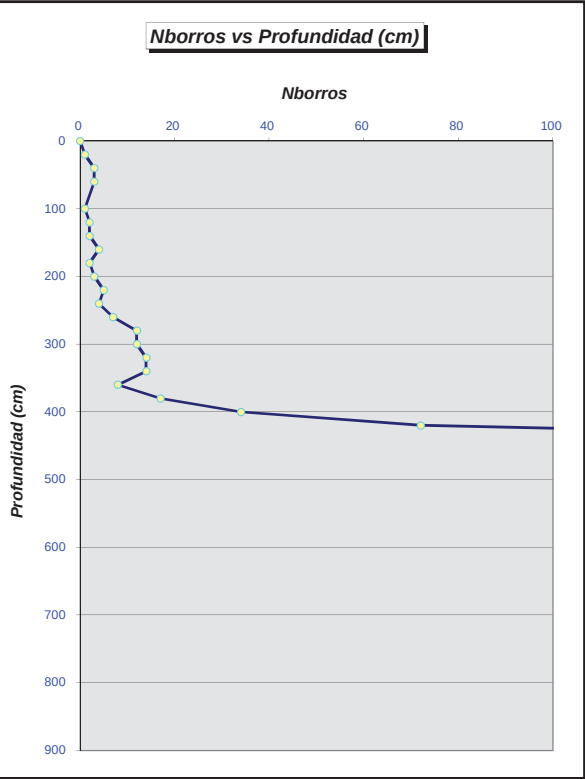
D. Emilio Otero Martínez
DIRECTOR DEL LABORATORIO



ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA
CONTINUA PESADA TIPO BORROS

PETICIONARIO:	INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.	
OBRA:	PROYECTO DE TRAZADO E IMPACTO AMBIENTAL	P.D.C. N°: 7
	CONEXIÓN CG 1.5 EN SAMPAIO - PORTOBRAVO (NOIA - A CORUÑA)	
FECHA:	28/04/2014	
SITUACIÓN:	UTM (X: 511254 / / Y: 4737725)	
COTA INICIO:	Z= 74,00 metros	CLAVE: SE-124/13
NIVEL FREÁTICO:	NO DETECTADO	

RESUMEN Datos de campo

Nborros	Prof.Par. (cm)	Profund. (cm)	Comp acidad	Nborros	Prof.Par. (cm)	Profund. (cm)	Comp acidad	Nborros vs Profundidad (cm) 
0	0	0						
1	20	20						
3	20	40						
3	20	60						
1	40	100						
2	20	120	muy suelta					
2	20	140						
4	20	160						
2	20	180						
3	20	200						
5	20	220	suelta					
4	20	240	muy suelta					
7	20	260	suelta					
12	20	280						
12	20	300	media					
14	20	320						
14	20	340						
8	20	360	suelta					
17	20	380	media					
34	20	400	densa					
72	20	420	muy densa					
200	20	440	rechazo					



D. Luis Alberto Otero Lemos
JEFE DE AREA GEOTÉCNIA

D. Emilio Otero Martínez
DIRECTOR DEL LABORATORIO



CÁLCULO DE LA CARGA DE HUNDIMIENTO
A PARTIR DE LA RESISTENCIA EN PUNTA
EN TERRENOS GRANULARES

DATOS DE LA OBRA:	
PETICIONARIO: INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.	
OBRA: Proyecto de trazado e impacto ambiental. Conexión CG 1.5 en Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)	
ENSAYO N°: P.D.C. 1	COTA DE INICIO: Z = 59,00 metros

Cálculo de la tensión admisible a partir de la "Fórmula de los Holandeses"					
Número de golpes (N _{borros})	Profundidad parcial (cm)	Profundidad total (cm)	Resistencia dinámica (Q _{din}) (Kg/cm ²)	Resistencia estática (Q _{est}) (Kg/cm ²)	Tensión admisible (σ _{adm}) (Kg/cm ²)
0	0	0	0,00	0,00	0,00
1	20	20	8,27	0,41	0,10
4	20	40	33,09	1,65	0,41
6	20	60	49,64	2,48	0,62
7	20	80	57,92	2,90	0,72
30	20	100	248,21	12,41	2,50
52	20	120	430,23	21,51	3,00
40	20	140	330,95	16,55	2,50
42	20	160	347,49	17,37	2,50
46	20	180	380,59	19,03	2,50
40	20	200	330,95	16,55	2,50
82	20	220	678,44	33,92	4,00
200	20	240	1654,73	82,74	5,00



CÁLCULO DE LA CARGA DE HUNDIMIENTO
A PARTIR DE LA RESISTENCIA EN PUNTA
EN TERRENOS GRANULARES

DATOS DE LA OBRA:	
PETICIONARIO: INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.	
OBRA: Proyecto de trazado e impacto ambiental. Conexión CG 1.5 en Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)	
ENSAYO N°: P.D.C. 2	COTA DE INICIO: Z = 47,00 metros

Cálculo de la tensión admisible a partir de la "Fórmula de los Holandeses"					
Número de golpes (N _{borros})	Profundidad parcial (cm)	Profundidad total (cm)	Resistencia dinámica (Q _{din}) (Kg/cm ²)	Resistencia estática (Q _{est}) (Kg/cm ²)	Tensión admisible (σ _{adm}) (Kg/cm ²)
0	0	0	0,00	0,00	0,00
3	20	20	24,82	1,24	0,31
4	20	40	33,09	1,65	0,41
2	20	60	16,55	0,83	0,21
3	20	80	24,82	1,24	0,31
7	20	100	57,92	2,90	0,72
16	20	120	132,38	6,62	1,65
13	20	140	107,56	5,38	1,34
8	20	160	66,19	3,31	0,83
9	20	180	74,46	3,72	0,93
12	20	200	99,28	4,96	1,24
25	20	220	206,84	10,34	2,50
19	20	240	157,20	7,86	1,96
19	20	260	157,20	7,86	1,96
22	20	280	182,02	9,10	2,28
25	20	300	206,84	10,34	2,50
18	20	320	148,93	7,45	1,86
14	20	340	115,83	5,79	1,45
16	20	360	132,38	6,62	1,65
24	20	380	198,57	9,93	2,48
30	20	400	248,21	12,41	2,50
48	20	420	397,14	19,86	2,50
70	20	440	579,16	28,96	3,00
98	20	460	810,82	40,54	4,00
200	20	480	1654,73	82,74	5,00



CÁLCULO DE LA CARGA DE HUNDIMIENTO
A PARTIR DE LA RESISTENCIA EN PUNTA
EN TERRENOS GRANULARES

DATOS DE LA OBRA:

PETICIONARIO: INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.

OBRA: Proyecto de trazado e impacto ambiental. Conexión CG 1.5 en Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)

ENSAYO N°: P.D.C. 3

COTA DE INICIO: Z = 35,00 metros

Cálculo de la tensión admisible a partir de la "Fórmula de los Holandeses"

Número de golpes (N _{borros})	Profundidad parcial (cm)	Profundidad total (cm)	Resistencia dinámica (Q _{din}) (Kg/cm ²)	Resistencia estática (Q _{est}) (Kg/cm ²)	Tensión admisible (σ _{adm}) (Kg/cm ²)
0	0	0	0,00	0,00	0,00
1	20	20	8,27	0,41	0,10
1	20	40	8,27	0,41	0,10
2	20	60	16,55	0,83	0,21
2	20	80	16,55	0,83	0,21
1	20	100	8,27	0,41	0,10
4	20	120	33,09	1,65	0,41
5	20	140	41,37	2,07	0,52
7	20	160	57,92	2,90	0,72
20	20	180	165,47	8,27	2,07
25	20	200	206,84	10,34	2,50
37	20	220	306,13	15,31	2,50
28	20	240	231,66	11,58	2,50
30	20	260	248,21	12,41	2,50
30	20	280	248,21	12,41	2,50
24	20	300	198,57	9,93	2,48
26	20	320	215,12	10,76	2,50
22	20	340	182,02	9,10	2,28
30	20	360	248,21	12,41	2,50
48	20	380	397,14	19,86	2,50
37	20	400	306,13	15,31	2,50
50	20	420	413,68	20,68	2,50
70	20	440	579,16	28,96	3,00
106	20	460	877,01	43,85	4,00
200	20	480	1654,73	82,74	5,00



CÁLCULO DE LA CARGA DE HUNDIMIENTO
A PARTIR DE LA RESISTENCIA EN PUNTA
EN TERRENOS GRANULARES

DATOS DE LA OBRA:

PETICIONARIO: INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.

OBRA: Proyecto de trazado e impacto ambiental. Conexión CG 1.5 en Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)

ENSAYO N°: P.D.C. 4

COTA DE INICIO: Z = 32,00 metros

Cálculo de la tensión admisible a partir de la "Fórmula de los Holandeses"

Número de golpes (N _{borros})	Profundidad parcial (cm)	Profundidad total (cm)	Resistencia dinámica (Q _{din}) (Kg/cm ²)	Resistencia estática (Q _{est}) (Kg/cm ²)	Tensión admisible (σ _{adm}) (Kg/cm ²)
0	0	0	0,00	0,00	0,00
1	20	20	8,27	0,41	0,10
2	20	40	16,55	0,83	0,21
1	20	60	8,27	0,41	0,10
1	40	100	8,27	0,41	0,10
1	100	200	8,27	0,41	0,10
1	60	260	8,27	0,41	0,10
1	20	280	8,27	0,41	0,10
1	20	300	8,27	0,41	0,10
5	20	320	41,37	2,07	0,52
7	20	340	57,92	2,90	0,72
6	20	360	49,64	2,48	0,62
7	20	380	57,92	2,90	0,72
12	20	400	99,28	4,96	1,24
18	20	420	148,93	7,45	1,86
12	20	440	99,28	4,96	1,24
15	20	460	124,10	6,21	1,55
18	20	480	148,93	7,45	1,86
22	20	500	182,02	9,10	2,28
28	20	520	231,66	11,58	2,50
34	20	540	281,30	14,07	2,50
26	20	560	215,12	10,76	2,50
24	20	580	198,57	9,93	2,48
32	20	600	264,76	13,24	2,50
36	20	620	297,85	14,89	2,50
28	20	640	231,66	11,58	2,50
30	20	660	248,21	12,41	2,50
37	20	680	306,13	15,31	2,50
45	20	700	372,31	18,62	2,50
50	20	720	413,68	20,68	2,50
78	20	740	645,35	32,27	3,00
96	20	760	794,27	39,71	4,00
200	20	780	1654,73	82,74	5,00



**CÁLCULO DE LA CARGA DE HUNDIMIENTO
A PARTIR DE LA RESISTENCIA EN PUNTA
EN TERRENOS GRANULARES**

DATOS DE LA OBRA:	
PETICIONARIO: INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.	
OBRA: Proyecto de trazado e impacto ambiental. Conexión CG 1.5 en Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)	
ENSAYO N°: P.D.C. 5	COTA DE INICIO: Z = 105,00 metros

Cálculo de la tensión admisible a partir de la "Fórmula de los Holandeses"					
Número de golpes (N _{borros})	Profundidad parcial (cm)	Profundidad total (cm)	Resistencia dinámica (Q _{din}) (Kg/cm ²)	Resistencia estática (Q _{est}) (Kg/cm ²)	Tensión admisible (σ _{adm}) (Kg/cm ²)
0	0	0	0,00	0,00	0,00
12	20	20	99,28	4,96	1,24
26	20	40	215,12	10,76	2,50
18	20	60	148,93	7,45	1,86
23	20	80	190,29	9,51	2,38
25	20	100	206,84	10,34	2,50
22	20	120	182,02	9,10	2,28
33	20	140	273,03	13,65	2,50
30	20	160	248,21	12,41	2,50
30	20	180	248,21	12,41	2,50
30	20	200	248,21	12,41	2,50
48	20	220	397,14	19,86	2,50
30	20	240	248,21	12,41	2,50
18	20	260	148,93	7,45	1,86
20	20	280	165,47	8,27	2,07
45	20	300	372,31	18,62	2,50
43	20	320	355,77	17,79	2,50
18	20	340	148,93	7,45	1,86
36	20	360	297,85	14,89	2,50
35	20	380	289,58	14,48	2,50
30	20	400	248,21	12,41	2,50
42	20	420	347,49	17,37	2,50
29	20	440	239,94	12,00	2,50
21	20	460	173,75	8,69	2,17
18	20	480	148,93	7,45	1,86
30	20	500	248,21	12,41	2,50
35	20	520	289,58	14,48	2,50
44	20	540	364,04	18,20	2,50
42	20	560	347,49	17,37	2,50
54	20	580	446,78	22,34	3,00
81	20	600	670,17	33,51	4,00
90	20	620	744,63	37,23	4,00
200	20	640	1654,73	82,74	5,00



**CÁLCULO DE LA CARGA DE HUNDIMIENTO
A PARTIR DE LA RESISTENCIA EN PUNTA
EN TERRENOS GRANULARES**

DATOS DE LA OBRA:	
PETICIONARIO: INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.	
OBRA: Proyecto de trazado e impacto ambiental. Conexión CG 1.5 en Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)	
ENSAYO N°: P.D.C. 6	COTA DE INICIO: Z = 91,00 metros

Cálculo de la tensión admisible a partir de la "Fórmula de los Holandeses"					
Número de golpes (N _{borros})	Profundidad parcial (cm)	Profundidad total (cm)	Resistencia dinámica (Q _{din}) (Kg/cm ²)	Resistencia estática (Q _{est}) (Kg/cm ²)	Tensión admisible (σ _{adm}) (Kg/cm ²)
0	0	0	0,00	0,00	0,00
15	20	20	124,10	6,21	1,55
30	20	40	248,21	12,41	2,50
40	20	60	330,95	16,55	2,50
100	20	80	827,37	41,37	5,00



CÁLCULO DE LA CARGA DE HUNDIMIENTO
A PARTIR DE LA RESISTENCIA EN PUNTA
EN TERRENOS GRANULARES

DATOS DE LA OBRA:	
PETICIONARIO: INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.	
OBRA: Proyecto de trazado e impacto ambiental. Conexión CG 1.5 en Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)	
ENSAYO N°: P.D.C. 7	COTA DE INICIO: Z = 74,00 metros

Cálculo de la tensión admisible a partir de la "Fórmula de los Holandeses"					
Número de golpes (N _{borros})	Profundidad parcial (cm)	Profundidad total (cm)	Resistencia dinámica (Q _{din}) (Kg/cm ²)	Resistencia estática (Q _{est}) (Kg/cm ²)	Tensión admisible (σ _{adm}) (Kg/cm ²)
0	0	0	0,00	0,00	0,00
1	20	20	8,27	0,41	0,10
3	20	40	24,82	1,24	0,31
3	20	60	24,82	1,24	0,31
1	40	100	8,27	0,41	0,10
2	20	120	16,55	0,83	0,21
2	20	140	16,55	0,83	0,21
4	20	160	33,09	1,65	0,41
2	20	180	16,55	0,83	0,21
3	20	200	24,82	1,24	0,31
5	20	220	41,37	2,07	0,52
4	20	240	33,09	1,65	0,41
7	20	260	57,92	2,90	0,72
12	20	280	99,28	4,96	1,24
12	20	300	99,28	4,96	1,24
14	20	320	115,83	5,79	1,45
14	20	340	115,83	5,79	1,45
8	20	360	66,19	3,31	0,83
17	20	380	140,65	7,03	1,76
34	20	400	281,30	14,07	2,50
72	20	420	595,70	29,79	3,00
200	20	440	1654,73	82,74	5,00

ANEXO N° 5

REGISTRO DE LAS FICHAS DE TALUDES

PETICIONARIO: Ingeniería del Noroeste, S.L.		OBRA: Estudio geotécnico	PROYECTO: Trazado e impacto ambiental. Conexión CG 1.5 en Sampaio-Portobravo	TÉCNICO ENCARGADO: E. Villota	FECHA: 25-Noviembre-2013
FICHA DE TALUD: T-1	LITOLOGÍA DEL FRENTE ROCOSO: Esquisto		SITUACIÓN: P.K. 0+020 aproximadamente, Margen Derecho		COORDENADAS (X, Y, Z): (511439, 4738309, 109)

Características geométricas del talud:		
Altura (m):	3,00 metros	BERMAS:
Longitud (m):		Situación Anchura (m) Estado general
Dirección (°):	92	Pie.....
Buzamiento (°):	50	Medio talud.....
Pendiente (H:V):	3:4	Coronación.....
Vegetación:	Si	CUNETÓN:
Humedad:	No	Si.....

Estado del talud e inestabilidades:						
Estabilidad general:	Excelente	Buena	Media	Mala	Muy mala	
INESTABILIDADES						
Deslizamientos:	Rotacionales			Translacionales		
Roturas:	Rotura de talud	Rotura de pie	Rotura de base	Cuña directa	Cuña inversa	En bloques
Vuelcos:	Vuelco por flexión		Vuelco de bloques		Vuelco mixto	
Desprendimientos:	Chineos		Bloques medios		Bloques grandes	
Coladas:	Reptaciones		Colada de barro		Derrubios	
Erosivos:	Regueros y cárcavas		Derrubios importantes		Erosión superficial	Socavación al pie
Otros:	Alteración superficial			Grietas de tracción		

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA / GEOTÉCNICA:
Esquisto cuarcítico de color grisáceo en corte fresco. Grado de alteración IV-V. La dirección principal de la foliación es subhorizontal. La cara del talud presenta una mayor alteración y presenta un color pardo claro. Erosionabilidad baja y excavabilidad difícil tipo roca dureza media.

FOTOGRAFÍA PANORÁMICA DEL TALUD:


FOTOGRAFÍAS DE DETALLE DE LOS MATERIALES DEL TALUD:	
	

OBSERVACIONES / DESCRIPCIÓN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS DETECTADOS:
No existen problemas de estabilidad visibles a fecha del estudio de campo.

PETICIONARIO: Ingeniería del Noroeste, S.L.		OBRA: Estudio geotécnico	PROYECTO: Trazado e impacto ambiental. Conexión CG 1.5 en Sampaio-Portobravo	TÉCNICO ENCARGADO: E. Villota	FECHA: 25-Noviembre-2013
FICHA DE TALUD: T-2	LITOLOGÍA DEL FRENTE ROCOSO: Esquisto		SITUACIÓN: P.K. 0+060 aproximadamente, Margen Derecho		COORDENADAS (X, Y, Z): (511426, 4738252, 104)

Características geométricas del talud:		
Altura (m):	4,00 metros	BERMAS:
Longitud (m):		Situación Anchura (m) Estado general
Dirección (°):	90	Pie.....
Buzamiento (°):	61	Medio talud.....
Pendiente (H:V):	3:5	Coronación.....
Vegetación:	Si	CUNETÓN:
Humedad:	No	Si.....

Estado del talud e inestabilidades:						
Estabilidad general:	Excelente	Buena	Media	Mala	Muy mala	
INESTABILIDADES						
Deslizamientos:	Rotacionales			Translacionales		
Roturas:	Rotura de talud	Rotura de pie	Rotura de base	Cuña directa	Cuña inversa	En bloques
Vuelcos:	Vuelco por flexión		Vuelco de bloques		Vuelco mixto	
Desprendimientos:	Chineos		Bloques medios		Bloques grandes	
Coladas:	Reptaciones		Colada de barro		Derrubios	
Erosivos:	Regueros y cárcavas		Derrubios importantes		Erosión superficial	Socavación al pie
Otros:	Alteración superficial			Grietas de tracción		

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA / GEOTÉCNICA:
Esquisto cuarcítico de color grisáceo en corte fresco y ocre-amarillento por alteración. Grado de alteración IV-V. Las fracturas presentan una gran meteorización ayudada por la penetración de raíces de los árboles en el sustrato rocoso. Erosionabilidad media y excavabilidad media tipo roca dureza baja.

