

ANEJO Nº 7 – ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL CORREDOR

ANEJO Nº7. ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL CORREDOR

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	3
2.- INFORMACIÓN BÁSICA.....	3
3.- INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA.....	4
3.1. SONDEOS.....	6
3.2. CALICATAS.....	6
3.3. PENETROMETROS DINÁMICOS.....	7
3.4. GEOFISICA.....	7
3.5. ENSAYOS "IN SITU".....	8
3.5.1. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y TOMA DE MUESTRAS INALTERADAS.....	8
3.6. MUESTRAS RECOGIDAS PARA LABORATORIO.....	9
3.6.1. TESTIGOS DE ROCA O TESTIGOS PARAFINADOS.....	9
3.6.2. MUESTRAS DE BOLSA Y MUESTRAS EN SACO.....	9
3.7. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	10
4.- RECORRIDO GEOLÓGICO DE LA TRAZA.....	11
5.- CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS.....	11
5.1. ROCAS ULTRABÁSICAS SERPENTINIZADAS (CS).....	11
5.1.1. PROPIEDADES DE LA ROCA MATRIZ.....	11
5.1.2. SUELOS DE ALTERACIÓN.....	12
5.2. METABASITAS (VMB).....	13
5.2.1. PROPIEDADES DE LA ROCA MATRIZ.....	13
5.2.2. SUELOS DE ALTERACIÓN.....	13
5.3. ESQUISTO ANFIBÓLICO (VE).....	14
5.3.1. PROPIEDADES DE LA ROCA MATRIZ.....	14
5.3.2. SUELOS DE ALTERACIÓN.....	14
5.4. ANFIBOLITA EN COPOS (MA).....	15
5.4.1. PROPIEDADES DE LA ROCA MATRIZ.....	15
5.4.2. SUELOS DE ALTERACIÓN.....	15
5.5. COLUVIÓN (QC).....	17
5.6. SUELOS ELUVIALES INDIFERENCIADOS (E).....	17
5.7. CUADRO RESUMEN DE LOS PARÁMETROS GEOTÉCNICOS.....	18
6.- AGUAS SUBTERRÁNEAS. AGRESIVIDAD DEL SUBSUELO AL HORMIGÓN.....	19
7.- ESTUDIO DE DESMONTES.....	20
7.1. TRAMOS EN DESMONTE Y ALTURAS MÁXIMAS.....	20

7.2.	MATERIALES AFECTADOS.....	20
7.3.	CONDICIONANTES DEL DISEÑO	20
7.4.	METODOLOGIA DE CALCULO	20
7.5.	RECOMENDACIONES GENERALES.....	26
7.6.	FONDO DE LOS DESMONTES.....	28
7.7.	ESTUDIO PARTICULARIZADO DE LOS DESMONTES DE LA TRAZA	28
7.7.1.	DESMONTE 1 (PK 0+760 – 1+388)	29
7.7.2.	DESMONTE 2 (REPOSICION DEL CAMINO. ROTONDA DE ENLACE N-547)	31
8.-	ESTUDIO GEOTÉCNICO DE RELLENOS	34
8.1.	INTRODUCCIÓN	34
8.2.	GENERALIDADES.....	34
8.2.1.	TIPOS DE RELLENOS.....	34
8.2.2.	ZONIFICACIÓN GENÉRICA DE RELLENOS.....	34
8.3.	MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS RELLENOS	35
8.3.1.	NORMATIVA	35
8.3.2.	PROCEDENCIA DE MATERIALES PARA RELLENOS.....	39
8.4.	CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO.....	39
8.4.1.	TIPO DE RELLENO.....	39
8.4.2.	ZONIFICACIÓN	39
8.4.3.	TALUD DE RELLENO	39
8.4.4.	ESTABILIDAD DE RELLENO.....	39
8.4.5.	PARÁMETROS RESISTENTES.....	39
8.4.6.	ASIENTOS	40
8.4.7.	APOYO DE LOS RELLENOS.....	40
8.5.	ESTUDIO PARTUCULARIZADO DE LOS RELLENOS DE LA TRAZA	41
9.-	ESTUDIO DE LA EXPLANADA	44
9.1.	FORMACIÓN DE EXPLANADA DE CATEGORÍA E-2	44
9.2.	RECOMENDACIONES PRÁCTICAS PARA LA FORMACIÓN DE LA EXPLANADA.....	45

APÉNDICES

- APÉNDICE 1. CARTOGRAFÍA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE DETALLE
- APÉNDICE 2. PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO LONGITUDINAL
- APÉNDICE 3. REGISTRO Y FOTOGRAFÍAS DE LOS SONDEOS A ROTACION
- APÉNDICE 4. REGISTRO DE LAS CALICATAS
- APÉNDICE 5. REGISTRO DE LOS ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA
- APÉNDICE 6. ESTUDIO GEOFÍSICO. SÍSMICA DE REFRACCION
- APÉNDICE 7. ACTAS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO
- APÉNDICE 8.- REPORTAJE FOTOGRÁFICO

ANEJO Nº7. ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL CORREDOR

1.- INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El presente documento corresponde al anejo geotécnico elaborado para el «Proyecto de Construcción de la Autovía Lugo - Santiago (A-54). Tramo: Ramal de Conexión del Enlace de Remonde con la Carretera N-547».

Se trata de un ramal de 1,5 km aproximadamente, que se inicia tras la salida de la glorieta norte del enlace de Remonde en el P.K. 5+720 de la «Autovía Santiago- Lugo (A-54). Tramo: Enlace de Melide Sur – Enlace de Palas de Rei» (Clave 12-LU-4620.A), con desmontes y rellenos de pocos metros de altura, en general inferior a 2 m, salvo en la zona del paso superior del Camino de Santiago, donde se alcanzan los 10,10 m de altura de desmonte (sobre eje del trazado), y en los viales de conexión de la glorieta final de conexión con la N-547, donde la altura máxima de relleno es aproximadamente de 5,5 m y la de desmonte alcanza los 4,7 m (sobre eje del trazado).

2.- INFORMACIÓN BÁSICA

La información inicial utilizada para la realización del presente estudio geotécnico ha sido la siguiente:

- ESTUDIOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS PERTENECIENTES A LOS SIGUIENTES ESTUDIOS/PROYECTOS:
 - «Estudio de Alternativas para la definición de la conexión del Enlace de Remonde con la carretera N-547» CLAVE: T2-LU-4620.B/12-LU-4620.B.
 - «Proyecto de Construcción: Autovía Lugo-Santiago (A-54). Tramo: Enlace de Palas-Enlace Melide Sur. Clave: T2-LU-4620/12-LU-4620
 - Estudio Informativo «Autovía Santiago de Compostela – Lugo», clave EI-1-E-117
 - Estudio Informativo EI1-E-211 "Autovía A-54. N-547 Enlace de Arzúa oeste-Enlace de Palas de Rei oeste".
 - «Estudio adicional al Estudio Informativo. Vía de conexión Santiago-Lugo. Tramo: Enlace de Arzúa Oeste-Enlace de Palas de Rei Oeste. Provincias de A Coruña y Lugo». Clave EI1- VG-211
 - Documentación complementaria del estudio informativo: Adenda alternativa 4 a través del LIC Serra do Careón y Documentación complementaria alternativa 5.

- Proyecto de Construcción. Autovía Lugo - Santiago (A-54). Tramo: Monte de Meda-Vilamoure.
- Proyecto de Construcción. Autovía A-57. Conexión A-52 – Pontevedra. Tramo: Padróns – Pazos de Borbén.
- PUBLICACIONES OFICIALES DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS:
 - Pliego PG-3: Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes. (Abril 2004).
 - «Guía de Cimentaciones en Obras de Carreteras», Ministerio de Fomento, (Septiembre 2002, revisada en 2009).
 - ORDEN FOM/3460/2003, de 28 de noviembre, por la que se aprueba la norma 6.1-IC «Secciones de firme», de la Instrucción de Carreteras.
 - «Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carreteras», Ministerio de Fomento, (2004).
 - Nota de servicio 3/2012, Recomendaciones sobre la campaña geotécnica de los Proyectos de la Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento (Noviembre, 2012).
 - Guía para el proyecto de cimentaciones en obras de carretera con Eurocódigo 7: Bases del proyecto geotécnico - SERIE GUÍAS EUROCÓDIGOS- Ministerio de Fomento; Dirección General de Carreteras. (Junio 2019)
- NORMATIVA DE APLICACIÓN:
 - UNE-EN 1990:2019. Eurocódigos. Bases de cálculo de estructuras
 - UNE-EN 1991-1-1:2019. Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-1. Acciones generales. Pesos específicos, pesos propios, y sobrecargas de uso en edificios
 - UNE-EN 1997-1:2016. Eurocódigo 7: Proyecto geotécnico. Parte 1: Reglas generales.
 - UNE-ENV 1997-2:2001. Eurocódigo 7: Proyecto geotécnico. Parte 2: Proyecto asistido por ensayos de laboratorio.
 - UNE-EN 1998-1:2018. Eurocódigo 8: Proyecto de estructuras sismorresistentes. Parte 1: Reglas generales, acciones sísmicas y reglas para edificación.
 - Anejos Nacionales de los Eurocódigos indicados.
 - Código Estructural. Real Decreto 470/2021. BOE-A-2021-13681.

▪ BIBLIOGRAFÍA.-

Documentación y planos del ITGE:

- IGME: «Cartografía Geológica Continua Digital de España» (GEODE), 1:50000, 2013.
- Mapa geológico de España, E. 1:50.000 (Magna): Hoja Nº 96 Arzúa.
- Mapa geológico de España, E. 1:50.000 (Magna): Hoja Nº 122 Golada.
- Mapa geológico de España, E. 1:200.000: Hoja Nº 8 Lugo
- Mapa geotécnico general a escala 1/200.000. Hoja Nº 8 Lugo.
- Mapa de Rocas Industriales, escala 1:200.000: Nº 7 Santiago de Compostela, Nº 8 Lugo y Nº 17 Orense.
- Mapa de rocas y minerales Industriales, escala 1:200.000: Nº 7 Santiago de Compostela y Nº 8 Lugo y Nº 17 Orense.
- Mapa de rocas y minerales industriales de Galicia, escala 1:200.000: nº 16-26 Pontevedra- A Guarda y nº 17-27 Ourense – Verín
- Ferrero Arias, A.; Toyos Sáenz De Miera, J.M., Roel Morales, J.; Díaz Rodríguez, L.A., Arteaga, R. «Prospección de Áridos de Galicia» (ITGE, Madrid 1991).

Publicaciones relacionadas con la zona y el ámbito de estudio:

- Vera, J.A. (editor) (2004): «Geología de España». SGE-IGME, Madrid, 890 p.
- J. Samper Calvete, «Aguas subterráneas y medio ambiente en Galicia», in Reflexiones sobre el medio ambiente en Galicia, ed.: Casares, J.J. Conselleria de Medio Ambiente, Xunta de Galicia p. 231-249, Santiago de Compostela, 2003.
- Montoto, M. y Esbert, R. M., «Alteración de granitos: Evolución a rocas blandas y degradación de propiedades geomecánicas. Memorias del simposio nacional sobre rocas blandas». Soc. esp. de Mecánica de Suelos, 1976.
- Abati Gómez, J., «Petrología Metamórfica y Geocronología de la unidad culminante del Complejo de Ordenes en la región de Carballo (Galicia, NW del Macizo Ibérico)». Tesis doctoral, U.C.M. Madrid, 2000.
- Martínez Catalán, J.R., Klein, E., de Pablo Maciá, J.G., González Lodeiro, F., «El Complejo de Ordenes: subdivisión, descripción y discusión sobre su origen». 1984
- Díaz García, F., Arenas, R., Martínez Catalán, J.R., González del Tánago, J. y Dunning, G.R. (1999). «La evolución tectónica de la ofiolita del Careón. (Orógeno Varisco, NW España)». Trabajos de Geología nº 21 (págs. 67-78).
- «Manual de taludes». IGME; 1987.

- «Desmontes». Rodríguez Ortiz, J.Mª. 2000. III Simposio sobre Geotecnia de las Infraestructuras del Transporte (Barcelona).
- «Rock slope stability analysis». Giani, G.P. 1992 (Balkema).
- ROM 0.5-05 «Recomendaciones geotécnicas para el proyecto de obras marítimas y portuarias». MOPTMA – Puertos del Estado.
- «Curso aplicado de cimentaciones» C.O.A.M. (Rodríguez Ortiz, J.Mª.; 1982).
- «Geología aplicada a la Ingeniería Civil». López Marinas, J. M. 2000. Editorial Dossat 2000.
- «Propiedades de la matriz rocosa». (I Curso sobre excavación de túneles con tuneladora organizado por STMR). Serón, J. B., 1999.
- «Propiedades de la roca matriz». (Mecánica de rocas práctica. Módulo 1. Organizado por STMR). Romana Ruiz, M. 2004.

3.- INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

Como antecedente directo de los trabajos realizados para el presente Proyecto, se dispone de toda la información procedente de los Proyectos de Trazado y de Construcción del tramo Enlace de Palas – Enlace de Melide Sur (Clave 12-LU-4620.A), además de la correspondiente a la Fase III de esos proyectos en la cual se incluyen algunas investigaciones geotécnicas realizadas para la alternativa que, en esa Fase (finalizada en agosto de 2014), se estudió para este ramal.

La información disponible se ha completado mediante una campaña de investigación geotécnica consistente en la perforación de nuevos sondeos a rotación con recuperación de testigo, ensayos de penetración dinámica, calicatas mecánicas y un estudio geofísico consistente en dos perfiles sísmicos (sísmica de Refracción).

ELEMENTO	P.K. INICIO	P.K. FIN	INVEST. EXISTENTE	INVESTIGACIÓN PROPUESTA					EXIGENCIAS NS 3/2012	CUMPLIMIENTO DE LA NOTA DE SERVICIO 3/2012 Y COMENTARIOS
				SONDEOS (PROF. EN m)	CALICATAS	PENETRÓMETROS DINÁMICOS	PERFIL SÍSMICO	ENSAYOS AGUAS Y SUELOS		
Tronco	0+000	1+485	CD-205, CR-206, CD-207 3 calicatas	SD-501 (10m), SD-502 (10m), SE-503 (20m), SE-504 (20 m), SR-505 (12 m) 5 sondeos	CR-501, CR-502, CD-503, CR-504, CR-505, CE-506, CE-507, CR-508, CR-509, CR-510 10 calicatas	PR-501, PD-502, PR-503, PE-504, PE-505, PR-506, PR-507, PR-508, PR-509, PR-510 10 penetros		EHE-08 (3)	5 sondeos 10 calicatas 10 penetros	Se cumple la NS
O.D. 0.1	0+140		CR-206 1 calicata	SD-501 (10 m) 1 sondeo	CR-501 1 calicata	PR-501 PR-512 2 penetros		L-2900, EHE-08	1 sondeo 1 calicata 2 penetros	Según la NS, se necesita 1 sondeo, 2 calicatas y 2 penetrómetros. Se propone realizar 1 calicata y aprovechar los resultados de la CR-206 realizada previamente.
O.D. 0.6	0+540			SD-502 (10m) 1 sondeo	CD-503 CD-514 2 calicatas	PD-502 PD-513 2 penetros		L-2900, EHE-08	1 sondeo 2 calicatas 2 penetros	Se cumple la NS
P.S. 1.0	1+040			SE-503 (20m) SE-504 (20 m) 2 sondeos	CE-506 CE-507 2 calicatas	PE-504 PE-505 2 penetros	PS-501	L-2900, EHE-08	1 sondeo, 1 calicata y 1 penetro por cada estribo	Se cumple la NS
O.D. 1.4	1+450			SR-505 (12 m) 1 sondeo	CR-509 CR-510 2 calicatas	PR-508 PR-509 2 penetros		L-2900, EHE-08	1 sondeo 2 calicatas 2 penetros	Se cumple la NS
O.D. 1.4.1	0+020 (eje glorieta en N-547)			SD-506 (16 m) 1 sondeo	CR-511 1 calicata	PR-511 1 penetro		L-2900, EHE-08	1 sondeo 2 calicatas 2 penetros	Según la NS, falta 1 calicata y 1 penetrómetro en cada OD, pero hay dificultades de acceso para ello. Se utilizará el sondeo en la glorieta para el estudio del desmonte y también para el estudio de las ODs. Las calicatas y ensayos de penetración se realizarán lo más cerca posible de la obra prevista, junto a la carretera existente. No es posible acceder a otros puntos.
Reposición camino	0+000	0+209,7		SD-506 (16 m) 1 sondeo	CD-512 CD-513 2 calicatas		PS-502	L-2900, EHE-08	1 sondeo 2 calicatas 0 penetros	Se cumple la NS

A continuación, se especifican los trabajos realizados:

3.1. SONDEOS

La campaña de perforación de sondeos se llevó a cabo entre los días 30 de septiembre y 7 de octubre de 2019.

Se perforaron un total de 6 sondeos mediante una sonda Rolatec SO-600.

Se adjunta un cuadro resumen de los sondeos realizados, con indicación de la situación de cada sondeo referido al punto kilométrico del eje, coordenadas UTM, profundidad alcanzada.

En el Apéndice 3 se presentan las columnas de sondeo y las fotografías de las cajas.

Sobre los materiales tipo suelo se realizaron ensayos de penetración estándar (SPT), toma de muestras inalteradas (MI) y en los casos en que el material lo permitió muestras parafinadas (TP). En aquellas ocasiones en que no se pudo obtener material representativo del sondeo para caracterizar alguna unidad, se tomaron muestras alteradas (MA).

En las perforaciones en roca se enviaron testigos representativos a laboratorio para su ensayo (TR) y cuando el material resultó blando, húmedo, o fracturable se parafinó previamente de manera que se mantuviera la integridad y propiedades del mismo (TP) en el momento de extraerlo de la batería de perforación.

Además, en todas las perforaciones se dejó instalada tubería de PVC ranurada, con el fin de dar seguimiento a los niveles freáticos, los cuales se realizaron manualmente.

La campaña de sondeos realizada fue la siguiente:

Denominación	Coordenadas		Longitud
	X	Y	
SE-503	585433	4748248	19.80
SE-504	585441	4748262	18.85
SD-506	585539	4748673	16.00
SR-501	585183	4747529	10.40
SD-502	585257	4747971	10.00
SR-505	585595	4748581	16.30

3.2. CALICATAS

Con el fin de estudiar las formaciones superficiales, se realizó una campaña de calicatas, ejecutada con una retroexcavadora mixta (JCB 3CX).

La campaña de calicatas se realizó el día 23 de septiembre de 2019. Excavándose un total de 14 calicatas.

En todas ellas se ha realizado un registro detallado de los materiales afectados en la excavación, identificando todos aquellos materiales susceptibles de presentar inestabilidades ante posibles excavaciones, así como presencia de niveles freáticos; además se tomaron muestras con el fin de caracterizar los materiales excavados, recogiendo en muestras de saco (± 60 kg) y/o muestras de bolsa (± 10 kg) para su identificación.

A continuación se incluye la campaña realizada.

Denominación	Coordenadas		Longitud
	X	Y	
CD-503	585268	4747951	2.90
CR-504	585273	4747980	3.15
CR-505	585369	4748131	2.90
CR-508	585557	4748374	2.80
CD-512	585484	4748676	1.70
CD-513	585481	4748754	2.30
CR-509	585609	4748596	1.70
CR-510	585583	4748568	1.50
CR-511	585523	4748648	1.30
CE-506	585429	4748251	2.70
CE-507	585445	4748259	2.40
CR-501	585183	4747541	1.20
CR-502	585160	4747535	0.90
CD-514	585254	4747966	2.90

3.3. PENETROMETROS DINÁMICOS

Para el estudio de la compacidad/consistencia de los materiales más próximos a la superficie, se ha realizado una campaña de ensayos de penetración dinámica continua tipo DPSH.

Este tipo de ensayos consiste en la hincada en el terreno de un varillaje metálico con una puntaza normalizada, por medio de los golpes proporcionados en la parte superior por una maza de 63,5kg de peso que cae de manera constante desde 75cm de altura. Durante la realización del ensayo se mide el número de golpes necesario para que el varillaje penetre en tramos de 20cm, interrumpiéndose el ensayo al alcanzar un tramo para el que se superen los 100 golpes sin profundizar los 20cm. Estos valores de golpeo se representan frente a la profundidad en una gráfica continua hasta alcanzar la cota de fin de ensayo.

Es habitual correlacionar el golpeo registrado en este ensayo de penetración dinámica continua con un golpeo equivalente (30 cm) que se obtendría en el ensayo SPT en el mismo material.

En este sentido, las diferencias de geometría de las puntazas, de longitudes de hincada y de altura de caída de la maza entre los diversos tipos de penetrómetro, dan lugar a diferentes coeficientes de conversión. En este caso, siguiendo el criterio utilizado en el proyecto de trazado, se considera adecuado suponer:

$$\text{Golpeo equivalente SPT (automático)} = \text{Golpeo DPSH (automático)} \times 1,33$$

Estos ensayos aportan un registro continuo de la variación, con la profundidad, de la resistencia ofrecida por el terreno a la penetración de la puntaza, lo que está íntimamente ligado con la compacidad y capacidad resistente en suelos granulares.

La campaña de investigación geotécnica en esta fase del proyecto, incluye 13 ensayos de penetración dinámica continua tipo DPSH cuyos principales datos se recogen en la siguiente tabla resumen y sus estadillos se pueden consultar en el Apéndice 3 de este documento.

Denominación	Coordenadas		Longitud
	X	Y	
PR-503	585360	4748142	6.80
PR-506	585560	4748365	1.80
PR-507	585620	4748453	1.20
PR-510	585602	4748643	3.20

Denominación	Coordenadas		Longitud
	X	Y	
PR-501	585160	4747539	1.40
PD-502	585266	4747946	6.40
PR-508	585614	4748589	4.20
PR-509	585578	4748574	3.40
PR-511	585543	4748671	1.60
PE-504	586437	4748246	2.20
PE-505	585437	4748264	2.80
PR-512	585185	4747536	2.20
PD-513	585254	4747970	2.40

3.4. GEOFISICA

Se han realizado tres perfiles sísmicos de refracción. Estos se realizaron el día 27 de septiembre de 2019, y el informe realizado se encuentra en el Apéndice 5 de este informe.

La sísmica de refracción permite, a partir de la velocidad de las ondas P, diferenciar durezas de material, así como la continuidad de formaciones duras subhorizontales. La aplicación directa de los resultados suele ser la determinación del método de excavación en los 20 metros superficiales. Un análisis más detallado permite diferenciar las unidades geológicas superficiales del sustrato, más competente, así como grandes discontinuidades subverticales, como fallas y zonas tectonizadas.

Finalmente, el cruce de datos de la cartografía geológica de detalle realizada en superficie, las investigaciones profundas con apreciación directa de materiales (sondeos, calicatas, etc.) con los perfiles de geofísica, permite modelizar en 2 y 3 dimensiones la estructura geológica de los tramos investigados.

En el siguiente cuadro se detallan las longitudes y localización de las líneas sísmicas. Se ha detallado el p. k. de proyección del inicio y final de línea.

Denominación	Coordenadas				Longitud
	X (Inicio)	Y (Inicio)	X (Fin)	Y (Fin)	
PS-1	585537	4748631	585452	4748721	115

Denominación	Coordenadas				Longitud
	X (Inicio)	Y (Inicio)	X (Fin)	Y (Fin)	
PS-2	585380	4748142	585446	4748242	115
PS-3	585446	4748254	585518	4748371	115

3.5. ENSAYOS “IN SITU”

3.5.1. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y TOMA DE MUESTRAS INALTERADAS

Durante la ejecución de los sondeos, se realizaron en la medida de lo posible ensayos SPT y se recogieron muestras inalteradas, con objeto de completar la información geotécnica proporcionada por los mismos.

El ensayo SPT (Standard Penetration Test) consiste en la toma de muestras del terreno mediante la penetración de un tubo tomamuestras bipartido de 60 cm de longitud, de pared gruesa acoplado a un varillaje rígido, en cuyo extremo se coloca la cabeza de golpeo, sobre la que incide una maza de 63,5 kg en caída libre, desde una altura de 76,0 cm. Esta hincada tiene lugar en 4 tramos de 15 cm, anotándose el número de golpes preciso para lograr cada una de las cuatro penetraciones parciales. En el recuento el primer y último golpeo se desprecian, habiéndose considerado rechazo cuando la suma del segundo y el tercer tramo ($N_{15} + N_{15} = N_{30} > 100$).

Durante la ejecución de los sondeos, también se han extraído muestras inalteradas (MI) para su posterior traslado a un laboratorio y la realización de los ensayos en el mismo. Se trata de un ensayo similar al S.P.T., con la diferencia de que el tomamuestras de pared gruesa empleado es de mayor sección que el del S.P.T., hincándose también por percusión. Este dispositivo está diseñado especialmente para que la muestra se recupere en el interior de un tubo de pvc, manteniendo inalteradas las propiedades del suelo. Al igual que en el ensayo S.P.T., se contabilizan los golpes necesarios para penetrar 60 cm, en cuatro tramos de 15 cm cada uno. Aunque no es un ensayo de resistencia, también es utilizado para tal fin, existiendo amplias referencias en la bibliografía, donde son correlacionados este ensayo con el SPT, dando valores de resistencia del terreno in situ.

En la siguiente tabla se presentan los ensayos SPT y las muestras inalteradas tomadas en los sondeos.

Sondeo	Ensayo	Profundidad	Golpeo	Observaciones
SR-501	MI-1	1.50-1.90	13-20-50R	Serpentinita V (GM)
	SPT-1	3.40-3.47	50R	Serpentinita brechificada
	SPT-2	5.00-5.03	50R	Serpentinita brechificada
SD-502	MI-1	1.50-2.10	15-16-19-24	Esquisto anfibólico V (SM)
	SPT-1	3.50-4.10	12-13-23-26	Esquisto anfibólico V (SM)
	MI-2	5.60-5.84	41-50R	Esquisto anfibólico V (SM)
	SPT-2	5.84-6.09	40-50R	Esquisto anfibólico IV (SM)
	SPT-3	7.60-7.62	50R	Esquisto anfibólico IV (SM)
SE-503	SPT-4	8.60-8.70	50R	Esquisto anfibólico IV (SM)
	MI-1	1.50-2.10	19-34-38-46	Esquisto anfibólico V (SM)
	SPT-1	3.60-4.00	34-46-50R	Esquisto anfibólico V (SM)
	SPT-2	5.50-5.53	50R	Esquisto anfibólico IV-V (SM)
	SPT-3	7.10-7.19	50R	Esquisto anfibólico IV-V (SM)
	SPT-4	8.80-8.84	50R	Esquisto anfibólico IV-V (SM)
SE-503	SPT-5	10.40-10.43	50R	Esquisto anfibólico IV-V (SM)
	SPT-6	13.50-13.61	50R	Metabasita
SE-504	SPT-7	16.20-16.30	50R	Anfibolita en copos
	MI-1	1.50-2.10	30-37-43-50	Metabasita V (GP-GM)
	SPT-1	3.50-3.91	34-41-50R	Metabasita V (ML)
	SPT-2	5.50-5.86	24-41-50R	Metabasita V (GP-GM)
	SPT-3	7.50-7.52	50R	Metabasita

Sondeo	Ensayo	Profundidad	Golpeo	Observaciones
SR-505	MI-1	1.50-2.10	12-9-14-18	Anfibolita en copos V (MH)
	SPT-1	3.50-3.91	34-41-50R	Anfibolita en copos V
	SPT-2	5.40-6.00	17-36-40-49	Anfibolita en copos V (SM)
	SPT-3	7.60-7.66	50R	Anfibolita en copos V-IV
	SPT-4	9.40-9.42	50R	Anfibolita en copos V-IV
	SPT-5	12.40-12.43	50R	Anfibolita III-IV
	SPT-6	15.50-15.56	50R	Anfibolita V
SD-506	MI-1	1.50-2.10	21-24-35-42	Anfibolita en copos V (SM)
	SPT-1	3.60-4.20	21-30-40-49	Anfibolita en copos V (ML)
	SPT-2	5.70-5.73	50R	Anfibolita en copos
	SPT-3	7.60-8.20	41-37-30-36	Anfibolita en copos IV
	SPT-4	10.0-10.22	39-50R	Anfibolita en copos V (SC)
	SPT-5	12.00-12.03	50R	Anfibolita en copos IV
	SPT-6	14.0-14.10	50R	Anfibolita en copos IV

3.6. MUESTRAS RECOGIDAS PARA LABORATORIO

3.6.1. TESTIGOS DE ROCA O TESTIGOS PARAFINADOS

De todas las investigaciones realizadas se han recogido muestras para analizar en laboratorio. De los sondeos, se recogieron, parafinaron o precintaron siendo transportados a laboratorio.

En el siguiente cuadro se recogen todos estos testigos, en los sondeos donde se han tomado y sus cotas dentro de la investigación referidas a la boca del sondeo, como cota 0,00 m.

Sondeo	Muestra	Profundidad	Observaciones
SR-501	TP-1	6.35-6.60	Metabasita I-II
	TP-2	8.40-8.80	Metabasita I-II
SE-503	TP-1	12.00-12.40	Metabasita IV
SE-504	TP-1	9.70-10.10	Metabasita
	TP-2	13.30-13.80	Metabasita
	TP-3	15.30-15.60	Metabasita
	TP-4	18.10-18.35	Metabasita brechificada
SE-505	TP-1	5.10-5.40	Anfibolita en copos V (SM)

3.6.2. MUESTRAS DE BOLSA Y MUESTRAS EN SACO

En la mayor parte de las calicatas se tomaron muestras alteradas para su posterior análisis en laboratorio. En función de la intención de la investigación, se tomaron muestras de saco, con vistas al estudio de la reutilización de los materiales (siendo la muestra necesaria mayor a 40 kg), o muestras de bolsa, para identificación de materiales, además se recogió una pequeña muestra de humedad en un bote estanco con volumen adecuado según la granulometría.

En el siguiente cuadro se recogen las muestras tomadas para los análisis correspondientes.