FOTOGRAFÍA PANORÁMICA DEL TALUD:


FOTOGRAFÍAS DE DETALLE DE LOS MATERIALES DEL TALUD:	
	

OBSERVACIONES / DESCRIPCIÓN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS DETECTADOS:
Existen pequeños derrubios en la parte baja del talud debido a que se el ángulo de inclinación del talud es mayor.

PETICIONARIO: Ingeniería del Noroeste, S.L.		OBRA: Estudio geotécnico	PROYECTO: Trazado e impacto ambiental. Conexión CG 1.5 en Sampaio-Portobravo	TÉCNICO ENCARGADO: E. Villota	FECHA: 25-Noviembre-2013
FICHA DE TALUD: T-3	LITOLOGÍA DEL FRENTE ROCOSO: Esquisto		SITUACIÓN: P.K. 0+100 aproximadamente, Margen Derecho	COORDENADAS (X, Y, Z): (511404, 4738237, 103)	

Características geométricas del talud:		
Altura (m):	6,00 metros	BERMAS:
Longitud (m):		Situación Anchura (m) Estado general
Dirección (°):	146	Pie.....
Buzamiento (°):	66	Medio talud.....
Pendiente (H:V):	2:5	Coronación.....
Vegetación:	Si	CUNETÓN:
Humedad:	No	Si.....

Estado del talud e inestabilidades:						
Estabilidad general:	Excelente	Buena	Media	Mala	Muy mala	
INESTABILIDADES						
Deslizamientos:	Rotacionales			Translacionales		
Roturas:	Rotura de talud	Rotura de pie	Rotura de base	Cuña directa	Cuña inversa	En bloques
Vuelcos:	Vuelco por flexión		Vuelco de bloques		Vuelco mixto	
Desprendimientos:	Chineos		Bloques medios		Bloques grandes	
Coladas:	Reptaciones		Colada de barro		Derrubios	
Erosivos:	Regueros y cárcavas		Derrubios importantes		Erosión superficial	Socavación al pie
Otros:	Alteración superficial			Grietas de tracción		

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA / GEOTÉCNICA:
Esquisto cuarcítico de color color grisáceo, poco alterado, en G.M. II-III. La dirección principal de fracturación está a contrapendiente del talud. Erosionabilidad baja y excavabilidad difícil tipo roca dura.

FOTOGRAFÍA PANORÁMICA DEL TALUD:


FOTOGRAFÍAS DE DETALLE DE LOS MATERIALES DEL TALUD:	
	

OBSERVACIONES / DESCRIPCIÓN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS DETECTADOS:
No existen problemas de estabilidad visibles a fecha del estudio de campo, tan solo una alteración superficial. El material de la cara del talud se encuentra tapizado por vegetación y el sustrato rocoso presenta signos de fragmentación debido al enraizamiento de los árboles en la roca.

PETICIONARIO: Ingeniería del Noroeste, S.L.		OBRA: Estudio geotécnico	PROYECTO: Trazado e impacto ambiental. Conexión CG 1.5 en Sampaio-Portobravo	TÉCNICO ENCARGADO: E. Villota	FECHA: 25-Noviembre-2013
FICHA DE TALUD: T-4	LITOLOGÍA DEL FRENTE ROCOSO: Esquisto		SITUACIÓN: P.K. 0+200 aproximadamente, Margen Derecho	COORDENADAS (X, Y, Z): (511402, 4738154, 94)	

Características geométricas del talud:		
Altura (m):	1,70 metros	BERMAS:
Longitud (m):		Situación Anchura (m) Estado general
Dirección (°):	104	Pie.....
Buzamiento (°):	68	Medio talud.....
Pendiente (H:V):	1:3	Coronación.....
Vegetación:	Si	CUNETÓN:
Humedad:	No	Si.....

Estado del talud e inestabilidades:						
Estabilidad general:	Excelente	Buena	Media	Mala	Muy mala	
INESTABILIDADES						
Deslizamientos:	Rotacionales			Translacionales		
Roturas:	Rotura de talud	Rotura de pie	Rotura de base	Cuña directa	Cuña inversa	En bloques
Vuelcos:	Vuelco por flexión		Vuelco de bloques		Vuelco mixto	
Desprendimientos:	Chineos		Bloques medios		Bloques grandes	
Coladas:	Reptaciones		Colada de barro		Derrubios	
Erosivos:	Regueros y cárcavas		Derrubios importantes		Erosión superficial	Socavación al pie
Otros:	Alteración superficial			Grietas de tracción		

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA / GEOTÉCNICA:
Esquisto cuarcítico de color color grisáceo, poco alterado, en G.M. III. La dirección principal de fracturación es subhorizontal y se observan numerosos filoncillos y venas de cuarzo en la misma dirección que la foliación. Erosionabilidad baja y excavabilidad difícil tipo roca dura.

FOTOGRAFÍA PANORÁMICA DEL TALUD:


FOTOGRAFÍAS DE DETALLE DE LOS MATERIALES DEL TALUD:	
	

OBSERVACIONES / DESCRIPCIÓN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS DETECTADOS:
No existen problemas de estabilidad visibles a fecha del estudio de campo.

PETICIONARIO: Ingeniería del Noroeste, S.L.		OBRA: Estudio geotécnico	PROYECTO: Trazado e impacto ambiental. Conexión CG 1.5 en Sampaio-Portobravo	TÉCNICO ENCARGADO: E. Villota	FECHA: 25-Noviembre-2013
FICHA DE TALUD: T-5	LITOLOGÍA DEL FRENTE ROCOSO: Esquisto		SITUACIÓN: P.K. 0+300 aproximadamente, Margen Derecho	COORDENADAS (X, Y, Z): (511381, 4738052, 87)	

Características geométricas del talud:		
Altura (m):	1,90 metros	BERMAS:
Longitud (m):		Situación Anchura (m) Estado general
Dirección (°):	94	Pie.....
Buzamiento (°):	48	Medio talud.....
Pendiente (H:V):	1:1	Coronación.....
Vegetación:	Si	CUNETÓN:
Humedad:	No	Si.....

Estado del talud e inestabilidades:						
Estabilidad general:	Excelente	Buena	Media	Mala	Muy mala	
INESTABILIDADES						
Deslizamientos:	Rotacionales			Translacionales		
Roturas:	Rotura de talud	Rotura de pie	Rotura de base	Cuña directa	Cuña inversa	En bloques
Vuelcos:	Vuelco por flexión		Vuelco de bloques		Vuelco mixto	
Desprendimientos:	Chineos		Bloques medios		Bloques grandes	
Coladas:	Reptaciones		Colada de barro		Derrubios	
Erosivos:	Regueros y cárcavas		Derrubios importantes		Erosión superficial	Socavación al pie
Otros:	Alteración superficial			Grietas de tracción		

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA / GEOTÉCNICA:

Esquisto cuarcítico de color color grisáceo, poco alterado, en G.M. II-III. La dirección principal de fracturación es subhorizontal y se observan numerosos filoncillos y venas de cuarzo en la misma dirección que la foliación, en ocasines en formas de glándulas Erosionabilidad baja y excavabilidad difícil tipo roca dura.

FOTOGRAFÍA PANORÁMICA DEL TALUD:

FOTOGRAFÍAS DE DETALLE DE LOS MATERIALES DEL TALUD:

OBSERVACIONES / DESCRIPCIÓN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS DETECTADOS:

No existen problemas de estabilidad visibles a fecha del estudio de campo. El material de la cara del talud se encuentra tapizado por vegetación.

PETICIONARIO: Ingeniería del Noroeste, S.L.		OBRA: Estudio geotécnico	PROYECTO: Trazado e impacto ambiental. Conexión CG 1.5 en Sampaio-Portobravo	TÉCNICO ENCARGADO: E. Villota	FECHA: 25-Noviembre-2013
FICHA DE TALUD: T-6	LITOLOGÍA DEL FRENTE ROCOSO: Esquisto		SITUACIÓN: P.K. 0+350 aproximadamente, Margen Derecho		COORDENADAS (X, Y, Z): (511376, 4737989, 80)

Características geométricas del talud:		
Altura (m):	1,60 metros	BERMAS:
Longitud (m):		Situación Anchura (m) Estado general
Dirección (°):	94	Pie.....
Buzamiento (°):	72	Medio talud.....
Pendiente (H:V):	1:3	Coronación.....
Vegetación:	No	CUNETÓN:
Humedad:	No	Si.....

Estado del talud e inestabilidades:						
Estabilidad general:	Excelente	Buena	Media	Mala	Muy mala	
INESTABILIDADES						
Deslizamientos:	Rotacionales			Translacionales		
Roturas:	Rotura de talud	Rotura de pie	Rotura de base	Cuña directa	Cuña inversa	En bloques
Vuelcos:	Vuelco por flexión		Vuelco de bloques		Vuelco mixto	
Desprendimientos:	Chineos		Bloques medios		Bloques grandes	
Coladas:	Reptaciones		Colada de barro		Derrubios	
Erosivos:	Regueros y cárcavas		Derrubios importantes		Erosión superficial	Socavación al pie
Otros:	Alteración superficial			Grietas de tracción		

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA / GEOTÉCNICA:
Esquisto cuarcítico de color color grisáceo, poco alterado, en G.M. II. Se observan filoncillos y venas de cuarzo en la misma dirección que la foliación, en ocasines en formas de glándulas Erosionabilidad baja y excavabilidad difícil tipo roca dura.

FOTOGRAFÍA PANORÁMICA DEL TALUD:


FOTOGRAFÍAS DE DETALLE DE LOS MATERIALES DEL TALUD:	
	

OBSERVACIONES / DESCRIPCIÓN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS DETECTADOS:
No existen problemas de estabilidad visibles a fecha del estudio de campo.

PETICIONARIO: Ingeniería del Noroeste, S.L.		OBRA: Estudio geotécnico	PROYECTO: Trazado e impacto ambiental. Conexión CG 1.5 en Sampaio-Portobravo	TÉCNICO ENCARGADO: E. Villota	FECHA: 25-Noviembre-2013
FICHA DE TALUD: T-7	LITOLOGÍA DEL FRENTE ROCOSO: Esquisto		SITUACIÓN: P.K. 0+370 aproximadamente, Margen Izquierdo		COORDENADAS (X, Y, Z): (511138, 4737648, 75)

Características geométricas del talud:		
Altura (m):	3,00 metros	BERMAS:
Longitud (m):		Situación Anchura (m) Estado general
Dirección (°):	176	Pie.....
Buzamiento (°):	34	Medio talud.....
Pendiente (H:V):	3:2	Coronación.....
Vegetación:	Si	CUNETÓN:
Humedad:	No	Si.....

Estado del talud e inestabilidades:						
Estabilidad general:	Excelente	Buena	Media	Mala	Muy mala	
INESTABILIDADES						
Deslizamientos:	Rotacionales			Translacionales		
Roturas:	Rotura de talud	Rotura de pie	Rotura de base	Cuña directa	Cuña inversa	En bloques
Vuelcos:	Vuelco por flexión		Vuelco de bloques		Vuelco mixto	
Desprendimientos:	Chineos		Bloques medios		Bloques grandes	
Coladas:	Reptaciones		Colada de barro		Derrubios	
Erosivos:	Regueros y cárcavas		Derrubios importantes		Erosión superficial	Socavación al pie
Otros:	Alteración superficial			Grietas de tracción		

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA / GEOTÉCNICA:
Esquisto cuarcítico de color color grisáceo, poco alterado, en G.M. III. La dirección principal de fracturación es subvertical y se observan filoncillos y venas de cuarzo en la misma dirección que la foliación. Erosionabilidad baja y excavabilidad difícil tipo roca dura.

FOTOGRAFÍA PANORÁMICA DEL TALUD:


FOTOGRAFÍAS DE DETALLE DE LOS MATERIALES DEL TALUD:	
	

OBSERVACIONES / DESCRIPCIÓN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS DETECTADOS:
No existen problemas de estabilidad visibles a fecha del estudio de campo.

PETICIONARIO: Ingeniería del Noroeste, S.L.		OBRA: Estudio geotécnico	PROYECTO: Trazado e impacto ambiental. Conexión CG 1.5 en Sampaio-Portobravo	TÉCNICO ENCARGADO: E. Villota	FECHA: 25-Noviembre-2013
FICHA DE TALUD: T-8	LITOLOGÍA DEL FRENTE ROCOSO: Gneis		SITUACIÓN: P.K. 0+880 aproximadamente, Margen Izquierdo		COORDENADAS (X, Y, Z): (511035, 4737469, 49)

Características geométricas del talud:		
Altura (m):	0,80 metros	BERMAS:
Longitud (m):		Situación Anchura (m) Estado general
Dirección (°):	256	Pie.....
Buzamiento (°):	70	Medio talud.....
Pendiente (H:V):	1:3	Coronación.....
Vegetación:	Si	CUNETÓN:
Humedad:	No	No.....

Estado del talud e inestabilidades:						
Estabilidad general:	Excelente	Buena	Media	Mala	Muy mala	
INESTABILIDADES						
Deslizamientos:	Rotacionales			Translacionales		
Roturas:	Rotura de talud	Rotura de pie	Rotura de base	Cuña directa	Cuña inversa	En bloques
Vuelcos:	Vuelco por flexión		Vuelco de bloques		Vuelco mixto	
Desprendimientos:	Chineos		Bloques medios		Bloques grandes	
Coladas:	Reptaciones		Colada de barro		Derrubios	
Erosivos:	Regueros y cárcavas		Derrubios importantes		Erosión superficial	Socavación al pie
Otros:	Alteración superficial			Grietas de tracción		

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA / GEOTÉCNICA:
Gneis de color pardo claro por alteración, meteorizado en G.M. IV-V. Erosionabilidad alta y excavabilidad fácil tipo roca dureza baja.

FOTOGRAFÍA PANORÁMICA DEL TALUD:


FOTOGRAFÍAS DE DETALLE DE LOS MATERIALES DEL TALUD:	
	

OBSERVACIONES / DESCRIPCIÓN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS DETECTADOS:
No existen problemas de estabilidad visibles a fecha del estudio de campo. El talud se encuentra totalmente tapizado por vegetación.

PETICIONARIO: Ingeniería del Noroeste, S.L.		OBRA: Estudio geotécnico	PROYECTO: Trazado e impacto ambiental. Conexión CG 1.5 en Sampaio-Portobravo	TÉCNICO ENCARGADO: E. Villota	FECHA: 25-Noviembre-2013
FICHA DE TALUD: T-9	LITOLOGÍA DEL FRENTE ROCOSO: Gneis		SITUACIÓN: P.K. 1+140 aproximadamente, Margen Derecho	COORDENADAS (X, Y, Z): (511439, 4738309, 33)	

Características geométricas del talud:		
Altura (m):	2,40 metros	BERMAS:
Longitud (m):		Situación Anchura (m) Estado general
Dirección (°):	122	Pie.....
Buzamiento (°):	88	Medio talud.....
Pendiente (H:V):	1:10	Coronación.....
Vegetación:	Si	CUNETÓN:
Humedad:	No	No.....

Estado del talud e inestabilidades:						
Estabilidad general:	Excelente	Buena	Media	Mala	Muy mala	
INESTABILIDADES						
Deslizamientos:	Rotacionales			Translacionales		
Roturas:	Rotura de talud	Rotura de pie	Rotura de base	Cuña directa	Cuña inversa	En bloques
Vuelcos:	Vuelco por flexión		Vuelco de bloques		Vuelco mixto	
Desprendimientos:	Chineos		Bloques medios		Bloques grandes	
Coladas:	Reptaciones		Colada de barro		Derrubios	
Erosivos:	Regueros y cárcavas		Derrubios importantes		Erosión superficial	Socavación al pie
Otros:	Alteración superficial			Grietas de tracción		

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA / GEOTÉCNICA:
Gneis de color pardo claro por alteración, meteorizado en G.M. IV-V. Erosionabilidad alta y excavabilidad fácil tipo roca dureza baja.

FOTOGRAFÍA PANORÁMICA DEL TALUD:

FOTOGRAFÍAS DE DETALLE DE LOS MATERIALES DEL TALUD:	
	

OBSERVACIONES / DESCRIPCIÓN DE PROBLEMAS GEOTÉCNICOS DETECTADOS:
No existen problemas de estabilidad visibles a fecha del estudio de campo. El talud se encuentra totalmente tapizado por vegetación.

ANEXO N° 6

ENSAYOS DE LABORATORIO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN EL PG-3

Tipo de suelo	Granulometría	Límites Atterberg	Ensayos químicos	Deformación
Terraplenes en general	Pasa tamiz 20 mm > 70% ó Pasa tamiz 0,08 mm > 35%			
Suelos seleccionados	Tamaño máx. < 100 mm Pasa tamiz 0,4 mm < 15%			
	Si pasa 0,40 mm > 15%: *pasa tamiz 2 mm < 80% *pasa tamiz 0,4 mm < 75% *pasa tamiz 0,08 mm < 25%	L, L< 30 y I.P.< 10	Materia organica < 0,2 % Sales solubles < 0,2%	
Suelos adecuados	Tamaño máx. < 100 mm Pasa tamiz 2 mm < 80% Pasa tamiz 0,08 mm < 35%	L.L. < 40 y si L.L.>30 el I.P.> 4	Materia organica < 1 % Sales solubles < 0,2%	
Suelos tolerables		L.L. < 65 y si L.L.>40 el I.P.> 0,73	Materia organica < 2 % Yesos < 5% Otras s.s. distintas < 1%	Colapso < 1% Hinchamiento < 3%
Suelos marginales		L.L. >90 y si el I.P< 0,73	Materia organica < 5 %	Hinchamiento < 5%
Suelos inadecuados	los que no se pueden incluir en las categorías anteriores			

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN CASAGRANDE

SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVA Y SUELOS CON GRAVA	GRAVA LIMPIA		GW	GRAVAS BIEN GRADUADAS, MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA, CON POCOS FINOS O SIN FINOS
				GP	GRAVAS MAL GRADUADAS, MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA, CON POCOS FINOS O SIN FINOS
				GM	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS	ARENA LIMPIA		GC	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA
				SW	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN FINOS
				SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN FINOS
		ARENA CON FINOS		SM	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO
				SC	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y ARCILLA
SUELOS DE GRANO FINO	LIMO Y ARCILLA LÍMITE LÍQUIDO MENOR DE 50			ML	LIMOS INORGANICOS Y ARENAS MUY FINAS, POLVO DE ROCA, ARENAS FINAS LIMOSAS O ARCILLOSAS, LIMOS ARCILLOSOS POCO PLASTICOS
				CL	ARCILLAS INORGANICAS POCO PLASTICAS O DE PLASTICIDAD MEDIANA, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS, ARCILLAS MAGRAS
				OL	LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS POCO PLASTICAS
				MH	LIMOS INORGANICOS CON MICA O ARENA FINA DE DIATOMEAS, O SUELOS LIMOSOS
				CH	ARCILLAS INORGANICAS MUY PLASTICAS, ARCILLAS GRASAS
				OH	ARCILLAS ORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIANA O MUY PLASTICAS, LIMOS INORGANICOS
	LIMO Y ARCILLA LÍMITE LÍQUIDO MAYOR DE 50			PT	TURBA, HUMUS, SUELOS DE PANTANO CON MUCHA MATERIA ORGANICA

DATOS DE LA OBRA

CLAVE: SE-124 / 13

Obra:	Proyecto de Trazado e Impacto Ambiental. Conexión CG 1.5
Descripción:	Estudio geotécnico
Situación:	Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)
Peticionario:	Ingeniería del Noroeste, S.L.