Calicata	Profundidad	Observaciones
CR-501	0.90	Serpentinita V (SC)
CR-502	0.50	Limos arenosos (CL)
CD-503	1.50	Serpentinita V (CH)
CD-514	1.90	Serpentinita V (SC)
CR-504	1.20	Serpentinita V (CH)
CR-505	0.50	Limos arenosos (ML)
CE-506	1.70	Anfibolita V (SM)
CR-508	0.70	Anfibolita VI (SM)
CR-510	0.50	Coluvión (ML)
CR-509	1.00	Anfibolita VI (SC)
CR-511	0.80	Anfibolita V-IV (GM)
CD-512	0.90	Anfibolita V-IV (SM)
CD-513	1.00	Serpentinita IV (GM)

3.7. ENSAYOS DE LABORATORIO

Con todas las muestras alteradas e inalteradas recogidas en las investigaciones realizadas, se ha realizado un programa de ensayos de laboratorio, para la caracterización de las diferentes unidades atravesadas, que se desglosa en las siguientes partidas:

Calicata	Profundidad	Observaciones
CR-501	0.90	Serpentinita V (SC)
CR-502	0.50	Limos arenosos (CL)
CD-503	1.50	Serpentinita V (CH)
CD-514	1.90	Serpentinita V (SC)
CR-504	1.20	Serpentinita V (CH)
CR-505	0.50	Limos arenosos (ML)

Calicata	Profundidad	Observaciones
CE-506	1.70	Anfibolita V (SM)
CR-508	0.70	Anfibolita VI (SM)
CR-510	0.50	Coluvión (ML)
CR-509	1.00	Anfibolita VI (SC)
CR-511	0.80	Anfibolita V-IV (GM)
CD-512	0.90	Anfibolita V-IV (SM)
CD-513	1.00	Serpentinita IV (GM)

Tipo de ensayo	Número de ensayos
Granulometrías	25
Límites de Atterberg	25
Densidad natural	8
Densidad seca	12
Humedad	11
Materia orgánica	7
Contenido en Yeso	5
Contenido en Carbonatos	1
Contenido en Sales solubles	5
Baumann-Gully	2
Contenido Sulfatos solubles	4
Próctor normal	4
Corte directo	1
Colapso	4
Hinchamiento libre	4
Compresión simple en roca	3
Compresión simple con bandas extensométricas	1

Tipo de ensayo	Número de ensayos
Resistencia a tracción indirecta	2
Ensayo triaxial en suelo	3
Agresividad del agua al hormigón	2

4.- RECORRIDO GEOLÓGICO DE LA TRAZA

El presente apartado describe la traza, objeto del presente Proyecto, desde un enfoque geológico y geotécnico. La descripción se realiza en base a un recorrido de campo y a los reconocimientos realizados para el proyecto.

Comienza en el enlace con el tronco de la Autovía A-54, de forma paralela a la carretera de Coto a Remonde, siendo común el trazado a ésta hasta el p.k. 0+400, aproximadamente. Mientras que el enlace se encuentra en la zona del cabalgamiento que separa las unidades de rocas ultramáficas (CS) y las rocas anfibolíticas de la unidad CMG, el corredor avanza por la planicie de mayor cota a través de la unidad CMG. El trazado discurre por el cambio de vertientes del Rego Seco y del Rego de Vilar, con pendiente suave, ascendente hacia el norte. En este primer tramo, el movimiento de tierras previsto es muy escaso, corresponde a pequeños rellenos y desmontes que no alcanzan el par de metros por lo general.

A partir del p.k. 0+760, comienza el desmonte para el paso bajo del Camino de Santiago. Este desmonte afecta a anfibolitas y metabasitas alteradas en distintos grados. Entono al p.k. 1+400 el trazado alcanza nuevamente la rasante del terreno, comenzando a partir de ahí el relleno que conformará la mitad de la rotonda de enlace con la N-547. Estos rellenos apoyarán sobre anfibolitas y serpentinitas alteradas en diversos grados.

A partir del margen derecho de la N-547, tanto la rotonda como la preposición del camino forestal discurren en desmonte. El desmonte afecta principalmente a anfibolitas muy alteradas.

5.- CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

El entorno investigado no presenta afloramientos de calidad ni relevancia representativa, por lo que las distintas unidades geotécnicas diferenciadas se han establecido básicamente a partir de las testificaciones de los sondeos y de las calicatas mecánicas.

La caracterización se ha llevado a cabo a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio llevados a cabo para este proyecto, si bien se han consultado y tenido en estima las caracterizaciones del proyecto de trazado allí donde se ha considerado relevante.

Respecto a las descripciones y nomenclatura se ha intentado conservar lo ya establecido en el proyecto de trazado, si bien las fuentes testificales han sido distintas y pueden encontrarse algunas diferencias en los descriptores geotécnicos.

Las unidades geotécnicas diferenciadas en los terrenos afectados por la glorieta final con la N-547 son las siguientes:

- Rocas ultrabásicas serpentinizadas. Serpentinitas (CS)
- Metabasitas parcialmente serpentinizadas (VMB)
- Esquisto anfibólico (VE)
- Anfibolita en copos (MA)

Las dos primeras se agrupan cartográficamente como “CS” mientras que las dos últimas forman parte de la unidad mayor “CMG”, como grandes unidades geológicas.

Respecto a las coberteras cuaternarias se han diferenciado las siguientes:

- Coluvión (QC)
- Suelos eluviales (E).

Esta última unidad no fue diferenciada como tal en el proyecto de trazado. No obstante, hemos creído necesario diferenciarla en este caso.

Hace referencia al grado de alteración VI detectado en la última parte del tramo antes del propio enlace. Su espesor no es demasiado relevante, pero presenta ciertas peculiaridades granulométricas y texturales que merecen ser atendidas de forma independiente.

A continuación se describen las características de cada una de las unidades geotécnicas diferenciadas.

5.1. ROCAS ULTRABÁSICAS SERPENTINIZADAS (CS)

5.1.1. PROPIEDADES DE LA ROCA MATRIZ

Esta unidad no se ha detectado en la zona investigada sana o débilmente alterada. Solamente se ha detectado en un sondeo, alterada en grado IV-III y brechificada.

Según el proyecto de trazado del tramo Melide - Palas, estas rocas se clasifican petrográficamente como serpentinitas, constituidas por serpentina (planar y fibrosa), clorita y talco.

En el ámbito de actuación no ha sido posible obtener muestras representativas de la matriz rocosa perteneciente a esta unidad, por lo que de modo orientativo se exponen los valores de densidad obtenidos según los diferentes grados de meteorización diferenciados en las muestras rocosas, se resumen en la siguiente tabla.

Valores estadísticos referentes a la densidad seca obtenidos en la unidad CS.

Grado de Meteorización	Densidad seca (t/m³)		
	Valor máximo	Valor medio	Valor mínimo
CS GM IV	2,69	2,61	2,51
CS GM III	3,02	2,74	2,60

El peso específico medio de las partículas en los ensayos realizados es de 2,80 t/m³, con variación entre 2,68 y 2,95 t/m³. Se tiene un valor de 2,79 t/m³ en CS GM III y 2,93 en CS GM II.

De acuerdo con los ensayos de laboratorio realizados se tienen los siguientes valores deformacionales y resistentes representativos del comportamiento de esta unidad:

CS GM IV:

- Resistencia a compresión simple $\sigma_c = 300 \text{ kp/cm}^2$
- Módulo de deformación $E = 150.000 \text{ kp/cm}^2$

CS GM III:

- Resistencia a compresión simple $\sigma_c = 450 \text{ kp/cm}^2$
- Módulo de deformación $E = 370.000 \text{ kp/cm}^2$

5.1.2. SUELOS DE ALTERACIÓN

Los suelos de alteración procedentes de esta unidad son de naturaleza muy variable en el entorno investigado. Esta depende de la cantidad de fragmentos de roca (gravas) que se hayan conservado sin alcanzar su alteración total a condición de suelo.

A continuación se presenta una tabla con los resultados de laboratorio obtenidos en los ensayos realizados sobre muestras procedentes de esta unidad.

INFORMACIÓN GENERAL DE LAS MUESTRAS				DENSIDADES Y HUMEDAD			GRANULOMETRÍA (% Pasa)					LÍMITES DE ATTERBEG			QUÍMICOS					PROCTOR NORMAL		CORTE DIRECTO		COLAPSO (%)		HINCHAMIENTO LIBRE (%)		CLAS		
Investigación	Profundidad (m)	Tipo de muestra	Litología	δ seca (g/cm³)	δ natural (g/cm³)	Humedad (%)	20	5	2	0.4	0.08	L.L.	L.P.	I.P.	M.O. (%)	YESO (%)	CARBONATOS (%)	SALES SOLUBLES (%)	BAUMANN-GULLY (ml/Kg)	SULFATOS SOLUBLES (%)	δ max (g/cm³)	Wopt (%)	c (kg/cm²)	ϕ (°)	COLAPSO (%)	HINCHAMIENTO LIBRE (%)	Casagrande	CLAS		
																													SR-501	1,50-1,90
CR-501	0,90	MA	Serpentinita V				100	89	66	48	43,8	79,6	33,8	45,8																SC
CD-503	1,50	MA	Serpentinita V				100	99	98	91	68,8	53,6	26,3	27,3	0,13	0,17		0,24				1,55	20,6			1,42	2,80		CH	
CD-514	1,90	MA	Serpentinita V				96	95	94	65	39,7	40,8	24,6	16,2	0,10	0,86		0,22				1,73	14,9			0,47	0,56		SC	
CR-504	1,20	MA	Serpentinita V				100	100	100	83	57,1	52,1	27,7	24,4															CH	
CD-513	1,00	MA	Serpentinita IV				63	59	52	42	35,5	38,8	32,4	5,6	1,27	0,13		0,15				1,75	14,0			0,15	-0,09		GM	
Promedio				1,98	2,24	13,4	89	82	75	60	44	50,4	29	19,9	0,5	0,39		0,2		0,002		1,68	16,5			0,68	1,09			
Mínimo				1,98	2,24	13,4	63	49	41	31	20	37,3	24,6		0,1	0,13		0,15		0,002		1,55	14			0,15	-0,1			
Máximo				1,98	2,24	13,4	100	100	100	91	69	79,6	33,8	45,8	1,27	0,86		0,24		0,002		1,75	20,6			1,42	2,8			

En función de la presencia de estas gravas, los suelos de alteración pueden comportarse bien como gravas, arenas limosas, limos o incluso arcillas (GM, SM, ML, SC, CL...). El contenido en finos presenta un promedio de 44%. Los Límites de Atterberg presenta un promedio de 50.4% para el límite líquido y 29% de índice de plasticidad.

Esta unidad presenta escaso espesor de material alterado a suelo y solo se ha podido obtener una muestra inalterada donde establecer la densidad y la humedad del material. La densidad seca obtenida fue de 1.98 g/cm³ y la humedad del 13.4%.

Respecto a su resistencia, no se dispone de ensayos específicos. Por otro lado, dependerá de la naturaleza del material en cada una de las ubicaciones analizadas.

Atendiendo a esta realidad, este apartado será analizado en cada ubicación independiente en el caso de resultar necesario.

De acuerdo a referencias y correlaciones bibliográficas se tienen los siguientes valores representativos del comportamiento resistente y deformacional de esta unidad:

CS GM V:

- Parámetros resistentes a largo plazo, $c' = 0,5 \text{ t/m}^2$ y $\varphi' = 38^\circ$.
- Módulo de deformación $E = 500 \text{ kp/cm}^2$

Por la razón apuntada del escaso espesor detectado, solo se dispone de un ensayo de penetración estándar cuyo resultado mostró un golpeo superior a 50; Por lo que el suelo podría considerarse "Muy denso" / "duro".

El contenido en sulfatos encontrado en la muestra analizada es de apenas 0.002%

Finalmente, de cara a su aprovechamiento en obra, este material se clasifica, según el PG-3 como Tolerable o Marginal. Atendiendo al criterio utilizado en el proyecto de trazado, del lado de la seguridad se considera el conjunto como marginal.

5.2. METABASITAS (VMB)

5.2.1. PROPIEDADES DE LA ROCA MATRIZ

Se trata de rocas de color variable entre gris claro y gris oscuro, a veces pardo anaranjado, en general compuestas por anfíbol, plagioclasa y epidota.

Son rocas de resistencia media a alta, con fracturación muy variable, que muestra índices RQD de entre 40 y 80%.

La inclinación de las juntas es también variable, habiéndose descrito familias subverticales, subhorizontales e inclinadas entorno a 45°. Las discontinuidades descritas presentan rugosidades variables, habiéndose testificado tanto Plano/lisas, como Plano/rugosas. Localmente, incluso Plano/Pulidas. El JRC medio estimado es de 4-6.

Sobre tres muestras de la matriz rocosa de esta unidad se han realizado ensayos de resistencia, obteniéndose los resultados que se muestran en la siguiente tabla.

INFORMACIÓN GENERAL DE LAS MUESTRAS				DENSIDADES Y HUMEDAD			RESISTENCIA			
Investigación	Profundidad (m)	Tipo de muestra	Litología	δ seca (g/cm ³)	δ natural (g/cm ³)	Humedad (%)	σ_c (MPa)	E (MPa)	v	σ_t (MPa)
SR-501	6,35-6,60	TP	Metabasita parcialmente serpentizada I-II	2,87		0,05	153,3			11,90
SE-503	12,00-12,40	TP	Metabasita grado I-II	2,89				80462	0,26	
SE-504	9,70-10,10	TP	Metabasita grado I	2,99		0,03	60,20			13,90
SE-504	15,30-15,60	TP	Metabasita grado I	2,95		0,02	49,0			
Promedio				2,66		1,05	87,5	80462	0,26	12,90
Mínimo				1,61		0,02	49,0	80462	0,26	11,90
Máximo				2,99		4,1	153,3	80462	0,26	13,90

La densidad seca media es de 2.88 g/cm³ para el grado de alteración II-I, aumentando hasta 2.97 g/cm³ en el caso de la roca completamente sana.

La resistencia es muy variable y no se ha encontrado correlación con el grado de alteración. Esto puede ser debido a la presencia de micro fracturación en alguna de las muestras ensayadas. En cualquier caso el promedio obtenido es de 87.5 Mpa. Respecto a la resistencia a tracción el promedio es de 12.90 MPa.

5.2.2. SUELOS DE ALTERACIÓN

Los suelos de alteración procedentes de esta unidad son de naturaleza variable en el entorno investigado. Al igual que en el caso de la unidad anteriormente descrita, ésta depende de la cantidad de fragmentos de roca (gravas) que se hayan conservado sin alcanzar su alteración total a condición de suelo. En general se han descrito como arenas

finas con limos arcillosos intercalados y cantidades variables de grava. Presenta colores pardos o anaranjados.

El espesor máximo descrito es de casi 6 metros si bien esta unidad presenta la peculiaridad de que las zonas alteradas a condición de suelo no siempre son las superficiales, sino que en ocasiones se presenta como niveles intercalados entre zonas no alteradas.

La compacidad obtenida a partir de los ensayos de penetración estándar (SPT) es “Muy densa” con golpes por encima de 50.

A continuación se presenta una tabla con los resultados de laboratorio obtenidos en los ensayos realizados sobre muestras procedentes de esta unidad.

INFORMACIÓN GENERAL DE LAS MUESTRAS				DENSIDADES Y HUMEDAD			GRANULOMETRÍA (% Pasa)					LÍMITES DE ATTERBEG			QUÍMICOS					PROCTOR NORMAL		CORTE DIRECTO		COLAPSO (%)	HINCHAMIENTO LIBRE (%)	CLASIFICACIÓN		RESISTENCIA				
Investigación	Profundidad (m)	Tipo de muestra	Litología	δ seca (g/cm ³)	δ natural (g/cm ³)	Humedad (%)	20	5	2	0.4	0.08	L.L.	L.P.	I.P.	M.O. (%)	YESO (%)	CARBONATOS (%)	SALES SOLUBLES (%)	BAUMANN-GULLY (ml/Kg)	SULFATOS SOLUBLES (%)	δ max (g/cm ³)	Wopt (%)	c (kg/cm ²)			φ (°)	Casagrande	PG-3	σ _c (MPa)	E (MPa)	v	σ _t (MPa)
SE-504	1,50-2,10	MI	Metabasita grado V	1,61	1,68	4,1	62	28	19	9	5,4	32,9	22,9	10,0						0,002							GP-GC					
SE-504	3,50-3,91	SPT	Metabasita grado V				100	100	98	78	50,1	31,2	25,6	5,6					170							ML						
	Promedio			2,66	1,05		81	64	59	44	28	32,1	24,3	7,8					170	0,002							87,5	80462	0,26	12,90		
	Mínimo			1,61	0,02		62	28	19	9	5,4	31,2	22,9	5,6					170	0,002							49,0	80462	0,26	11,90		
	Máximo			2,99	4,1		100	100	98	78	50	32,9	25,6	10					170	0,002							153,3	80462	0,26	13,90		

En función de la presencia de estas gravas, los suelos de alteración pueden comportarse bien como gravas limosas o limos (GM, ML). El contenido en finos presenta un promedio de 28% en las muestras analizadas. Los Límites de Atterberg un 32% para el límite líquido y 7.8% de índice de plasticidad.

La única muestra donde se ha podido determinar la densidad natural presentó 1,61 g/cm³ con una humedad del 4%.

Respecto a su resistencia, no se dispone de ensayos específicos para este proyecto. Por otro lado, dependerá de la naturaleza del material en cada una de las ubicaciones analizadas.

Atendiendo a esta realidad, este apartado será analizado en cada ubicación independiente en el caso de resultar necesario.

El contenido en sulfatos encontrado en la muestra analizada es de apenas 0.002%

5.3. ESQUISTO ANFIBÓLICO (VE)

5.3.1. PROPIEDADES DE LA ROCA MATRIZ

En el ámbito investigado para este proyecto no se ha detectado roca sana atribuible a esta unidad. El menor grado de alteración descrito es IV, estando la matriz rocosa muy alterada y con una merma de su resistencia tal que puede desmenuzarse a mano.

5.3.2. SUELOS DE ALTERACIÓN

Estos suelos se han identificado como arenas finas limosas, de color pardo rojizo de compacidad “media” a “Muy densa”.

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados sobre muestras procedentes de esta unidad.

INFORMACIÓN GENERAL DE LAS MUESTRAS				DENSIDADES Y HUMEDAD			GRANULOMETRÍA (% Pasa)					LÍMITES DE ATTERBEG			QUÍMICOS					CLASIFICACIÓN		TRIAXIAL (Totales/Efectivas)		Agresividad		
Investigación	Profundidad (m)	Tipo de muestra	Litología	δ seca (g/cm ³)	δ natural (g/cm ³)	Humedad (%)	20	5	2	0.4	0.08	L.L.	L.P.	I.P.	M.O. (%)	YESO (%)	CARBONATOS (%)	SALES SOLUBLES (%)	BAUMANN-GULLY (ml/Kg)	SULFATOS SOLUBLES (%)	Casagrande	PG-3	C (Kp/cm ²)		φ (°)	
SD-502	1,50-2,10	MI	Esquisto anfibólico V	1,71	1,99	16,6	100	99	96	77	49	45,5	27,8	17,7						0,011	SM		0,41/0,19	27,45/32,31		
SD-502	5,60-5,84	MI	Esquisto anfibólico IV	1,43	1,58	10,3	93	81	72	36	20	37,2	24,8	12,4								SM				
SE-503	1,50-2,10	MI	Esquisto anfibólico V	1,63	1,86	14,1	100	96	93	51	31	36,5	NO						150	0,003	SM		0,45/0,04	25,92/40,51	NO	
SE-503	3,60-4,00	SPT	Esquisto anfibólico V				100	100	94	67	39	28,3	NO									SM				
			Promedio	1,59	1,81	13,7	83	76	71	58	34	36,9	26,3	15,1						150	0,007			0,43/0,11	26,68/36,41	
			Mínimo	1,43	1,58	10,3	20	5	2	36	20	28,3	24,8							150	0,003			0,41/0,04	25,92/32,31	
			Máximo	1,71	1,99	16,6	100	100	96	77	49	45,5	27,8	17,7						150	0,011			0,45/0,19	27,45/40,51	

Estos suelos presentan un contenido en finos del 34%, por tanto, presentarán un comportamiento de tendencia granular. La densidad media es de 1.81 g/cm³ con una humedad del 13,7%.

La resistencia al corte en tensiones efectivas muestra una componente friccional media de 36,4° y una cohesión de 0.11 Kg/cm².

Respecto a los contenidos químicos, el contenido en sulfatos solubles es muy bajo, con un promedio de 0,007% y no resulta agresivo al hormigón.

En este tipo de suelos granulares se han descrito diversas correlaciones entre el golpeo obtenido en los ensayos de penetración estándar y el módulo de deformación en carga. Partiendo de los valores obtenidos en estos ensayos, y siguiendo los criterios empleados en el proyecto, puede estimarse un módulo de deformación variable de entre 140 y 400 Kg/cm².

Respecto a su posible utilización en obra, no se dispone de ensayos específicos; No obstante, partiendo de los ensayos de identificación, y a falta de ensayos complementarios, se puede estimar que se trata de suelos Tolerables.

5.4. ANFIBOLITA EN COPOS (MA)

5.4.1. PROPIEDADES DE LA ROCA MATRIZ

Regionalmente se trata de una serie de rocas (pirigarnitas, metagabros, gneises piroxénicos y anfibólicos y términos transicionales entre ellos) que en conjunto muestran colores oscuros

y texturas variables, frecuentemente con orientación mineral o foliación visibles a marcadas, llegando a presentar la roca un aspecto bandeado. En la traza se han encontrado sobre todo anfibolitas bandeadas, con epidota y/o con granate.

Presenta tonos gris verdoso y se presenta muy fracturada (No muestra RQD). Presenta discontinuidades subverticales, subhorizontales y a 45°. El carácter de estas discontinuidades varía entre Plano/Pulido y Plano/rugoso, presentado pátinas arcillosas o de óxidos y, en algunas ocasiones, segregaciones de cuarzo. Estas rocas suelen presentar foliación marcada.

No ha sido posible obtener muestras suficientemente representativas de la matriz rocosa de esta unidad en las investigaciones realizadas. No obstante, partiendo de los datos obtenidos en el proyecto se ha atribuido una densidad media de 3.04 g/cm³ para los grados de alteración III-II de esta unidad.

En lo que respecta a la resistencia, en el proyecto de trazado se obtuvo una resistencia a compresión simple media de 532 Kg/cm² para la matriz rocosa de esta unidad. El módulo de deformación representativo sería de 25000 Kg/cm² para el grado de alteración IV y de 400000 Kg/cm² para el grado de alteración III-II.

5.4.2. SUELOS DE ALTERACIÓN

Los suelos de alteración procedentes de las anfibolitas en copos se han descrito como arenas finas limosas, de color pardo anaranjado, con intercalaciones de limos arenosos con algo de arcillas. En ocasiones, los colores son de tonos marrón oscuro.

en el estudio geotécnico de proyecto de trazado, según el que el módulo de deformación medio y conservador, atribuible a esta unidad sería superior a 250 Kg/cm².

El contenido medio en materia orgánica de esta unidad es de 0.22%, de yeso 0.23% y de carbonatos 0,21%. El contenido en sales solubles es de 0.19%.

Finalmente, respecto a su uso en obra, estos materiales se han clasificado como marginales. La densidad máxima alcanzada en compactación fue de apenas 1.54 g/cm³ con una humedad óptima del 16.1%, por lo que el material debería ser oreado antes de su posible puesta en obra.

5.5. COLUVIÓN (QC)

En el ámbito investigado esta unidad se ha descrito únicamente en la calicata CR-510 y en el sondeo SR-505; por lo que las descripciones se referirán a las observaciones realizadas en estos puntos y los ensayos de laboratorio realizados sobre una única muestra.

Se ha descrito como arena media con algo de con algo de grava fina, de color negro y compacidad "suelta". Presentaba restos de raíces.

Sin embargo, el contenido en finos obtenido en los análisis fue del 58.2%, lo que hizo que el material haya sido clasificado como limos (ML).

Respecto a la plasticidad, el límite líquido se situó en el 33.2% y el índice de plasticidad en 6,9. El contenido en materia orgánica fue del 1.31%

No se dispone de ensayos de resistencia sobre estos materiales; No obstante, el espesor detectado es de apenas 60 cm y, como se ha mencionado solamente apareció en una de las investigaciones realizadas.

En cualquier caso, siguiendo las recomendaciones del proyecto del tramo Melide-Palas, puede atribuirse un ángulo de rozamiento interno de entorno a 29° para estos suelos; atribuyendo, de forma conservadora, una cohesión nula para este proyecto.

Partiendo de los parámetros geotécnicos atribuidos a estos materiales en el estudio geotécnico de proyecto, se ha atribuido un módulo de deformación de entorno a 150 Kg/cm³ para esta unidad.

5.6. SUELOS ELUVIALES INDIFERENCIADOS (E)

Bajo esta denominación se describen una serie de suelos de carácter limoso o limo arcilloso, de poco espesor, que no presentan estructura y cuya procedencia es la completa alteración

del sustrato rocoso subyacente, independientemente de su naturaleza, pero cuyas características son similares.

Se han descrito como limos arenosos, de tonos granates, que pueden contener algo de grava fina subangulosa.

Su compacidad es muy baja y el espesor detectado varía entre 20 y 65 cm.

Sobre dos muestras procedentes de esta unidad se han realizado ensayos de caracterización cuyos resultados se exponen en la siguiente tabla:

INFORMACIÓN GENERAL DE LAS MUESTRAS				GRANULOMETRÍA (% Pasa)					LÍMITES DE ATTERBEG			CLASIFICACIÓN	
Investigación	Profundidad (m)	Tipo de muestra	Litología	20	5	2	0.4	0.08	L.L	L.P.	I.P.	Casagrande	PG-3
CR-502	0,50	MA	Limos arenosos	99	94	87	74	57,2	42,2	21,6	20,6	CL	
CR-505	0,50	MA	Limos arenosos	100	96	94	88	78,6	46,4	34,4	12,0	ML	
Promedio				100	95	91	81	68	44	28	16,3		
Mínimo				99	94	87	74	57	42	22	12,0		
Máximo				100	96	94	88	79	46	34	20,6		

El contenido medio en finos es del 68%, con límite líquido del 44% e índices de plasticidad de 16.3.

La clasificación varía entre limos y arcillas, en función de la plasticidad más que del contenido en finos.

Partiendo de los resultados obtenidos en los ensayos de clasificación, se deduce que, en algunas zonas, estos suelos presentarán un comportamiento cohesivo mientras en otras zonas presentarán un comportamiento mixto.

Siguiendo los criterios adoptados en el estudio geotécnico para el proyecto de tramo Melide-Palas, en lo que respecta a las referencias bibliográficas utilizadas, y de forma conservadora, se han atribuido los siguientes parámetros resistentes para esta unidad:

$$\phi' = 20^\circ \text{ y } c' = 0.15 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (términos arcillosos)}$$

$$\phi' = 28^\circ \text{ y } c' = 0.07 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (términos limosos)}$$

Respecto a la deformabilidad, de forma conservadora, se ha estimado un módulo de deformación de entre 50 y 70 Kg/cm².

5.7. CUADRO RESUMEN DE LOS PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

Cuadro resumen de características geotécnicas de las unidades tipo suelo, incluidos suelos de alteración de rocas

UNIDAD GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA	GRANULOM.	PLASTICIDAD		ESTADO NATURAL		CLASIFICACIÓN		RESISTENCIA AL CORTE		E (Kp/cm ²)
	FINOS (%)	LL (%)	IP (%)	HUMEDAD (%)	DENSIDAD APARENTE [t/m ³]	CASAGRANDE	PG3	c' (Kg/cm ²)	φ' (°)	
CS (Grado M. V)	44	50.4	29	13.4	2.24	GH, SC, CH	MARGINAL TOLERABLE	0.05	38	500
VMB (Grado M. V)	28	32.1	7.8	4.10	1.61	GP-GC-ML	-	0.10	34	300
VE (Grado M. V)	34	36.9	15.1	13.7	1.81	SM	-	0.11	36	140-400
MA (Grado M. V)	41	36.1	10.6	23.3	1.97	SM-ML-SC-GM-MH	MARGINAL TOLERABLE	0.4	38	>250
QC (Grado M. V)	58.2	33.2	6.9	-	1.78(*)	ML	-	0.00	29	150
E (Grado M. V)	68	44	16.3	-	1.60 (*)	CL-ML	-	0.07 (LIMOS) 0.15 (ARCILLAS)	28 20	50-70

(*) Tomado del Proyecto. Tramo: Enlace Melide Sur-Palas Sur

Cuadro resumen de características geotécnicas de las unidades tipo roca

UNIDAD GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA	Humedad (%)	DENSIDAD SECA (t/m ³)	Resistencia a compresión σ _c (Kp/cm ²)	Módulo de deformación E (Kp/cm ²)	Resistencia a tracción (Kp/cm ²)
CS (Grado M. III)	0.40	2.74	450	370000	75
VMB (Grado M. III)	0.03	2.95	-	804620	12.90
MA (Grado M. III)	0.35	3.04	532	25000	9.5

(*) En los casos en los que no se ha dispuesto de ensayos específicos se han adoptado parámetros del estudio geotécnico del proyecto de trazado.

6.- AGUAS SUBTERRÁNEAS. AGRESIVIDAD DEL SUBSUELO AL HORMIGÓN

Las seis perforaciones realizadas para el proyecto del ramal de conexión fueron equipadas con tubería piezométrica de forma que permitió realizar un seguimiento de los niveles piezométricos.

Se dispone de dos medidas realizadas con un intervalo de aproximadamente un mes.

La siguiente tabla muestra las fechas y profundidad del nivel piezométrico medido en cada uno de los puntos.

SONDEO	FECHA	PROFUNDIDAD (m)	FECHA	PROFUNDIDAD (m)
SR-501	30/09/2019	4.00	14/10/2020	1.60
SD-502	01/10/2019	5.00	14/10/2020	4.80
SE-503	02/10/2019	7.00	14/10/2020	7.90
SE-504	03/10/2019	7.50	14/10/2020	6.50
SR-505	03/10/2019	4.00	14/10/2020	4.90
SD-506	07/10/2019	6.50	14/10/2020	9.50

Cabe mencionar que dado el escaso drenaje vertical de buena parte del tramo, algunos de los niveles piezométricos medidos puede responder a escorrentía superficial generada a favor del contacto entre suelos de alteración y roca o bien a favor de cambios en la compacidad de los propios suelos de alteración; sin que implique la completa saturación de los materiales subyacentes.

En este sentido, no se espera una gran interferencia o afección por parte del nivel freático a las obras proyectadas, esperando una depresión natural de las aguas freáticas detectadas conforme avancen las excavaciones. En el caso de la excavación para el paso inferior proyectado, debe considerarse que el nivel de las aguas subterráneas, medido en las perforaciones de los sondeos, se sitúa muy cerca de la rasante prevista.