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra nº:	EL-280414 / 01
Fecha de Toma:	28-abr-2014
Fecha del ensayo:	2-may-2014
Lugar de la Toma:	Penetrómetro "PDC-1"
Cota de la muestra:	Cota -1,00-1,60 metros respecto cota inicio del penetrómetro
Tipo de muestra:	Arenas limosas correspondientes con un suelo residual esquistoso

RESULTADOS OBTENIDOS

1. Análisis Granulométrico:

Tamices	(%) pasa acumula.
25	100,00
20	100,00
10	100,00
5	98,19
2	94,26
0,4	90,05
0,08	40,21
PASA	0,00

2. Límites Atterberg:

Límite Líquido (L.L.) (%):	34,6
Límite Plástico (L.P.) (%):	33,5
Índice Plasticidad (I.P.) (%):	1,1

3. Determinaciones Físico - Químicas:

Densidad aparente (gr / cm ³):	1,48
Densidad seca (gr / cm ³):	1,18
Humedad natural (%):	25,84
Materia orgánica (%):	1,28
Acidez Baumann Gully (ml / Kg):	
Contenido en sulfatos (mg / Kg):	
Contenido en sales solubles (%):	0,0434
Contenido en yesos (%):	

4. Determinaciones Geomecánicas:

Ángulo rozamiento interno (°):	
Coefficiente de cohesión (Kg / cm ²):	
Rest. compresión simple (N / mm ²):	
Densidad Proctor Modif.:	
Índice C. B. R. :	
Hinchamiento (%):	1,77
Colapso:	

Clasificación del terreno según PG-3: Suelo tolerable
Clasificación del terreno según Casagrande: Arenas limosas "SM"

OBSERVACIONES

Vigo (Pontevedra), a 02 de Mayo de 2014

Luis Alberto Otero Lemos
Fdo. Jefe de área de geotécnia (GTC/GTL)

Emilio Otero Martínez
Fdo. Director de laboratorio



**INFORME DE ENSAYO DE HUMEDAD
NATURAL MEDIANTE SECADO
EN ESTUFA (UNE 103300/93)**

DATOS DE LA OBRA

CLAVE: **SE-124/13**

Obra:	Proyecto de Trazado e Impacto Ambiental. Conexión CG 1.5
Descripción:	Estudio geotécnico
Situación:	Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)
Peticionario:	Ingeniería del Noroeste, S.L.

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra nº:	EL-280414/01
Fecha de Toma:	28-abr-2014
Fecha del ensayo:	29-abr-2014
Lugar de la Toma:	Penetrómetro "PDC-1"
Cota de la muestra:	Cota -1,00-1,60 metros respecto cota inicio del penetrómetro
Tipo de muestra:	Arenas limosas correspondientes con un suelo residual esquistoso

RESULTADOS OBTENIDOS

HUMEDAD NATURAL	
Tara	332,1
Tara+suelo+agua	471,4
Tara+suelo	442,8
HUMEDAD NATURAL (%)	25,84

OBSERVACIONES

Vigo (Pontevedra), a 02 de Mayo de 2014

Luis Alberto Otero Lemos
Fdo. Jefe de área de geotécnia (GTC/GTL)

Emilio Otero Martínez
Fdo. Director de laboratorio



**INFORME DE ENSAYO DE
DENSIDAD APARENTE/SECA
(UNE 103301/94)**

DATOS DE LA OBRA

CLAVE: **SE-124/13**

Obra:	Proyecto de Trazado e Impacto Ambiental. Conexión CG 1.5
Descripción:	Estudio geotécnico
Situación:	Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)
Peticionario:	Ingeniería del Noroeste, S.L.

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra nº:	EL-280414/01
Fecha de Toma:	28-abr-2014
Fecha del ensayo:	29-abr-2014
Lugar de la Toma:	Penetrómetro "PDC-1"
Cota de la muestra:	Cota -1,00-1,60 metros respecto cota inicio del penetrómetro
Tipo de muestra:	Arenas limosas correspondientes con un suelo residual esquistoso

RESULTADOS OBTENIDOS

DENSIDAD APARENTE/SECA	
Masa muestra, M1	100,00 gr
Masa muestra + parafina, M2	138,10 gr
Masa parafina, M3	38,10 gr
Volumen parafina, V1	42,33 cm³
Masa sumergida, M4	28,20 gr
Volumen muestra, V2	67,57 cm³
DENSIDAD APARENTE	1,48 gr/cm³
DENSIDAD SECA	1,18 gr/cm³

OBSERVACIONES

Vigo (Pontevedra), a 02 de Mayo de 2014

Luis Alberto Otero Lemos
Fdo. Jefe de área de geotécnia (GTC/GTL)

Emilio Otero Martínez
Fdo. Director de laboratorio



**INFORME DE ENSAYO DE
GRANULOMETRÍA DE SUELOS
POR TAMIZADO (UNE 103101/95)**

DATOS DE LA OBRA

CLAVE: **SE-124/13**

Obra:	Proyecto de Trazado e Impacto Ambiental. Conexión CG 1.5
Descripción:	Estudio geotécnico
Situación:	Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)
Peticionario:	Ingeniería del Noroeste, S.L.

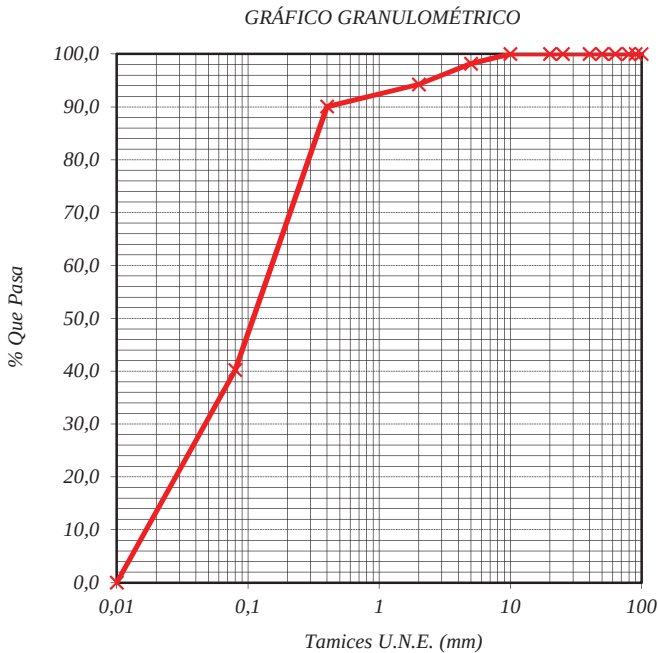
DATOS DE LA MUESTRA

Muestra nº:	EL-280414/01
Fecha de Toma:	28-abr-2014
Fecha del ensayo:	29-abr-2014
Lugar de la Toma:	Penetrómetro "PDC-1"
Cota de la muestra:	Cota -1,00-1,60 metros respecto cota inicio del penetrómetro
Tipo de muestra:	Arenas limosas correspondientes con un suelo residual esquistoso

RESULTADOS OBTENIDOS

Granulometría (UNE 103101)

Tamices	Retenido tamices	% Acumulados
U.N.E. (mm)	Peso (g)	% Retenido Pasa
100	0,00	0,00 100,00
90	0,00	0,00 100,00
80	0,00	0,00 100,00
63	0,00	0,00 100,00
50	0,00	0,00 100,00
40	0,00	0,00 100,00
25	0,00	0,00 100,00
20	0,00	0,00 100,00
10	0,00	0,00 100,00
5	14,60	1,81 98,19
2	31,70	3,93 94,26
0,4	33,90	4,21 90,05
0,08	401,80	49,84 40,21
PASA	324,10	40,21 0,00
TOTAL	806,10	



OBSERVACIONES

Vigo (Pontevedra), a 02 de Mayo de 2014

Luis Alberto Otero Lemos
Fdo. Jefe de área de geotécnia (GTC/GTL)

Emilio Otero Martínez
Fdo. Director de laboratorio



**INFORME DE ENSAYO DE LÍMITES
DE ATTERBERG (UNE 103103/94,
(UNE 103104-93; UNE 103108-96)**

DATOS DE LA OBRA

CLAVE: **SE-124/13**

Obra:	Proyecto de Trazado e Impacto Ambiental. Conexión CG 1.5
Descripción:	Estudio geotécnico
Situación:	Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)
Peticionario:	Ingeniería del Noroeste, S.L.

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra nº:	EL-280414/01
Fecha de Toma:	28-abr-2014
Fecha del ensayo:	29-abr-2014
Lugar de la Toma:	Penetrómetro "PDC-1"
Cota de la muestra:	Cota -1,00-1,60 metros respecto cota inicio del penetrómetro
Tipo de muestra:	Arenas limosas correspondientes con un suelo residual esquistoso

RESULTADOS OBTENIDOS

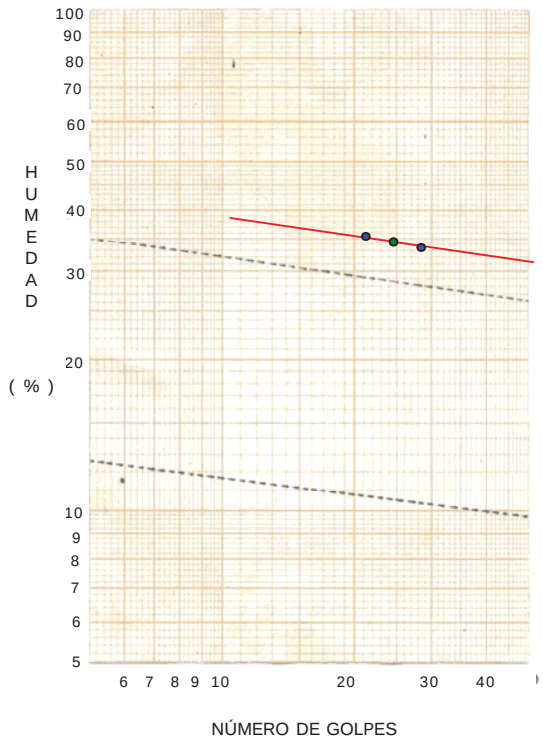
Límites de Atterberg

Límite Líquido			
Nº de Golpes	-	23	29
Referencia Tara	-	A	B
Agua	$a = (t+s+a) - (t+s)$	6,4	8,1
Tara+Suelo+Agua	$t+s+a$	62,9	69,4
Tara+suelo	$t+s$	56,5	61,3
Tara	t	38,3	37,3
Suelo	$s = (t+s) - t$	18,2	24,0
% de Humedad	$w = a * 100 / s$	35,1	33,8

Límite Líquido 34,6

Límite Plástico			
Nº de Golpes	-		
Referencia Tara	-	A	B
Agua	$a = (t+s+a) - (t+s)$	1,3	1,3
Tara+Suelo+Agua	$t+s+a$	21,4	21,4
Tara+suelo	$t+s$	20,1	20,1
Tara	t	16,2	16,2
Suelo	$s = (t+s) - t$	3,9	3,9
% de Humedad	$w = a * 100 / s$	33,2	33,8

Límite Plástico 33,5



Índice Plasticidad 1,1

OBSERVACIONES

Vigo (Pontevedra), a 02 de Mayo de 2014

Luis Alberto Otero Lemos
Fdo. Jefe de área de geotécnia (GTC/GTL)

Emilio Otero Martínez
Fdo. Director de laboratorio



**INFORME DE ENSAYO DE
CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA
(UNE 103204/93)**

DATOS DE LA OBRA

CLAVE: **SE-124/13**

Obra:	Proyecto de Trazado e Impacto Ambiental. Conexión CG 1.5
Descripción:	Estudio geotécnico
Situación:	Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)
Peticionario:	Ingeniería del Noroeste, S.L.

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra nº:	EL-280414/01
Fecha de Toma:	28-abr-2014
Fecha del ensayo:	29-abr-2014
Lugar de la Toma:	Penetrómetro "PDC-1"
Cota de la muestra:	Cota -1,00-1,60 metros respecto cota inicio del penetrómetro
Tipo de muestra:	Arenas limosas correspondientes con un suelo residual esquistoso

RESULTADOS OBTENIDOS

Contenido en materia orgánica (UNE 103204)

(Mi) Muestra (g)		Cm ³ (KMNO4)		F.N (KMNO4)		% materia orgánica	
M ₁	0,25	C ₁	3,00		1,0000	%	1,24
M ₂	0,2511	C ₂	3,20		1,0000	%	1,32
M ₃		C ₃				%	
M ₁		C ₄				%	
CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA MEDIA (%)							1,28

OBSERVACIONES

Vigo (Pontevedra), a 02 de Mayo de 2014

Luis Alberto Otero Lemos
Fdo. Jefe de área de geotécnia (GTC/GTL)

Emilio Otero Martínez
Fdo. Director de laboratorio



**INFORME DE ENSAYO DE
CONTENIDO EN SALES
SOLUBLES (NLT-115/99)**

DATOS DE LA OBRA

CLAVE: **SE-124/13**

Obra:	Proyecto de Trazado e Impacto Ambiental. Conexión CG 1.5
Descripción:	Estudio geotécnico
Situación:	Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)
Peticionario:	Ingeniería del Noroeste, S.L.

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra nº:	EL-280414/01
Fecha de Toma:	28-abr-2014
Fecha del ensayo:	29-abr-2014
Lugar de la Toma:	Penetrómetro "PDC-1"
Cota de la muestra:	Cota -1,00-1,60 metros respecto cota inicio del penetrómetro
Tipo de muestra:	Arenas limosas correspondientes con un suelo residual esquistoso

RESULTADOS OBTENIDOS

Sales Solubles en un suelo

Masa inicial suelo (P)(g)	50,12	Volumen agua inicial (V) (cm ³)	500
Volumen extracto acuoso (v ₁)	100	Volumen extracto acuoso (v ₂)	100
Masa cápsula 1 vacía (g)	77,1858	Masa cápsula 2 vacía (g)	78,5294
Masa cápsula 1 + residuo (g)	77,1905	Masa cápsula 2 + residuo (g)	78,5334
Masa residuo 1 (g)	0,0047	Masa residuo 2 (g)	0,0040

DETERMINACIÓN CONTENIDO EN SALES SOLUBLES

Sales solubles en 100 gramos de suelo	$\frac{V \times r}{v \times P} \times 100$	0,0434

OBSERVACIONES

Vigo (Pontevedra), a 02 de Mayo de 2014

Luis Alberto Otero Lemos
Fdo. Jefe de área de geotécnia (GTC/GTL)

Emilio Otero Martínez
Fdo. Director de laboratorio

Emilio Otero Martínez
Fdo. Director de laboratorio



**INFORME DE ENSAYO DE HUMEDAD
NATURAL MEDIANTE SECADO
EN ESTUFA (UNE 103300/93)**

DATOS DE LA OBRA

CLAVE: **SE-124/13**

Obra:	Proyecto de Trazado e Impacto Ambiental. Conexión CG 1.5
Descripción:	Estudio geotécnico
Situación:	Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)
Peticionario:	Ingeniería del Noroeste, S.L.

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra nº:	EL-280414/02
Fecha de Toma:	28-abr-2014
Fecha del ensayo:	29-abr-2014
Lugar de la Toma:	Penetrómetro "PDC-4"
Cota de la muestra:	Cota -3,00-3,60 metros respecto cota inicio del penetrómetro
Tipo de muestra:	Arenas limosas correspondientes con un suelo residual esquistoso

RESULTADOS OBTENIDOS

HUMEDAD NATURAL	
Tara	547,6
Tara+suelo+agua	650,2
Tara+suelo	629,9
HUMEDAD NATURAL (%)	24,67

OBSERVACIONES

Vigo (Pontevedra), a 02 de Mayo de 2014

Luis Alberto Otero Lemos
Fdo. Jefe de área de geotécnia (GTC/GTL)

Emilio Otero Martínez
Fdo. Director de laboratorio



**INFORME DE ENSAYO DE
DENSIDAD APARENTE/SECA
(UNE 103301/94)**

DATOS DE LA OBRA

CLAVE: **SE-124/13**

Obra:	Proyecto de Trazado e Impacto Ambiental. Conexión CG 1.5
Descripción:	Estudio geotécnico
Situación:	Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)
Peticionario:	Ingeniería del Noroeste, S.L.

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra nº:	EL-280414/02
Fecha de Toma:	28-abr-2014
Fecha del ensayo:	29-abr-2014
Lugar de la Toma:	Penetrómetro "PDC-4"
Cota de la muestra:	Cota -3,00-3,60 metros respecto cota inicio del penetrómetro
Tipo de muestra:	Arenas limosas correspondientes con un suelo residual esquistoso

RESULTADOS OBTENIDOS

DENSIDAD APARENTE/SECA	
Masa muestra, M1	100,70 gr
Masa muestra + parafina, M2	140,80 gr
Masa parafina, M3	40,10 gr
Volumen parafina, V1	44,56 cm³
Masa sumergida, M4	28,20 gr
Volumen muestra, V2	68,04 cm³
DENSIDAD APARENTE	1,48 gr/cm³
DENSIDAD SECA	1,19 gr/cm³

OBSERVACIONES

Vigo (Pontevedra), a 02 de Mayo de 2014

Luis Alberto Otero Lemos
Fdo. Jefe de área de geotécnia (GTC/GTL)

Emilio Otero Martínez
Fdo. Director de laboratorio



**INFORME DE ENSAYO DE
GRANULOMETRÍA DE SUELOS
POR TAMIZADO (UNE 103101/95)**

DATOS DE LA OBRA

CLAVE: **SE-124/13**

Obra:	Proyecto de Trazado e Impacto Ambiental. Conexión CG 1.5
Descripción:	Estudio geotécnico
Situación:	Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)
Peticionario:	Ingeniería del Noroeste, S.L.

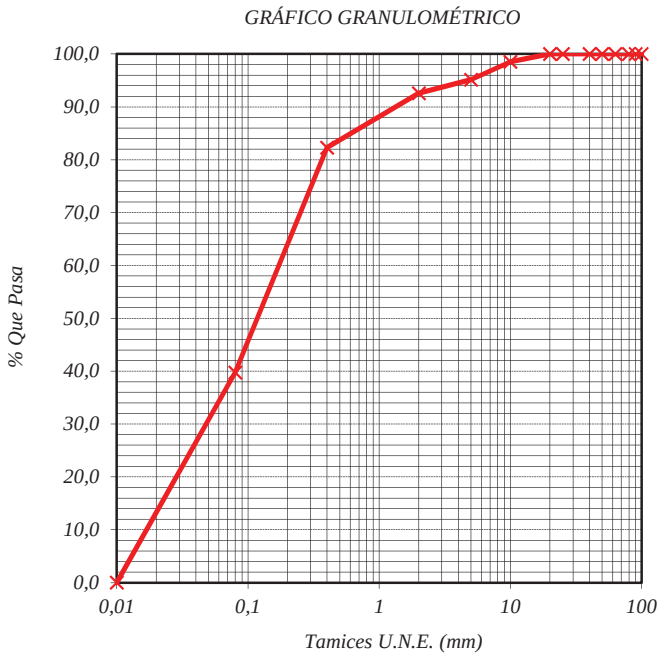
DATOS DE LA MUESTRA

Muestra nº:	EL-280414/02
Fecha de Toma:	28-abr-2014
Fecha del ensayo:	29-abr-2014
Lugar de la Toma:	Penetrómetro "PDC-4"
Cota de la muestra:	Cota -3,00-3,60 metros respecto cota inicio del penetrómetro
Tipo de muestra:	Arenas limosas correspondientes con un suelo residual esquistoso

RESULTADOS OBTENIDOS

Granulometría (UNE 103101)

Tamices	Retenido tamices		% Acumulados	
U.N.E. (mm)	Peso (g)	%	Retenido	Pasa
100	0,00	0,00	0,00	100,00
90	0,00	0,00	0,00	100,00
80	0,00	0,00	0,00	100,00
63	0,00	0,00	0,00	100,00
50	0,00	0,00	0,00	100,00
40	0,00	0,00	0,00	100,00
25	0,00	0,00	0,00	100,00
20	0,00	0,00	0,00	100,00
10	14,80	1,46	1,46	98,54
5	34,40	3,40	4,86	95,14
2	25,90	2,56	7,43	92,57
0,4	104,10	10,29	17,72	82,28
0,08	430,00	42,52	60,23	39,77
PASA	402,20	39,77	100,00	0,00
TOTAL	1011,40			



OBSERVACIONES

Vigo (Pontevedra), a 02 de Mayo de 2014

Luis Alberto Otero Lemos
Fdo. Jefe de área de geotécnia (GTC/GTL)

Emilio Otero Martínez
Fdo. Director de laboratorio



**INFORME DE ENSAYO DE LÍMITES
DE ATTERBERG (UNE 103103/94,
(UNE 103104-93; UNE 103108-96)**

DATOS DE LA OBRA

CLAVE: **SE-124/13**

Obra:	Proyecto de Trazado e Impacto Ambiental. Conexión CG 1.5
Descripción:	Estudio geotécnico
Situación:	Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)
Peticionario:	Ingeniería del Noroeste, S.L.

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra nº:	EL-280414/02
Fecha de Toma:	28-abr-2014
Fecha del ensayo:	29-abr-2014
Lugar de la Toma:	Penetrómetro "PDC-4"
Cota de la muestra:	Cota -3,00-3,60 metros respecto cota inicio del penetrómetro
Tipo de muestra:	Arenas limosas correspondientes con un suelo residual esquistoso

RESULTADOS OBTENIDOS

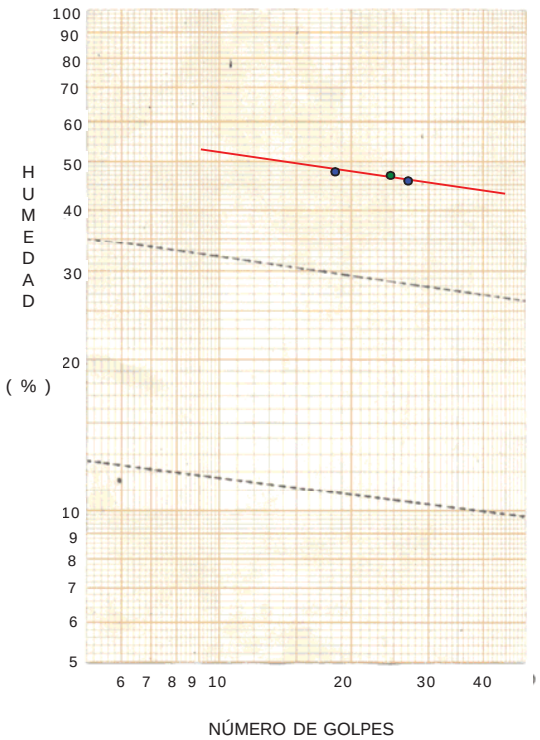
Límites de Atterberg

Límite Líquido			
Nº de Golpes	-	18	27
Referencia Tara	-	A	B
Agua	$a = (t+s+a) - (t+s)$	10,8	9,3
Tara+Suelo+Agua	$t+s+a$	70,7	62,3
Tara+suelo	$t+s$	59,9	53,0
Tara	t	37,3	32,9
Suelo	$s = (t+s) - t$	22,6	20,1
% de Humedad	$w = a \cdot 100 / s$	47,8	46,3

Límite Líquido 46,3

Límite Plástico			
Nº de Golpes	-		
Referencia Tara	-	A	B
Agua	$a = (t+s+a) - (t+s)$	1,6	1,6
Tara+Suelo+Agua	$t+s+a$	43,3	44,0
Tara+suelo	$t+s$	41,7	42,4
Tara	t	38,2	38,9
Suelo	$s = (t+s) - t$	3,5	3,5
% de Humedad	$w = a \cdot 100 / s$	44,3	45,7

Límite Plástico 45,0



Índice Plasticidad 1,3

OBSERVACIONES

Vigo (Pontevedra), a 02 de Mayo de 2014

Luis Alberto Otero Lemos
Fdo. Jefe de área de geotécnia (GTC/GTL)

Emilio Otero Martínez
Fdo. Director de laboratorio



**INFORME DE ENSAYO DE
CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA
(UNE 103204/93)**

DATOS DE LA OBRA

CLAVE: **SE-124/13**

Obra:	Proyecto de Trazado e Impacto Ambiental. Conexión CG 1.5
Descripción:	Estudio geotécnico
Situación:	Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)
Peticionario:	Ingeniería del Noroeste, S.L.

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra nº:	EL-280414/02
Fecha de Toma:	28-abr-2014
Fecha del ensayo:	29-abr-2014
Lugar de la Toma:	Penetrómetro "PDC-4"
Cota de la muestra:	Cota -3,00-3,60 metros respecto cota inicio del penetrómetro
Tipo de muestra:	Arenas limosas correspondientes con un suelo residual esquistoso

RESULTADOS OBTENIDOS

Contenido en materia orgánica (UNE 103204)

(Mi) Muestra (g)		Cm ³ (KMNO4)		F.N (KMNO4)		% materia orgánica	
M ₁	0,2402	C ₁	2,90		1,0000	%	1,25
M ₂	0,2456	C ₂	3,10		1,0000	%	1,30
M ₃		C ₃				%	
M ₁		C ₄				%	
CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA MEDIA (%)							1,27

OBSERVACIONES

Vigo (Pontevedra), a 02 de Mayo de 2014

Luis Alberto Otero Lemos
Fdo. Jefe de área de geotécnia (GTC/GTL)

Emilio Otero Martínez
Fdo. Director de laboratorio



**INFORME DE ENSAYO DE
CONTENIDO EN SALES
SOLUBLES (NLT-115/99)**

DATOS DE LA OBRA

CLAVE: **SE-124/13**

Obra:	Proyecto de Trazado e Impacto Ambiental. Conexión CG 1.5
Descripción:	Estudio geotécnico
Situación:	Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)
Peticionario:	Ingeniería del Noroeste, S.L.

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra nº:	EL-280414/02
Fecha de Toma:	28-abr-2014
Fecha del ensayo:	29-abr-2014
Lugar de la Toma:	Penetrómetro "PDC-4"
Cota de la muestra:	Cota -3,00-3,60 metros respecto cota inicio del penetrómetro
Tipo de muestra:	Arenas limosas correspondientes con un suelo residual esquistoso

RESULTADOS OBTENIDOS

Sales Solubles en un suelo

Masa inicial suelo (P)(g)	50,02	Volumen agua inicial (V) (cm ³)	500
Volumen extracto acuoso (v ₁)	100	Volumen extracto acuoso (v ₂)	100
Masa cápsula 1 vacía (g)	75,2985	Masa cápsula 2 vacía (g)	77,1265
Masa cápsula 1 + residuo (g)	75,3014	Masa cápsula 2 + residuo (g)	77,1289
Masa residuo 1 (g)	0,0029	Masa residuo 2 (g)	0,0024

DETERMINACIÓN CONTENIDO EN SALES SOLUBLES

Sales solubles en 100 gramos de suelo	$\frac{V \times r}{v \times P} \times 100$	0,0265

OBSERVACIONES

Vigo (Pontevedra), a 02 de Mayo de 2014

Luis Alberto Otero Lemos
Fdo. Jefe de área de geotécnia (GTC/GTL)

Emilio Otero Martínez
Fdo. Director de laboratorio



**ENSAYOS DE COLAPSO-LAMBE
E HINCHAMIENTO DE SUELO**

DATOS DE LA OBRA **CLAVE: SE-124/13**

Obra:	Proyecto de Trazado e Impacto Ambiental. Conexión CG 1.5
Descripción:	Estudio geotécnico
Situación:	Sampaio - Portobravo (Noia - A Coruña)
Peticionario:	Ingeniería del Noroeste, S.L.

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra n ^a :	EL-280414/02
Fecha de Toma:	28-abr-2014
Fecha del ensayo:	2-may-2014
Lugar de la Toma:	Penetrómetro "PDC-4"
Cota de la muestra:	Cota -3,00-3,60 metros respecto cota inicio del penetrómetro
Tipo de muestra	Arenas limosas correspondientes con un suelo residual esquistoso

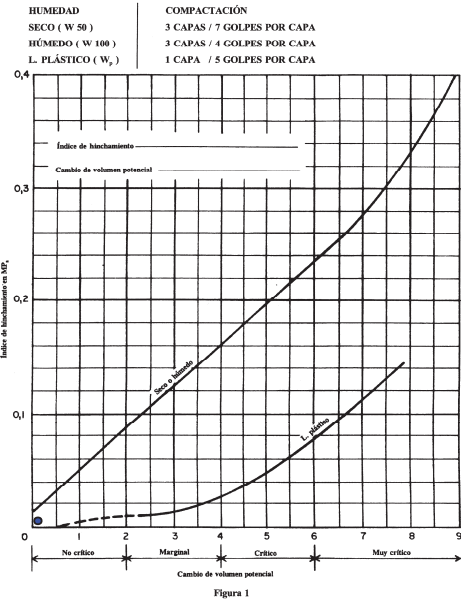
RESULTADOS OBTENIDOS

Ensayo de Colapso NLT-254:99	
Presión aplicada en inundación Kp/cm2	
Humedad inicial %	
Densidad seca g/cc	
Humedad final %	
Tiempo de estabilización	
Indice de colapso I, %	
Potencial porcentual de colapso Ic, %	

Hinchamiento libre en edómetro UNE 103601:96	
Humedad inicial %	22,12
Densidad seca g/cc	1,42
Humedad final %	30,25
Tiempo de estabilización	24h
Hinchamiento %	1,66 %

Presión de hinchamiento en Edómetro UNE 103602:96	
Humedad inicial %	
Densidad seca g/cc	
Humedad final %	
Presión de hinchamiento Ph, Kp/cm ²	
Presión de hinchamiento Ph, kPa	

Expansividad de un suelo Lambe UNE 103600:96	
Condiciones de compactación:	
Humedad de compactación W _p %	
Indice de hinchamiento MPa	
Cambio de volumen potencial	



OBSERVACIONES

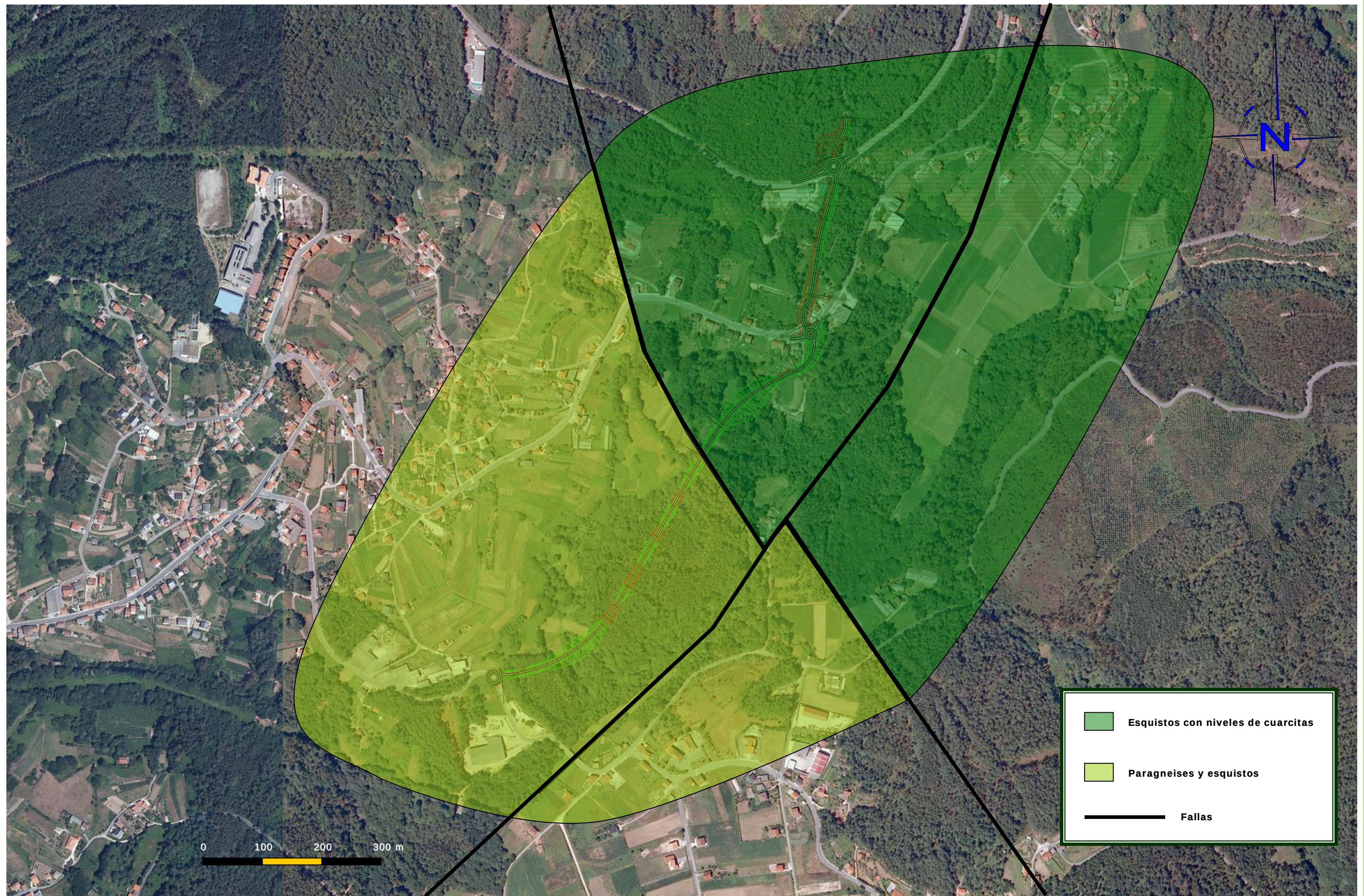
Vigo (Pontevedra), a 02 de Mayo de 2014

Luis Alberto Otero Lemos
Fdo. Jefe de área de geotécnia (GTC/GTL)

Emilio Otero Martínez
Fdo. Director de laboratorio

ANEXO N° 7

PLANTA GEOLÓGICA DEL TRAZADO



Peticionario:

INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.

Fecha:

Diciembre-13

Escala Gráfica:

Escala:

Título de la obra:

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE TRAZADO E IMPACTO AMBIENTAL.
CONEXIÓN CG 1.5 EN SAMPAIO-PORTOBRABO (NOIA - A CORUÑA)

Tamaño

A3

Plano

4/6

Hoja

1/1



G.Control

P.T.L. de Verificación: T. 986 25 88 90 - F. 986 25 33 90
9426 9507
M. 942 91 90 91 - 942 91 90 92

www.gcontrol.com

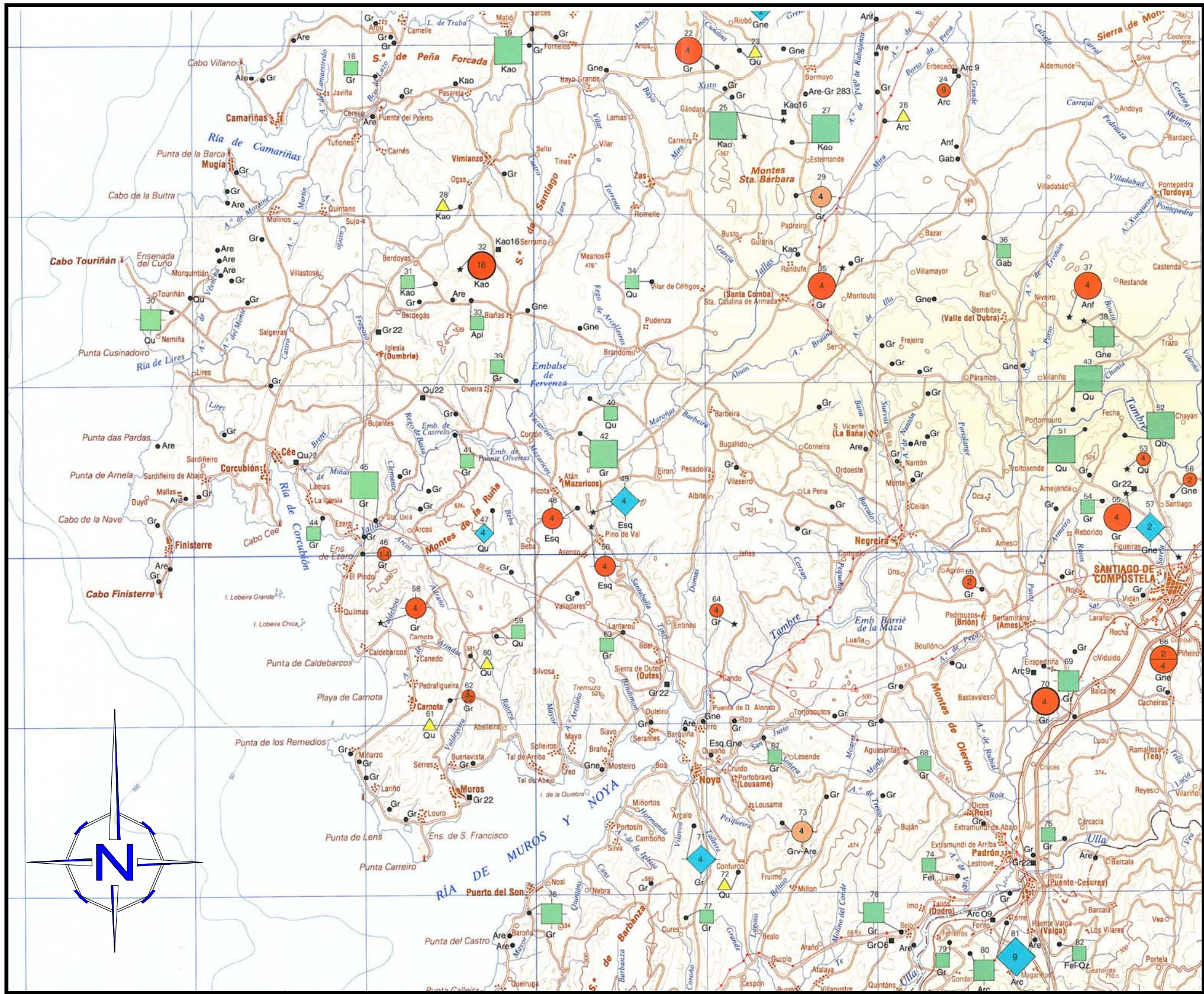
Autor: E. Villota Carreño
Geólogo. Colegiado nº 5781

Título del plano

PLANTA GEOLÓGICA DEL TRAZADO

ANEXO N° 8

PLANO DE SITUACIÓN DE CANTERAS DE PRÉSTAMOS Y
VERTEDEROS



N.º	USO	N.º	USO
1	Rocas ornamentales	12	Vidrio
2	Rocas de construcción	13	Pigmentos
3	Aridos naturales	14	Química
4	Aridos de machaqueo	15	Abrasivos
5	Aridos ligeros	16	Cargas, filtros y absorbentes
6	Cementos	17	Agricultura
7	Cales	18	Fundentes
8	Yesos	19	Arenas de moldeo
9	Cerámica estructural	20	Aislantes
10	Refractarios	21	Minerales decorativos y gemas
11	Lozas y porcelanas	22	Otros

CLAVE	SUSTANCIA
Anf	Anfibolita
Apl	Aplita
Arc	Arcilla común
Are	Arena
Kao	Caolín
Qu	Cuarzo
Esq	Esquisto
Fel	Feldespato
Gab	Gabro
Gne	Gneis
Gr	Granito
Grv	Grava

MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN			
	ACTIVA	INTERMITENTE	INACTIVA
CIELO ABIERTO			
SUBTERRÁNEA			
OTROS			

EXPLOTACIONES				
ESTADO \ TAMAÑO	GRANDE	MEDIANA	PEQUEÑA	DEPÓSITO ARTIFICIAL
ACTIVA				
INTERMITENTE				
INACTIVA				

INDICIOS	
INDICIOS INVENTARIADOS	
INDICIOS NO INVENTARIADOS Y/O ESTACIONES DE OBSERVACIÓN	

Peticionario:

INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.