Respecto a la agresividad del subsuelo al hormigón, según el Código Estructural (artículo 27.1 Clases de exposición de los elementos de hormigón) en el caso de estructuras sometidas a ataque químico (clase específica de exposición "XA"), la agresividad de las

aguas freáticas se clasificará de acuerdo a lo definido en la tabla 27.1.b del Código Estructural, cuyos criterios se resumen a continuación:

TIPO DE MEDIO AGRESIVO	PARÁMETROS	ATAQUE QUIMICO		
		TIPO DE EXPOSICIÓN		
		XA1 Ataque débil	XA2 Ataque medio	XA3 Ataque fuerte
AGUA	Valor del pH	6,5 – 5,5	5,5 – 4,5	< 4,5
	CO2 agresivo [mg CO2 / l]	15 - 40	40 - 100	> 100
	Ión amonio [mg NH4+ / l]	15 - 30	30 - 60	> 60
	Ión magnesio [mg Mg2+ / l]	300 – 1.000	1.000 – 3.000	> 3.000
	Ión sulfato [mg SO4= / l]	200 - 600	600 – 3.000	> 3.000
	Residuo seco [mg / l]	75 - 150	50 - 75	< 50

En cuanto a la agresividad del terreno, el tipo de exposición específica se define según el Código Estructural de acuerdo con los siguientes criterios:

TIPO DE MEDIO AGRESIVO	PARÁMETROS	ATAQUE QUIMICO		
		TIPO DE EXPOSICIÓN		
		XA1 Ataque débil	XA2 Ataque medio	XA3 Ataque fuerte
SUELO	Grado de acidez Baumann-2- Gully	>200	(*)	(*)
	Ión sulfato(mg SO4 /kg de suelo seco)	2000 - 3000	3000 - 12000	> 12000

(*)Estas condiciones no se dan en la práctica

Se han tomado dos muestras de las aguas freáticas, y una del suelo, con el fin de comprobar la agresividad al hormigón estructural, obteniendo los siguientes resultados.

SONDEO	pH	CO2 agresivo [mg CO2/l]	Ión Amonio [mg NH4+/l]	Ión Magnesio [mg Mg2+/l]	Ión Sulfato [mg SO4= /l]	Residuo Seco [mg/l]	Exposición
SE-503	7.89	22	<2	28.2	44	279	XA1
SE-504	7.69	15.4	<2	36.2	43	227.3	XA1

Respecto al análisis de agresividad del suelo al hormigón estructural, realizado sobre los suelos de alteración de esquisto anfibólico, y tomada en el sondeo SE-503 a una profundidad de entre 1.50 y 2.10 metros, el resultado obtenido fue de "NO AGRESIVO". El tipo de exposición resultante, debido a la agresividad del agua al hormigón, es XA1,

7.- ESTUDIO DE DESMONTES

7.1. TRAMOS EN DESMONTE Y ALTURAS MÁXIMAS

Solamente existen dos desmontes de importancia, el necesario para el acomodo del paso superior del camino de Santiago (PS 1.0) y el de la zona final del trazado: La reposición de camino que conecta con la glorieta de la N-547.

En desmonte para el acomodo de PS 1.0 discurre entre los P.K. 0+760 y 1+388 aproximadamente. Presenta una la altura máxima en el eje del vial de 10,10 metros si bien en su talud izquierdo podría alcanzar fácilmente 12 metros de altura.

El desmonte para la reposición del camino existente al final de trazado presenta una longitud de 210 metros y una altura máxima en el eje de 4,7 metros. En este caso, la altura de desmonte en los taludes laterales puede alcanzar hasta 7 metros.

7.2. MATERIALES AFECTADOS

Los materiales afectados por los desmontes pertenecen a la unidad mayor CMG con diferentes grados de alteración, siendo mayoritarios los grados V y IV, fácilmente excavables. No obstante, en el fondo de excavación del desmonte para el acomodo del paso superior es posible que se excave roca alterada en grado III.

Esta misma circunstancia se espera en el camino de reposición y la rotonda del enlace con la N-547, donde se excavará parcialmente roca alterada en el fondo de la excavación (grados IV-III y localmente grado III).

7.3. CONDICIONANTES DEL DISEÑO

Los principales aspectos a tener en cuenta en el diseño de los desmontes son los siguientes:

- Caracterización y posible tratamiento del fondo de desmonte
- Geometría del desmonte: talud, bermas...

▪ Fondo de desmonte

El fondo del desmonte servirá, en principio, de explanada natural sobre la que se apoyarán el paquete de firme. Por este motivo se deberá comprobar y/o asegurar su capacidad portante en términos resistentes y deformacionales. El espesor del paquete de firme dependerá de la calidad geotécnica de esta "explanada natural". En el apartado

específico relativo a la formación de la explanada de este anejo se detallan y analiza la categoría de la explanada natural y como conseguir la categoría necesaria para el tramo objeto del Proyecto.

▪ Geometría del desmonte

La geometría del desmonte viene condicionada por varios factores a tener en cuenta en el diseño:

- Condicionantes paisajísticos y ambientales

Los estudios ambientales dan gran importancia a obtener trincheras abiertas y taludes suaves que favorezcan el crecimiento de la vegetación, recomendándose taludes próximos al 3H/2V, aunque con los actuales métodos de hidrosiembra y revegetación puede llegarse a los 45° o superiores.

- Condicionantes de ocupación

Se puede dar el caso de tramos donde, por pretender evitar o reducir expropiaciones o afecciones a zonas de interés, se limite la pendiente de los taludes de desmonte. Esta decisión puede entrar en conflicto con la estabilidad del desmonte, si bien, casi siempre puede encajarse una determinada geometría del talud adoptando las oportunas medidas de refuerzo o contención.

Por otro lado, en caso de necesidad de material para equilibrar el balance de tierras, donde no existan problemas de ocupación, puede ampliarse la que sería necesaria por razones de estricta estabilidad, lo que repercutirá en una reducción de costes frente a obtener material de puntos alejados de la traza y en un aumento de la seguridad frente a la estabilidad. Se suma en este caso la ventaja ambiental mencionada que supone evitar la apertura de préstamos.

7.4. METODOLOGIA DE CALCULO

▪ Condicionantes de estabilidad y durabilidad

Para los taludes originados por la excavación se debe asegurar la estabilidad a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta, tanto la resistencia del terreno como su posible degradación, alteración, erosionabilidad ...

Para definir los taludes a adoptar en los desmontes se deberá analizar la estabilidad frente a las tipologías de rotura más probables, dentro de las cuales son habituales las siguientes:

- Deslizamientos circulares y planos (bloques, cuñas, ...)
- Deslizamientos rotacionales
- Vuelco de estratos
- Desprendimiento de bloques
- Flujos y coladas

Este tipo de verificaciones caen dentro del ELU de estabilidad global tal y como se define en la UNE-EN 1990:2019 y la UNE-EN 1997-1. La pérdida de estabilidad global es un modo de fallo en el que participa una masa de terreno y la cimentación englobada en la misma. Se produce cuando los esfuerzos generados por las solicitaciones superan a la resistencia al corte del terreno según una determinada superficie de rotura. El fallo provoca el deslizamiento del conjunto sobre dicha superficie, ocasionando su ruina.

■ Situaciones de Proyecto

Una situación de proyecto es un conjunto de condiciones físicas que representan las circunstancias reales que pueden presentarse durante un cierto intervalo de tiempo para el cual en el proyecto se va a comprobar que no se superan los estados límite pertinentes

Las situaciones de proyecto consideradas en los Eurocódigos y definidas según la UNE-EN 1990, 3.2(2), son las siguientes:

- Situaciones persistentes, que corresponden a las condiciones de uso normal de la estructura. Se considera que la geometría de la estructura y su cimentación, así como la configuración y propiedades del terreno, se mantienen constantes durante la vida útil
- Situaciones transitorias, que se producen cuando las condiciones de uso, estado o geometría de la estructura son temporales como, por ejemplo, durante su construcción o reparación, y para las que se considerará el correspondiente periodo de duración
- Situaciones accidentales, que corresponden a condiciones excepcionales aplicables a la estructura o al terreno como, por ejemplo, las provocadas por un impacto, por el fallo de algún elemento o por una avenida. Se considerarán instantáneas (salvo que dicho fallo pueda permanecer sin ser detectado)

- Situaciones sísmicas, que corresponden a condiciones excepcionales aplicables a la estructura o al terreno durante un evento sísmico. La situación sísmica se distingue del resto de situaciones accidentales debido a que en ella se establecen diferentes niveles de la magnitud de la acción en función de los requisitos de seguridad o de servicio

Para cada una de estas situaciones, se deberán verificar los estados límite pertinentes, partiendo de las hipótesis de carga, combinaciones de acciones y coeficientes parciales correspondientes a cada situación y estado límite.

Dadas las características de los elementos a analizar no se analizará la situación accidental dado que no se prevé ninguna problemática relacionada con dicha situación.

■ Verificación

Este estado límite debe verificarse en el entorno de las cimentaciones y estructuras de contención, así como en laderas naturales, desmontes y terraplenes. Tal y como se define en la UNE-EN 1997-1, 11.1(1). El ELU de estabilidad global queda comprobado cuando se verifica que:

$$Ed \leq Rd$$

Siendo:

Ed: el valor de cálculo de los efectos de las acciones que dan lugar a la inestabilidad.

Rd: es el valor de cálculo de la resistencia correspondiente, desarrollada según la superficie de rotura.

■ Enfoque de proyecto (DA)

De acuerdo con el Anejo Nacional de UNE-EN 1997-1, la verificación ELU de estabilidad global se realiza utilizando el enfoque de proyecto 3 (DA-3) con los valores de los coeficientes parciales siguientes:

- Coeficientes parciales para las acciones γ_F (Conjunto A2)

Tabla A.3.b: Coeficientes parciales γ_F aplicables a las acciones o γ_E aplicables a los efectos de las acciones, en situaciones persistentes y transitorias, en la comprobación de los estados límite último tipo STR/GEO de estabilidad global (Conjunto A2)

Acción		Símbolo	Valor
Permanente	Desfavorable	γ_G	1,0
	Favorable		1,0
Variable	Desfavorable	$\gamma_Q^{(1)}$	1,3
	Favorable		0

Nota 1: De acuerdo a 2.4.7.3.4.4. (Nota 2) este coeficiente se aplica a las acciones actuantes sobre el terreno (por ejemplo: las cargas estructurales o las cargas de tráfico).

- Coeficientes parciales aplicables a los parámetros geotécnicos γ_M (conjunto M2)

Tabla A.4.b: Coeficientes parciales γ_M aplicables a los parámetros geotécnicos, en situaciones persistentes, transitorias y accidentales, en la comprobación del estado límite último de estabilidad global (Conjunto M2)

Estado Límite Último	Actuación	Situación de proyecto ⁽¹⁾	γ_M			
			$c^{(2)}$	$tg \varphi^{(2)}$	$c_u^{(2)}$	γ_{ap}
Estabilidad global sin estructura en coronación o talud ⁽³⁾	<ul style="list-style-type: none"> Taludes de desmonte de nueva ejecución ⁽³⁾ Rellenos compactados (tipo terraplén, pedraplén y todo-uno) Infraestructuras hidráulicas de menor importancia (pequeñas presas y balsas clasificadas como C) 	Persistente	1,40	1,40	1,40	1,0
		Transitoria	1,25	1,25	1,25	1,0
		Accidental	1,15	1,15	1,15	1,0
Estabilidad global con estructura en coronación o talud ⁽⁴⁾	Estructuras en obras viarias	Persistente	1,50	1,50	1,50	1,0
		Transitoria	1,50	1,50	1,50	1,0
		Accidental	1,15	1,15	1,15	1,0
	Estructuras en obras marítimas o portuarias	Persistente	1,40	1,40	1,40	1,0
		Transitoria	1,40	1,40	1,40	1,0
		Accidental	1,15	1,15	1,15	1,0
	Estructuras de edificación	Persistente	1,80	1,80	1,80	1,0
		Transitoria	1,80	1,80	1,80	1,0
		Accidental	1,30	1,30	1,30	1,0

Nota 1: La situación persistente se debe entender como la situación correspondiente a las condiciones normales durante la vida útil de diseño. La situación transitoria corresponde a las fases de construcción o a taludes y terraplenes provisionales. Por su parte, en el estado límite último de estabilidad global de estructuras, se utilizarán, como cargas actuantes en el cálculo, las correspondientes a dicha situación transitoria [apartados 15.2.3 y 15.2.4 de UNE-EN 1990].

Nota 2: Los valores de los coeficientes parciales γ_M correspondientes a c' , $tg \varphi'$ y c_u podrán reducirse hasta un 7%, cuando las repercusiones sociales, ambientales y económicas de la rotura sean reducidas.

Nota 3: La comprobación de la seguridad de la reparación de taludes, cuando los parámetros del terreno se obtengan mediante "cálculos retrospectivos de estabilidad", con toma de nuevos datos in situ, se puede realizar con valores inferiores a los indicados en esta tabla [Cláusula 11.5.1(8) de la norma UNE-EN 1997-1].

Nota 4: El equilibrio global de una obra o estructura situada sobre una ladera natural, cuyas condiciones iniciales de estabilidad sean precarias, debe considerarse una actuación de Categoría Geotécnica 3, por lo que estos valores pueden no ser de aplicación. [punto 2.1(21) de la norma UNE-EN 1997-1].

En el caso particular de las Situaciones sísmicas se aplican los coeficientes parciales de aplicación definidos en el Eurocódigo 8, especificados en la Tabla AN.2 del AN/UNE-EN 1998-5.

Tabla AN/2: Coeficientes parciales γ_M aplicables a los parámetros geotécnicos en la verificación de la estabilidad de taludes y la estabilidad global (conjunto M2).

Estado límite	Actuación	Situación de proyecto (1)	γ_M				
			$\tan\phi'$	c'	c_u	$\tau_{cy,u}$	q_u
Estabilidad de taludes	a) Taludes de desmonte de nueva ejecución (sin estructura de coronación o talud)	Accidental con sismo	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	b) Rellenos compactados (tipo terraplén, pedraplén y todo-uno)						
	c) Infraestructuras hidráulicas de menor importancia (pequeñas presas y balsas clasificadas como C ante el riesgo potencias de rotura)						
Estabilidad global de estructuras	Estructuras en obras viarias		1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	Estructuras en obras marítimas o portuarias		1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	Estructuras de edificación		1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

Nota 1: Estos coeficientes se aplican a las comprobaciones geotécnicas a realizar con Enfoque de Proyecto 3

Nota 2: Los valores de los coeficientes parciales γ_M correspondientes c_u , c' , $\tan\phi'$, $\tau_{cy,u}$ y q_u podrán reducirse hasta un 7% cuando las repercusiones sociales, ambientales y económicas de la rotura sean reducidas.

- Coeficientes parciales para la resistencia γ_{Re} (conjunto R3)

Tabla A.14: Coeficientes parciales γ_R aplicables a las resistencias, en el cálculo de taludes y estabilidad global (Conjunto R3)

Resistencia	Símbolo	Valor
Resistencia al esfuerzo cortante del terreno	$\gamma_{R,e}$	1,0

▪ **Situaciones sísmicas**

El Eurocódigo EC-8 establece que se debe comprobar la estabilidad del terreno para aquellas estructuras que vayan a construirse sobre o cerca de taludes naturales o artificiales, con el fin de asegurar que se preserven la seguridad y/o las condiciones de servicio de estructuras sometidas al terremoto de cálculo.

En la mayoría de los casos, la comprobación de la estabilidad de taludes o estabilidad global de estructuras en condiciones sísmicas puede realizarse utilizando métodos pseudo-estáticos mediante programas de equilibrio límite.

▪ Sismicidad

Muy baja sismicidad

En casos de muy baja sismicidad, no es necesario observar las disposiciones de la norma EN 1998.

De acuerdo con el anejo nacional, se consideran zonas de muy baja sismicidad aquellas en las que se cumpla:

$$a_{gR} < 0.04 \text{ g}, \text{ siendo } g \text{ la aceleración de la gravedad}$$

Baja sismicidad

De acuerdo con el anejo nacional, se consideran zonas de baja sismicidad aquellas en las que se cumpla:

$$a_{gs} \leq 0.1 \text{ g}, \text{ siendo } g \text{ la aceleración de la gravedad}$$

En casos de baja sismicidad pueden utilizarse, para ciertos tipos o categorías de estructuras, métodos de cálculo sismorresistente reducidos o simplificados.

▪ Condiciones del terreno.

Para tener en cuenta la influencia de las condiciones locales del terreno sobre la acción sísmica pueden utilizarse los tipos de terreno A, B, C, D y E descritos mediante los perfiles estratigráficos y parámetros indicados en la tabla AN.1 (Tabla 3.1) – Tipos de terreno del anexo nacional y detallados a continuación.

Tipo de terreno medio	$V_{s,30}$ (m/s)	Descripción
A	>800	Roca compacta o suelo cementado aflorante o con una capa de suelo superficial de espesor menor de 5 m.
B	360 - 800	En las decenas de metros más superficiales, predominio de suelos granulares densos o suelos cohesivos duros o presencia de capas delgadas de suelos granulares sueltos

		o cohesivos blandos.
C	180 - 360	En las decenas de metros más superficiales, predominio de suelos granulares de compacidad media o suelos cohesivos de consistencia firme o muy firme o presencia de capas de bastante espesor de suelos granulares sueltos o cohesivos blandos.
D	< 180	En las decenas de metros más superficiales, predominio de capas de gran espesor de suelos granulares sueltos o cohesivos blandos.
S1	< 100	Suelos consistiendo, o conteniendo, una capa de al menos 10 m de espesor, de arcillas o limos blandos, de alta plasticidad (IP > 40) y con alto contenido de humedad.
S2		Suelos formados por arenas licuables o arcillas susceptibles, u otro perfil de suelos no contenido en los tipos A-D o S1.

El terreno se clasifica en función de su capacidad de amplificar el movimiento sísmico que se produzca en la roca, lo que depende del espesor de los suelos superficiales y de la velocidad media de propagación de las ondas sísmicas transversales. El terreno puede ser homogéneo o estar formado por varias capas de los siguientes tipos (de I a IV):

- Capa de terreno tipo I: Roca compacta o suelo cementado, con velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales $v_s > 800$ m/s.
- Capa de terreno tipo II: Roca muy alterada o muy fracturada, suelos granulares densos o suelos cohesivos duros, con velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales $800 \text{ m/s} \geq v_s > 360$ m/s.
- Capa de terreno tipo III: Suelo granular de compacidad media o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme, con velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales $360 \text{ m/s} \geq v_s > 180$ m/s.
- Capa de terreno tipo IV: Suelo granular suelto o suelo cohesivo blando, con velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales $v_s \leq 180$ m/s.

La velocidad media de la onda de corte $v_{s,30}$ debería calcularse de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$v_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{v_i}}$$

donde h_i y v_i representan el espesor (en metros) y la velocidad de la onda de corte (a un nivel de deformación de 10-5 o menor) de la i -ésima formación o capa, de un total de N , existente en los 30 m superiores.

En emplazamientos con condiciones del terreno que respondan a uno de los dos tipos especiales de terreno, S1 o S2, se requiere llevar a cabo estudios específicos a fin de definir la acción sísmica.

- Regiones sísmicas

La peligrosidad sísmica se define por medio de los siguientes parámetros:

- La aceleración horizontal en terreno tipo A, agR .
- El coeficiente de contribución K , que tiene en cuenta la distinta contribución de la sismicidad de la península y de las áreas marinas adyacentes y de la más lejana, de la parte de la zona Azores-Gibraltar situada en Goringe-Herradura.

En el Anexo Nacional se incluye una tabla con los valores de agR y del coeficiente de contribución K en función de la longitud y latitud en la que se encuentre la estructura en estudio.

En el presente proyecto se toma como referencia las localidades de Melide y Palas de Rei situadas en las siguientes latitudes y longitudes:

- Melide: Latitud: 42.9, Longitud: -8.0
- Palas de Rei: Latitud: 42.9, Longitud: -7.9

Entrando en la tabla con estos valores se obtiene:

- $K=1.0$
- $agR= 0.055$

Como ag es inferior a 0.1g, se trata de una zona de baja sismicidad.

A continuación, se muestra un extracto de la tabla de valores de agR y del coeficiente de contribución correspondiente a la longitud y latitud en la que se ubica el presente proyecto:

Long	Lat	K	ag,R	Long	Lat	K	ag,R	Long	Lat	K	ag,R	Long	Lat	K	ag,R
-3,0	42,5	1,0	0,039	3,3	42,5	1,0	0,102	-0,8	42,6	1,0	0,093	-6,3	42,7	1,0	0,038
-2,9	42,5	1,0	0,041	3,4	42,5	1,0	0,091	-0,7	42,6	1,0	0,091	-2,9	42,7	1,0	0,039
-2,8	42,5	1,0	0,044	3,5	42,5	1,0	0,077	-0,6	42,6	1,0	0,092	-2,8	42,7	1,0	0,042
-2,7	42,5	1,0	0,048	3,6	42,5	1,0	0,065	-0,5	42,6	1,0	0,095	-2,7	42,7	1,0	0,045
-2,6	42,5	1,0	0,052	3,7	42,5	1,0	0,054	-0,4	42,6	1,0	0,098	-2,6	42,7	1,0	0,047
-2,5	42,5	1,0	0,057	-9,6	42,6	1,0	0,044	-0,3	42,6	1,0	0,101	-2,5	42,7	1,0	0,051
-2,4	42,5	1,0	0,062	-9,5	42,6	1,0	0,048	-0,2	42,6	1,0	0,103	-2,4	42,7	1,0	0,056
-2,3	42,5	1,0	0,066	-9,4	42,6	1,0	0,050	-0,1	42,6	1,0	0,106	-2,3	42,7	1,0	0,063
-2,2	42,5	1,0	0,067	-9,3	42,6	1,0	0,053	0,0	42,6	1,0	0,109	-2,2	42,7	1,0	0,069
-2,1	42,5	1,0	0,068	-9,2	42,6	1,0	0,056	0,1	42,6	1,0	0,112	-2,1	42,7	1,0	0,074
-2,0	42,5	1,0	0,069	-9,1	42,6	1,0	0,059	0,2	42,6	1,0	0,116	-2,0	42,7	1,0	0,078
-1,9	42,5	1,0	0,069	-9,0	42,6	1,0	0,061	0,3	42,6	1,0	0,122	-1,9	42,7	1,0	0,081
-1,8	42,5	1,0	0,070	-8,9	42,6	1,0	0,063	0,4	42,6	1,0	0,131	-1,8	42,7	1,0	0,085
-1,7	42,5	1,0	0,071	-8,8	42,6	1,0	0,064	0,5	42,6	1,0	0,138	-1,7	42,7	1,0	0,087
-1,6	42,5	1,0	0,072	-8,7	42,6	1,0	0,065	0,6	42,6	1,0	0,142	-1,6	42,7	1,0	0,087
-1,5	42,5	1,0	0,073	-8,6	42,6	1,0	0,066	0,7	42,6	1,0	0,143	-1,5	42,7	1,0	0,088
-1,4	42,7	1,0	0,089	-6,5	42,8	1,0	0,038	-8,4	42,9	1,0	0,056	-9,1	43,0	1,0	0,050
-1,3	42,7	1,0	0,091	-6,4	42,8	1,0	0,037	-8,3	42,9	1,0	0,056	-9,0	43,0	1,0	0,051
-1,2	42,7	1,0	0,094	-3,0	42,8	1,0	0,037	-8,2	42,9	1,0	0,055	-8,9	43,0	1,0	0,052
-1,1	42,7	1,0	0,096	-2,9	42,8	1,0	0,040	-8,1	42,9	1,0	0,055	-8,8	43,0	1,0	0,053
-1,0	42,7	1,0	0,100	-2,8	42,8	1,0	0,042	-8,0	42,9	1,0	0,055	-8,7	43,0	1,0	0,053
-0,9	42,7	1,0	0,104	-2,7	42,8	1,0	0,044	-7,9	42,9	1,0	0,055	-8,6	43,0	1,0	0,054
-0,8	42,7	1,0	0,108	-2,6	42,8	1,0	0,047	-7,8	42,9	1,0	0,056	-8,5	43,0	1,0	0,054
-0,7	42,7	1,0	0,112	-2,5	42,8	1,0	0,050	-7,7	42,9	1,0	0,057	-8,4	43,0	1,0	0,054
-0,6	42,7	1,0	0,115	-2,4	42,8	1,0	0,054	-7,6	42,9	1,0	0,058	-8,3	43,0	1,0	0,054
-0,5	42,7	1,0	0,119	-2,3	42,8	1,0	0,060	-7,5	42,9	1,0	0,059	-8,2	43,0	1,0	0,054
-0,4	42,7	1,0	0,125	-2,2	42,8	1,0	0,068	-7,4	42,9	1,0	0,060	-8,1	43,0	1,0	0,054
-0,3	42,7	1,0	0,130	-2,1	42,8	1,0	0,076	-7,3	42,9	1,0	0,063	-8,0	43,0	1,0	0,054
-0,2	42,7	1,0	0,133	-2,0	42,8	1,0	0,082	-7,2	42,9	1,0	0,061	-7,9	43,0	1,0	0,054
-0,1	42,7	1,0	0,137	-1,9	42,8	1,0	0,086	-7,1	42,9	1,0	0,058	-7,8	43,0	1,0	0,055
0,0	42,7	1,0	0,142	-1,8	42,8	1,0	0,089	-7,0	42,9	1,0	0,055	-7,7	43,0	1,0	0,056
0,1	42,7	1,0	0,148	-1,7	42,8	1,0	0,091	-6,9	42,9	1,0	0,050	-7,6	43,0	1,0	0,057
0,2	42,7	1,0	0,153	-1,6	42,8	1,0	0,092	-6,8	42,9	1,0	0,045	-7,5	43,0	1,0	0,058
0,3	42,7	1,0	0,154	-1,5	42,8	1,0	0,093	-6,7	42,9	1,0	0,041	-7,4	43,0	1,0	0,059
0,4	42,7	1,0	0,152	-1,4	42,8	1,0	0,095	-6,6	42,9	1,0	0,039	-7,3	43,0	1,0	0,060
0,5	42,7	1,0	0,150	-1,3	42,8	1,0	0,097	-6,5	42,9	1,0	0,036	-7,2	43,0	1,0	0,059
0,6	42,7	1,0	0,147	-1,2	42,8	1,0	0,101	-3,0	42,9	1,0	0,038	-7,1	43,0	1,0	0,056
0,7	42,7	1,0	0,146	-1,1	42,8	1,0	0,105	-2,9	42,9	1,0	0,040	-7,0	43,0	1,0	0,052
0,8	42,7	1,0	0,142	-1,0	42,8	1,0	0,110	-2,8	42,9	1,0	0,042	-6,9	43,0	1,0	0,047
0,9	42,7	1,0	0,138	-0,9	42,8	1,0	0,117	-2,7	42,9	1,0	0,044	-6,8	43,0	1,0	0,042
1,0	42,7	1,0	0,135	-0,8	42,8	1,0	0,126	-2,6	42,9	1,0	0,047	-6,7	43,0	1,0	0,039

- Modelización de la situación sísmica en el cálculo de estabilidad de obras de tierra

Tal y como se ha indicado previamente, en la mayoría de los casos la comprobación de la estabilidad de taludes o estabilidad global de estructuras en condiciones sísmicas puede realizarse utilizando métodos pseudo-estáticos mediante programas de equilibrio límite.

En estos métodos, la acción del sismo se introduce mediante fuerzas de inercia horizontal y vertical aplicadas a la masa del suelo y cualquier carga gravitatoria que actúe en la parte superior del talud.

Las fuerzas de inercia sísmica, F_H y F_V que actúan en las direcciones horizontal y vertical respectivamente, deben tomarse en el análisis pseudo-estático como:

$$F_H = 0,5\alpha \cdot S \cdot W$$

Dado que el Anejo Nacional español establece que $av,g / ag = 0,7$:

$$F_V = \pm 0,5 F_H$$

Donde:

α = cociente entre el valor de cálculo de la aceleración para un terreno tipo A, ag , y la aceleración de la gravedad, g .

S = parámetro del suelo definido en el Anejo Nacional del EC-8.

W = peso de la masa deslizante.

Los métodos simplificados pseudo-estáticos no deben utilizarse en el caso de suelos capaces de desarrollar altas presiones intersticiales o de sufrir una importante degradación en su rigidez bajo carga cíclica.

En los modelos de Slide realizados para la verificación de la estabilidad de taludes, se introducen F_H y F_V en función de W , dado que el programa obtiene el valor de W mediante la metodología de cálculo seleccionada.

Para la situación de proyecto de sismo las unidades geotécnicas de los desmontes de los desmontes y rellenos, se clasifican como:

Terreno	S	UNIDADES
A	1	GM II, GM III
B	1,43	GM IV, GM V

Donde el parámetro S, parámetro del suelo, se obtiene a partir de la Tabla AN/2 (3.2) del AN/UNE-EN 1998-1.

Tabla AN/2 (Tabla 3.2): Valores de los parámetros que describen el espectro elástico de respuesta horizontal

Suelo tipo	S	T_B (s)	T_c (s)	T_D (s)
A	1	$\frac{T_c}{5}$	$\frac{K}{4}$	2.0
B C	$a_g \leq 0.1g: S = C$ $0.1g < a_g \leq 0.4g: S = C + 3.33 \left(\frac{a_g}{g} - 0.1 \right) (1.0 - C)$ $a_g > 0.4g: S = 1$	$\frac{T_c}{5}$	$\frac{KC}{4}$	2.0
D	$a_g \leq 0.1g: S = 2$ $0.1g < a_g \leq 0.4g: S = 2.33 - 3.33 \frac{a_g}{g}$ $a_g > 0.4g: S = 1$	$\frac{T_c}{5}$	$\frac{K}{2}$	2.0

donde $C = (800/v_{s,30})^{0.465}$ (con $v_{s,30}$ en m/s) y K se establece en 3.2.1(2).

7.5. RECOMENDACIONES GENERALES

En función del tipo de terreno excavado, se pueden indicar las siguientes consideraciones generales:

- **Desmontes en materiales de alteración (grados V - IV)**

En lo que respecta a la estabilidad de los desmontes excavados en suelos con grado de meteorización V y IV, el mecanismo principal de rotura es el de deslizamiento rotacional más o menos profundo. Cuando los taludes son muy verticales, en los desmontes realizados en roca de grado IV, también pueden descalzarse e inestabilizarse bolos o bloques de roca sana, embebidos en zonas más alteradas, debido a fenómenos de erosión diferencial. La inestabilidad de cuñas rocosas también es posible en zonas homogéneas con grado IV, cuando existen diaclasas con orientaciones desfavorables.

En el caso de los terrenos con GM V, cuando éstos se encuentran semisaturados, pueden desarrollar valores elevados de la cohesión (por capilaridad), resistiendo taludes muy verticales. Sin embargo, cuando se saturan (debido a la existencia de agua freática o superficialmente, debido a las lluvias), la cohesión puede reducirse en gran medida, aumentando el riesgo de deslizamiento. En el caso de grado IV, la existencia de zonas de roca más o menos sana, o bien, la elevada resistencia del material predominante, son los principales responsables de la estabilidad de taludes de gran pendiente.

A pesar de la posibilidad inicial de adoptar taludes verticalizados, se ha de tener en cuenta la probabilidad de que, a largo plazo, se produzcan fenómenos de alteración química del material, formación de costras sueltas, derrubios, etc.

En el caso de que el desmonte presente una alternancia de suelos y rocas (grados V y IV) no es conveniente verticalizar el talud ya que dificulta los trabajos cuando se necesita el empleo de voladuras de esponjamiento.

En el tramo proyectado se han adoptado, a priori, los siguientes criterios generales:

- Talud en desmontes en GM V: 3H/2V
- Talud en desmontes en GM IV: 1H/1V

En el caso de rocas que presentan esquistosidad y alto grado de fracturación, se puede adoptar un talud 3H/2V también en GM IV.

El material GM V es un material excavable por medios mecánicos convencionales (pala o retro). El material con grado de alteración IV podrá requerir muy probablemente el empleo del escarificador y, en ocasiones, voladuras de esponjamiento.

■ Desmontes en rocas poco alteradas (grados III - II)

Este tipo de terreno puede ser considerado como un conjunto de bloques delimitado por distintas familias de juntas o diaclasas (planos de discontinuidad).

En los desmontes excavados en macizos rocosos poco alterados, el mecanismo principal de rotura es el de formación de cuñas de roca. Éstas se producen cuando dos planos de discontinuidad de diferente orientación se intersectan formando una alineación cuya inmersión es hacia el talud y con un ángulo menor que el de la cara del mismo. En este tipo de roturas, al igual que en el caso de roturas planas, pueden generarse “grietas de tracción” en el talud o en la montera, que favorecerían este tipo de procesos.

En algún caso se podrían presentar mecanismos de roturas planares. Éstas se producen a favor de una única familia de planos de discontinuidad continuos que buzanan hacia el talud, y cuya dirección es prácticamente paralela a la dirección de la cara del talud (normalmente se adopta una diferencia de $\pm 20^\circ$). Las roturas planas se producen fundamentalmente debido a que el buzamiento de los planos de discontinuidad es menor que el del talud.

En cuanto a la rotura por vuelco, es poco probable que existan inestabilidades de esta naturaleza, a lo sumo, podrán generarse vuelcos de bloques.

El valor de la inclinación del talud de la excavación influye de forma directa en la posibilidad de formación de elementos inestables (cuñas, lajas,) ya que para ello se deben cumplir unas ciertas relaciones geométricas.

La geometría de las posibles cuñas de roca, no sólo depende de la orientación de las discontinuidades. Es preciso adoptar un valor máximo para ciertas dimensiones que condicionan el tamaño de la cuña. En este Proyecto, basándose en las observaciones de campo realizadas, se han establecido dos criterios fundamentales, que limitarán el tamaño máximo de la cuña:

- Altura máxima de la cuña = 10 m.
- Continuidad máxima de las discontinuidades = 20 m.

En el caso de que la orientación de las discontinuidades con respecto al talud, no produzcan la inestabilidad de bloques de roca, la inclinación del desmonte puede ser elevada, gracias a la gran resistencia propia de la matriz rocosa.

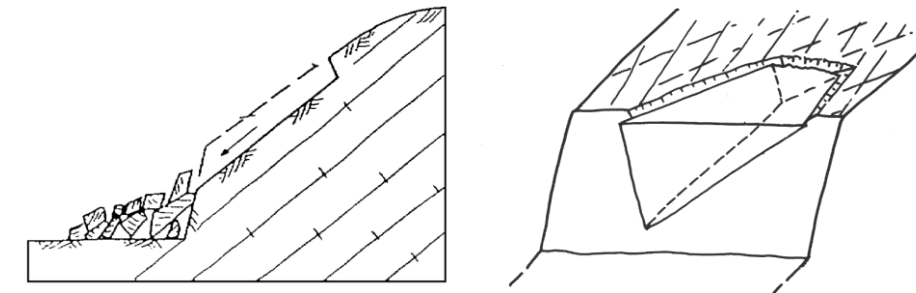


Figura 1 Roturas planar y en cuña,

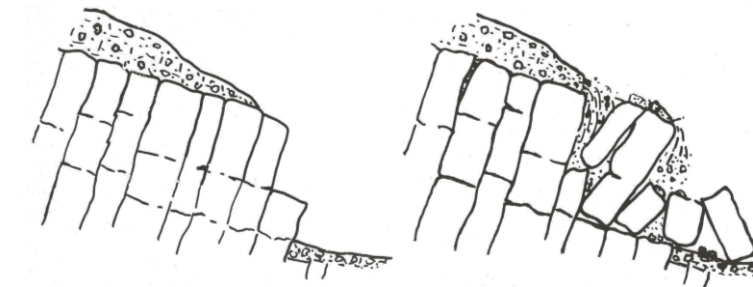


Figura 2 Vuelco de bloques,

En principio, en aquellas zonas de macizo rocoso fracturado en las que, tras el estudio de estabilidad, se considere probable la formación de cuñas o bloques inestables, se tenderá el talud hasta un valor que imposibilite la formación de dichos bloques. Si dicho riesgo no desaparece al adoptar un talud más tendido, o si por otros motivos la inclinación no se puede variar, las medidas de sostenimiento y/o estabilización que se dispondrán podrán ser las siguientes:

- Saneado del talud → En caso de existir bloques inestables aislados, susceptibles de ser retirados, ya directamente o con una voladura previa de taqueo. En caso de desmonte afectado por una falla donde se identifique cierto espesor de afección, GM V, interfiriendo con el talud, se protegerá además el tramo saneado con un muro de revestimiento de escollera.
- Bulonado sistemático del talud → En caso de existir una estructura desfavorable que posibilite la formación de bloques inestables.
- Bulonado ocasional → En caso de existir bloques aislados con peligro de inestabilidad.
- Hormigón proyectado o mallas y redes metálicas → En caso de existir una fuerte fracturación que origine pequeños bloques de roca inestables.

El macizo rocoso que presenta grados de alteración III, podrá excavarse mediante ripper con ayuda de voladura de esponjamiento en los materiales que presentan esquistosidad, resistencia a compresión baja, o alto grado de fracturación; también ha de tenerse en

cuenta la velocidad sísmica obtenida en los perfiles de refracción propuestos. En otro caso se requerirá el empleo de explosivos para la excavación de los desmontes. A continuación, se incluyen algunas gráficas referentes a la excavabilidad de los materiales, empleadas en este Proyecto.

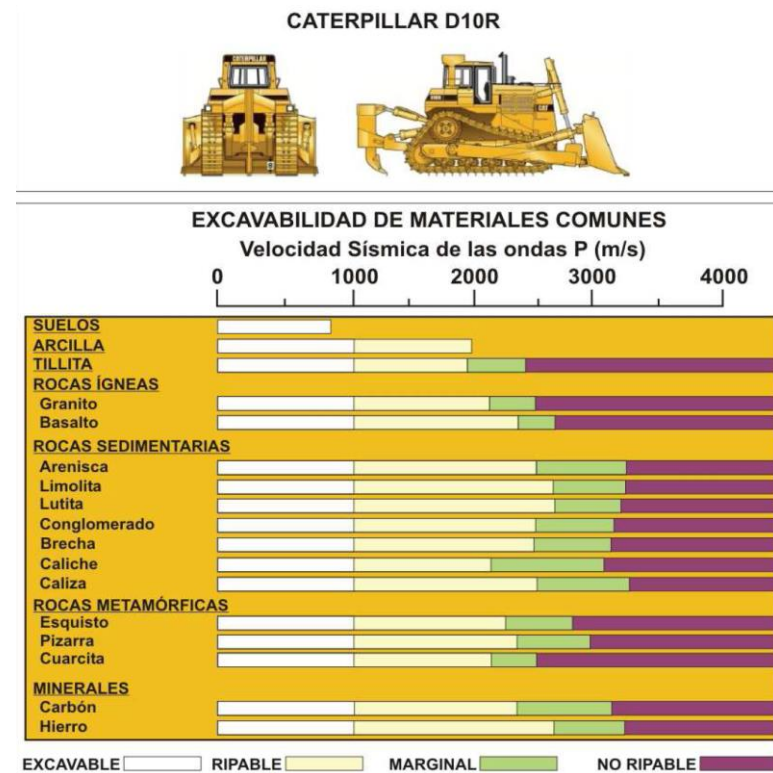


Figura 3 Excavabilidad de algunos materiales en función de la velocidad sísmica de las ondas P

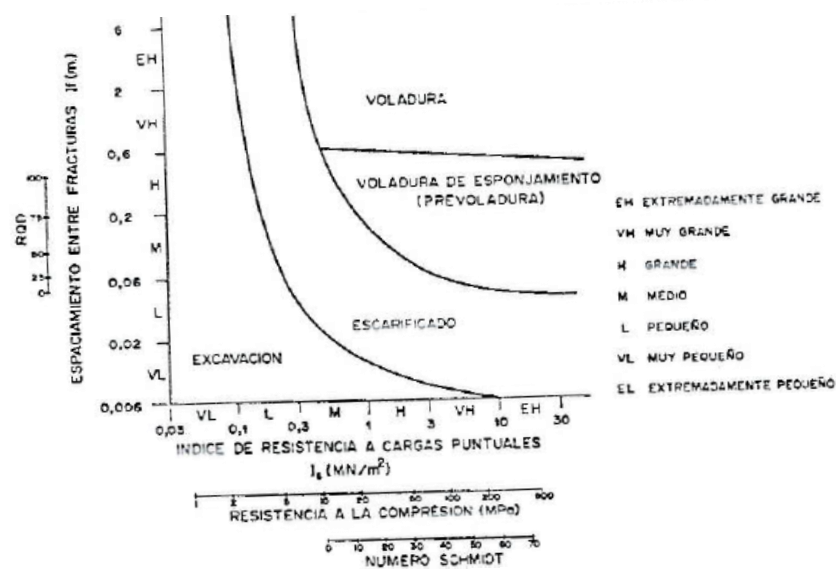


Figura 4 Clasificación de los macizos rocosos para su arranque y excavación (Franklin et al. 1971),

Para el presente Proyecto, se ha estimado que los desmontes no afectarán a macizos rocosos con grados de alteración II-I y solo de forma local, y en la base de los desmontes, al grado de alteración III.

7.6. FONDO DE LOS DESMONTES

El fondo del desmonte servirá de apoyo a las capas de formación de la explanada, sobre las cuales se construirá el firme.

En el caso de rocas no evolutivas no será necesaria la colocación de capas de formación de explanada en fondo de desmonte, pudiéndose apoyar el firme directamente sobre éste. A pesar de ello, independientemente del método de excavación, se deberán realizar las operaciones necesarias de regularización de la superficie final. Estas operaciones, que garantizarán que el fondo de la excavación del desmonte quede nivelado, consisten en la eliminación de los salientes de roca que penetren dentro del perfil de la superficie final de la excavación (definida esta última por la cara inferior del paquete de firmes) y la regularización de depresiones, según instrucciones de la Dirección de Obra. Se evitará la retención del agua en la explanada mediante un sistema de drenaje adecuado y el relleno con hormigón tipo HM-20 de las depresiones que puedan retener el agua o impedir su escorrentía.

La cota de la explanada deberá quedar a una distancia mínima por encima del nivel más alto previsible de la capa freática. Esta distancia será de 60 cm en suelos seleccionados, 80 cm en suelos adecuados, 100 cm en suelos tolerables y 120 cm donde sean marginales o inadecuados. A tal fin se adoptarán medidas tales como la elevación de la rasante de la explanada, la colocación de drenes subterráneos, interposición de geotextiles o una capa drenante.

El estudio de los fondos de desmonte, encaminado a las capas de formación de la explanada, se incluye en el apartado específico "Estudio de la Explanada" del presente Anejo.

7.7. ESTUDIO PARTICULARIZADO DE LOS DESMONTES DE LA TRAZA

En el presente apartado se realiza un estudio particularizado de los desmontes significativos del trazado, es decir, el de acomodo de la rasante para el paso superior del Camino de Santiago (PS 1.0) y la reposición del camino que accede a la glorieta en N-547 y la reposición de acceso a dicho camino. Como se ha indicado en apartados anteriores, la altura máxima de estos desmontes es de entorno a 12 metros en el primer caso y de entono a 7 metros en el segundo (taludes más desfavorables).

7.7.1. DESMONTE 1 (PK 0+760 – 1+388)

■ **Investigación geotécnica**

En el siguiente cuadro se indican los trabajos de reconocimiento geotécnico utilizados para el estudio de este desmonte.

Sondeos	Penetración dinámica	Calicatas	Perfiles sísmicos
SE-503, SE-504	PR-503, PE-504, PE-505, PR-506, PR-507	CR-505, CE-506, CE-507, CR-508	PS-2, PS-3

■ **Descripción del terreno**

Este desmonte afecta a rocas del tipo metagabros y anfibolitas, CMG, presentando diferentes grados de meteorización previsiblemente desde suelos de alteración de GM V; GM IV y, localmente, GM III.

Los tipos líticos descritos en las investigaciones son anfibolitas (MA) y esquistos anfibólicos (VE) mayoritariamente alterados a condición de suelo.

En general puede esperarse la mayor parte del desmonte en los grados de alteración V y IV. En las zonas de mayor altura, una vez pasado el paso superior PS 1.0, puede aparecer el GM III en el fondo de excavación y presentar algunas apófisis con grados de meteorización inferiores, tal como parece darse el perfil sísmico III.

Respecto a la posición del nivel freático se ha considerado la situación desfavorable de que se sitúe a 6,50 metros de profundidad; como apareció en el sondeo SE-504. Esta posición del nivel freático se considera conservadora dado que, como se comentó en anteriores apartados, parece responder a circulación de aguas subterráneas a favor del contacto entre los suelos de alteración y la roca y no a un nivel freático real. No obstante, se ha optado por disponer de una capa drenante formada por un pedraplén de 1 m de espesor entre los pp.kk. 0+880 – 1+060 y 1+290 – 1+390 (en los que el fondo de desmonte no es rocoso) para facilitar la circulación de esta agua freática.

■ **Excavabilidad**

Los grados de alteración V y V-IV podrán ser excavados con facilidad; No obstante, el grado de alteración IV podría necesitar ripper para su arranque.

El grado de meteorización III necesitará ripper, y localmente martillo percutor, para su arranque.

Las posibles apófisis de metabasita grado II, necesitarán martillo percutor y no se descarta que, localmente, puedan necesitar medidas más agresivas para su arranque (voladura de esponjamiento).

■ **Taludes propuestos**

Como se ha comentado en anteriores apartados, siempre que sea posible se recomienda permitir un talud 3H/2V con el fin de permitir una fácil revegetación del talud. Sin embargo, en este caso concreto, en las cercanías de la estructura PS 1.0, la proximidad de edificaciones recomienda verticalizar más los taludes con el fin de evitar expropiaciones que afecten a dichas edificaciones.

Por otro lado, en el grado de alteración IV y, especialmente, en el grado de alteración III se permitirán inclinaciones mayores; proponiéndose una inclinación 1H/1V.

A continuación, se justifica esta propuesta realizándose cálculos de estabilidad al deslizamiento rotacional que se desarrollaría en el terreno constituido por el suelo de alteración.

La máxima altura de desmonte del tramo estudiado corresponde a una altura de 12 m (poco más de 10 m sobre eje de trazado).

El cálculo de estabilidad realizado se ha considerado del lado de la seguridad, un espesor de suelo de 12 m que también incluya el espesor considerado de GM IV.

En las figuras adjuntas se muestra la salida gráfica del programa de equilibrio límite SLIDE, que se ha empleado para realizar estos cálculos de estabilidad. En ellas se incluyen los parámetros resistentes empleados para cada material. En este caso los parámetros geotécnicos adoptados en los cálculos son los correspondientes a CMG GMV; concretamente a los parámetros establecidos para el Esquisto anfibólico GMV.

Parámetros de cálculo en suelo

Litología	Situación de Proyecto	Densidad seca [t/m³]	Cohesión c' [t/m²]	Ángulo de rozamiento [°]
Esquisto anfibólico V y V-IV	Persistente	1,81	0,8	27,4
	Sísmica	1,81	1,0	33,4

En cuanto a la situación sísmica, el terreno se clasifica como tipo B, tal como se detalla en el capítulo 7.4, y se tomó un valor de S de 1,43.

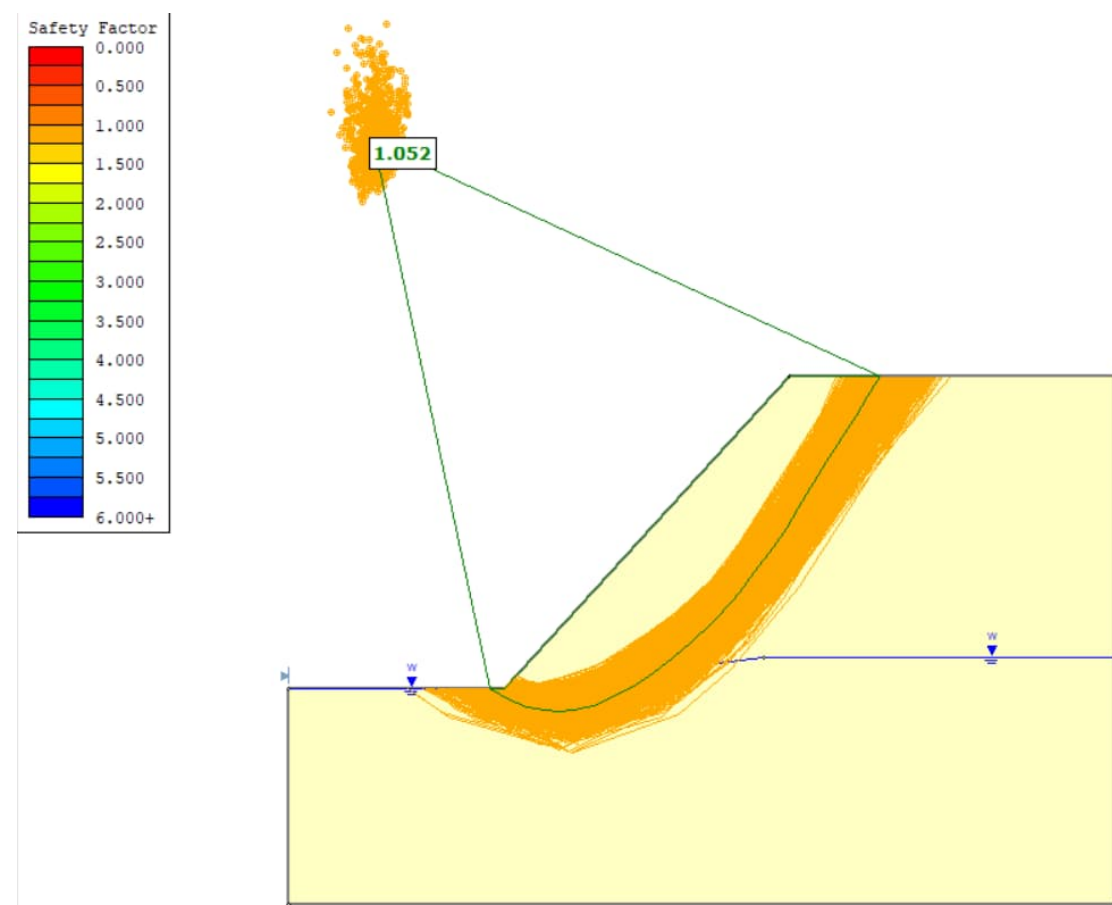
Parámetros sísmicos de cálculo

Unidad	α	Fh	Fv
GM IV, GM V	0.055	0.0393	0.0197

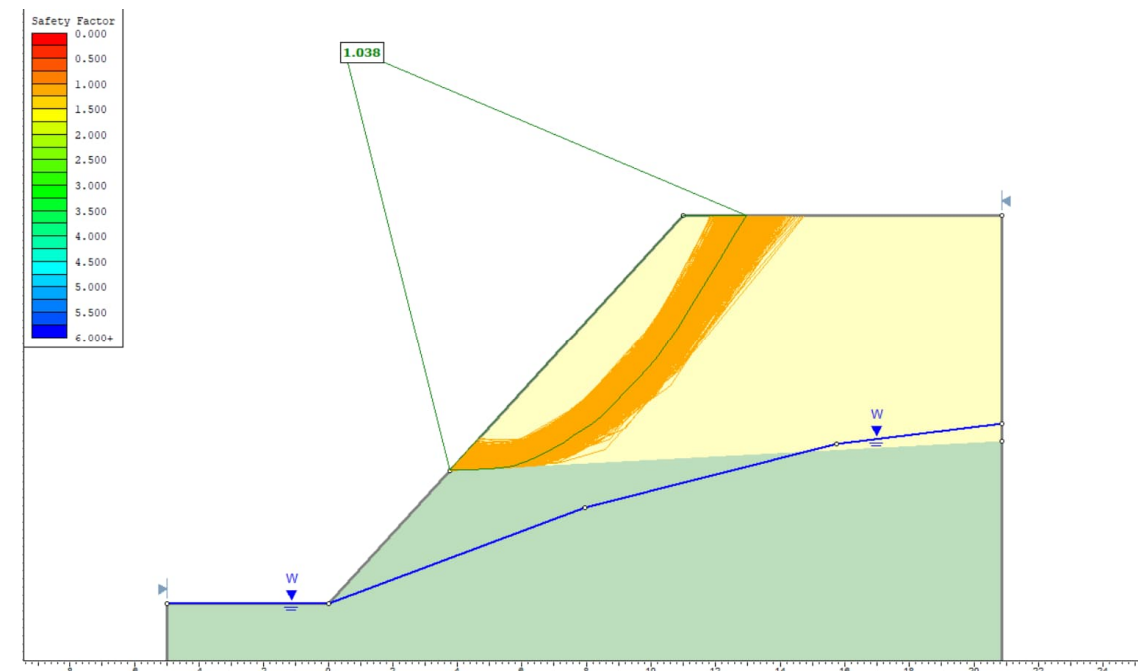
En todas las verificaciones el coeficiente de seguridad debe ser superior a 1, para verificar la condición de estabilidad $E_d < R_d$. Tal y como se define en la UNE-EN 1997-1, 11.1(1).

Se han considerado tanto la situación cercana a la estructura PS 1.0, como la situación en la zona más alta del desmonte, donde se espera la presencia de roca (grado de meteorización III o inferior) en el fondo de excavación.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en las modelizaciones para la situación permanente resaltando las curvas de rotura con un coeficiente de seguridad inferior a 1,1:

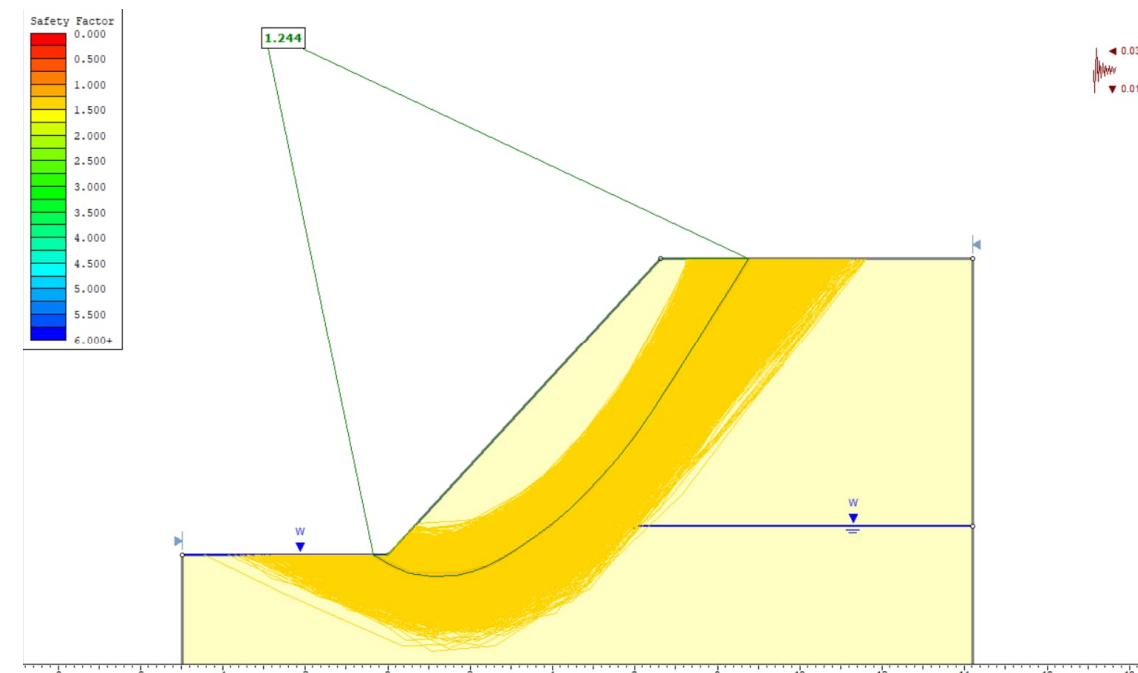


Estabilidad del talud en la posición del paso superior PS 1.0 situación permanente

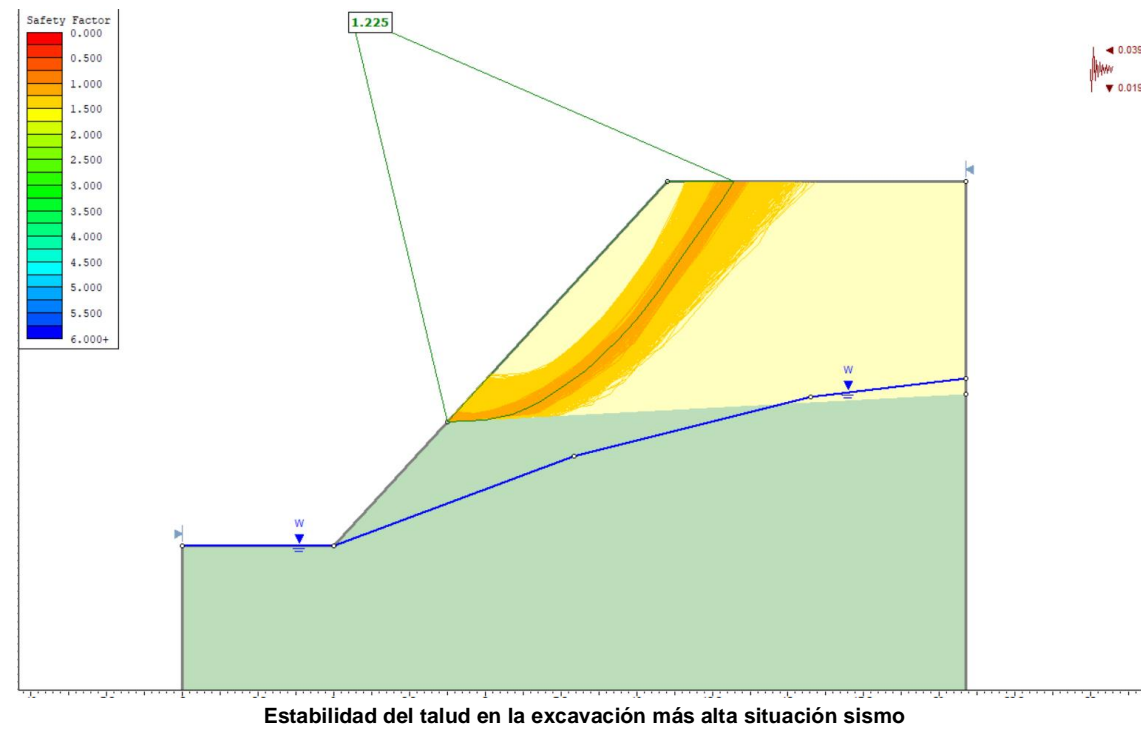


Estabilidad del talud en la excavación más alta situación permanente

En el caso de las situaciones sísmicas, se muestran los resultados obtenidos en las modelizaciones con un coeficiente de seguridad inferior a 1,35:



Estabilidad del talud en la posición del paso superior PS 1.0 situación sísmica



Estabilidad del talud en la excavación más alta situación sismo

En ambos casos y para las 2 situaciones consideradas, con una inclinación de 45°, el talud presenta un factor de seguridad de 1.0 o superior; tanto la situación permanente como para la de sismo.

El talud, por tanto, se considera estable frente a rotura global. Cabe mencionar que en las zonas donde el encaje sea posible, evitando expropiaciones costosas, se recomienda tenderlo hasta 3H/2V como se ha mencionado anteriormente.

Esta posibilidad evitará acarcavamientos en las zonas de suelo y ayudará a la revegetación. En las zonas rocosas se recomienda conservar el 1H:1V.

▪ **Reutilización de los materiales excavados**

La reutilización de los materiales excavados en la construcción de los rellenos será la siguiente:

- Suelo de alteración CMG GM V → 50% Tolerable / 50% Vertedero
- Roca CMG GM IV ó IV-III → Todo-uno

7.7.2. DESMONTE 2 (REPOSICION DEL CAMINO. ROTONDA DE ENLACE N-547)

▪ **Investigación geotécnica**

En el siguiente cuadro se indican los trabajos de reconocimiento geotécnico utilizados para el estudio de este desmonte.

Sondeos	Penetración dinámica	Calicatas	Perfiles sísmicos
SD-506	PR-511	CR-511, CD-512, CD-513	PS-1

▪ **Descripción del terreno**

Este desmonte afecta a las litologías pertenecientes a la unidad CGM y, menor medida a la unidad CS.

Se espera que la mayor parte de la excavación afecte a un grado de alteración intermedio V-IV, si bien no se descarta que en el fondo de la excavación, en las zonas de mayor altura de desmonte, llegue a cortarse el grado de alteración III de la unidad CMG, especialmente la litología denominada Anfibolita en copos (MA).

Hacia el inicio del tramo de reposición, donde la excavación es de menor altura, se cortarán rocas ultrabásicas serpentinizadas alteradas en grado IV.

Respecto a la posición del freático, se ha considerado que éste se sitúa por debajo de la rasante de excavación; por lo que ésta se llevará a cabo en seco.