Fecha:

Diciembre-13

Escala Gráfica:

Escala:

Título de la obra:

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE TRAZADO E IMPACTO AMBIENTAL. CONEXIÓN CG 1.5 EN SAMPAIO-PORTOBRABO (NOIA - A CORUÑA)

Tamaño

A3

Plano

5/6

Hoja

1/2

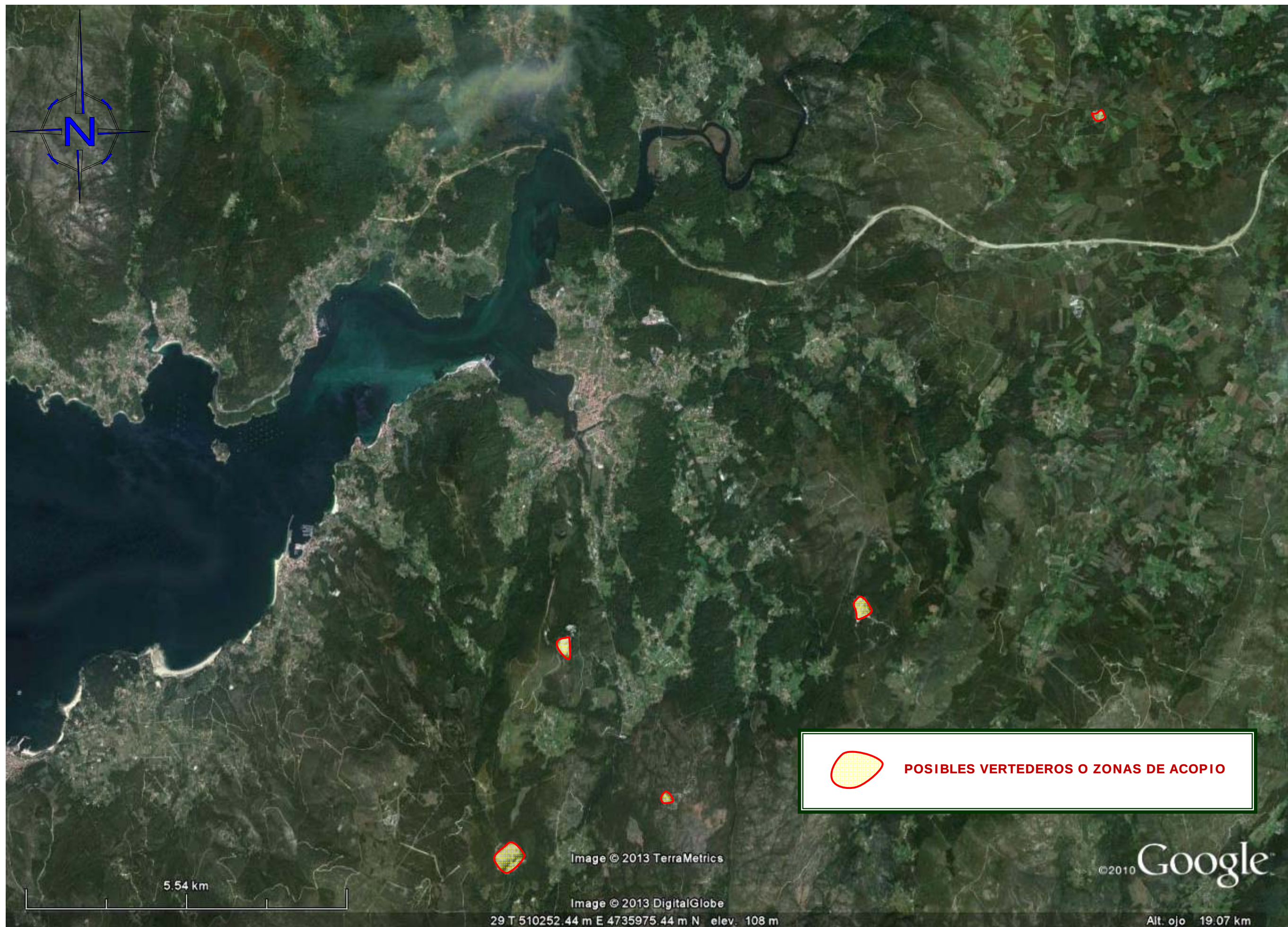


G.Control

Autor: E. Villota Carreño
Geólogo. Colegiado nº 5781

Título del plano

PLANTA DE SITUACIÓN DE EXPLOTACIONES E INDICIOS



Peticionario:

INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.

Fecha:

Diciembre-13

Escala Gráfica:

Escala:

Título de la obra:

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PROYECTO DE TRAZADO E IMPACTO AMBIENTAL.
CONEXIÓN CG 1.5 EN SAMPAIO-PORTOBRAVO (NOIA - A CORUÑA)

Tamaño
A3

Plano
6/6

Hoja
2/2



Autor: E. Villota Carreño
Geólogo. Colegiado nº 5781

Título del plano

PLANTA DE SITUACIÓN DE POSIBLES VERTEDEROS

ANEXO N° 9

CÁLCULO DE TALUDES PARA ESTABILIDAD DE
DESMONTES Y RELLENOS

METODOLOGÍA DE CÁLCULO EMPLEADA EN EL ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES

➤ 1. METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL CÁLCULO DE TALUDES EN SUELO

1.1 CONSIDERACIONES GENERALES.

En el estudio de la estabilidad de taludes se abordan fenómenos de rotura o estados últimos de masas de suelo. Generalmente, el agente “externo” responsable de estas inestabilidades suelen ser el propio peso de la masa de suelo y eventualmente los efectos de filtraciones y posibles cargas externas como factores secundarios.

En el caso de una cimentación superficial, el cálculo de la carga de hundimiento, para unas características de terreno dadas, tiene un sentido obvio, si se define un valor de factor de seguridad como el cociente entre la carga de rotura y la carga de servicio. Sin embargo, el caso de la estabilidad de masas de terreno es difícil cuantificar la seguridad de un talud frente a la rotura, con muchas ambigüedades, lejos aun de alcanzar, en la práctica, un status satisfactorio.

En ausencia de intervención humana, la frecuencia e importancia de los deslizamientos del terreno suelo ir ligada a zonas de relieve montañoso, a la intensidad y duración de las precipitaciones y a ciertas formaciones geológicas especialmente sensibles a los movimientos. La determinación cuantitativa de índices de riesgo o factores de seguridad, exige el empleo de técnicas y modelos propios de la “Mecánica de suelos” y de la “Mecánica de rocas”.

La construcción de obras públicas conlleva, frecuentemente, la ejecución de desmontes y terraplenes cuya estabilidad ha de asegurarse. En algunas estructuras singulares como son las presas de materiales sueltos, la comprobación de la estabilidad de sus paramentos de aguas arriba y aguas abajo es lógicamente un aspecto fundamental del proyecto. Otras estructuras como muelles portuarios o en general muros de contención deben comprobarse frente a la rotura por estabilidad global del conjunto (relleno del trasdós, muro propiamente dicho y terreno de cimentación).

Los métodos de “equilibrio límite” (menos rigurosos que la estricta aplicación de la teoría de la plasticidad), los que históricamente se han utilizado desde la década de 1920 para abordar la estabilidad de taludes. Con el tiempo estos métodos se han mejorado y se han adaptado a las complejas condiciones de geometría interna y régimen hidráulico que aparecen en el estudio de taludes..

1.2 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD.

Previo a la aplicación de cualquier método de cálculo se requiere el conocimiento de una serie de parámetros resistentes del terreno, los cuales se obtienen en la campaña de investigación y prospecciones, como en los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio.

En todos los métodos de cálculo para diferentes formas de rotura del talud se supone que la resistencia intrínseca al corte o tensión tangencial máxima en un punto de la superficie de deslizamiento, sigue la Ley de Mohr-Coulomb, cuya expresión es:

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi$$

donde:

$$\left\{ \begin{array}{l} \tau = \text{tensión tangencial máxima en un punto de la superficie de deslizamiento.} \\ c = \text{cohesión de la superficie de deslizamiento.} \\ \sigma = \text{tensión normal a la superficie de deslizamiento en el punto considerado.} \\ \varphi = \text{ángulo de rozamiento interno de la superficie de deslizamiento.} \end{array} \right.$$

Si el cálculo se realiza en presiones efectivas, los parámetros resistentes c' y φ' se denominan cohesión efectiva y ángulo de rozamiento interno efectivo. Los valores de c y φ obtenidos con presiones totales, son en general diferentes a los anteriores, proporcionando cálculos en presiones totales, resultando menos fiables que el cálculo en presiones efectivas. Partiendo de estas premisas, los métodos de cálculo pueden ser de dos tipos:

- ✓ Informáticos: En este caso los programas van a exigir una serie de datos, fundamentalmente asociados a la geometría del talud y a las características intrínsecas de los materiales que constituyen la masa de suelos deslizados. En este caso se ha empleado el programa informático GEO-SLOPE V. 7.0.
- ✓ Ábacos: son más fáciles de utilizar y más accesibles. Destacan los ábacos de Taylor, Bishop y Hoeck y Bray.

1.3 MÉTODOS DE ANÁLISIS

El método del equilibrio límite o último consiste en estudiar el equilibrio de un cuerpo rígido, constituido por el talud y por una superficie de deslizamiento de cualquier forma (línea recta, arco circular, espiral logarítmica). Con tal equilibrio se calculan las tensiones de corte (τ) y se comparan con la resistencia disponible (τ_f), valorada según el criterio de rotura de *Coulomb*; de tal comparación se deriva la primera indicación sobre la estabilidad con el coeficiente de seguridad $F = \tau_f / \tau$.

Entre los métodos del equilibrio último, algunos consideran el equilibrio global del cuerpo rígido (*Culman*), otros, por motivos de la ausencia de homogeneidad, dividen el cuerpo en rebanadas considerando el equilibrio de cada una (*Fellenius*, *Bishop*, *Janbu*, etc.).

A continuación, se muestra un pequeño desarrollo de diversos métodos de estudio, tanto informáticos como los ábacos:

➤ 1.3.1 MÉTODO DE LAS REBANADAS

Con objeto de mejorar la precisión de los métodos de equilibrio global se desarrollaron los métodos de las rebanadas. En ellos la masa en deslizamiento se divide, a efectos de cálculo, en una serie de rebanadas verticales, que se consideran como sólidos rígidos o bloques y que por tanto deben satisfacer, cada uno, todas las condiciones de equilibrio.

Si el número de las rebanadas es igual a n , el problema presenta las siguientes incógnitas:

- ✓ n valores de las fuerzas normales N_i operantes en la base de cada rebanada;
- ✓ n valores de las fuerzas de corte en la base de la rebanada T_i
- ✓ $(n-1)$ fuerzas normales E_i operantes en la conexión de las rebanadas;
- ✓ $(n-1)$ fuerzas tangenciales X_i operantes en la conexión de las rebanadas;
- ✓ n valores de la coordenada a que individúa el punto de aplicación de las E_i ;
- ✓ $(n-1)$ valores de la coordenada que individúa el punto de aplicación de las X_i
- ✓ una incógnita constituida por el factor de seguridad F .
- ✓ En total las incógnitas son $(6n-2)$.

mientras las ecuaciones a disposición son:

- ✓ Ecuaciones de equilibrio de los momentos n
- ✓ Ecuaciones de equilibrio en la traslación vertical n
- ✓ Ecuaciones de equilibrio en la traslación horizontal n
- ✓ Ecuaciones relativas al criterio de rotura n
- ✓ Total número de ecuaciones $4n$

Desgraciadamente el problema es estáticamente indeterminado y el grado de indeterminación es igual a:

$$i = (6n-2) - (4n) = 2n-2.$$

El grado de indeterminación se reduce sucesivamente a $(n-2)$ cuando se asume que N_i se aplica en el punto medio de la franja, esto equivale a crear la hipótesis de que las tensiones normales totales sean distribuidas uniformemente. Los diversos métodos que se basan en la teoría del equilibrio límite se diferencian por el modo en que se eliminan las $(n-2)$ indeterminaciones.

➤ 1.3.2 MÉTODO DE BISHOP (1955)

Es uno de los métodos más utilizados en superficie circulares. Con este método no se descuida ninguna contribución de fuerzas operantes en los bloques. Fué el primero en describir los problemas relacionados con los métodos convencionales. Las ecuaciones usadas para resolver el problema son:

$$\sum F_v = 0, \sum M_0 = 0, \quad \text{Criterio de rotura.}$$

$$F = \frac{\sum \left\{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \right\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

Los valores de F y de ΔX para cada elemento que satisfacen esta ecuación dan una solución rigurosa al problema. Como primer aproximación conviene escribir $\Delta X = 0$ e iniciar el cálculo del factor de seguridad, tal procedimiento es conocido como método de *Bishop ordinario*, los errores cometidos con respecto al método completo son de alrededor de un 1 %.

➤ 1.3.3 MÉTODO DE FELLENIUS (1927)

Con este método (válido solo para superficies de deslizamiento circulares) se descuidan las fuerzas entre las franjas, por lo tanto las incógnitas se reducen a:

- ✓ n valores de las fuerzas normales N_i ;
- ✓ n valores de las fuerzas de corte T_i ;
- ✓ 1 factor de seguridad.
- ✓ Incógnitas $(2n+1)$

Las ecuaciones a disposición son:

- ✓ n ecuaciones de equilibrio traslación vertical;
- ✓ n ecuaciones relativas al criterio de rotura;
- ✓ ecuaciones de equilibrio de los momentos globales.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \varphi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

Esta ecuación es fácil de resolver pero se ha visto que da resultados conservadores (factores de seguridad bajos) especialmente para superficies profundas.

➤ 1.3.4 MÉTODO DE JAMBU (1967)

Janbu extendió el método de Bishop a superficies de deslizamiento de cualquier forma. Cuando se tratan superficies de deslizamiento de cualquier forma el brazo de las fuerzas cambia (en el caso de las superficies circulares queda constante e igual al radio) por tal motivo es mejor valorar la ecuación del momento respecto al ángulo de cada bloque.

$$F = \frac{\sum \{ c \times b + (W - u \times b + \Delta X) \times \tan \varphi \} \times \frac{\sec^2 \alpha}{1 + \tan \alpha \times \tan \varphi / F}}{\sum W \times \tan \alpha}$$

Asumiendo $\Delta X = 0$ se obtiene el método ordinario.

Janbu propuso además un método para la corrección del factor de seguridad obtenido con el método ordinario según lo siguiente:

$$F_{\text{corregido}} = f_o F$$

donde f_o se lleva a funciones gráficas de: geometría y parámetros geotécnicos. Tal corrección es muy confiable para taludes poco inclinados.

➤ 1.3.5 MÉTODO DE HOEK Y BRAY (1977)

En el caso de suelos homogéneos y geometrías sencillas se emplean los ábacos de Hoek y Bray, donde se requiere la obtención de un parámetro adimensional previo:

$$\frac{c}{\gamma^* H^* \tan \varphi}$$

donde:

$$\left\{ \begin{array}{l} c = \text{cohesión del terreno del talud.} \\ \gamma = \text{peso específico aparente del terreno del talud.} \\ H = \text{altura del talud considerado.} \\ \tan \varphi = \text{tangente del ángulo de rozamiento interno del terreno del talud.} \end{array} \right.$$

Para aquellos casos en los que el terreno no es homogéneo, es necesario un proceso previo de la obtención de las medias ponderadas de los parámetros geotécnicos.

Este valor adimensional sitúa el problema de la estabilidad en uno de los radios del ábaco. La intersección de este radio con la curva correspondiente a la pendiente del talud permite determinar los valores de abscisa y la ordenada, según las cuales:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Abscisa (x)} = \frac{C}{\gamma^* H^* F.S.} \\ \text{Ordenada (y)} = \frac{Tg \phi}{F.S.} \end{array} \right.$$

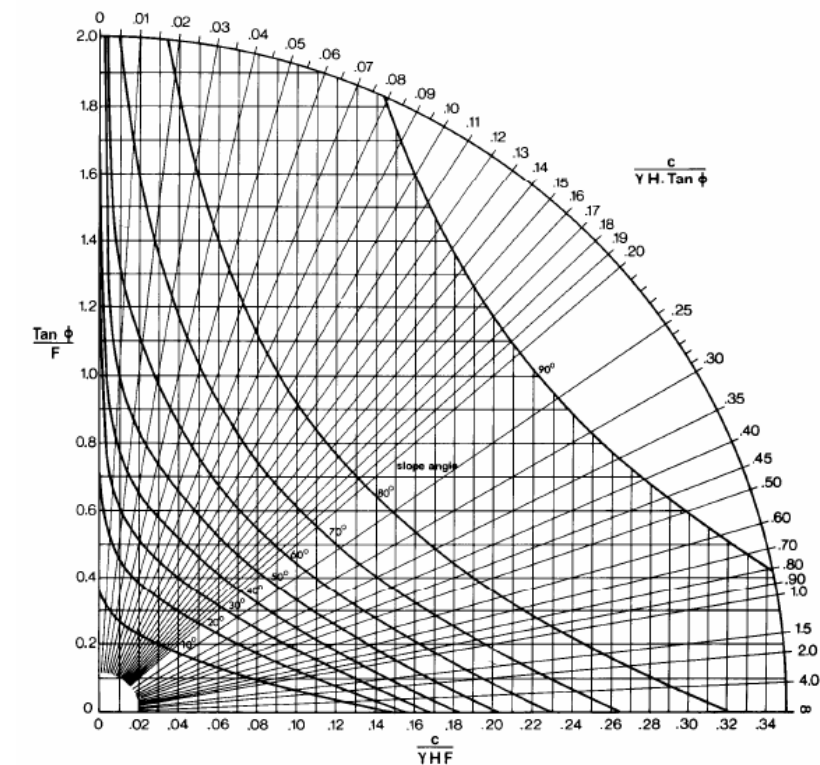
Y el coeficiente de seguridad será:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Factor de seguridad (F)} = \frac{Tg\phi}{y} = \frac{c}{\gamma * H} \end{array} \right.$$

Existe un ábaco para cinco posibles situaciones del agua en el talud, tal y como se indica en el siguiente gráfico:

Condiciones del flujo de agua subterránea	Ábaco
Talud seco – completamente drenado	1
Salida del agua a 1/8 de la altura del talud	2
Salida del agua a 1/4 de la altura del talud	3
Salida del agua a 1/2 de la altura del talud	4
Talud completamente saturado con recarga superficial continuada	5

A continuación se muestra un ábaco del modelo empleado en el cálculo del “ángulo estable”:



El cálculo de estabilidad de un talud, ya sea un desmonte, un terraplén o un talud en estado natural, permite sintetizar un concepto de seguridad global del mismo: *el factor de seguridad*. Este factor representa en un valor único, el margen de confianza que se posee en cuanto a la estabilidad del talud calculado, teniendo en cuenta que en Geotécnia e Ingeniería Geológica siempre se trabaja con aproximaciones y existen incertidumbres debido a la complejidad del terreno y las extrapolaciones que se realizan a toda la masa de suelo. A continuación se muestran unas tablas con los coeficientes de seguridad recomendados según diversos autores:

FACTORES DE SEGURIDAD GLOBALES Y PROBABILIDAD DE ROTURA (MEYERHOF, 1985. Cort. De national Research Council (Canadá))		
Tipo de proyecto	Factor de seguridad global	Probabilidad de rotura
- Terraplenes	1,3-1,5	10 ⁻²
- Estructuras de contención de tierras y excavaciones	1,5-2,0	10 ⁻³
- Cimentaciones	2,0-3,0	10 ⁻⁴

FACTORES DE SEGURIDAD MÍNIMOS (TERZAGHI Y PECK, 1967. Cort. De John Wiley & Sons)		
Tipo de rotura	Tipo de problema	Factor de seguridad
- Corte	Trabajos de tierra	1,3-1,5
	Estructuras de tierra	1,5-2,0
	Cimentaciones	2,0-3,0
- Filtraciones	Levantamientos	1,5-2,5
	Erosión interna	3,0-5,0

Según el “Manual de diseño para Mecánica del suelo, cimentaciones y estructuras de tierra de la Marina de USA” (NAVFAC DM-7, 1971), recomienda los siguientes valores con el fin de garantizar razonablemente la seguridad frente al deslizamiento:

- ✓ No menor a 1,5 para condiciones de carga permanente.
- ✓ Si se va a cimentar estructuras, un factor superior a 2 a fin de limitar deformaciones plásticas locales en los bordes de la cimentación.
- ✓ Para condiciones de cargas temporales o cuando la estabilidad seas más precaria durante la construcción, se puede reducir hasta 1,3 a 1,25, si se efectúan controles durante la aplicación de la carga.
- ✓ Para cargas transitorias, tales como las debidas a un terremoto, se pueden tolerar valores tan bajos como 1,2 a 1,15.