▪ **Excavabilidad**

Los grados de alteración V y IV podrán ser excavados con facilidad; No obstante, el grado de alteración IV podría necesitar ripper para su arranque.

El grado de meteorización III, en caso de cortarse, necesitará ripper, y localmente martillo percutor, para su arranque.

32)

▪ **Taludes propuestos**

Como se ha comentado, siempre que sea posible se recomienda un talud 3H/2V con el fin de permitir una fácil revegetación del talud.

Por otro lado, en el grado de alteración IV y, especialmente, en el grado de alteración III se permitirán inclinaciones mayores; proponiéndose una inclinación 1H/1V.

La mayor parte de esta excavación se lleva a cabo en grados de alteración IV y sobre una unidad geotécnica con mejores parámetros resistentes que en el talud estudiado anteriormente. Por otro lado, la altura máxima de talud esperable es de unos 7 metros.

Atendiendo a estas consideraciones, se analiza la opción de un desmote inclinado 45°, dejando a criterio del proyectista la posibilidad de tenderlo más con objeto de facilitar la revegetación del mismo.

A continuación, se justifica esta propuesta, realizándose cálculos de estabilidad al deslizamiento rotacional que se desarrollaría en el terreno constituido por el suelo de alteración de anfibolitas.

El cálculo de estabilidad realizado se ha considerado del lado de la seguridad, un espesor de suelo de 7 m que también incluya el espesor considerado de GM IV.

En las figuras adjuntas se muestra la salida gráfica del programa de equilibrio límite SLIDE, que se ha empleado para realizar estos cálculos de estabilidad. En ellas se incluyen los parámetros resistentes empleados para cada material. En este caso los parámetros geotécnicos adoptados en los cálculos son los correspondientes a CMG GMV; concretamente a los parámetros establecidos para la Anfibolita en copos GMV.

Parámetros de cálculo en suelo

Litología	Situación de Proyecto	Densidad seca [t/m³]	Cohesión c' [t/m²]	Ángulo de rozamiento [°]
Esquisto anfibólico V y V-IV	Persistente	1,97	2.9	29,2
	Sísmica	1,97	3.6	35,4

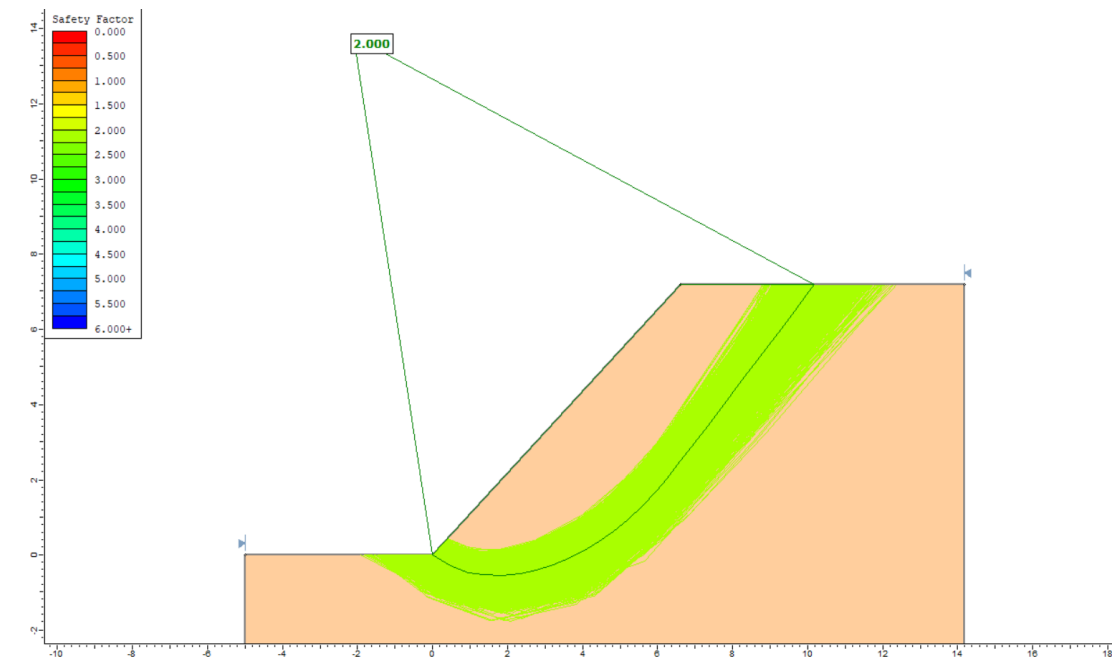
En cuanto a la situación sísmica, el terreno se clasifica como tipo B, tal como se detalla en el capítulo 7.4, y se tomó un valor de S de 1,43.

Parámetros sísmicos de cálculo

Unidad	α	Fh	Fv
GM IV, GM V	0.055	0.0393	0.0197

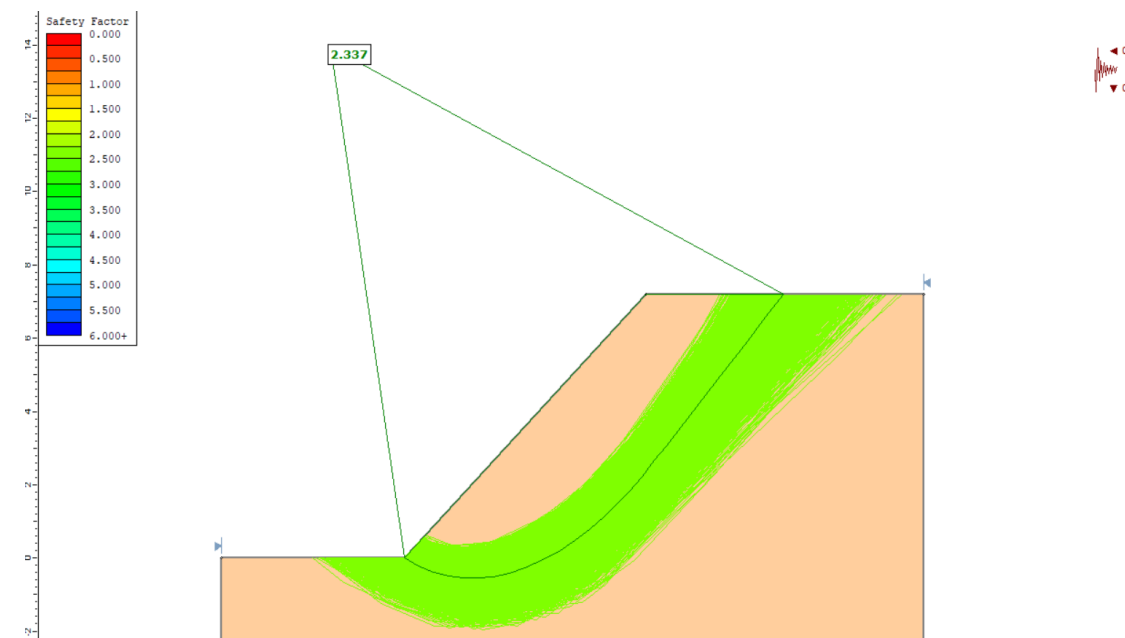
En todas las verificaciones el coeficiente de seguridad debe ser superior a 1, para verificar la condición de estabilidad $E_d < R_d$. Tal y como se define en la UNE-EN 1997-1, 11.1(1).

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en las modelizaciones para la situación permanente resaltando las curvas de rotura con un coeficiente de seguridad inferior a 1,1:



Estabilidad del talud situación permanente

En el caso de la situación sísmica, se muestran los resultados obtenidos en las modelizaciones con un coeficiente de seguridad inferior a 1,35:



Estabilidad del talud situación sísmica

El resultado muestra que para las 2 situaciones consideradas, con una inclinación de 45°, el talud presenta un factor de seguridad de superior a 1.

El talud, por tanto, se considera estable frente a rotura global. Cabe mencionar que en las zonas donde el encaje sea posible, evitando expropiaciones costosas, se recomienda tenderlo hasta 3H/2V como se ha mencionado anteriormente.

Esta posibilidad evitará acarcavamientos en las zonas de suelo y ayudará a la revegetación. En las zonas rocosas se recomienda conservar el 1H:1V.

▪ **Reutilización de los materiales excavados**

La reutilización de los materiales excavados en la construcción de los rellenos será la siguiente:

- Suelo de alteración CMG GM V → Tolerable
- Roca CMG GM IV ó IV-III → Todo-uno

A continuación, se adjunta una tabla resumen con las características de los desmontes.

Tabla resumen desmontes

Desmonte	P.K.	Long. (m)	P.K. h _m max. en eje	Puntos investigados	Litología afectada	Talud	Excavación	Reutilización
1 (Eje)	0+760 - 1 + 388	628	1+140 10,10 m	SE-503, SE-504, PR-503, PE-504, PE-505, PR-506, PR-507, CR-505, CE-506, CE-507, CR-508, PS-2, PS-3	CMG (VE)	1H:1V	60% Excavadora, 30% riper,10% martillo	Tolerable, Todo Uno, Vertedero
2 (Camino)	0+000 - 0+209	0+209	0+209 4,7 m	SD-506, PR-511 CR-511, CD-512, CD-513, PS-1	CMG (MA) y CS	1H:1V	70% Excavadora, 30% riper	Tolerable, Todo Uno

8.- ESTUDIO GEOTÉCNICO DE RELLENOS

8.1. INTRODUCCIÓN

El único relleno de relevancia es de los viales de acceso a la glorieta final de conexión con la N-547, donde la altura máxima de relleno es aproximadamente de 5,5 m.

El objetivo o fin último de estas estructuras térreas compactadas será la obtención de una plataforma a una cota precisa, que sea ejecutable, estable, con deformaciones admisibles y durable.

8.2. GENERALIDADES

Se presentan en este apartado una serie de generalidades relativas al diseño de rellenos, que conviene tener presentes en sucesivos apartados, ya que, por un lado, constituyen definiciones y prescripciones básicas para entender la metodología y los resultados del estudio geotécnico de los rellenos, y, por otro lado, sirven de punto de partida para posibles particularizaciones y decisiones en el diseño de éstos.

8.2.1. TIPOS DE RELLENOS

En general se pueden considerar los siguientes tipos de rellenos:

- Rellenos tipo "terraplén"

Esta unidad consiste en la extensión y compactación, por tongadas, de materiales con granulometría tipo "suelo", en zonas de tales dimensiones que permitan de forma sistemática la utilización de maquinaria pesada con destino a crear una plataforma sobre la que se asiente el firme de la carretera.

- Rellenos tipo "pedraplén"

Esta unidad consiste en la extensión y compactación, por tongadas, de materiales pétreos idóneos, procedentes de excavaciones en roca, con destino a crear una plataforma sobre la que se asiente el firme de la carretera. El material puesto en obra tendrá una granulometría abierta, los materiales gruesos estarán en contacto entre sí y los elementos finos no rellenarán los huecos totalmente, existiendo macroporos. El área de trabajo será suficiente para el empleo de maquinaria pesada.

- Rellenos tipo "todo-uno"

Esta unidad consiste en la extensión y compactación, por tongadas, de materiales con características intermedias entre los utilizables en terraplenes y pedraplenes, con destino a crear una plataforma sobre la que se asiente el firme de la carretera. El material puesto

en obra tendrá una granulometría cerrada, los materiales gruesos estarán en contacto entre sí y los elementos finos rellenarán los huecos totalmente, no existiendo, por tanto, macroporos. El área de trabajo será suficiente para el empleo de maquinaria pesada.

8.2.2. ZONIFICACIÓN GENÉRICA DE RELLENOS

Las siguientes definiciones de las partes que se pueden diferenciar en cada tipo de relleno se basan en lo indicado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes PG-3.

a) Rellenos tipo terraplén

En general, las zonas a distinguir en los terraplenes serán las siguientes:

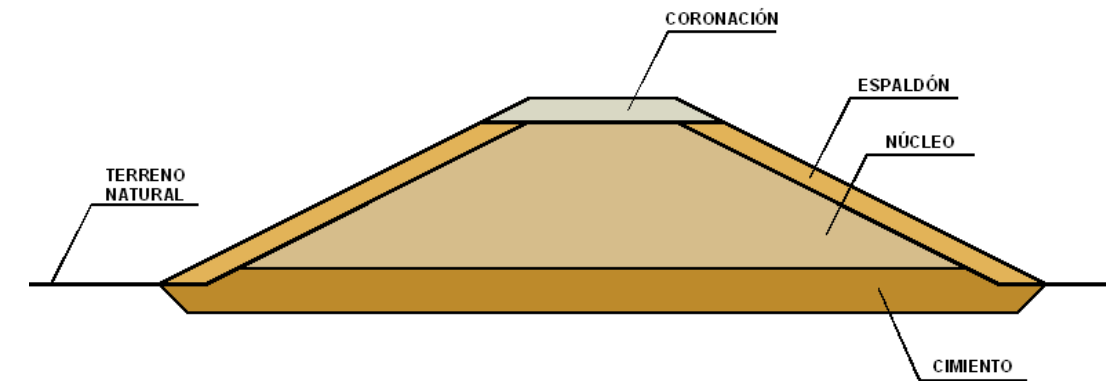


Figura 5 Zonificación general de relleno tipo "terraplén"

- Explanada, Superficie de apoyo del firme. En general, cara superior de la coronación del terraplén.
- Coronación, Es la parte superior del relleno tipo terraplén, sobre la que se apoya el firme. Tiene un espesor mínimo de dos tongadas y siempre mayor de 50 cm. Esta zona del terraplén se considera como una unidad de obra independiente.
- Núcleo: Es la parte principal del relleno tipo terraplén comprendida entre el cimiento y la coronación.
- Espaldón: Es la parte exterior del relleno tipo terraplén que, ocasionalmente, constituirá o formará parte de los taludes del mismo. No se considerará parte del espaldón los revestimientos sin misión estructural en el relleno, entre los que se consideran, plantaciones, cubierta vegetal, encachados, protecciones antierosión, etc.
- Cimiento: Es la parte inferior del terraplén en contacto con la superficie de apoyo. Se puede encontrar, en parte, situado por debajo de la línea del terreno natural, en el caso de que los materiales existentes hayan sido eliminados por desbroce

o por considerarse terreno no apto para el apoyo del relleno. El espesor será como mínimo un metro.

b) Rellenos tipo “todo-uno” y pedraplén

En general, las zonas a distinguir en los rellenos “todo-uno” y pedraplén serán las siguientes:

- Explanada, Superficie de apoyo del firme. En general, cara superior de la coronación del relleno.
- Coronación, Es la parte superior del relleno, sobre la que se apoya el firme, Tiene un espesor mínimo de dos tongadas y siempre mayor de 50 cm. Esta zona del relleno se considera como una unidad de obra independiente.
- Transición, Formada por la parte superior del relleno tipo “todo-uno” o pedraplén, con un espesor de dos tongadas y como mínimo de un metro.
- Núcleo: Parte del relleno “todo-uno” o pedraplén comprendido entre el cimiento y la zona de transición.
- Espaldón: Es la parte exterior del relleno que, ocasionalmente, constituirá o formará parte de los taludes del mismo. No se considerará parte del espaldón los revestimientos sin misión estructural en el relleno, entre los que se consideran, plantaciones, cubierta vegetal, encachados, protecciones antierosión, etc.
- Cimiento: Es la parte inferior del terraplén en contacto con la superficie de apoyo. Se puede encontrar, en parte, situado por debajo de la línea del terreno natural, en el caso de que los materiales existentes hayan sido eliminados por desbroce o por considerarse terreno no apto para el apoyo del relleno. El espesor será como mínimo un metro.

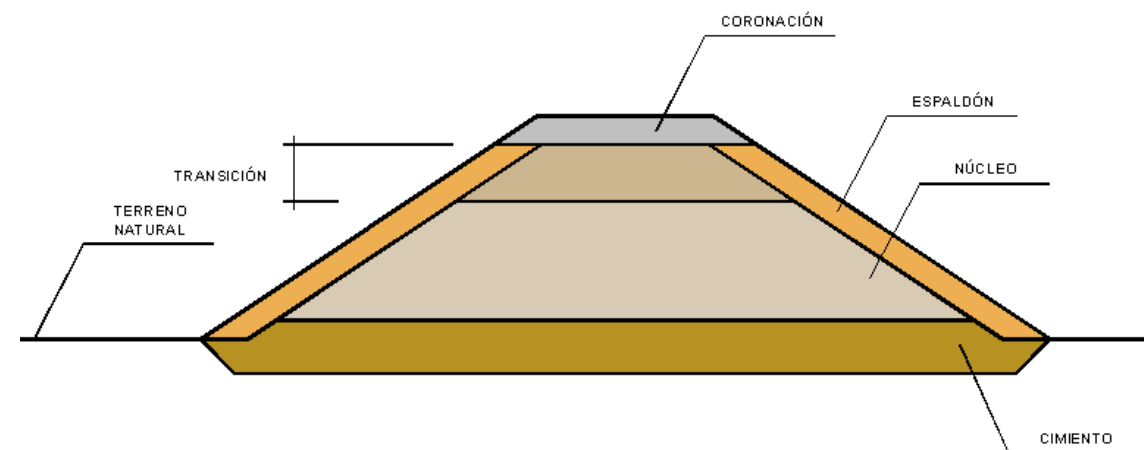


Figura 6 Zonificación general de relleno tipo “todo-uno” y pedraplén

8.3. MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS RELLENOS

8.3.1. NORMATIVA

El Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes: PG-3, establece las siguientes condiciones en el empleo de materiales para terraplén:

El Pliego PG-3 indica también las propiedades y características que deben cumplir los materiales a emplear para la construcción de rellenos tipo “pedraplén” y tipo “todo-uno”. Las principales condiciones que deben cumplir los materiales para la construcción de rellenos del tipo “todo-uno”.

En las tablas que siguen se resumen estas indicaciones del PG-3.

Rellenos tipo terraplén, Empleo de suelos por zonas (PG-3)

CORONACIÓN	(a)	Suelos adecuados o seleccionados cuya capacidad de soporte sea la requerida para el tipo de explanada previsto en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares correspondiente y su índice CBR, correspondiente a las condiciones de compactación de puesta en obra, sea como mínimo $CBR \geq 5$, según UNE 103 502
	(b)	Se podrán utilizar otros materiales en forma natural o previo tratamiento, siempre que cumplan las condiciones de capacidad de soporte exigidas, y previo estudio justificativo aprobado por el Director de las Obras,
	(c)	No se usarán suelos expansivos o colapsables,
	(d)	Cuando bajo la coronación exista material expansivo o colapsable o con contenido de sulfatos $>2\%$, la coronación habrá de evitar la infiltración de agua hacia el resto del relleno tipo terraplén,
CIMIENTO	Se utilizarán suelos tolerables, adecuados o seleccionados siempre que: Las condiciones de drenaje o estanqueidad lo permitan, Las características del terreno de apoyo sean adecuadas para su puesta en obra, El índice CBR, correspondiente a las condiciones de compactación de puesta en obra, sea igual o superior a 3,	
NÚCLEO	Suelos tolerables, adecuados o seleccionado, siempre que su índice CBR, correspondiente a las condiciones de puesta en obra, sea igual o superior a 3	
	La utilización de suelos marginales o suelos con $CBR < 3$ queda desaconsejada, En la posible utilización de suelos colapsables, expansivos o con yesos, con otras sales solubles, con materia orgánica o de cualquier otro tipo de material marginal, deberán adoptarse medidas especiales,	
ESPALDONES	No se usarán en esta zona suelos expansivos o colapsables,	
	Cuando en el núcleo exista material expansivo o colapsable o con contenido en sulfatos mayor del 2%, los espaldones evitarán la infiltración de agua hacia el mismo,	

Rellenos tipo terraplén, Características de los materiales (PG-3)

	* Rellenos tipo terraplén: cumplen (1) ó (2):					(1):% Pasa # 20 UNE (3/4" ASTM): > 70%					
						(2):% Pasa # 0,08 UNE (200 ASTM): ≥35%					
		MO (%)	SS (%)	D _{máx}	% Pasa # 0,40 UNE (# 40 ASTM)	% Pasa # 2 UNE (# 10 ASTM)	% Pasa # 0,08 UNE (# 200 ASTM)	LL	IP	Asiento en ensayo de colapso (%) (*)	Hinchamiento en ensayo de expansión
S. SELECCIONADOS	(a)	< 0,2	< 0,2	100 mm	< 15						
	(b)	< 0,2	< 0,2	100 mm	< 75	<80	< 25	< 30	< 10		
S. ADECUADOS	(a)	< 1	< 0,2	100 mm		<80	< 35	< 40			
	(b)	< 1	< 0,2	100 mm		<80	< 35	40 > LL >30	> 4		
S. TOLERABLES	(a)	< 2	yeso < 5% otras SS <1					< 65		< 1	< 3
	(b)	< 2	yeso < 5% otras SS <1					65 > LL > 40	> 0,73 (LL- 20)	< 1	< 3
S. MARGINALES	(a)	< 5						65 < LL > 90			< 5
	(b)	< 5						> 90	< 0,73 (LL- 20)		< 5
S. INADECUADOS	(a)	Suelos que no se puedan incluir en las categorías anteriores,									
	(b)	Turbas y otros suelos que contengan materiales perecederos y orgánicos tales como tocones, ramas, etc,									
	(c)	Suelos que puedan resultar insalubres para las actividades que sobre los mismos se desarrollen,									

NOTA: En cada caso, las alternativas (a), (b) y (c) son optativas, debiendo cumplirse todos los requisitos que en una o la otra se especifiquen,

En cualquier caso la clasificación en una categoría implica el incumplimiento de los requisitos de la anterior,

MO: Materia orgánica (UNE 103-204)

SS: Sales solubles en agua (NLT 114)

LL: Límite líquido (UNE 103-103)

IP: Índice de plasticidad (UNE: 103-104)

Contenido en yeso: Norma NLT 115

(*) Según NLT 254, Para muestra remoldeada según Proctor Normal,

(**) Según UNE 103-601, Para muestra remoldeada según Proctor Normal

Rellenos tipo todo-uno, Características de los materiales (PG-3)

CARACTERÍSTICA O PROPIEDAD	TIPO DE ROCA	CONDICIONES			UTILIZACIÓN EN TODO-UNO	OBSERVACIONES
ESTABILIDAD	ROCA ESTABLE	Pérdida de peso en ensayo de desmoronamiento en agua (NLT-255)	< 2%	(además, no debe manifestar fisuración o desintegración)	APTA	
	ROCA EVOLUTIVA		> 2%	pasa #20 UNE → al menos tolerable	APTA	
				pasa #20 UNE → marginal o inadecuado	ROCA MARGINAL	Se requiere Estudio Especial
CONTENIDO EN SULFUROS OXIDABLES		No contiene:	Piritas u otros sulfuros oxidables		APTA	
		Contiene:			ROCA MARGINAL	Se requiere Estudio Especial
CONTENIDO EN MINERALES SOLUBLES		Sales solubles distintas del yeso	> 1%		ROCA MARGINAL	Se requiere Estudio Especial
		Yeso	≤ 5%		APTA	
			5 - 20%		APTA	En núcleo y con espaldones impermeables
			> 20%		ROCA MARGINAL	Se requiere Estudio Especial
CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA		M,O,	≤ 2%		APTA	
			> 2%		ROCA MARGINAL	Se requiere Estudio Especial

Rellenos tipo pedraplén, Características de los materiales (PG-3)

CARACTERÍSTICA O PROPIEDAD	TIPO DE ROCA	CONDICIONES			UTILIZACIÓN EN PEDRAPLÉN	OBSERVACIONES
ESTABILIDAD	ROCA ESTABLE	Pérdida de peso en ensayo de desmoronamiento en agua (NLT-255)	< 2%	(además, no debe manifestar fisuración)	APTA	Sin alteración apreciable y compacta
	ROCA EVOLUTIVA		> 2%	-	NO APTA	
FORMA DE LAS PARTÍCULAS		% Partículas con forma inadecuada			APTA	L = separación máxima entre 2 planos paralelos tangentes a la partícula G = Diámetro del agujero circular mínimo por el que puede atravesar la partícula E = separación mínima entre 2 planos paralelos tangentes a la partícula
		Forma inadecuada las que verifiquen: $\frac{L+G}{2} \geq 3.E$	< 30%			
			> 30%			

8.3.2. PROCEDENCIA DE MATERIALES PARA RELLENOS

a) Material procedente de la traza

La mayor parte del material excavado de los desmontes serán suelos de alteración y roca con diferentes grados de meteorización. Según dicho grado de meteorización este material tendrá un uso u otro. Parte del material con grado de meteorización V es aprovechable como suelo tolerable y un cierto volumen no será aprovechable. El material procedente de roca con grado de meteorización IV podrá aprovecharse como todo-uno y el material procedente de roca con grado de meteorización III podrá emplear como todo-uno o pedraplén dependiendo del grado de esquistosidad y fracturación de la roca.

b) Material no procedente de la traza

Este aspecto se desarrolla en el anejo correspondiente a “Procedencia de materiales”.

8.4. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

A continuación, se indican los diferentes criterios generales a tener en cuenta en el diseño de los rellenos de Proyecto.

8.4.1. TIPO DE RELLENO

En el presente Proyecto se pueden formar los siguientes tipos de rellenos, cuyas características se han descrito en apartados anteriores:

- Terraplén
- “Todo-uno”
- Pedraplén

De acuerdo con los materiales extraídos de los desmontes que se excavarán y los volúmenes disponibles, puede considerarse que los rellenos serán del tipo “Todo-uno”.

8.4.2. ZONIFICACIÓN

La zonificación de los rellenos del presente Proyecto no presentará ninguna particularidad diferente de lo indicado en el pliego PG-3, salvo lo siguiente:

En caso de no formar los rellenos en su totalidad con material tipo Todo uno, y formarlos en parte con material tipo pedraplén o “Todo-uno” y en parte con terraplén, el material procedente de roca, con el que se pueda constituir relleno tipo pedraplén o “Todo-uno” se

empleará en la medida de lo posible en cimiento de rellenos con el fin de evitar la saturación del material.

8.4.3. TALUD DE RELLENO

El talud adoptado en los rellenos del Proyecto es el 3H/2V. Dicho talud se considera adecuado en relación a la deformabilidad y resistencia, tanto de los terrenos de apoyo como de los materiales con los que construirán los rellenos.

8.4.4. ESTABILIDAD DE RELLENO

Se ha comprobado la estabilidad frente a deslizamiento circular mediante el programa SLOPE/W, de los rellenos en la hipótesis a largo plazo y en la hipótesis sísmica. Se ha considerado, del lado de la seguridad, que el grado de meteorización de las unidades rocosas que constituyen el sustrato es GM V en todo el espesor incluido en el modelo.

Los cálculos de estabilidad han sido realizados acorde el Eurocódigo 7 y Eurocódigo 8. En el apartado 7.4 de este documento se explica en detalle la metodología de cálculo y verificación de las distintas situaciones de proyecto tal y como exigen los Eurocódigos 0, 7 y 8, así como todos los coeficientes de parciales aplicados para cada uno de los parámetros y situaciones consideradas.

8.4.5. PARÁMETROS RESISTENTES

El material de núcleo del relleno, que es el que condiciona en gran medida la estabilidad, estará formado por materiales procedentes de las excavaciones de la traza. Estos materiales formarán rellenos todo uno o tipo terraplén. Aunque con los volúmenes disponibles se espera que puedan formarse íntegramente como tipo todo uno, se valora también la posibilidad de rellenos tipo terraplén.

En el caso del material de relleno tipo terraplén se han considerado los obtenidos en los ensayos de corte de las muestras remoldeadas de la unidad GR GMV (unidad propuesta para la formación de núcleo de terraplén) incluidos en el Proyecto de Construcción de la “Autovía Santiago- Lugo (A-54). Tramo: Enlace de Melide Sur – Enlace de Palas de Rei” (Clave 12-LU-4620.A). Las muestras han sido compactadas al 95% de la densidad máxima obtenida en el ensayo Proctor de referencia, normal en este caso, 1,66 t/m³ con una humedad óptima del 13,5% que podrá variar en $\pm 2\%$. Se han obtenido los siguientes resultados:

Parámetros característicos resistentes considerados en el material “relleno”

Parámetros	Núcleo del relleno
Densidad aparente (t/m ³)	1,9
Cohesión (t/m ²)	3,0
Ángulo rozamiento int. (°)	33,0

Teniendo en cuenta que el material propuesto para la formación de los terraplenes tiene un carácter predominantemente granular, suponiendo una compactación adecuada, se puede, quedando del lado de la seguridad, adoptar unos parámetros característicos en presiones efectivas de:

$$\phi' = 33^\circ \quad c' = 1,5 \text{ t/m}^2$$

Se considera que en el caso de material todo-uno los parámetros resistentes serán, en su conjunto, superiores. Si bien, del lado de la seguridad en los cálculos se ha considerado el relleno de máxima altura, tipo terraplén.

Téngase en cuenta que los parámetros resistentes definidos en este documento han sido reducidos por sus correspondientes coeficientes en función de la comprobación y situación de cálculo correspondiente. Tal y como se define en el Eurocódigo 7.

El terreno de cimentación de los rellenos estudiados y sus parámetros se analizan con detalle en la caracterización geotécnica realizada en el apartado 5 de este Anejo.

8.4.6. ASIENTOS

El tipo de relleno propuesto en este Proyecto será en general terraplén convencional que cumpla las condiciones exigidas en el Pliego PG-3, las cuales se han definido anteriormente.

De esta forma, se puede afirmar que, tanto por los requisitos que deben cumplir los materiales que serán utilizados en la formación de núcleo de relleno como por las condiciones que serán puestos en obra, la práctica totalidad de los asentos del cuerpo del relleno se producirán durante la construcción.

Para evitar o reducir asentos postconstructivos debido a la fluencia hay que garantizar una adecuada puesta en obra, tendiendo a provocar estructuras densas con granulometría continua y espesores de tongada menores para evitar la zona inferior que suele quedar con estructura más abierta y más proclive a la fluencia posterior.

Cabe considerar que, de acuerdo con experiencias en obras de características similares, es previsible que se alcancen cifras del orden del 0,3% de su altura máxima si se ejecuta

de forma adecuada. La altura máxima de los rellenos en el proyecto es del orden de 5,5 m, de modo que se estima un valor de asiento de unos 2,3 cm en el cuerpo del mismo.

En cuanto al asiento correspondiente al cimiento del relleno, se han realizado estimaciones de asentos con el programa “SETTLE^{3D}” cuyos resultados se incluyen en el estudio particularizado del relleno correspondiente.