En caso de que los factores de seguridad resulten demasiado bajos, deben aplicarse medidas de correctoras hasta que se alcance el factor de seguridad deseado. Entre las alterativas más usuales destacan:

- ✓ Modificación de la geometría del talud, bien tendiéndolo, descabezándolo o retaluzarlo mediante la ejecución de bermas.
- ✓ Contención de la base del talud mediante escollera suelta o trabada con hormigón pobre.
- ✓ Corrección por elementos resistentes:
 - o Anclajes.
 - o Muros de contención y de sostenimiento.
 - o Muros anclados al terreno.
 - o Pilotes y pantallas.

➤ 2. METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL CÁLCULO DE TALUDES EN ROCA

2.1 CONSIDERACIONES GENERALES.

En el caso de taludes en roca se estudian de manera diferente a los taludes en suelo, puesto que ambos se rigen por parámetros diferentes. En el caso de los taludes en suelo, como se comentó anteriormente su estabilidad está condicionada a sus propiedades geotécnicas del terreno como la cohesión, ángulo de rozamiento interno, densidad del material y la presencia o no de agua, mientras que en el caso de los taludes en roca, éstos se rigen por otras propiedades que no dependen tanto del tipo de material sino de su estado tensional y de fracturación.

2.2 MÉTODO DE ANÁLISIS.

Para calcular el ángulo de estabilidad del talud en roca, al igual que en el caso de suelos existen modelos informáticos que una vez realizado el correspondiente censo y estudios de las familias de fracturas principales y una geometría determinada del talud, calculan el factor de seguridad resultante o bien mediante métodos empíricos basados en clasificaciones geomecánicas basadas en la experiencia del estudio e inventario de taludes caídos hasta conseguir evaluar el talud estable en función de las propiedades del macizo rocoso.

En este caso se emplean las clasificaciones geomecánicas propuestas por Bieniawski (1979), en la cual necesitamos calcular el valor RMR básico. Dicho valor es independiente de la estructura a construir y se obtiene sumando cinco parámetros que dependen de la calidad del macizo rocoso y que serían:

- Resistencia de la matriz a compresión simple
- RQD obtenido en la realización de los sondeos
- Frecuencia de las juntas
- Estado de las juntas
- Presencia de agua dentro del macizo

A continuación se muestra una tabla con las diferentes puntuaciones que se obtienen para el cálculo del RMR básico.

PARÁMETROS	INTERVALO DE VALORES				
Resistencia de la roca intacta a Compresión Simple	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa
Valoración	15	12	7	4	2
RQD	90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	< 25%
Valoración	20	17	13	8	3
Separación entre juntas	> 2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm
Valoración	20	15	10	8	5
Condición de las juntas	Muy rugosas No continuas Cerradas Bordes sanos y duros	Algo rugosas Separación < 1mm Bordes algo meteorizados	Algo rugosas Separación < 1mm Bordes muy meteorizados	Espejos de falla o Relleno < 5 mm o Separación 1-5 mm	Relleno blando > 5 mm o Separación > 5 mm
Valoración	30	25	20	10	0
Flujo de agua en las juntas	Secas	Ligeramente húmedas	Húmedas	Goteando	Fluyendo
Razón de presiones inters.	0,0	0,0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	0,5
Valoración	15	10	7	4	0

Una vez calculado el RMR básico, hay que restarle un factor de ajuste, que es función de las discontinuidades, definido cualitativamente y que tiene valores distintos según se aplique a túneles, cimentaciones o taludes. El resultado final de la resta es el RMR final y cuya puntuación varía de 0 a 100, como se indica en la siguiente tabla:

RMR	Clase RMR	Ángulo de talud estable
> 80	I-MUY BUENA	75°
80-61	II-BUENA	65°
60-41	III-MEDIA	55°
40-21	IV-MALA	45°
< 20	V-MUY MALA	35°

Una vez calculado el ángulo de talud estable, procedemos a elaborar la clasificación SMR (Romana, 1995), mediante la cual podemos observar los diferentes problemas de inestabilidad que puedan surgir, en función del valor RMR final y en el cual tiene en cuenta a demás tiene en cuenta la orientación de las juntas respecto a la inclinación del talud y el método de excavación utilizado

SMR	Clase SMR	Grado de estabilidad	Tipo de rotura	Tratamiento
> 80	I-MUY BUENA	Totalmente estable	Ninguna	Ninguno
80-61	II-BUENA	Estable	Algunos bloques	Ocasional
60-41	III-MEDIA	Parcialmente estable	Algunas juntas o muchas cuñas	Sistemático
40-21	IV-MALA	Inestable	Juntas o grandes cuñas	Corrección
< 20	V-MUY MALA	Totalmente inestable	Grandes roturas por planos continuos o rotura total	Reexcavación

CÁLCULO DE TALUDES EN SUELOS POR MÉTODOS INFORMÁTICOS EN DESMONTES Y RELLENOS

DESMONTE D-1 – TALUD PROPUESTO 1H:2V (63°)

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

- File Name: D-1.slim
- Slide Modeler Version: 6.009
- Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
- Date Created: 18/11/2013, 15:34:28

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
 - Janbu simplified
- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check malpha < 0.2: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3

- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Grid Search
- Radius Increment: 10
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	Esquisto G.M. II-III
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	25
Cohesion [kPa]	30
Friction Angle [deg]	37
Water Surface	None
Ru Value	0

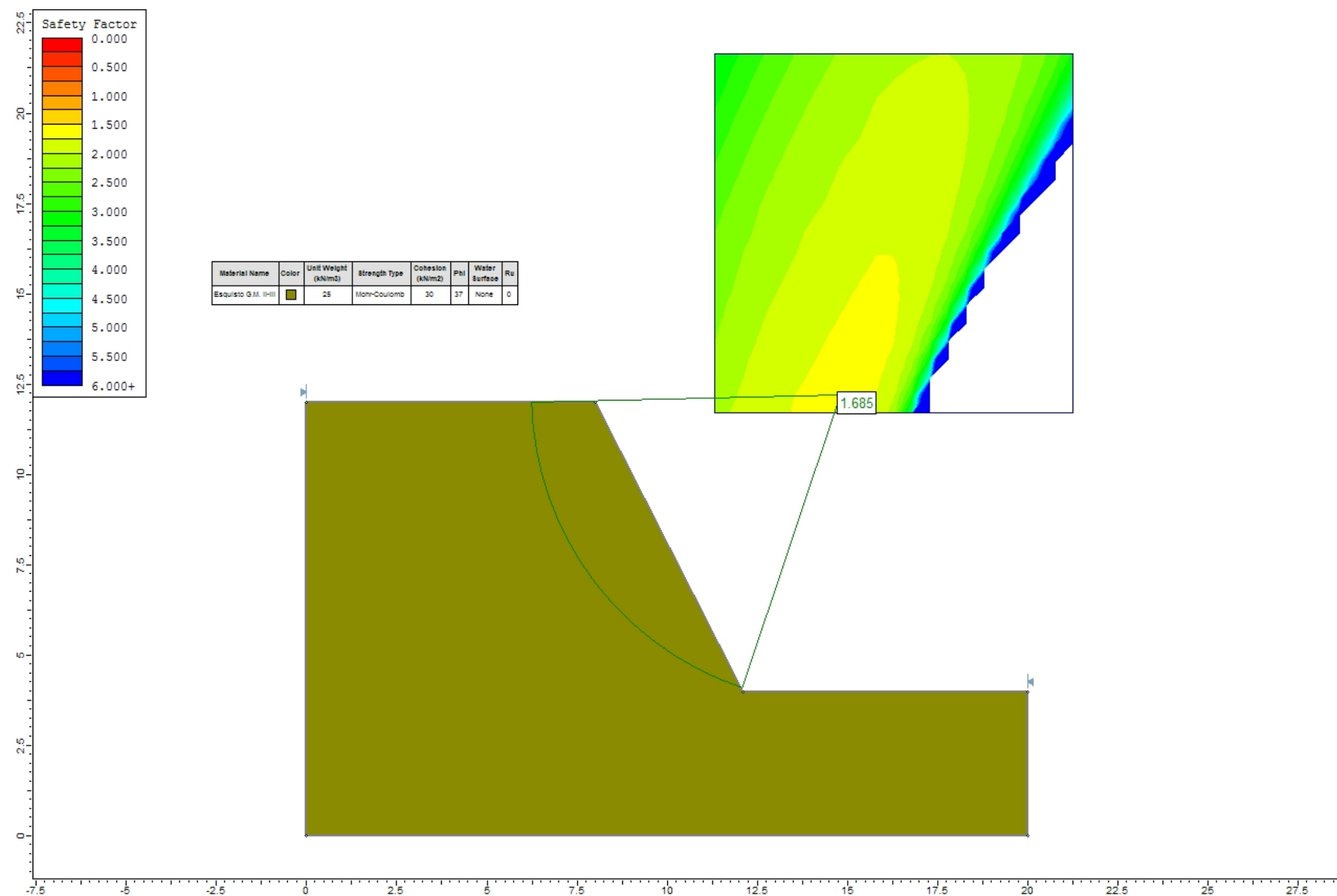
Global Minimums

Method: bishop simplified

- FS: 1.684710
- Center: 14.790, 12.196
- Radius: 8.566
- Left Slip Surface Endpoint: 6.226, 12.000
- Right Slip Surface Endpoint: 12.061, 4.076
- Resisting Moment=4451.69 kN-m
- Driving Moment=2642.4 kN-m

Method: janbu simplified

- FS: 1.709300
- Center: 15.785, 15.181
- Radius: 11.770
- Left Slip Surface Endpoint: 4.452, 12.000
- Right Slip Surface Endpoint: 12.099, 4.002
- Resisting Horizontal Force=489.753 kN
- Driving Horizontal Force=286.523 kN



DESMONTE D-2 – TALUD PROPUESTO 2H:3V (56°)

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

- File Name: D-2.slim
- Slide Modeler Version: 6.009
- Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
- Date Created: 18/11/2013, 16:08:29

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Right to Left
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Janbu simplified
- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check malpha < 0.2: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Grid Search
- Radius Increment: 10
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	Gneis G.M. V-VI	Gneis G.M. IV
Color		
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	15	18
Cohesion [kPa]	18	25
Friction Angle [deg]	23	30
Water Surface	None	None
Ru Value	0	0

Global Minimums

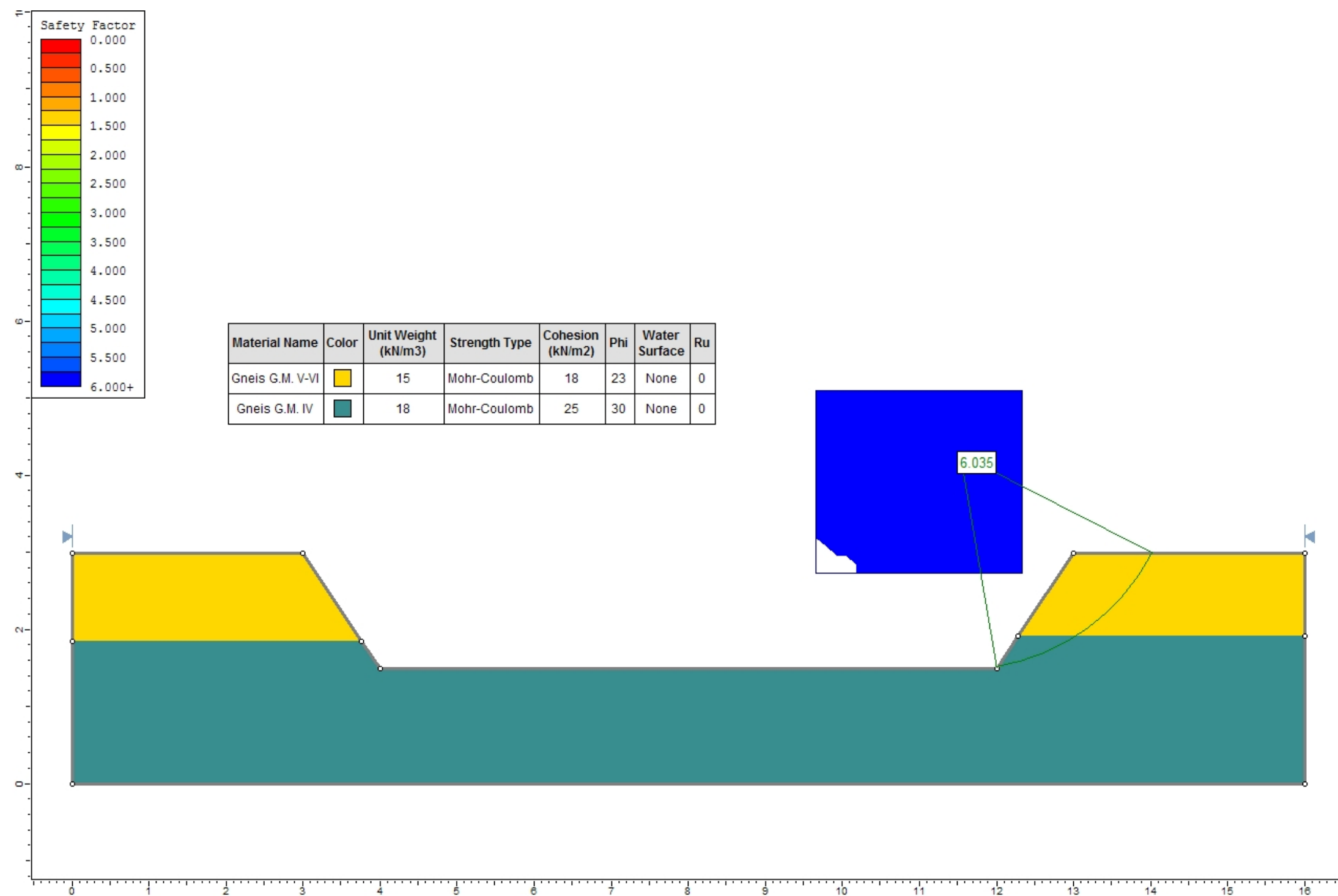
Method: bishop simplified

- FS: 6.035440
- Center: 11.533, 4.272
- Radius: 2.807
- Left Slip Surface Endpoint: 12.003, 1.505
- Right Slip Surface Endpoint: 14.035, 3.000
- Resisting Moment=178.852 kN-m
- Driving Moment=29.6337 kN-m

Method: janbu simplified

- FS: 6.050590
- Center: 11.533, 4.272
- Radius: 2.807
- Left Slip Surface Endpoint: 12.003, 1.505
- Right Slip Surface Endpoint: 14.035, 3.000
- Resisting Horizontal Force=51.3945 kN
- Driving Horizontal Force=8.49413 kN

PERFIL TRANSVERSAL DESMONTE D-2:



RELLENO R-1 – TALUD PROPUESTO 3H/2V (33°)

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

- File Name: R-1.slim
- Slide Modeler Version: 6.009
- Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
- Date Created: 18/11/2013, 16:58:43

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
 - Janbu simplified
- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check malpha < 0.2: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3

- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Grid Search
- Radius Increment: 10
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	Terraplén	Tobre G.M. V-VI
Color		
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	18.5	15
Cohesion [kPa]	15	18
Friction Angle [deg]	30	23
Water Surface	None	None
Ru Value	0	0

Global Minimums

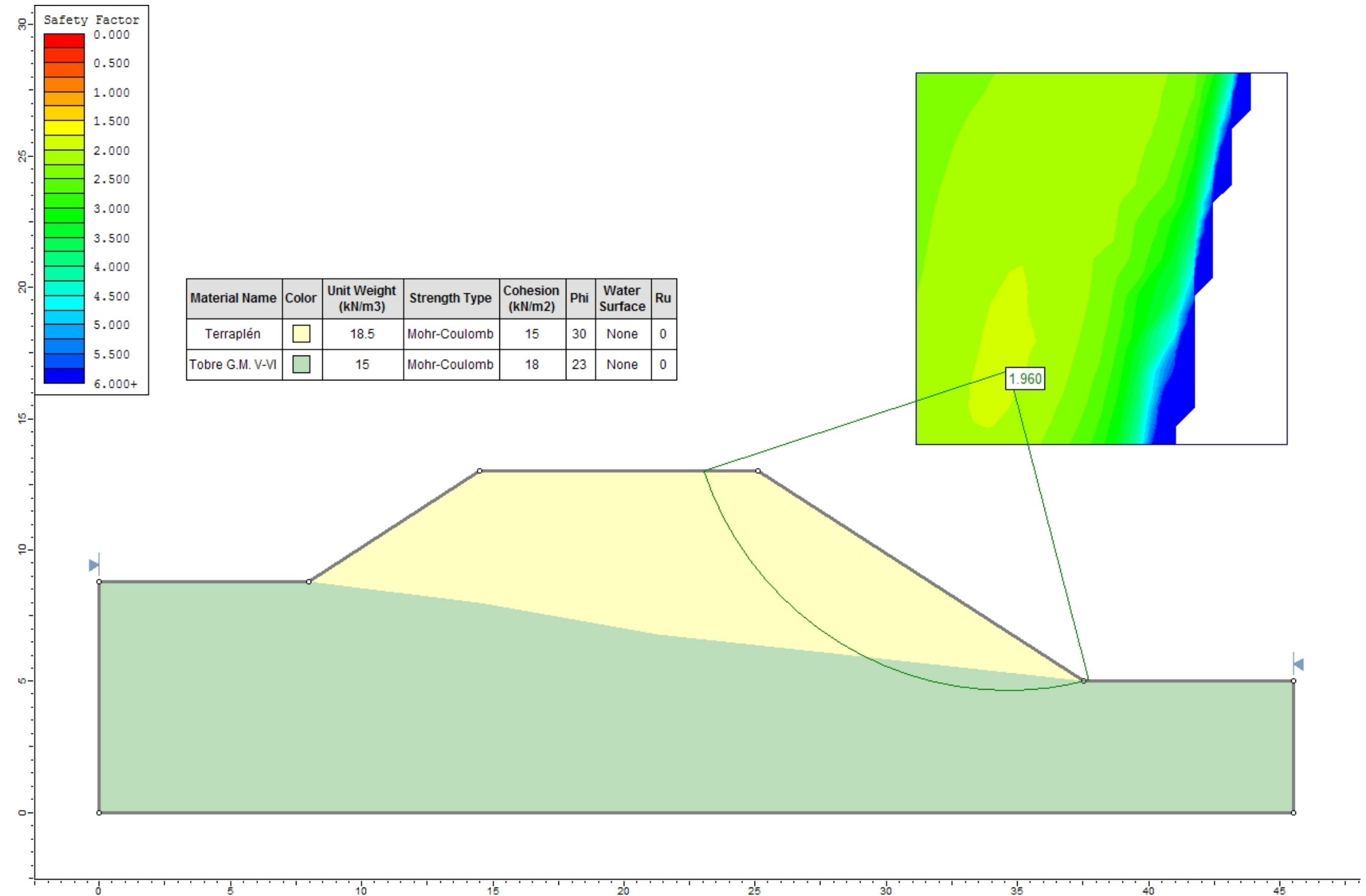
Method: bishop simplified

- FS: 1.959910
- Center: 34.653, 16.837
- Radius: 12.229
- Left Slip Surface Endpoint: 23.041, 13.000
- Right Slip Surface Endpoint: 37.725, 5.000
- Resisting Moment=8451.03 kN-m
- Driving Moment=4311.96 kN-m

Method: janbu simplified

- FS: 1.779820
- Center: 33.946, 15.423
- Radius: 11.196
- Left Slip Surface Endpoint: 23.015, 13.000
- Right Slip Surface Endpoint: 38.034, 5.000
- Resisting Horizontal Force=614.759 kN
- Driving Horizontal Force=345.406 kN

PERFIL TRANSVERSAL RELLENO R-1:



PARÁMETROS GEOTÉCNICOS TÍPICOS EN SUELOS

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)

DIVISION MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS		CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO			
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS	Más de la mitad del material es retenido en la malla núm. 200 son, aprox., las más pequeñas visibles a simple vista.	5 mm	GRAVAS	MAS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA POR LA MALLA No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE % CM COMO EQUIVALENTE ABERTURA MALLA No. 4.	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.	Coeficiente de uniformidad C_u: mayor de 4 Coeficiente de curvatura C_c: entre 1 y 3 $C_u = (D_{60})/(D_{10})$ $C_c = (D_{30})^2/(D_{10} \cdot D_{60})$ NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW Límites de Atterberg abajo de la "Línea A" o I.P. menor que 4 Límites de Atterberg arriba de la "Línea A" con I.P. mayor que 7 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ mayor de 6, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$ entre 1 y 3 No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW Límites de Atterberg abajo de la "Línea A" con I.P. menor que 4 Límites de Atterberg arriba de la "Línea A" con I.P. mayor que 7 EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS G = GRAVAS, M = LIMO, S = ARENAS, C = ARCILLAS, O = SUELOS ORGÁNICOS, W = BIEN GRADUADOS, P = MAL GRADUADOS, P_t = TURBA L = BAJA COMPRESIBILIDAD, H = ALTA COMPRESIBILIDAD	
					GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.		
					GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.		
					GC			
					SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poco o nada de finos.		
	Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 Las partículas de 0.074 mm de diámetro (malla no. 200) son, aprox., las más pequeñas visibles a simple vista.	80 µm	ARENAS	MAS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESA PASA POR LA MALLA No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE % CM COMO EQUIVALENTE ABERTURA MALLA No. 4.	SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poco o nada de finos.		
					SM	Arenas limosas, mezclas de arenas y limo.		
					SC			
					ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.		
					CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.		
SUELOS DE PARTICULAS FINAS	Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 Las partículas de 0.074 mm de diámetro (malla no. 200) son, aprox., las más pequeñas visibles a simple vista.	80 µm	LIMOS Y ARCILLAS	LÍMITE LÍQUIDO MENOR DE 50%	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	CARTA DE PLASTICIDAD PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE PARTICULAS FINAS EN LAB	

Grados de expansividad y valores medios de parámetros geotécnicos

Grado	Expansividad	Finos (%)	Límite líquido	Índice Lambe (kPa)	Presión de hinchamiento (kPa)	Hinchamiento libre (%)
I	Baja	< 30	< 35	< 80	< 25	< 1
II	Baja a media	30-60	35-50	80-150	25-125	1-4
III	Media a alta	60-95	50-65	150-230	125-300	4-10
IV	Muy alta	> 95	> 65	> 230	> 300	> 10

Rango de valores del coeficiente de permeabilidad en suelos

Tipo de suelo	k (cm/s)
Grava mal graduada (GP)	≥ 1
Grava uniforme (GP)	0,2-1
Grava bien graduada (GW)	0,05-0,3
Arena uniforme (SP)	5 × 10 ⁻³ -0,2
Arena bien graduada (SW)	10 ⁻³ -0,1
Arena limosa (SM)	10 ⁻³ -5 × 10 ⁻³
Arena arcillosa (SC)	10 ⁻⁴ -10 ⁻³
Limo de baja plasticidad (ML)	5 × 10 ⁻⁵ -10 ⁻⁴
Arcillas de baja plasticidad (CL)	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁸

Tabla 2.4.3. Algunas características elementales de los suelos que pueden utilizarse para estimaciones previas

	Tipo de suelos	Compacidad	Índice de poros (2)	Cohesión (kPa)	Ángulo de Rozamiento (φ°)	Módulo de deformación (5) drenado (MPa)	Coeficiente de permeabilidad (3) (cm/s)
Suelos granulares (1)	Gravas y arenas limpias (arenas > 10%)	Densa	0,25	0	45	100	10 ⁻²
		Media	0,35	0	40	50	
		Floja	0,45	0	35	20	
		Muy floja	0,60	0	30	10	
	Gravas y arenas con algo de limos y/o arcillas (5-10%) (4)	Densa	0,20	10	40	50	10 ⁻³
		Media	0,30	5	35	20	
		Floja	0,40	2	30	10	
		Muy floja	0,60	0	27	5	
	Gravas y arenas con gran contenido en suelos finos (5-10%) (4)	Densa	0,15	20	35	50	10 ⁻⁴
		Media	0,25	10	30	20	
		Floja	0,35	5	27	10	
		Muy floja	0,50	0	25	5	
Rellenos artificiales	Banquetas de todo-uno vertidas y escolleras de granulometría continua (sucias)	Floja	0,50	0	40	10	1
		Muy floja	0,70	0	35	5	
	Tipo de suelos	Consistencia	Índice de poros (2)	Resis. al corte sin drenaje (6) (kPa)	Resistencia con drenaje C(kPa) (φ°)	Módulo de deformación (5) drenado (MPa)	Coeficiente de permeabilidad (3) (cm/s)
Suelos cohesivos	Limos de granulometría uniforme con algo de arena y arcilla	Dura o firme	0,40	100	50	30	10 ⁻⁶
		Media	0,60	60	20	25	
		Blanda	0,80	20	10	20	
		Muy blanda	1	10	0	18	
	Arcilla y limos arcillosos. Pueden contener gravas y/o arenas en proporciones menores del 70%	Dura o firme	0,35	>100	50	28	10 ⁻⁸
		Media	0,50	80	20	23	
		Blanda	0,70	40	10	19	
		Muy blanda	1	20	0	15	

Los suelos con contenidos apreciables de materia orgánica tienen características mecánicas mucho más pobres que las indicadas en esta tabla.

- (1) Los suelos calcáreos, particularmente los conchíferos o coralinos, pueden tener ángulos de rozamiento claramente más bajos, en particular para presiones altas (cargas de hundimiento por punta de pilotes).
- (2) Para calcular pesos específicos puede utilizarse un peso específico relativo de las partículas igual a 2,7.
- (3) Los coeficientes de permeabilidad indicados son únicamente un valor típico. Suelos que obedecen a una misma descripción preliminar pueden tener permeabilidades dos e incluso tres ordenes de magnitud diferentes a los indicados.
- (4) El contenido en finos se refiere al porcentaje que pasa por el tamiz 0,008 UNE.
- (5) El módulo de Poisson puede tomarse entre 0,30 para los suelos densos y 0,40 para los más flojos o blandos.
- (6) La resistencia al corte sin drenaje de suelos arcillosos normalmente consolidados depende de la presión vertical efectiva. Ver 2.2.8.3.

Propiedades de estado de suelos de grano grueso

Suelos de grano grueso	Densidad relativa Dr (%)	Densidad seca γ _d (kN/m³)	Humedad W (%)	Índice de huecos e
Muy flojos	0-40	< 14,0	> 16	> 0,9
Flojos	40-60	14,0-16,0	12-16	0,65-0,9
Medianamente densos	60-80	16,0-17,5	8-12	0,55-0,65
Densos	80-90	17,5-18,5	6-8	0,4-0,55
Muy densos	90-100	> 18,5	< 6	< 0,4

Propiedades de estado de suelos finos

Suelos finos	Índice de fluidez, I _L	Densidad seca γ _d (kN/m³)	Humedad W (%)	Índice de huecos e
Muy blandos	1,00-0,80	< 1,40	> 55	> 1,30
Blandos	0,80-0,65	1,40-1,55	40-55	1,0-1,3
Consistencia media	0,65-0,40	1,55-1,70	25-40	0,7-1,0
Duros	0,40-0,25	1,70-1,80	15-25	0,5-0,7
Muy duros	< 0,25	> 1,80	< 15	< 0,5

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS TÍPICOS EN ROCAS

Tabla 2.2.2. Escala de la meteorización de las rocas (ISRM)

Grado	Denominación	Criterio de reconocimiento
I	Roca sana	La roca no presenta signos visibles de meteorización, pueden existir ligeras pérdidas de color o pequeñas manchas de óxidos en los planos de discontinuidad.
II	Roca ligeramente meteorizada	La roca y los planos de discontinuidad presentan signos de decoloración. Toda la roca ha podido perder su color original debido a la meteorización y superficialmente ser más débil que la roca sana.
III	Roca moderadamente meteorizada	Menos de la mitad del material está descompuesto a suelo. Aparece roca sana o ligeramente meteorizada de forma continua o en zonas aisladas.
IV	Roca muy meteorizada	Más de la mitad del material está descompuesto a suelo. Aparece roca sana o ligeramente meteorizada de forma discontinua.
V	Roca completamente meteorizada	Todo el material está descompuesto a un suelo. La estructura original de la roca se mantiene intacta.
VI	Suelo residual	La roca está totalmente descompuesta en un suelo y no puede reconocerse ni la textura ni la estructura original. El material permanece "in situ" y existe un cambio de volumen importante.

Procedimiento indirecto	Calificativo	Valor estimado (MPa)
Se puede rayar con la uña.	Especialmente débil	< 1
Se rompe con golpes de martillo moderados. Se puede rayar con la navaja.	Muy baja	1 a 5
Se raya difícilmente con la navaja.	Baja	5 a 25
No puede rayarse con la navaja. Se puede romper con un golpe de martillo.	Media	25 a 50
Se requieren varios golpes de martillo para romperla.	Alta	50 a 100
Difícil de romper con el martillo de geólogo.	Muy alta	100 a 250
Con el martillo de geólogo sólo se pueden producir algunas esquirlas.	Extremadamente alta	> 250

Tabla 2.4.2. Algunas características elementales de las rocas sanas* que pueden utilizarse para estimaciones

	Rocas	Peso Específico (kN/m³)	Resistencia a Compresión Simple de los Fragmentos Sanos (MPa)	Módulo de Deformación (MPa)
Duras	ÍGNEAS	26	100	MASIVAS 50.000
	METAMÓRFICAS			DIACLASADAS 20.000
	SEDIMENTARIAS			MUY DIAKLASADAS 10.000
Medias	METAMÓRFICAS	24	50	MASIVAS 20.000
	SEDIMENTARIAS			DIACLASADAS 10.000
	Excepto margas, areniscas, y conglomerados poco cementados			MUY DIAKLASADAS 5.000
Blandas	SEDIMENTARIAS	22	20	MASIVAS 5.000
	Excepto margas, areniscas, y conglomerados poco cementados			DIACLASADAS 2.000
				MUY DIAKLASADAS 1.000

Peso específico: El dato indicado puede variar ± 2 kN/m³ o incluso más en algunas rocas, particularmente si existen minerales pesados (piritas, por ejemplo).
Resistencia: Este dato puede oscilar entre menos de la mitad y más del doble del indicado.

Módulo de deformación: Se refiere al módulo de deformación equivalente del macizo cuando se cargan áreas de dimensiones superiores al metro cuadrado. El valor del módulo puede variar entre amplios límites; pueden darse valores tres veces mayores o menores que los indicados. El módulo de Poisson puede suponerse igual a 0,2 para las rocas más duras, 0,25 para las medias y 0,3 para las blandas.

(*) Una alteración moderada de la roca puede reducir los módulos de deformación un orden de magnitud. Una alteración fuerte hace que el macizo rocoso se comporte como el suelo producto de la alteración.

Valores típicos de c y ϕ para roca sana

Roca	Cohesión c (kp/cm²)	Ángulo de fricción básico ϕ_b (grados)
Andesita	280	45
Arenisca	80-350	30-50
Basalto	200-600	48-55
Caliza	50-400	35-50
Caliza margosa	10-60	30
Cuarcita	250-700	40-55
Diabasa	900-1.200	40-50
Diorita	150	50-55
Dolomía	220-600	25-35
Esquistos	250	25-30*
	20-150*	20-30*
Gabro	300	35
Gneiss	150-400	30-40
Granito	150-500	45-58
Grauvaca	60-100	45-50
Mármol	150-350	35-45
Lutita	30-350	40-60
		15-25*
Pizarra	100-500	40-55
	< 100*	15-30*
Toba	7	—
Yeso	—	30

(*) En superficies de laminación o esquistosidad.

Datos seleccionados a partir de Walthan (1999), Rahn (1986), Goodman (1989), Farmer (1968), Jiménez Salas y Justo Alpáñez (1975).

Valores típicos de permeabilidad de la matriz rocosa

Roca	k (m/s)
Arenisca	10^{-5} - 10^{-10}
Caliza y dolomía	10^{-6} - 10^{-12}
Esquistos	10^{-7} - 10^{-8}
Pizarra	10^{-11} - 10^{-13}
Granito	10^{-6} - 10^{-12}
Lutita	10^{-6} - 10^{-13}
Rocas metamórficas	10^{-6} - 10^{-12}
Rocas volcánicas	10^{-7} - 10^{-12}
Sal	$< 10^{-11}$ - 10^{-13}

Clasificación de la calidad del macizo rocoso según el índice RQD

RQD %	Calidad
< 25	Muy mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

Valores aproximados para c y ϕ del macizo rocoso según su calidad

Clase de roca	I	II	III	IV	V
RMR	> 80	61-80	41-60	21-40	< 20
Cohesión (MPa)	> 0,4	0,3-0,4	0,2-0,3	0,1-0,2	< 0,1
Ángulo rozamiento interno	> 45°	35°-45°	25°-35°	15°-25°	< 15°

Constantes elásticas de las rocas

Roca intacta	Módulo de elasticidad estático, E (kg/cm² $\times 10^5$)	Módulo de elasticidad dinámico, E_d (kg/cm² $\times 10^5$)	Coefficiente de Poisson, ν
Andesita	3,0-4,0		0,23-0,32
Anfibolita	1,3-9,2	4,6-10,5	
Anhidrita	0,15-7,6		0,1-0,4 (0,24-0,31)
Arenisca	0,3-6,1	0,5-5,6	0,19-0,38 (0,25)
Basalto	3,2-10	4,1-8,7	0,12-0,33 (0,25-0,30)
Caliza	1,5-9,0 (2,9-6,0)	0,8-9,9	0,08-0,24 (0,11-0,15)
Cuarcita	2,2-10 (4,2-8,5)		0,28
Diabasa	6,9-9,6	6,0-9,8	
Diorita	0,2-1,7	2,5-4,4	
Dolomía	0,4-5,1	2,2-8,6	0,29-0,34 0,12-0,20
Gabro	1-6,5		0,08-0,40 (0,20-0,30)
Gneiss	1,7-8,1 (5,3-5,5)	2,5-10,5	0,01-0,31 (0,12)
Esquistos	0,6-3,9 (2,0)		0,1-0,4 (0,18-0,24)
Granito	1,7-7,7	1,0-8,4	
Grauvaca	4,7-6,3	2,3-10,7	
Limolita	5,3-7,5	0,7-6,5	0,25
Lutita	0,3-2,2	1,0-7,0	0,25-0,29
Marga	0,4-3,4	1,0-4,9	
Mármol	2,8-7,2		0,1-0,4 (0,23)
Micaesquistos	0,1-2,0		
Pizarra	0,5-3,0		0,22
Sal	0,5-2,0		0,24-0,29
Toba	0,3-7,6		
Yeso	1,5-3,6		

Valores máximos y mínimos. Valores medios entre paréntesis.

Datos seleccionados a partir de Rahn (1986), Johnson y De Graff (1988), Goodman (1989), Walthan (1999), Duncan (1999).

Constantes elásticas de las rocas

Roca intacta	Módulo de elasticidad estático, E (kg/cm² $\times 10^5$)	Módulo de elasticidad dinámico, E_d (kg/cm² $\times 10^5$)	Coefficiente de Poisson, ν
Andesita	3,0-4,0		0,23-0,32
Anfibolita	1,3-9,2	4,6-10,5	
Anhidrita	0,15-7,6		0,1-0,4 (0,24-0,31)
Arenisca	0,3-6,1	0,5-5,6	0,19-0,38 (0,25)
Basalto	3,2-10	4,1-8,7	0,12-0,33 (0,25-0,30)
Caliza	1,5-9,0 (2,9-6,0)	0,8-9,9	0,08-0,24 (0,11-0,15)
Cuarcita	2,2-10 (4,2-8,5)		0,28
Diabasa	6,9-9,6	6,0-9,8	
Diorita	0,2-1,7	2,5-4,4	
Dolomía	0,4-5,1	2,2-8,6	0,29-0,34 0,12-0,20
Gabro	1-6,5		0,08-0,40 (0,20-0,30)
Gneiss	1,7-8,1 (5,3-5,5)	2,5-10,5	0,01-0,31 (0,12)
Esquistos	0,6-3,9 (2,0)		0,1-0,4 (0,18-0,24)
Granito	1,7-7,7	1,0-8,4	
Grauvaca	4,7-6,3	2,3-10,7	
Limolita	5,3-7,5	0,7-6,5	0,25
Lutita	0,3-2,2	1,0-7,0	0,25-0,29
Marga	0,4-3,4	1,0-4,9	
Mármol	2,8-7,2		0,1-0,4 (0,23)
Micaesquistos	0,1-2,0		
Pizarra	0,5-3,0		0,22
Sal	0,5-2,0		0,24-0,29
Toba	0,3-7,6		
Yeso	1,5-3,6		

Valores máximos y mínimos. Valores medios entre paréntesis.

Datos seleccionados a partir de Rahn (1986), Johnson y De Graff (1988), Goodman (1989), Walthan (1999), Duncan (1999).