El programa SETTLE3D ha sido desarrollado por Rock Engineering Group de la Universidad de Toronto, Canadá. Se trata de un programa tridimensional para analizar consolidaciones y asentos bajo cimentaciones, rellenos de tierra y excavaciones superficiales, Settle3D permite realizar el cálculo de asentos verticales bajo cargas superficiales. A su vez permite también crear perfiles de suelo multicapa y diferentes condiciones de cargas obteniendo los resultados en tres dimensiones. También se puede introducir condiciones tiempo-dependientes las cuales pueden ser representadas incluyendo las consolidaciones primaria y secundaria (fluencia) en los intervalos de tiempo definidos por el usuario. La elevación del nivel freático puede ser introducida en el modelo y se pueden especificar condiciones de drenaje horizontal y vertical.

8.4.7. APOYO DE LOS RELLENOS

▪ Saneamiento del terreno natural

En general los materiales procedentes del sustrato rocoso (con sus diferentes grados de alteración) presentan unas características resistentes y deformacionales favorables para el apoyo de los rellenos.

De forma localizada se pueden detectar tramos con materiales de densidad muy suelta o consistencia muy blanda, para los que sería necesario realizar un saneo.

El estudio de la localización y espesores de posibles saneos se realizará en la siguiente fase de diseño (Proyecto de Construcción), en base a los resultados que se obtengan en los ensayos de penetración dinámica, las calicatas y los sondeos propuestos en la campaña de investigación geotécnica.

▪ Escalonamiento del terreno natural

Cuando el terreno natural presenta una fuerte pendiente transversal se recomienda la realización de un escalonado en el apoyo con el fin de aumentar la estabilidad frente al deslizamiento a lo largo del contacto relleno – terreno natural. Adicionalmente, cuando existe el riesgo de circulación de agua en dicho contacto, es recomendable disponer drenes en cada escalón.

Este problema es común en la construcción de terraplenes sobre formaciones rocosas, las cuales en general son más resistentes que el propio cuerpo del terraplén pero que pueden resultar especialmente débiles en el contacto.

El valor límite de la pendiente transversal del terreno natural a partir de la cual se recomienda o se debe realizar un escalonado para el apoyo del relleno varía según las diferentes fuentes bibliográficas consultadas.

En las Instrucciones y recomendaciones de Proyectos de Plataforma IGP, de ADIF se indica que siempre que el relleno apoye sobre una ladera con inclinación superior a 5H:1V se diseñará el escalonado y medidas de drenaje de la superficie de contacto, Las banquetas tendrán un ancho aproximado de 4,00 metros, con desniveles entre 1 y 2,5 metros y taludes entre 1H:1V y 1H:5V.

La FHWA, 1985 (incluido en "terraplenes y pedraplenes, MOPU, 1989) especifica escalonar la superficie del terreno firme o roca si la pendiente sobrepasa el valor 3H:1V medido perpendicularmente a la calzada. Otras fuentes recurren a criterios algo más conservadores, recomendando el escalonamiento de la pendiente natural del terreno cuando la pendiente sea superior al 4H:1V o incluso 6H:1V.

Las banquetas deben interceptar, si es posible, la zona meteorizada o de transición de la roca y quedar apoyadas en horizontes que se consideren suficientemente firmes. En cuanto a su anchura, debe ser tal que la maquinaria pueda trabajar ampliamente en ellas, siendo preferible en este aspecto excederse que no quedarse con poco margen.

Se ha adoptado como criterio general la realización de un escalonamiento en el terreno de apoyo de los rellenos cuando la pendiente transversal del terreno natural exceda el valor de:

$$1V / 5H$$

En el presente Proyecto no será necesario realizar un escalonamiento transversal, ya que los tramos en relleno no presentan valores con pendiente transversal superiores al límite marcado.

8.5. ESTUDIO PARTICULARIZADO DE LOS RELLENOS DE LA TRAZA

El relleno más significativo del trazado se desarrolla entre los PP.KK. 1+390 y 1+486. Se trata de un relleno de unos 96 m de longitud con altura máxima en el eje de unos 5,5 m donde comienzan los ramales de la rotonda de conexión con la carretera N-547.

Investigación geotécnica

En el siguiente cuadro se indican los trabajos de reconocimiento geotécnico utilizados para el estudio de este relleno.

Sondeos	Penetración dinámica	Calicatas
SD-505	PR-508, PR-509, PR-510	CD-509, CD-510

Descripción del terreno de apoyo

El terreno de apoyo está constituido principalmente por materiales pertenecientes a la unidad CMG, concretamente por Anfibolita en copos (MA) con grado de meteorización descendente con el aumento de la profundidad.

El relleno proyectado libra una vaguada natural en la que se han detectado Coluviones (QC) de poco espesor y un suelo de transición considerado como Eluvial (E) que, en este caso, respondería a un grado de meteorización VI de la Anfibolita en copos. Este suelo eluvial solamente se ha detectado en una de las calicatas, bajo el coluvión, y su espesor es de apenas 40 cm.

Por su parte, el nivel freático medido en el sondeo se sitúa en 4,90 metros de profundidad si bien no se descarta que, en época de lluvias, pueda existir una cierta circulación de agua a favor de los coluviones y suelos eluviales por contraste de permeabilidad entre éstos y el sustrato anfibólico menos alterado.

Análisis de Estabilidad. Taludes propuestos.

Se ha proyectado un ángulo de inclinación de 3H/2V. Se ha estudiado la estabilidad de este relleno en el p.k. 1+460 considerando los parámetros obtenidos en la caracterización geotécnica.

Parámetros de cálculo en suelo

Litología	EC-7 (situación persistente)			EC-7 (situación accidental_sismo)		
	Densidad aparente [t/m³]	Cohesión c' [t/m²]	Ángulo de rozamiento [°]	Densidad aparente [t/m³]	Cohesión c' [t/m²]	Ángulo de rozamiento [°]
Relleno (Tipo terraplén)	1,9	1,1	24,9	1,9	1,4	30,6
Coluvión	1,78	0,0	21,6	1,78	0,0	26,7
Anfibolita (GM V)	1,97	2,9	29,2	1,97	3,6	35,4
Eluvial anfibolita (GM VI)	1,6	0,5	20,8	1,6	0,6	25,8

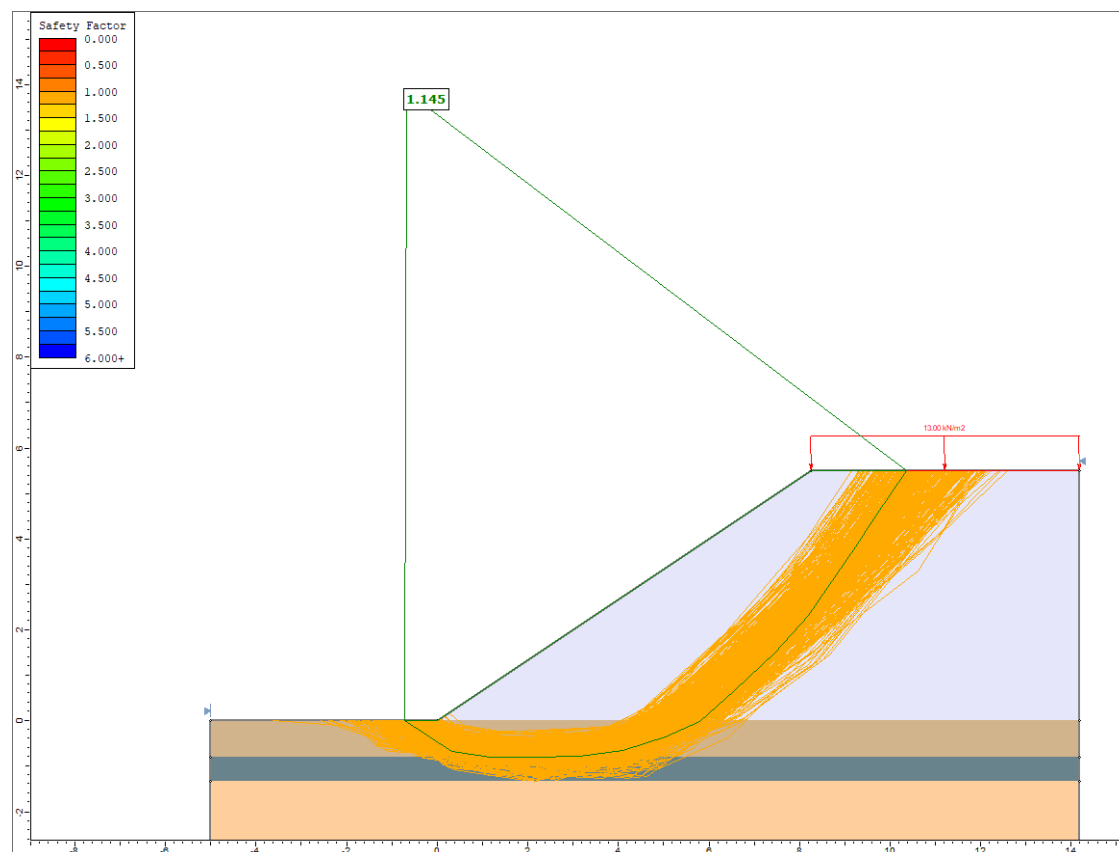
En cuanto a la situación sísmica, el terreno se clasifica como tipo B, tal como se detalla en el capítulo 7.4, y se tomó un valor de S de 1,43.

Parámetros sísmicos de cálculo

Unidad	α	Fh	Fv
GM IV, GM V	0.055	0.0393	0.0197

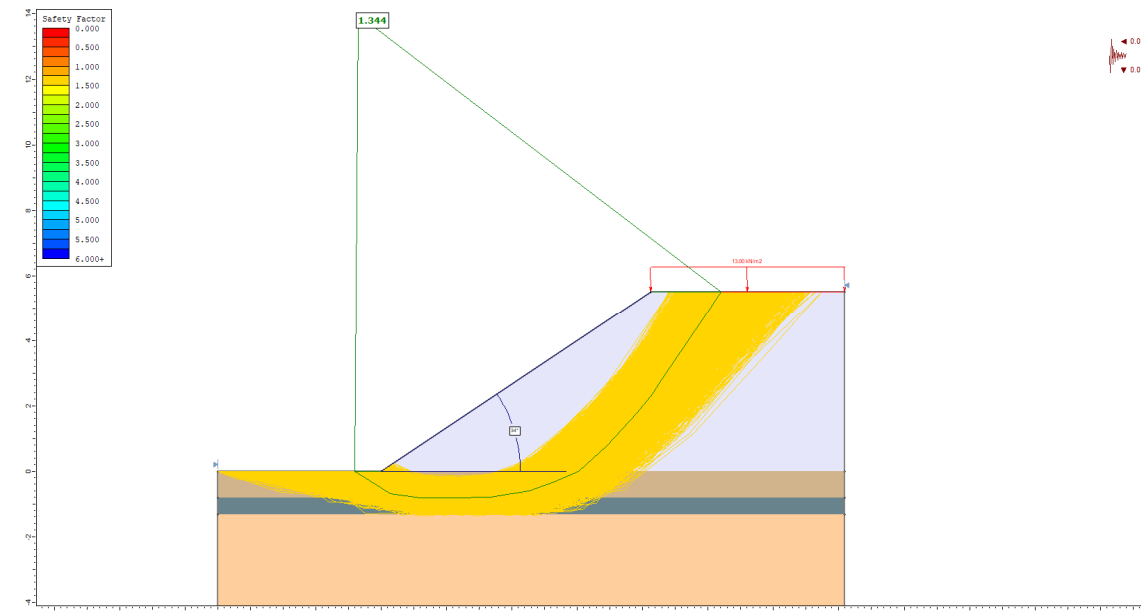
En todas las verificaciones el coeficiente de seguridad debe ser superior a 1, para verificar la condición de estabilidad $E_d < R_d$. Tal y como se define en la UNE-EN 1997-1, 11.1(1). Por otro lado, se ha despreciado la posible contribución que puede aportar el grado de meteorización III en el fondo de excavación de las zonas de mayor altura de desmonte.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en las modelizaciones para la situación permanente resaltando las curvas de rotura con un coeficiente de seguridad inferior a 1,25:



Relleno PK 1+460. Cálculo de estabilidad en relleno. Situación permanente

En el caso de la situación sísmica, se muestran los resultados obtenidos en las modelizaciones con un coeficiente de seguridad inferior a 1,5:



Relleno PK 1+460. Cálculo de estabilidad en relleno. Situación sísmica

Considerando la situación más desfavorable posible, con el mayor espesor de suelos deficientes bajo el relleno y para todas las situaciones, el factor de seguridad obtenido es superior a 1.

El talud de relleno, por tanto, se considera estable.

Cabe mencionar que se ha supuesto un saneo completo de la tierra vegetal que, en este entorno presenta un espesor variable de entre 10 y 60 cm.

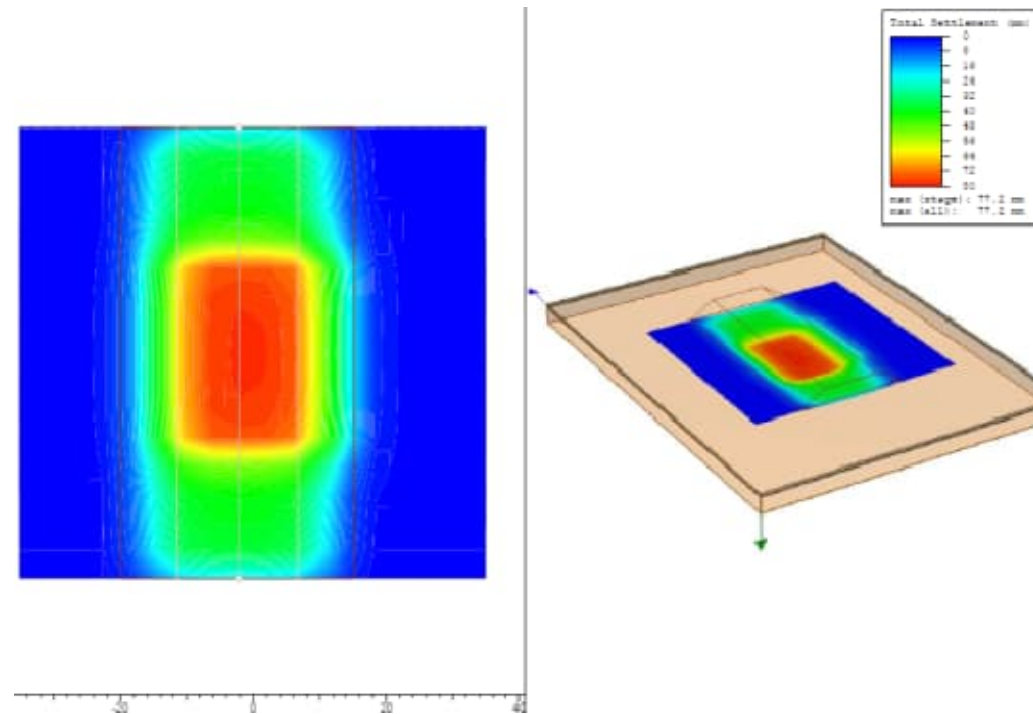
▪ **Análisis de asientos**

Partiendo de la base de que el terreno que constituye el cimiento del relleno es suelo granular y de compacidad progresivamente creciente en profundidad, la mayor parte de este asiento se producirá durante la construcción del relleno, por lo que se considera que los asientos serán admisibles y no habrá problemas por este motivo a largo plazo.

De todas formas, con el fin de estimar un orden de magnitud del asiento producido en el terreno por la carga del relleno, se ha realizado un cálculo mediante el programa SETTLE.

En cuanto a los parámetros del terreno se han adoptado las densidades y módulos de elasticidad estimados en la caracterización de los suelos.

En lo que se refiere a la carga que transmite el terraplén, se ha considerado el talud adoptado 3H/2V con una altura de 5,5 m y un ancho en la base de 35 m.



Como se aprecia en la figura, el asiento total máximo en el cimiento del relleno es de 77,2 mm.

Este asiento es el pésimo calculado, considerando un espesor de suelos de alteración de anfibolita de hasta 6 metros bajo los coluviones. En la práctica, y a tenor de lo comprobado en las calicatas, en la mayor parte de las zonas de relleno el espesor será mucho menor y, por tanto, también el asiento.

En cualquier caso, el asiento del cimiento se producirá a medida que progresa la construcción del relleno.

A continuación, se presenta una tabla resumen con las características del relleno.

Tabla resumen rellenos

Relleno	P.K.	Long. (m)	P.K. h _m max. en eje	Puntos investigados	Litología afectada	Talud	Medidas constructivas
1	1+390 - 1+486	96	1+460 5,5 m	SD-505 PR-508 PR-509 PR-510 CD-509 CD-510	Coluvión (Qc), Eluvial (E) anfibolita (MA)	3H:2V	Saneo tierra vegetal. Espesor (10-60 cm)

9.- ESTUDIO DE LA EXPLANADA

En el presente apartado se estudia la posibilidad de formación del tipo de explanada que se requerirá, cuya categoría será la E2, según el diseño de firmes.

El tipo de explanada depende principalmente de los tipos de materiales disponibles para su formación y de los tipos de suelos sobre los que se apoyarán las capas de material que formen la explanada. En general dicho apoyo podrá ser el fondo de los desmontes o la parte superior de los rellenos.

En el presente Proyecto el material más abundante es el macizo rocoso en sus diferentes grados de alteración y será el material que se obtenga de la excavación de los desmontes, así como el material que constituya los fondos de los desmontes.

9.1. FORMACIÓN DE EXPLANADA DE CATEGORÍA E-2

Las diferentes maneras de obtener una explanada de categoría E2 en función de los criterios de la Norma 6.1-IC "Secciones de firme" se describen a continuación:

- Formación de suelo estabilizado con cemento tipo S-EST1 y S-EST2.

En consonancia con los datos disponibles y con el apartado de procedencia de materiales, los suelos estabilizados procederán del suelo de alteración de la roca granitoide, GR GM V del área de extracción seleccionada cercana al trazado, zona de préstamo estudiada.

- Suelos Seleccionados de tipo (2) y (3).

Según criterios de la Norma 6.1-IC "Secciones de firme", los pedraplenes y rellenos "todo-uno", salvo que se proyecten con materiales marginales, serán

asimilables a los suelos tipo 3. El material tipo “todo-uno” procedente de la excavación de roca grado IV se podrá asimilar, por tanto, a suelo seleccionado (3).

El suelo seleccionado propiamente dicho no se obtiene de los materiales de la traza, por lo que, si se requiere, deberá proceder de cantera.

• Suelos Tolerables (0)

La obtención de los suelos tolerables podría ser a partir del material excavado en la propia traza de las unidades CMG GM V o del material excavado en GR GM V del área de extracción seleccionada cercana al trazado, zona de préstamo estudiada.

Las distintas formas posibles de formar una explanada de categoría E-2, en función del tipo de suelo que constituya el fondo del desmonte (explanación o explanada natural) o la obra de tierra subyacente (relleno), serán las que se muestran en la siguiente figura:

Posibilidades de formación de una explanada de categoría E-2 en función del tipo de suelo de apoyo (espesores en centímetros).

SUELOS INADECUADOS MARGINALES (IN)	O	SUELOS TOLERABLES (0)
SUELOS ADECUADOS (1)	SUELOS SELECCIONADOS (2) Y (3)	

9.2. RECOMENDACIONES PRÁCTICAS PARA LA FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

En los apartados anteriores se han estudiado las distintas posibilidades de obtener explanada de categoría E-2, indicando qué materiales de la traza son adecuados para tal fin. A continuación, se proponen una serie de recomendaciones para la formación de la explanada en función del caso que se presente: desmonte o relleno.

• Formación de la explanada en desmontes.

En los fondos de desmonte se pueden dar varios casos:

- Apoyo en roca GM V: suelo Tolerable (0) o marginal (IN). Desmonte del 0+000 al 0+170, 0+345 al 0+640, 0+760 al 0+980 y del 1+360 al 1+390.

En el caso de aparecer roca con GM V de tipo “marginal” en el fondo de desmonte se dispondrá una capa de 70 cm de suelo tolerable tipo (0) y sobre ésta, otra capa de 30 cm de S-EST2.

En el caso de los suelos “Tolerables”, atendiendo al coste de la sección y para mantener la misma tipología de la capa de coronación, se propone disponer una capa de 25 cm de suelos estabilizado S-EST1 y sobre ésta otra capa de 25 cm de suelo estabilizado S-EST2.

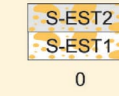
- Apoyo en roca alterada, GM IV: asimilable a suelo seleccionado tipo (3). Desmonte del 0+980 al 1+360.

En el caso de aparecer roca grado IV en el fondo de desmonte se considera dicho material como suelo seleccionado (3), y por lo tanto, según la O.C. 10/02 de la norma “Secciones de firmes” no es necesario la formación de explanada, la sección del firme se coloca directamente sobre el fondo de excavación.

A continuación, se muestran las secciones recomendadas para conseguir la categoría E2:

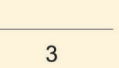
Combinaciones recomendadas de formación de la explanada en desmontes.

APOYO	E-2
SUELOS SELECCIONADOS (3) GM IV	3 min 100

APOYO	E-2
SUELOS INADECUADOS O MARGINALES (IN) GM V	
SUELOS TOLERABLES (0) GM V	

Al formarse los rellenos con material procedente de las excavaciones de la traza tipo Todo uno, asimilable a un suelo tipo 3, según la Norma 6.1-IC "Secciones de firme no será necesario aportar nuevos materiales para la formación de la explanada E2.

Solución recomendada para la formación de la explanada en rellenos

APOYO	E-2
SUELOS SELECCIONADOS (3) CORONACIÓN RELLENOS	

A Coruña, Febrero de 2024

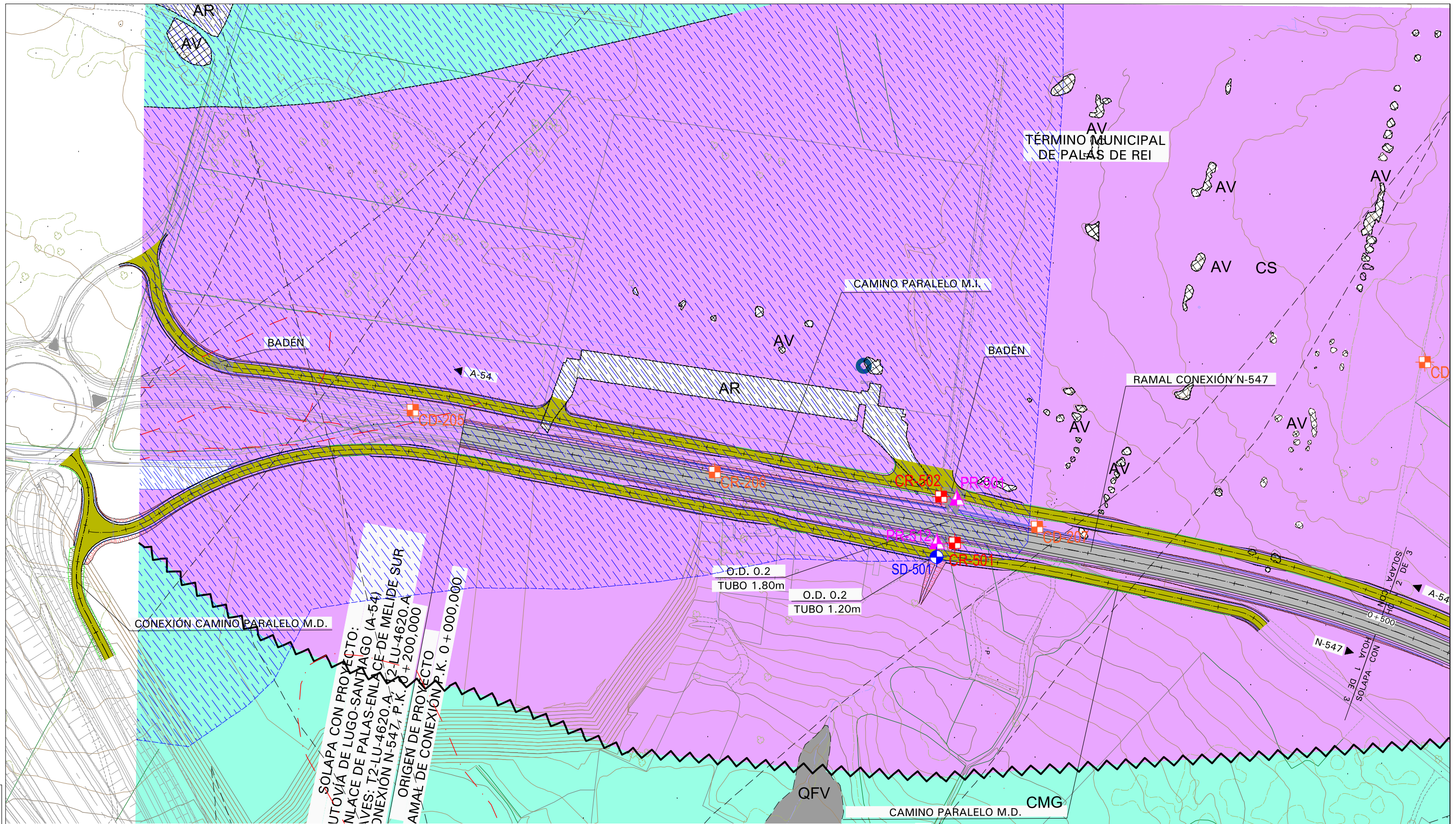
EL INGENIERO AUTOR DEL ANEJO



Fdo: Ignacio Barroso Sánchez

APÉNDICES

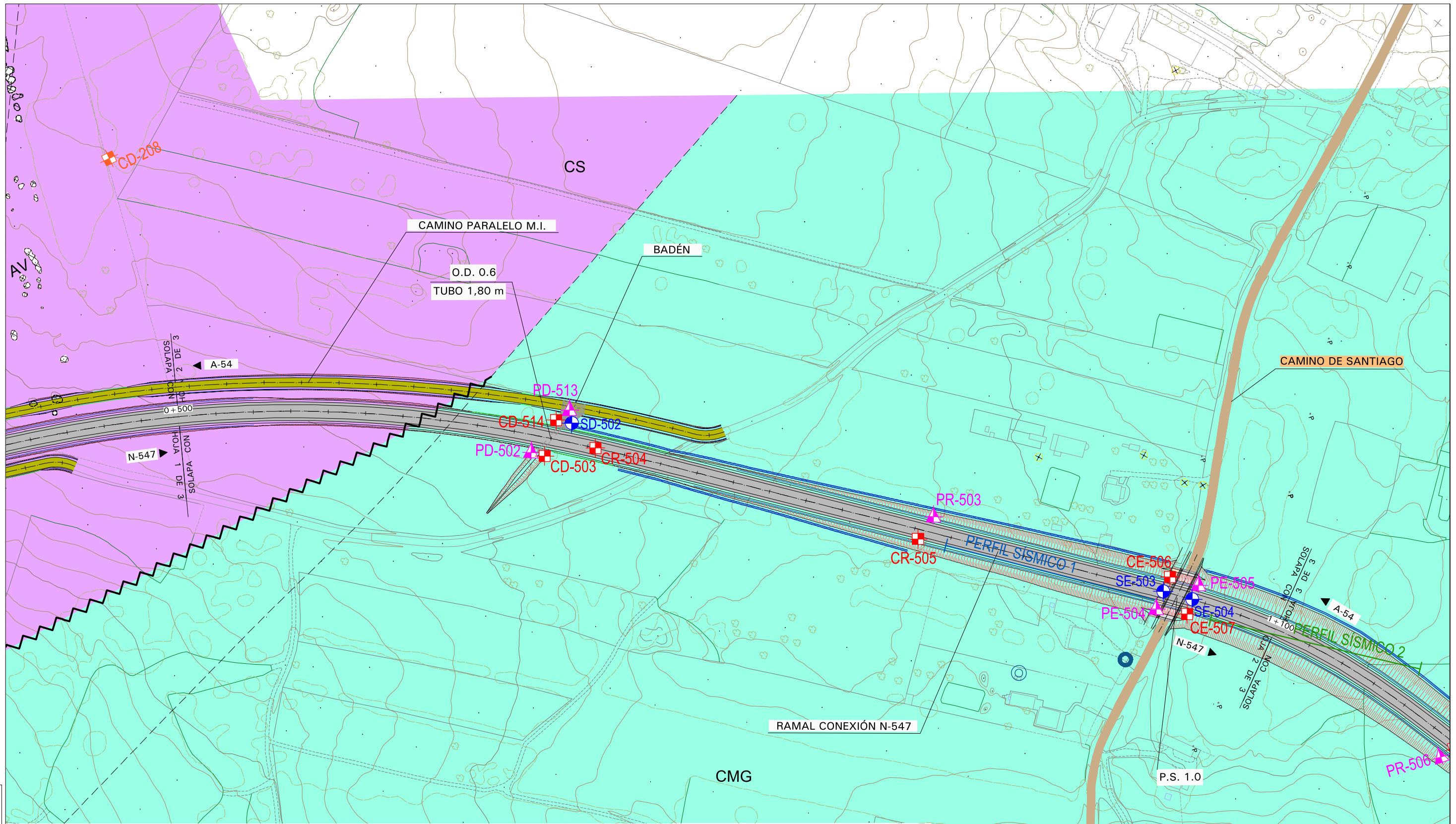
APÉNDICE 1 – CARTOGRAFÍA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE DETALLE



SOLAPA CON PROYECTO:
 UTOVIA DE LUGO-SANTIAGO (A-54)
 ENLACE DE PALAS-ENLACE DE MELIDE SUR
 LINES: T2-LU-4620.A, T2-LU-4620.A
 CONEXIÓN N-547, P.K. 0+200,000
 ORIGEN DE PROYECTO
 AMAL DE CONEXIÓN P.K. 0+000,000

LEYENDA			
	CALICATA		CS Serpentinitas y peridotitas parcialmente serpentinizadas
	ENSAYO PENETRACIÓN DINÁMICA		CMG Metagabros (Anfibolitas)
	SONDEO		QFV Fondo de Valle
	PERFIL SÍSMICO 1		Pozo
	PERFIL SÍSMICO 2		Pozo Barrena
	PERFIL SÍSMICO 3		Zona Encharcada
	Vertidos		Zona mal drenaje vertical
	AV Rellenos		Contactos entre recubrimientos/depositos cuaternarios y de estos con el sustrato
	AR Vertidos		Contacto entre zonas de diferentes grados de meteorización
			Contacto entre unidades del sustrato
			Cabalgamiento

CÓDIGO:	Nº REVIS.:
DIBUJADO:	FECHA:
REVISADO:	



LEYENDA			
	CALICATA		Serpentinitas y peridotitas parcialmente serpentinizadas
	ENSAYO PENETRACIÓN DINÁMICA		CMG Metagabros (Anfibolitas)
	SONDEO		Fondo de Valle
	PERFIL SÍSMICO 1		Pozo
	PERFIL SÍSMICO 2		Pozo Barrena
	PERFIL SÍSMICO 3		Zona Encharcada
	Rellenos		Zona mal drenaje vertical
	Vertidos		Contactos entre recubrimientos/depositos cuaternarios y de estos con el sustrato
	Contactos entre recubrimientos/depositos cuaternarios y de estos con el sustrato		Contacto entre zonas de diferentes grados de meteorización
	Contacto entre zonas de diferentes grados de meteorización		Contacto entre unidades del sustrato
	Contacto entre unidades del sustrato		Cabalgamiento
	Cabalgamiento		

CÓDIGO:	Nº REVIS.:
DIBUJADO:	FECHA:
REVISADO:	



SECRETARÍA DE ESTADO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
 SECRETARÍA GENERAL DE TRANSPORTE TERRESTRE
 DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS
 DEMARCAÇÃO DE CARRETERAS DEL ESTADO EN GALICIA
 Unidad de Carreteras en Lugo

LOS CONSULTORES:
AECOM **TECPRO** **INGENIERIA CIVIL**

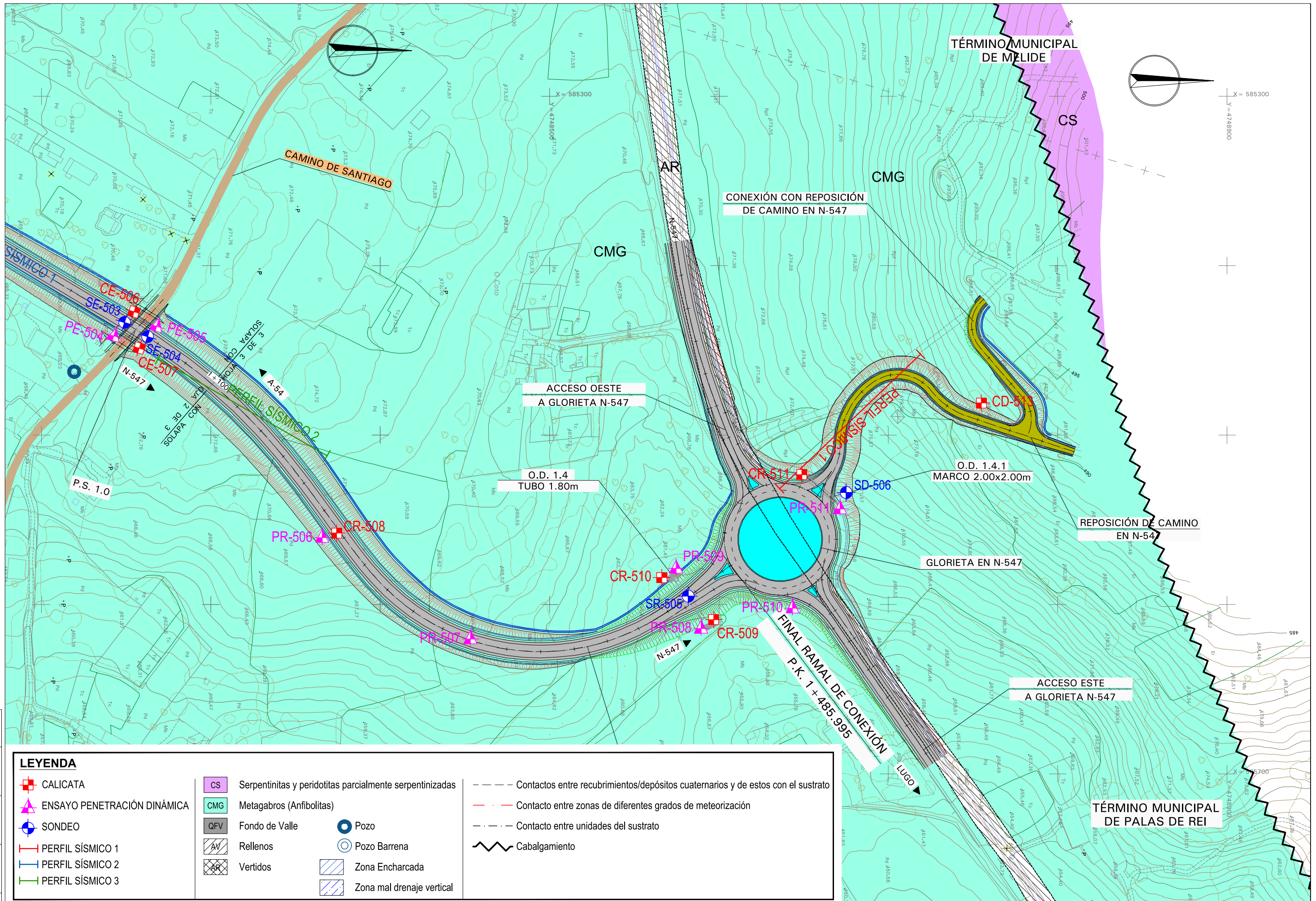
TÍTULO DEL PROYECTO:
 PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN AUTOVÍA LUGO - SANTIAGO (A-54)
 TRAMO: RAMAL DE CONEXIÓN DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547

ESCALAS:
 E: 1/1000
 ORIGINAL DIN A-1
 GRÁFICAS

CLAVE: 12-LU-4620.B
 Nº ANEJO: 7-Ap.1
 HOJA 2. DE 3.

DESIGNACIÓN DEL PLANO:
PLANTA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA

FECHA: DICIEMBRE 2023
 Nº PÁGINA:



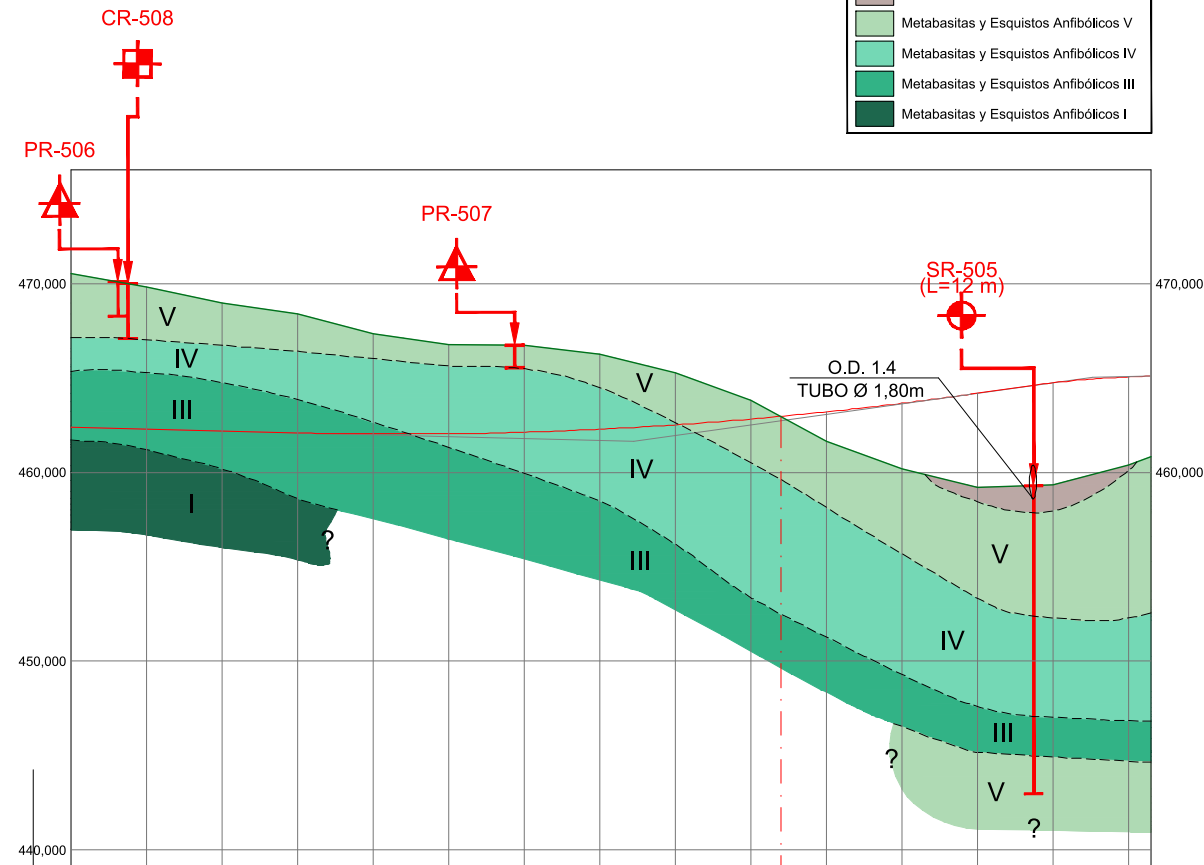
LEYENDA

- | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> CALICATA ENSAYO PENETRACIÓN DINÁMICA SONDEO PERFIL SÍSMICO 1 PERFIL SÍSMICO 2 PERFIL SÍSMICO 3 | <ul style="list-style-type: none"> Serpentinitas y peridotitas parcialmente serpentinizadas Metagabros (Anfibolitas) Fondo de Valle Rellenos Vertidos Pozo Pozo Barrena Zona Encharcada Zona mal drenaje vertical | <ul style="list-style-type: none"> Contactos entre recubrimientos/depositos cuaternarios y de estos con el sustrato Contacto entre zonas de diferentes grados de meteorización Contacto entre unidades del sustrato Cabalgamiento |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Nº REVIS.: _____
FECHA: _____
REVISADO: _____
DIBUJADO: _____
CÓDIGO: _____

APÉNDICE 2 – PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO LONGITUDINAL

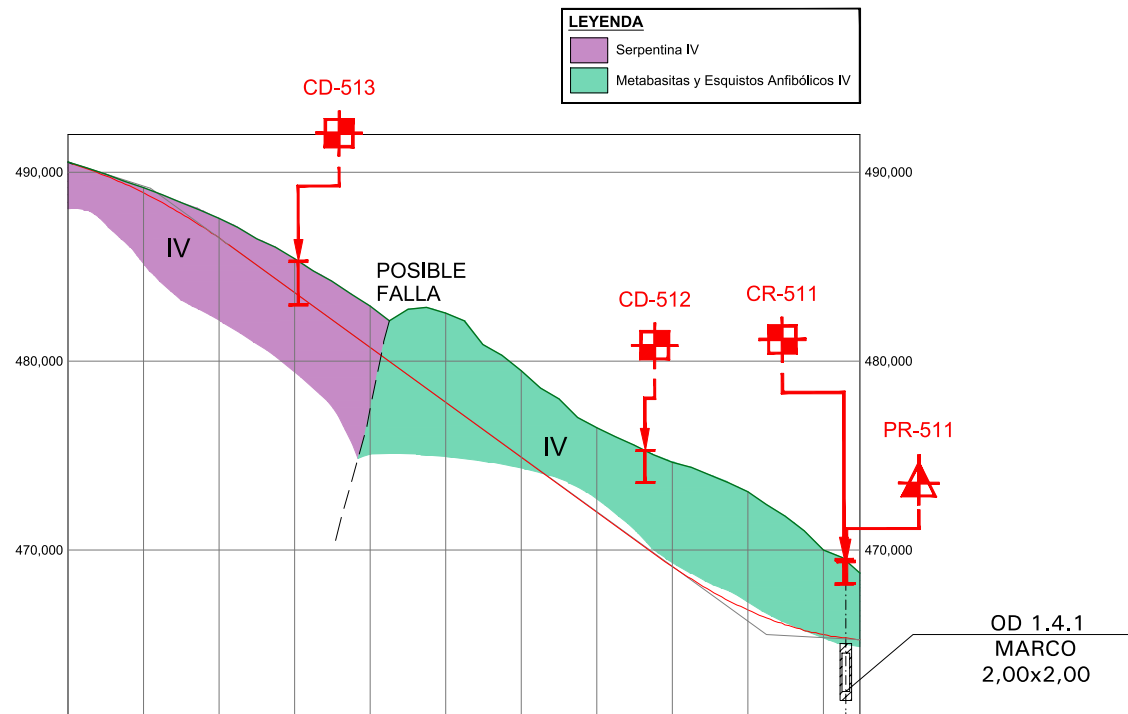
LEYENDA	
	Coluvión
	Metabasitas y Esquistos Anfibólicos V
	Metabasitas y Esquistos Anfibólicos IV
	Metabasitas y Esquistos Anfibólicos III
	Metabasitas y Esquistos Anfibólicos I



PENDIENTES		-0,51%(L=239,861m)										2,79%(L=17,239m)				0,28%(L=0,451m)				
COTAS	RASANTE	470,153	462,212	462,308	462,308	462,104	462,038	462,048	462,133	462,286	462,522	462,628	461,652	463,208	460,188	463,862	459,191	464,741	465,058	465,088
	TERRENO	470,153	468,824	468,824	468,824	468,391	467,338	466,761	466,734	466,261	465,261	463,818	461,652	460,188	459,339	464,741	459,339	460,394	460,838	460,838
DISTANCIAS	AL ORIGEN	1,200,000	1,220,000	1,240,000	1,260,000	1,280,000	1,300,000	1,320,000	1,340,000	1,360,000	1,380,000	1,400,000	1,420,000	1,440,000	1,460,000	1,480,000	1,485,994	1,485,994	1,485,994	1,485,994
TRAMO		DESMONTE										RELLENO								
UNIDAD AFECTADA		CMG										CMG / QC / E								
EXPLANADA NATURAL		TOLERABLE / TIPO 3										MARGINAL/TOLERABLE								
ESP. TIERRA VEGETAL (m)		0,20 - 0,40										= 0,20 - 0,60								
DESMONTES	EXCAVABILIDAD	60% EXCAVADORA / 30% RIPPER / 10% MARTILLO																		
	REUTILIZACION	TOLERABLE / TODO UNO																		
	TALUD	1H/1V																		
	MED. CORRECTORAS	-																		
RELLE- NOS	TALUD	MARGINAL/TOLERABLE																		
	CIMENTACION	O.D.T. 1.4																		
CIMENTACION DE ESTRUC.																				
OBSERVACIONES																				

RAMAL CONEXIÓN N-547

CÓDIGO:	Nº REVIS.:
FECHA:	
REVISADO:	
DIBUJADO:	



PENDIENTES		-6,25%(L=1,312m)					-14,50%(L=115,542m)						
COTAS	RASANTE	490,513	488,914	486,517	483,523	480,723	477,823	474,923	472,023	469,128	466,223	465,517	465,243
	TERRENO	490,512	489,173	487,555	485,405	482,908	480,554	477,504	474,490	471,455	468,388	465,517	465,243
DISTANCIAS	AL ORIGEN	0,000	20,000	40,000	60,000	80,000	100,000	120,000	140,000	160,000	180,000	200,000	209,740
TRAMO		DESMONTE											
UNIDAD AFECTADA		CS / CMG											
EXPLANADA NATURAL		TIPO 3											
ESP. TIERRA VEGETAL (m)		0,30											
DESMONTES	EXCAVABILIDAD	70% EXCAVADORA / 30% RIPPER											
	REUTILIZACION	TOLERABLE / TODO UNO / VERTEDERO											
	TALUD	1H/1V											
	MED. CORRECTORAS	-											
RELLENIOS	TALUD												
	CIMENTACION												
CIMENTACION DE ESTRUC.		O.D.T. 1.4.1											
OBSERVACIONES													

REPOSICIÓN DE CAMINO EN N-547

CÓDIGO:	Nº REVIS.:
FECHA:	
REVISADO:	
DIBUJADO:	

APÉNDICE 3 – REGISTRO Y FOTOGRAFÍAS DE LOS SONDEOS A ROTACION

















APÉNDICE 4 – REGISTRO DE LAS CALICATAS

REFERENCIA: P-113126

CR-501

FECHA: 23/09/19

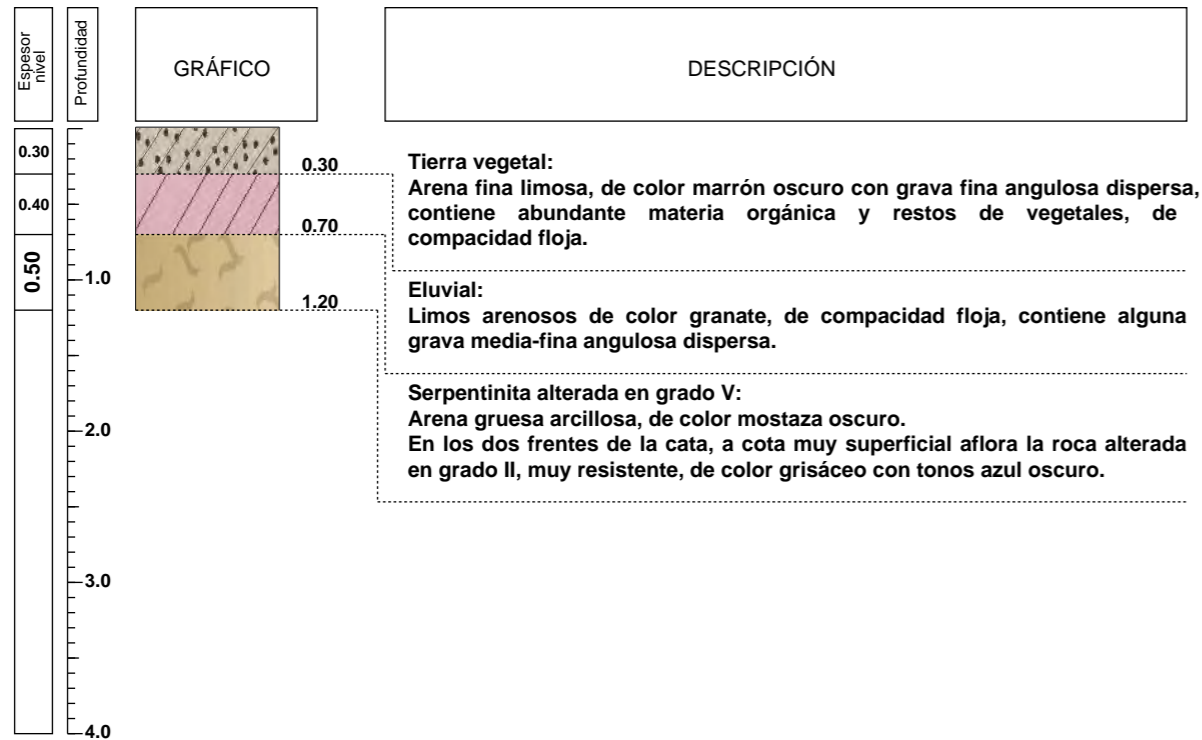
FINALIDAD: ESTUDIO DE RELLENO

EMPRESA EXCAVACIONES: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

EXCAVADORA: EXCAVADORA JCB - 3CX

EMPLAZAMIENTO: PALAS DE REI (585183.78 , 4747541.81)



Nº MUESTRA	GRANULOMETRÍA						LÍMITES		HUMEDAD (%)	M.O. (%)	SALES SOLUBLES (%)	PRÓCTOR			C.B.R.	
	% PASA 5 UNE	% PASA 2 UNE	% PASA 0.4 UNE	% PASA 0.08 UNE	LL	LP	TIPO	D. máx. (gr/cm³)				W. óp. (%)	DENSIDAD (gr/cm³)	ÍNDICE		
	MA-1	89	66	48	43.8	79.6	33.8					0.27				

OBSERVACIONES:

- No se ha detectado la presencia de agua.
- Las paredes de la excavación permanecen estables.
- Se finaliza la calicata por dificultad de ripado.



Vista pared lateral de la calicata



Aspecto de la excavación



Detalle del material excavado

REFERENCIA: P-113126

CR-502

FECHA: 23/09/19

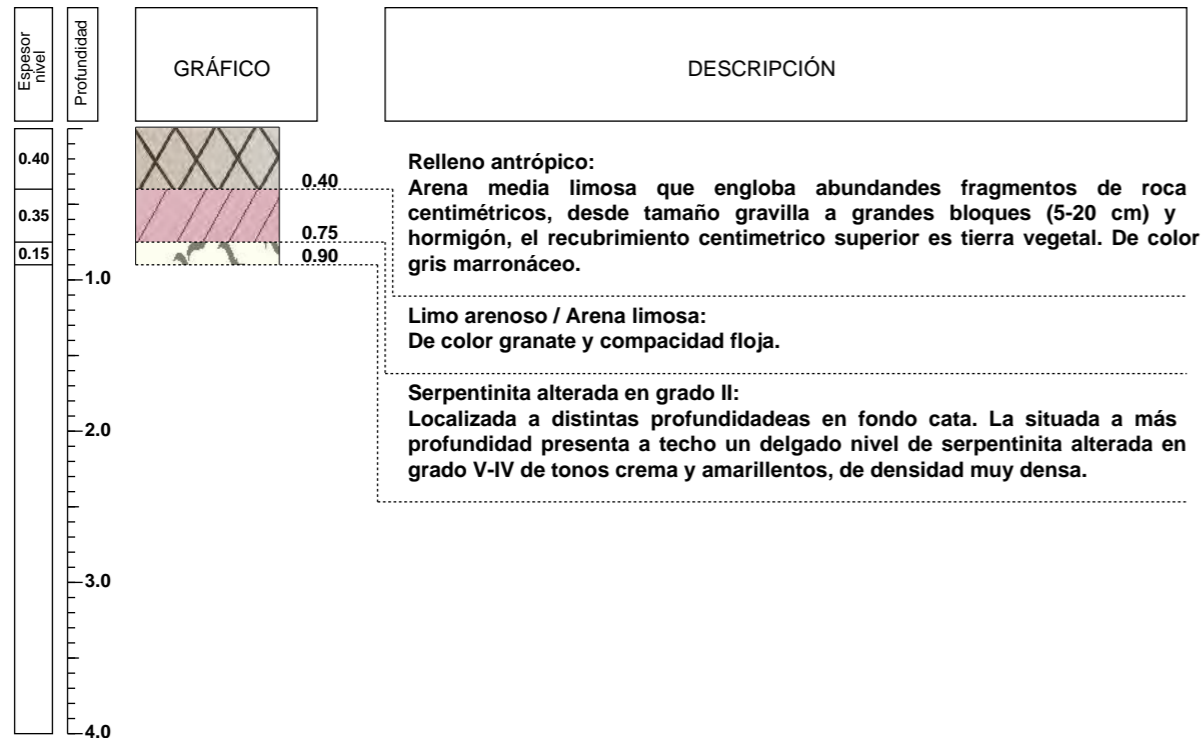
FINALIDAD: ESTUDIO DE RELLENO

EMPRESA EXCAVACIONES: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

EXCAVADORA: EXCAVADORA JCB - 3CX

EMPLAZAMIENTO: PALAS DE REI (585160.54 , 4747535.22)



Nº MUESTRA	GRANULOMETRÍA						LÍMITES		HUMEDAD (%)	M.O. (%)	SALES SOLUBLES (%)	PRÓCTOR		C.B.R.	
	% PASA 5 UNE	% PASA 2 UNE	% PASA 0.4 UNE	% PASA 0.08 UNE	LL	LP	TIPO	D. máx. (gr/cm³)				W. óp. (%)	DENSIDAD (gr/cm³)	ÍNDICE	
	MA-1	94	87	74	57.2	42.2	21.6								

OBSERVACIONES:

- No se ha detectado la presencia de agua.
- Las paredes de la excavación permanecen estables.
- Se finaliza la calicata por dificultad de ripado.



Vista pared lateral de la calicata



Aspecto de la excavación



Detalle del material excavado

REFERENCIA: P-113126

CD-503

FECHA: 23/09/19

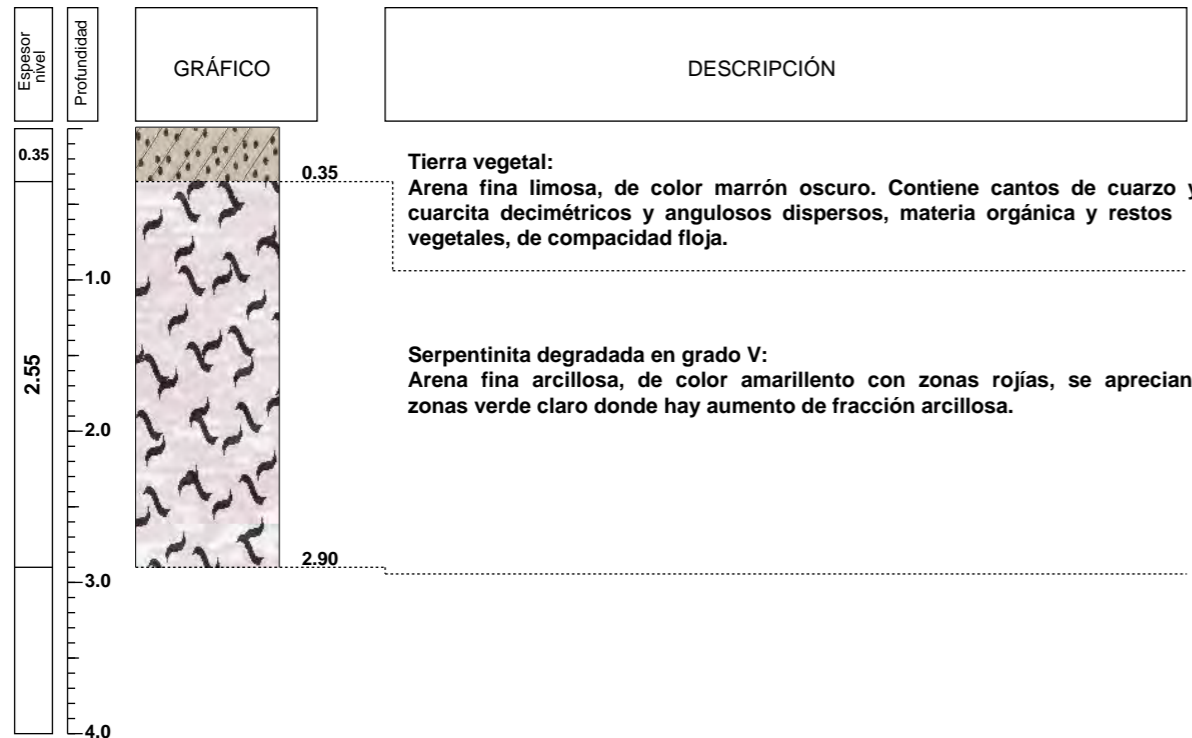
FINALIDAD: ESTUDIO DE DESMONTE

EMPRESA EXCAVACIONES: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

EXCAVADORA: EXCAVADORA JCB - 3CX

EMPLAZAMIENTO: PALAS DE REI (585268.81 , 4747951.66)



Nº MUESTRA	GRANULOMETRÍA						LÍMITES		HUMEDAD (%)	M.O. (%)	SALES SOLUBLES (%)	PRÓCTOR		C.B.R.	
	% PASA 5 UNE	% PASA 2 UNE	% PASA 0,4 UNE	% PASA 0,08 UNE	LL	LP	TIPO	D. máx. (gr/cm³)				W. óp. (%)	DENSIDAD (gr/cm³)	ÍNDICE	

MA-1	99	98	91	68.8	53.6	26.3			0.13	0.24	N	1.55	20.6		
------	----	----	----	------	------	------	--	--	------	------	---	------	------	--	--

OBSERVACIONES:

- No se ha detectado la presencia de agua.
- Las paredes de la excavación permanecen estables.
- Se finaliza la excavación por haberse alcanzado la profundidad adecuada.



Vista pared lateral de la calicata



Aspecto de la excavación



Detalle del material excavado

REFERENCIA: P-113126

CR-504

FECHA: 23/09/19

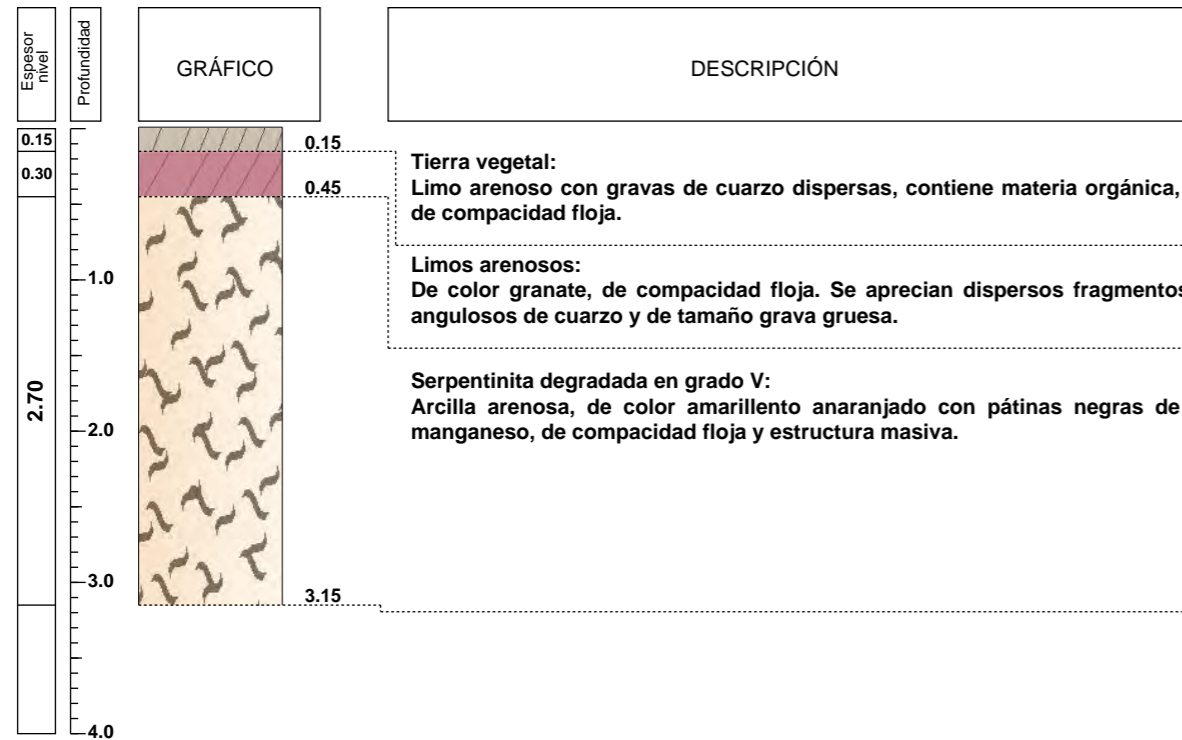
FINALIDAD: ESTUDIO DE RELLENO

EMPRESA EXCAVACIONES: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

EXCAVADORA: EXCAVADORA JCB - 3CX

EMPLAZAMIENTO: PALAS DE REI (585273.73 , 4747980.36)

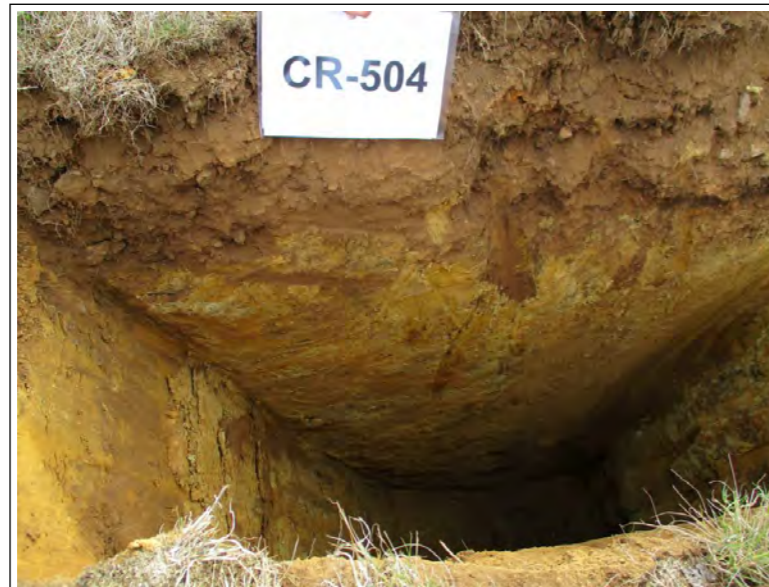


Nº MUESTRA	ENSAYOS DE LABORATORIO													
	GRANULOMETRÍA					LÍMITES		HUMEDAD (%)	M.O. (%)	SALES SOLUBLES (%)	PRÓCTOR		C.B.R.	
	% PASA 5 UNE	% PASA 2 UNE	% PASA 0.4 UNE	% PASA 0.08 UNE	LL	LP	TIPO				D. máx. (gr/cm³)	W. óp. (%)	DENSIDAD (gr/cm³)	ÍNDICE

MA-1		100	83	57.1	52.1	27.7								
------	--	-----	----	------	------	------	--	--	--	--	--	--	--	--

OBSERVACIONES:

- No se ha detectado la presencia de agua.
- Las paredes de la excavación permanecen estables.
- Se finaliza la excavación por haberse alcanzado la profundidad adecuada.