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS EN RELLENOS

TYPICAL PROPERTIES OF COMPACTED SOILS (NAVFAC DM 7.2, Table 1, p7.2-39)

Group Symbol	Soil Type	Range of Maximum Dry Unit Weight, pcf	Range of Optimum Moisture, Percent	Typical Value of Compression		Typical Strength Characteristics				Typical Coefficient of Permeability ft/min.	Range of CBR Values	Range of Subgrade Modulus lbs/cu in
				At 1.4 tsf (20 psi)	At 3.6 tsf (50 psi)	Cohesion (as compacted) psf	Cohesion (saturated) psf	PHI (Effective Stress Friction Angle Degrees)	Tan PHI			
				Percent of Original Height								
GW	Well-graded clean gravels, gravel-sand mixture	125 - 135	11 - 8	0.3	0.6	0	0	>38	>0.79	5 x 10 ⁻²	40 - 80	300 - 500
GP	Poorly graded clean gravels, gravel-sand mix	115 - 125	14 - 11	0.4	0.9	0	0	>37	>0.74	10 ⁻¹	30 - 60	250 - 400
GM	Silty gravels, poorly graded gravel-sand-silt	120 - 135	12 - 8	0.5	1.1	--	--	>34	>0.67	>10 ⁻⁶	20 - 60	100 - 400
GC	Clayey gravels, poorly graded gravel-sand-clay	115 - 130	14 - 9	0.7	1.6	--	--	>31	>0.60	>10 ⁻⁷	20 - 40	100 - 300
SW	Well graded clean sands, gravelly sands	110 - 130	16 - 9	0.6	1.2	0	0	38	0.79	>10 ⁻³	20 - 40	200 - 300
SP	Poorly graded clean sands, sand-gravel mix	100 - 120	21 - 12	0.8	1.4	0	0	37	0.74	>10 ⁻³	10 - 40	200 - 300
SM	Silty sands, poorly graded sand-silt mix	110 - 125	16 - 11	0.8	1.6	1050	420	34	0.67	5 x 10 ⁻⁵	10 - 40	100 - 300
SM-SC	Sand-silt clay mix with slightly plastic fines.	110 - 130	15 - 11	0.8	1.4	1050	300	33	0.66	2 x 10 ⁻⁶	5 - 30	100 - 300
SC	Clayey sands, poorly graded sand-clay-mix	105 - 125	19 - 11	1.1	2.2	1550	230	31	0.60	5 x 10 ⁻⁷	5 - 20	100 - 300
ML	Inorganic silts and clayey silts	95 - 120	24 - 12	0.9	1.7	1400	190	32	0.62	>10 ⁻⁵	15 or less	100 - 200
ML-CL	Mixture of inorganic silt and clay	100 - 120	22 - 12	1.0	2.2	1350	460	32	0.62	5 x 10 ⁻⁷	--	--
CL	Inorganic clays of low to medium plasticity	95 - 120	24 - 12	1.3	2.5	1800	270	28	0.54	>10 ⁻⁷	15 or less	50 - 200
OL	Organic silts and silt-clays, low plasticity	80 - 100	33 - 21	--	--	--	--	--	--	--	5 or less	50 - 100
MH	Inorganic clayey silts, plastic silts	70 - 95	40 - 24	2.0	3.8	1500	420	25	0.47	5 x 10 ⁻⁷	10 or less	50 - 100
CH	Inorganic clays of high plasticity	75 - 105	36 - 19	2.6	3.9	2150	230	19	0.35	>10 ⁻⁷	15 or less	50 - 150
OH	Organic clays and silty clays	65 - 100	45 - 21	--	--	--	--	--	--	--	5 or less	25 - 100

Notes: All properties are for Conditions of Standard Proctor maximum density, except values of k and CBR, which are for Modified Proctor maximum density. Typical strength values are effective strengths from USBR data. Compression values are for vertical loading with complete lateral confinement.

Tabla 4.9.9. Valores típicos para algunas propiedades de rellenos compactados en seco

Tipo de material	Peso específico seco γ_d (kN/m ³)	Resistencia al corte			Módulo de deformación $E_2^{(1)}$ (MN/m ²)
		Sin drenaje	Con drenaje		
			s_u (kN/m ²)	c (kN/m ²)	
Todo-uno de cantera	23	—	0	50	200
Gravas arenosas	21	—	0	45	150
Arenas limpias	19	—	0	35	50
Arenas limosas ⁽²⁾	18	—	10	32	40
Limos ⁽³⁾	14	40	20	28	20
Arcillas de baja plasticidad	16	200	20	25	20
Arcillas de alta plasticidad	13	100	20	20	10

(1) Módulo de recarga de ensayos de placa de carga de 30 cm de diámetro.

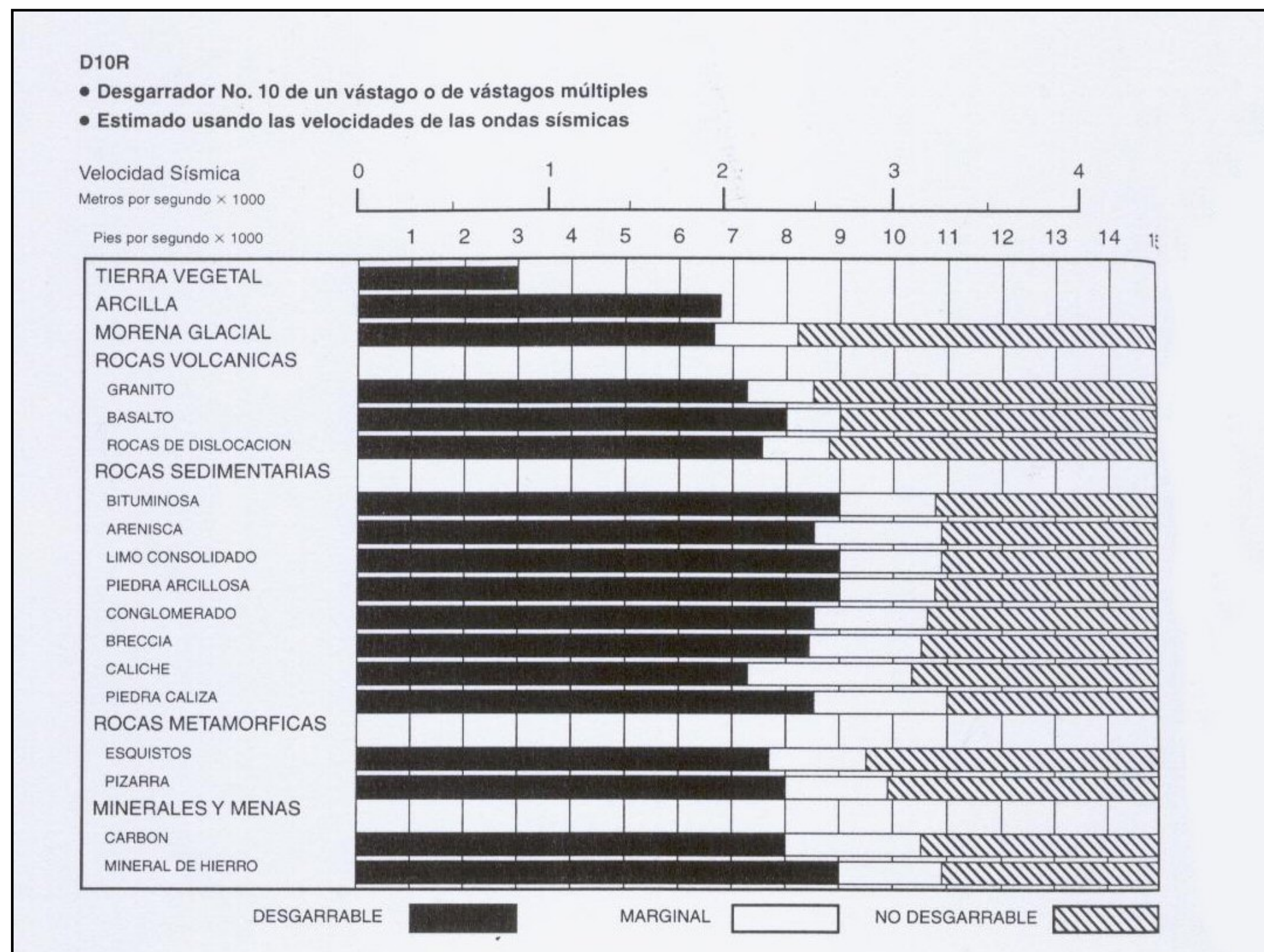
(2) Con más del 10% de contenido en finos.

(3) Los limos, compactados en seco, pueden colapsar (asentar sin variar la carga vertical) al saturarse.

ULTIMATE FRICTION FACTORS AND ADHESION FOR DISSIMILAR MATERIALS (NAVFAC DM 7.2, Table 1, p7.2-63)

Interface Materials	Friction factor	Friction angle, degrees
Mass concrete on the following foundation materials:		
Clean sound rock	0.70	35
Clean gravel, gravel-sand mixtures, coarse sand	0.55 to 0.60	29 to 31
Clean fine to medium sand, silty medium to coarse sand, silty or clayey gravel	0.45 to 0.55	24 to 29
Clean fine sand, silty or clayey fine to medium sand	0.35 to .045	19 to 24
Fine sandy silt, non-plastic silt	0.30 to 0.35	17 to 19
Very stiff and hard residual or pre-consolidated clay	0.40 to 0.50	22 to 26
Medium stiff and stiff clay and silty clay	0.30 to 0.35	17 to 19
(Masonry on foundation materials has same friction factors.)		
Steel sheet piles against the following soils:		
Clean gravel, gravel-sand mixtures, well-graded rock fill with spalls	0.40	22
Clean sand, silty sand-gravel mixture, single size hard rock fill	0.30	17
Silty sand, gravel or sand mixed with silt or clay	0.25	14
Fine sandy silt, non-plastic silt	0.20	11
Formed concrete or concrete sheet piling against the following soils:		
Clean gravel, gravel-sand mixtures, well-graded rock fill with spalls	0.40 to 0.50	22 to 26
Clean sand, silty sand-gravel mixture, single size hard rock fill	0.30 to 0.40	17 to 22
Silty sand, gravel or sand mixed with silt or clay	0.30	17
Fine sandy silt, non-plastic silt	0.25	14
Various structural materials:		
Masonry on masonry, igneous and metamorphic rocks:		
Dressed soft rock on dressed soft rock	0.70	35
Dressed hard rock on dressed soft rock	0.65	33
Dressed hard rock on dressed hard rock	0.55	29
Masonry on wood (cross grain)	0.50	26
Steel on steel at sheet pile interlocks	0.30	17
Interface Materials (Cohesion)		Adhesion C_a (psf)
Very soft cohesive soil (0 - 250 psf)	0 - 250	
Soft cohesive soil (250 - 500 psf)	250 - 500	
Medium stiff cohesive soil (500 - 1000 psf)	500 - 750	
Stiff cohesive soil (1000 - 2000 psf)	750 - 950	
Very stiff cohesive soil (2000 - 4000 psf)	950 - 1,300	

TABLA DE RIPABILIDAD



Caterpillar & Co. Ltd. (1982). Reproducción de la tabla de valores de velocidad sísmica (V_p) frente al tipo de roca y grado de ripabilidad para el bulldozer CAT D10R. Esta tabla está calculada para un equipo pesado y potente en el que va montado un desgarrador o ripper (el denominado por la marca N° 10) de un solo vástago. Para equipos de menor potencia los límites son inferiores a los mostrados en este gráfico.

ANEXO N° 10

TABLAS DE CORRELACIÓN DE PARÁMETROS
GEOTÉCNICOS EMPLEADOS

PARÁMETROS DE AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN (EHE 2008)

Tabla 8.2.2 Clases generales de exposición relativas a la corrosión de las armaduras

CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
Normal	no agresiva	I	Ninguno	- interiores de edificios, no sometidos a condensaciones - elementos de hormigón en masa	- elementos estructurales de edificios, incluido los forjados, que estén protegidos de la intemperie
		Ila	corrosión de origen diferente de los cloruros	- interiores sometidos a humedades relativas medias altas (> 65%) o a condensaciones - exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm - elementos enterrados o sumergidos	- elementos estructurales en sótanos no ventilados - cimentaciones - estribos, pilas y taberos de puentes en zonas, sin impermeabilizar con precipitación media anual superior a 600 mm - Taberos de puentes impermeabilizados, en zonas con sales de deshielo y precipitación media anual superior a 600 mm - elementos de hormigón, que se encuentren a la intemperie o en las cubiertas de edificios en zonas con precipitación media anual superior a 600mm - Forjados en cámara sanitaria, o en interiores en cocinas y baños, o en cubierta no protegida
	Humedad media	Ilib	corrosión de origen diferente de los cloruros	- exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm	- elementos estructurales en construcciones exteriores protegidas de la lluvia - taberos y pilas de puentes, en zonas de precipitación media anual inferior a 600 mm
Marina	Aérea	Illa	corrosión por cloruros	- elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar - elemento exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km)	- elementos estructurales de edificaciones en las proximidades de la costa - puentes en las proximidades de la costa - zonas aéreas de diques, pantalanes y otras obras de defensa litoral
		Ilib	corrosión por cloruros	- elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar	- instalaciones portuarias - zonas sumergidas de diques, pantalanes y otras obras de defensa litoral
	en zona de carrera de mareas y en zonas de salpicaduras	Illc	corrosión por cloruros	- elementos de estructuras marinas situadas en la zona de salpicaduras o en zona de carrera de mareas	- cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar - zonas situadas en el recorrido de marea de diques, pantalanes y otras obras de defensa litoral - zonas de pilas de puentes sobre el mar, situadas en el recorrido de mareas
con cloruros de origen diferente del medio marino		IV	corrosión por cloruros	- instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el ambiente marino - superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas.	- piscinas e interiores de los edificios que las albergan. - pilas de pasos superiores o pasarelas en zonas de nieve - estaciones de tratamiento de agua.

Tabla 8.2.3.a Clases específicas de exposición relativas a otros procesos de deterioro distintos de la corrosión

CLASE ESPECÍFICA DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
Química Agresiva	Débil	Oa	ataque químico	- elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (ver tabla 8.2.3.b)	- instalaciones industriales, con sustancias débilmente agresivas según tabla 8.2.3.b - construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad débil según tabla 8.2.3.b
				- elementos en contacto con agua de mar - elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (ver tabla 8.2.3.b)	- dolos, bloques y otros elementos para diques - estructuras marinas, en general - instalaciones industriales con sustancias de agresividad media según tabla 8.2.3.b - construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad media según tabla 8.2.3.b - instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales con sustancias de agresividad media según tabla 8.2.3.b
	Fuerte	Oc		- elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (ver tabla 8.2.3.b)	- instalaciones industriales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con tabla 8.2.3.b - instalaciones de conducción y tratamiento de aguas residuales, con sustancias de agresividad alta de acuerdo con tabla 8.2.3.b - construcciones en proximidades de áreas industriales, con agresividad fuerte según tabla 8.2.3.b
con heladas	sin sales fundentes	H	ataque hielo-deshielo	- elementos situados en contacto frecuente con agua, o humedad relativa media ambiental en invierno superior al 75%, y que tengan una probabilidad superior al 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5°C	- construcciones en zonas de alta montaña. - estaciones invernales
				- elementos destinados al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno inferior a 0°C	- taberos de puentes o pasarelas en zonas de alta montaña, en las que se utilizan sales fundentes.
Erosión	con sales fundentes	F	ataque por sales fundentes		
	Erosión	E	abrasión cavitación	- elementos sometidos a desgaste superficial - elementos de estructuras hidráulicas en los que la cota piezométrica pueda descender por debajo de la presión de vapor del agua	- pilas de puente en cauces muy torrenciales - elementos de diques, pantalanes y otras obras de defensa litoral que se encuentren sometidos a fuertes oleajes - pavimentos de hormigón - tuberías de alta presión

PARÁMETROS DE AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN (EHE 2008) (CONTINUACIÓN)

Tabla 8.2.3.b Clasificación de la agresividad química

TIPO DE MEDIO AGRESIVO	PARÁMETROS	TIPO DE EXPOSICIÓN		
		Qa	Qb	Qc
		ATAQUE DÉBIL	ATAQUE MEDIO	ATAQUE FUERTE
AGUA	VALOR DEL pH, según UNE 83.952	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
	CO ₂ AGRESIVO (mg CO ₂ /l), según UNE-EN 13.577	15 - 40	40 - 100	> 100
	IÓN AMONIO (mg NH ₄ ⁺ /l), según UNE 83.954	15 - 30	30 - 60	> 60
	IÓN MAGNESIO (mg Mg ²⁺ /l), según UNE 83.955	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
	IÓN SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ /l), según UNE 83.956	200 - 600	600 - 3000	> 3000
	RESIDUO SECO (mg/l), según UNE 83.957	75 - 150	50 - 75	< 50
SUELO	GRADO DE ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg), según UNE 83.962	> 200	(*)	(*)
	IÓN SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ /kg de suelo seco), según UNE 83.963	2000 - 3000	3000 - 12000	> 12000

(*) Estas condiciones no se dan en la práctica

Tabla 37.3.2.a Máxima relación agua/cemento y mínimo contenido de cemento

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	CLASE DE EXPOSICIÓN												
		I	Ila	Ilb	IIla	IIlb	IIlc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
Máxima Relación a/c	masa	0,65	-	-	-	-	-	-	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
	armado	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,50
	pretensado	0,60	0,60	0,55	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,50
Mínimo contenido de cemento (kg/m ³)	masa	200	-	-	-	-	-	-	275	300	325	275	300	275
	armado	250	275	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325	300
	pretensado	275	300	300	300	325	350	325	325	350	350	300	325	300

Tabla 37.3.2.b Resistencias mínimas recomendadas en función de los requisitos de durabilidad (*)

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	CLASE DE EXPOSICIÓN												
		I	Ila	Ilb	IIla	IIlb	IIlc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
resistencia Mínima (N/mm ²)	masa	20	-	-	-	-	-	-	30	30	35	30	30	30
	armado	25	25	30	30	30	35	30	30	30	35	30	30	30
	pretensado	25	25	30	30	35	35	35	30	35	35	30	30	30

(*) Estos valores reflejan las resistencias que pueden esperarse con carácter general cuando se emplean áridos de buena calidad y se respetan las especificaciones estrictas de durabilidad incluidas en esta Instrucción. Se trata de una tabla meramente orientativa, al objeto de fomentar la deseable coherencia entre las especificaciones de durabilidad y las especificaciones de resistencia. En este sentido, se recuerda que en algunas zonas geográficas en las que los áridos sólo pueden cumplir estrictamente las especificaciones definidos para ellos en esta Instrucción, puede ser complicado obtener estos valores.

ANEXO N° 11

REPORTAJE FOTOGRÁFICO

PETICIONARIO: INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.	OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO	PROYECTO: TRAZADO E IMPACTO AMBIENTAL. CONEXIÓN CG 1.5 EN SAMPAIO-PORTOBRADO (NOIA – CORUÑA)	CLAVE DE LA OBRA: SE-124 / 13
---	--------------------------	--	-------------------------------



Vista general del lugar de comienzo de la futura mejora y ampliación de la carretera



Vista general de la zona en la intersección con la carretera AC-543 y futura creación de rotonda



Vista general de la zona en la intersección con la carretera AC-543 y futura creación de rotonda



Vista general de la zona en la carretera a ampliar CP-5702

PETICIONARIO: INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.	OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO	PROYECTO: TRAZADO E IMPACTO AMBIENTAL. CONEXIÓN CG 1.5 EN SAMPAIO-PORTOBRADO (NOIA – CORUÑA)	CLAVE DE LA OBRA: SE-124 / 13
---	--------------------------	--	-------------------------------



Vista general de la zona en la carretera a ampliar CP-5702



Vista general de la zona en la intersección con la carretera AC-311 y futura creación de rotonda



Vista general de la zona en el entorno del P.K. 0+600 aproximadamente



Vista general de la zona en el entorno del P.K. 0+700 aproximadamente

PETICIONARIO: INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.	OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO	PROYECTO: TRAZADO E IMPACTO AMBIENTAL. CONEXIÓN CG 1.5 EN SAMPAIO-PORTOBRADO (NOIA – CORUÑA)	CLAVE DE LA OBRA: SE-124 / 13
---	--------------------------	--	-------------------------------



Vista general de la zona en el entorno del P.K. 0+900 aproximadamente



Vista general de la zona en el entorno del P.K. 1+100 aproximadamente



Vista general de la zona en el entorno del P.K. 1+300 aproximadamente



Vista general de la zona en el entorno del P.K. 1+250 aproximadamente

PETICIONARIO: INGENIERÍA DEL NOROESTE, S.L.

OBRA: ESTUDIO GEOTÉCNICO

PROYECTO: TRAZADO E IMPACTO AMBIENTAL. CONEXIÓN CG 1.5 EN SAMPAIO-PORTOBRADO (NOIA – CORUÑA)

CLAVE DE LA OBRA: SE-124/13



Vista general del lugar de finalización de la futura mejora y ampliación de la carretera



Vista detalle de los materiales en las inmediaciones de la finalización de la futura carretera



Vista de brújula con clinómetro para la medición de la dirección de buzamiento y del buzamiento de un plano de discontinuidad



Martillo de geólogo para medida de la resistencia del macizo rocoso y su litología