Vista pared lateral de la calicata



Aspecto de la excavación



Detalle del material excavado

REFERENCIA: P-113126

CR-505

FECHA: 23/09/19

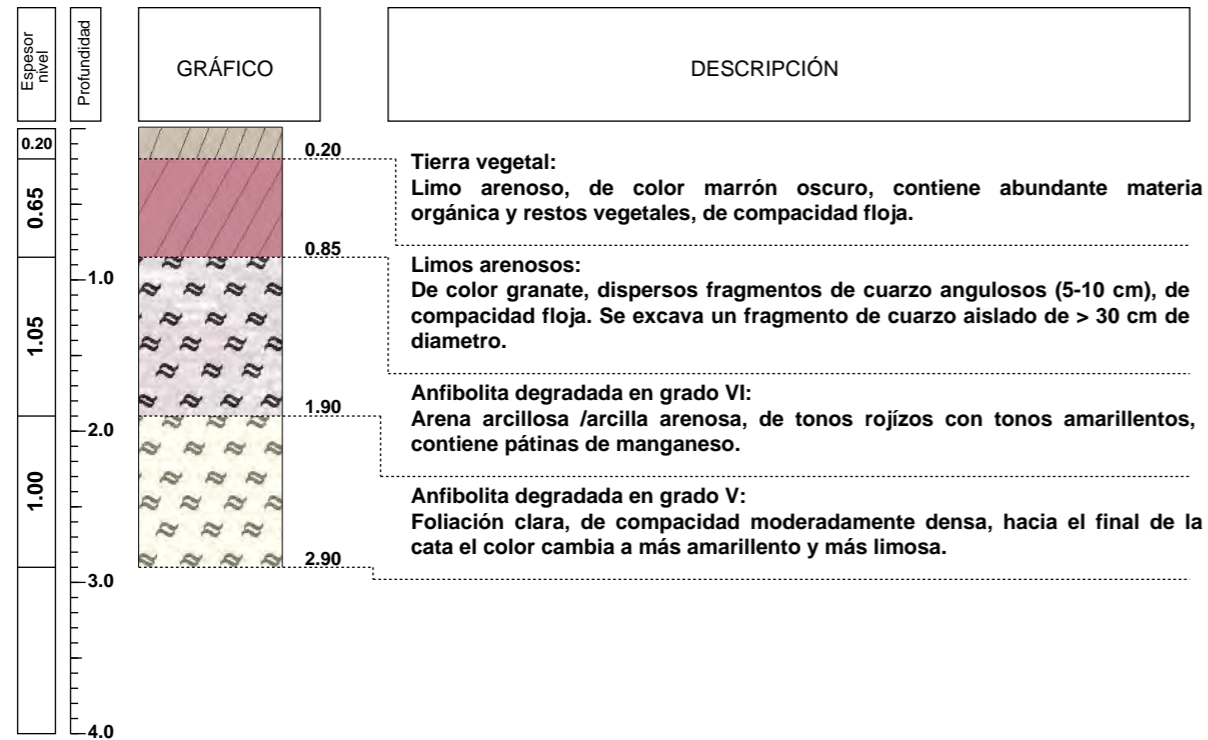
FINALIDAD: ESTUDIO DE RELLENO

EMPRESA EXCAVACIONES: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

EXCAVADORA: EXCAVADORA JCB - 3CX

EMPLAZAMIENTO: PALAS DE REI (585369.31 , 4748131.50)



Nº MUESTRA	ENSAYOS DE LABORATORIO													
	GRANULOMETRÍA					LÍMITES		HUMEDAD (%)	M.O. (%)	SALES SOLUBLES (%)	PRÓCTOR		C.B.R.	
	% PASA 5 UNE	% PASA 2 UNE	% PASA 0.4 UNE	% PASA 0.08 UNE	LL	LP	TIPO				D. máx. (gr/cm³)	W. óp. (%)	DENSIDAD (gr/cm³)	ÍNDICE
MA-1	96	94	88	78.6	46.4	34.4								

OBSERVACIONES:

- No se ha detectado la presencia de agua.
- Las paredes de la excavación permanecen estables.
- Se finaliza la excavación por haberse alcanzado la profundidad adecuada.



Vista pared lateral de la calicata



Aspecto de la excavación



Detalle del material excavado

REFERENCIA: P-113126

CE-506

FECHA: 23/09/19

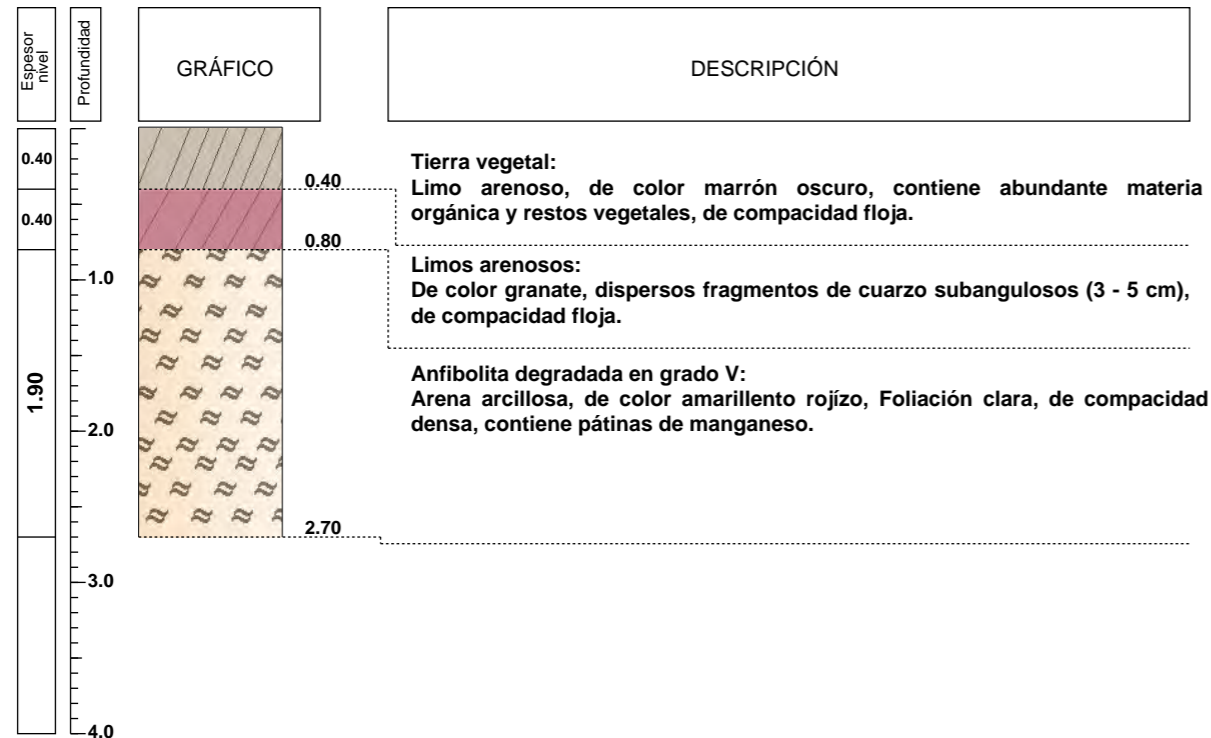
FINALIDAD: ESTUDIO DE ESTRUCTURA

EMPRESA EXCAVACIONES: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

EXCAVADORA: EXCAVADORA JCB - 3CX

EMPLAZAMIENTO: PALAS DE REI (585429.42 , 4748251.77)



Nº MUESTRA	ENSAYOS DE LABORATORIO														
	GRANULOMETRÍA					LÍMITES		HUMEDAD (%)	M.O. (%)	SALES SOLUBLES (%)	PRÓCTOR			C.B.R.	
	% PASA 5 UNE	% PASA 2 UNE	% PASA 0,4 UNE	% PASA 0,08 UNE	LL	LP	TIPO				D. máx. (gr/cm³)	W. óp. (%)	DENSIDAD (gr/cm³)	ÍNDICE	

MA-1	100	99	67	48.4	38	NO								
------	-----	----	----	------	----	----	--	--	--	--	--	--	--	--

OBSERVACIONES:

- No se ha detectado la presencia de agua.
- Las paredes de la excavación permanecen estables.
- Se finaliza la excavación por haberse alcanzado la profundidad adecuada.



Vista pared lateral de la calicata



Aspecto de la excavación



Detalle del material excavado

REFERENCIA: P-113136

CE-507

FECHA: 23/09/19

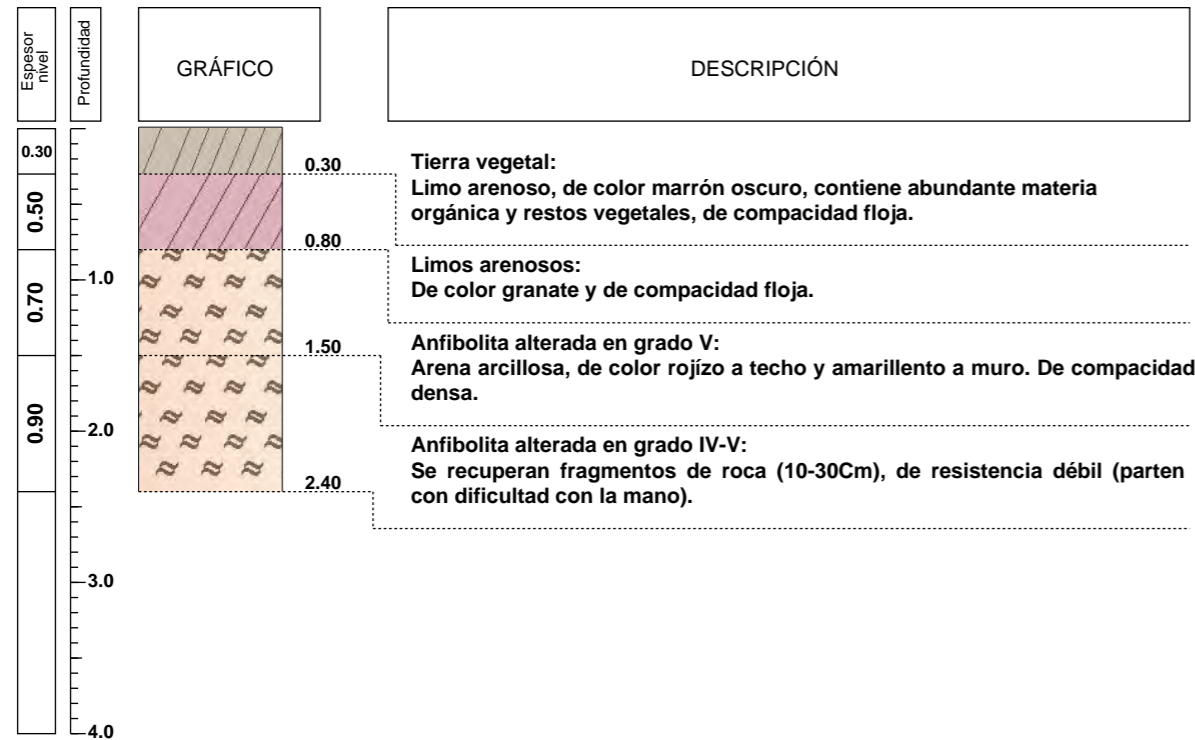
FINALIDAD: ESTUDIO DE ESTRUCTURA

EMPRESA EXCAVACIONES: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

EXCAVADORA: EXCAVADORA JCB - 3CX

EMPLAZAMIENTO: PALAS DE REI (585445.99 , 4748259.52)



Nº MUESTRA	ENSAYOS DE LABORATORIO													
	GRANULOMETRÍA					LÍMITES		HUMEDAD (%)	M.O. (%)	SALES SOLUBLES (%)	PRÓCTOR		C.B.R.	
	% PASA 5 UNE	% PASA 2 UNE	% PASA 0.4 UNE	% PASA 0.08 UNE	LL	LP	TIPO				D. máx. (gr/cm³)	W. óp. (%)	DENSIDAD (gr/cm³)	ÍNDICE

OBSERVACIONES:

- No se ha detectado la presencia de agua.
- Las paredes de la excavación permanecen estables.
- Se finaliza la excavación por haber alcanzado la profundidad adecuada.



Vista pared lateral de la calicata



Aspecto de la excavación



Detalle del material excavado

REFERENCIA: P-113126

CR-508

FECHA: 23/09/19

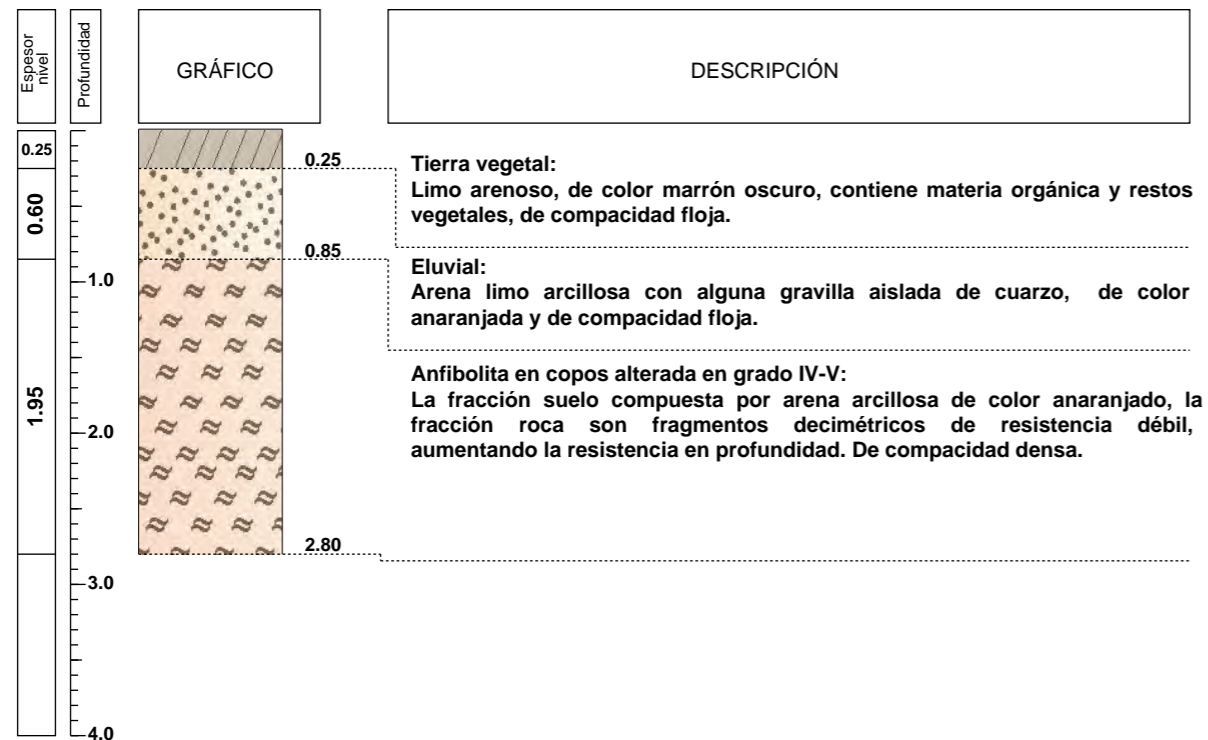
FINALIDAD: ESTUDIO DE RELLENO

EMPRESA EXCAVACIONES: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

EXCAVADORA: EXCAVADORA JCB - 3CX

EMPLAZAMIENTO: PALAS DE REI (585557.89 , 4748374.17)



Nº MUESTRA	ENSAYOS DE LABORATORIO													
	GRANULOMETRÍA					LÍMITES		HUMEDAD (%)	M.O. (%)	SALES SOLUBLES (%)	PRÓCTOR		C.B.R.	
	% PASA 5 UNE	% PASA 2 UNE	% PASA 0.4 UNE	% PASA 0.08 UNE	LL	LP	TIPO				D. máx. (gr/cm³)	W. óp. (%)	DENSIDAD (gr/cm³)	ÍNDICE
MA-1	91	82	62	46.8	32.6	NO		0.83						

OBSERVACIONES:

- No se ha detectado la presencia de agua.
- Las paredes de la excavación permanecen estables.
- Se finaliza la calicata por haberse alcanzado una profundidad adecuada.



Vista pared lateral de la calicata



Aspecto de la excavación



Detalle del material excavado

REFERENCIA: P-113126

CR-509

FECHA: 23/09/19

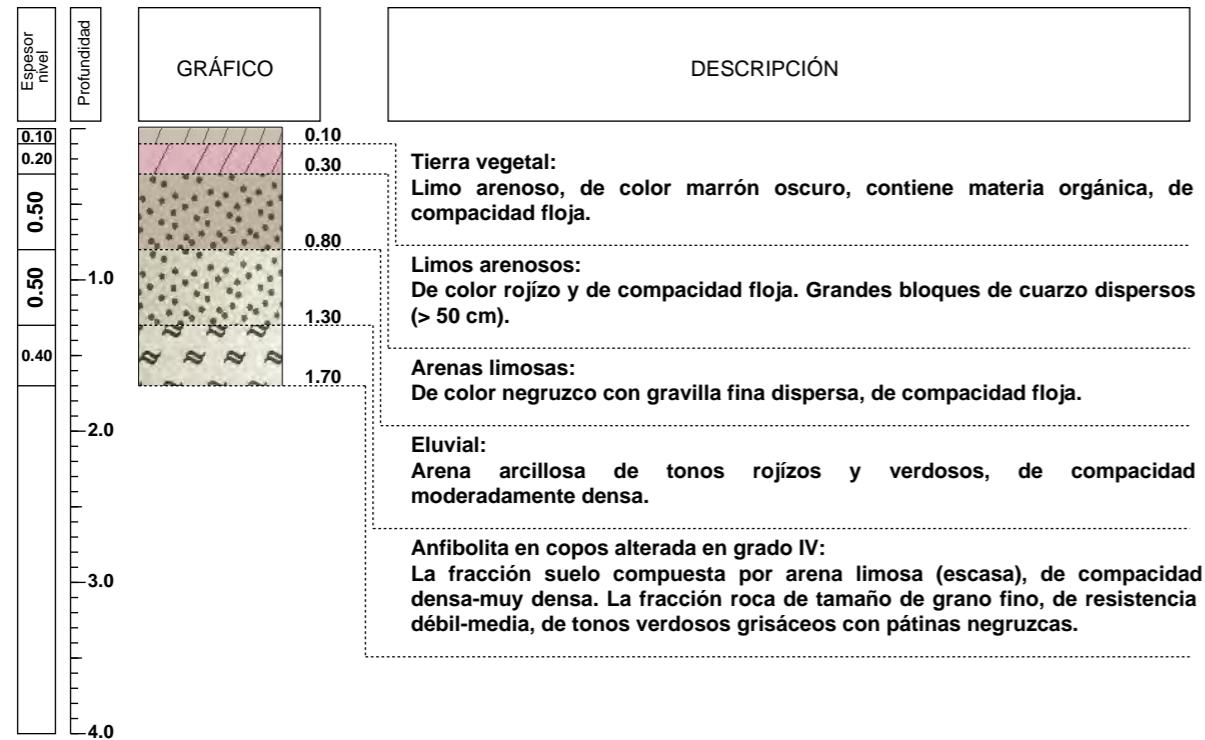
FINALIDAD: ESTUDIO DE RELLENO

EMPRESA EXCAVACIONES: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

EXCAVADORA: EXCAVADORA JCB - 3CX

EMPLAZAMIENTO: PALAS DE REI (585609.00 , 4748596.85)



Nº MUESTRA	GRANULOMETRÍA						LÍMITES		HUMEDAD (%)	M.O. (%)	SALES SOLUBLES (%)	PRÓCTOR			C.B.R.	
	% PASA 5 UNE	% PASA 2 UNE	% PASA 0.4 UNE	% PASA 0.08 UNE	LL	LP	TIPO	D. máx. (gr/cm³)				W. óp. (%)	DENSIDAD (gr/cm³)	ÍNDICE		

MA-1	83	74	53	32	32.8	22.5		0.17							
------	----	----	----	----	------	------	--	------	--	--	--	--	--	--	--

OBSERVACIONES:

- No se ha detectado la presencia de agua.
- Las paredes de la excavación permanecen estables.
- Se finaliza la calicata por dificultad de ripado.



Vista pared lateral de la calicata



Aspecto de la excavación



Detalle del material excavado

REFERENCIA: P-113126

CR-510

FECHA: 23/09/19

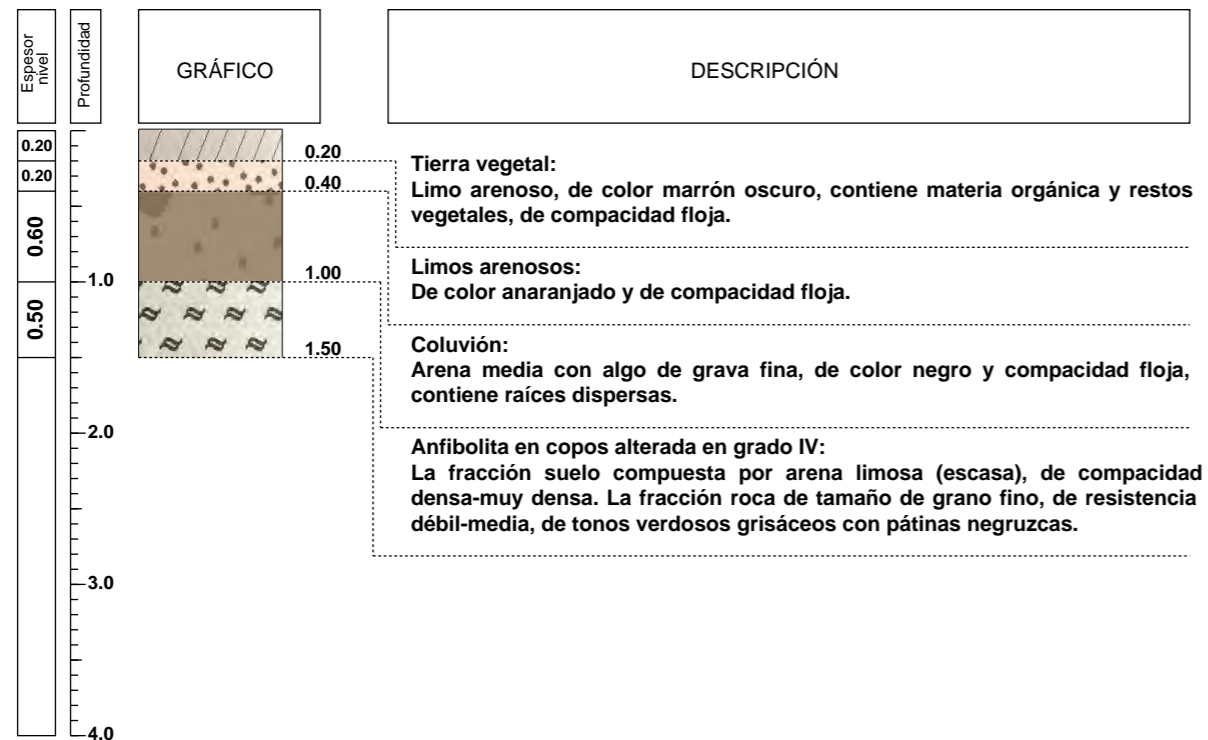
FINALIDAD: ESTUDIO DE RELLENO

EMPRESA EXCAVACIONES: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

EXCAVADORA: EXCAVADORA JCB - 3CX

EMPLAZAMIENTO: PALAS DE REI (585583.01 , 4748568.65)



Nº MUESTRA	ENSAYOS DE LABORATORIO													
	GRANULOMETRÍA					LÍMITES		HUMEDAD (%)	M.O. (%)	SALES SOLUBLES (%)	PRÓCTOR		C.B.R.	
	% PASA 5 UNE	% PASA 2 UNE	% PASA 0.4 UNE	% PASA 0.08 UNE	LL	LP	TIPO				D. máx. (gr/cm³)	W. óp. (%)	DENSIDAD (gr/cm³)	ÍNDICE
MA-1	95	87	73	58.2	33.2	26.3		1.31						

OBSERVACIONES:

- No se ha detectado la presencia de agua.
- Las paredes de la excavación permanecen estables.
- Se finaliza la calicata por dificultad de ripado.



Vista pared lateral de la calicata



Aspecto de la excavación



Detalle del material excavado

REFERENCIA: P-113126

CR-511

FECHA: 23/09/19

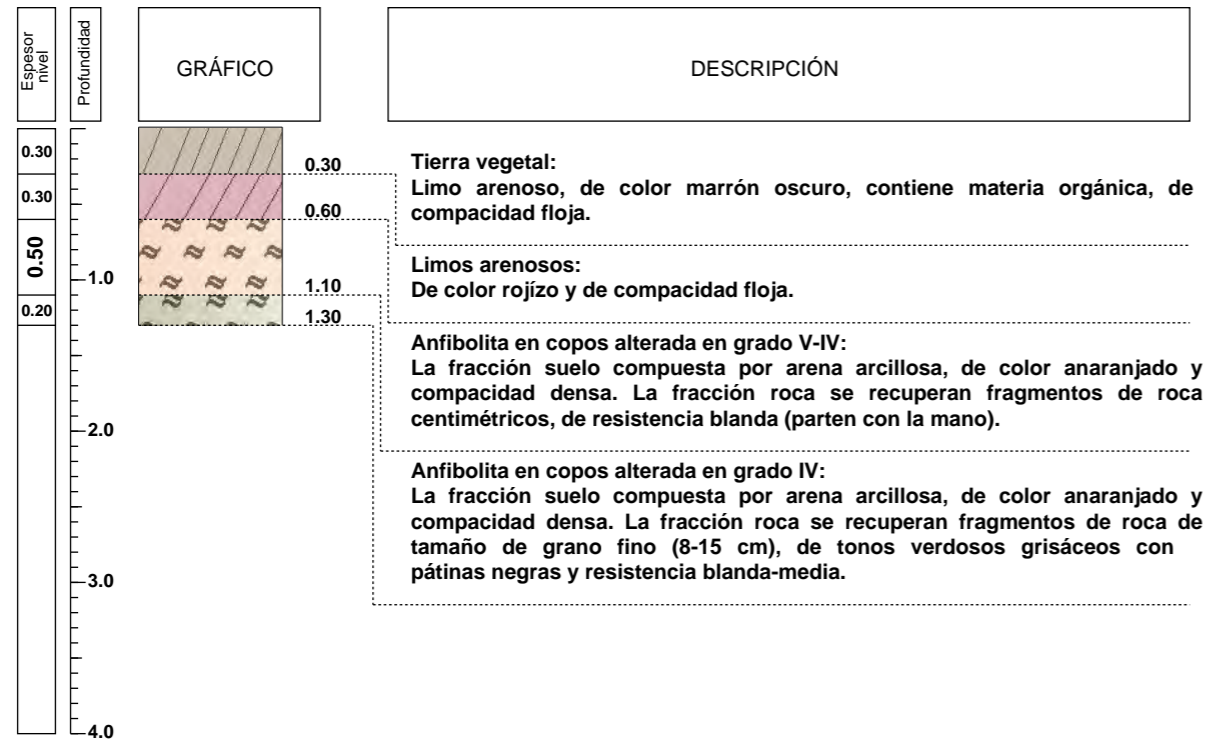
FINALIDAD: ESTUDIO DE RELLENO

EMPRESA EXCAVACIONES: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

EXCAVADORA: EXCAVADORA JCB - 3CX

EMPLAZAMIENTO: PALAS DE REI (585523.39 , 4748648.92)



Nº MUESTRA	ENSAYOS DE LABORATORIO													
	GRANULOMETRÍA					LÍMITES		HUMEDAD (%)	M.O. (%)	SALES SOLUBLES (%)	PRÓCTOR		C.B.R.	
	% PASA 5 UNE	% PASA 2 UNE	% PASA 0.4 UNE	% PASA 0.08 UNE	LL	LP	TIPO				D. máx. (gr/cm³)	W. óp. (%)	DENSIDAD (gr/cm³)	ÍNDICE

MA-1	56	46	33	24	34.6	28.9								
------	----	----	----	----	------	------	--	--	--	--	--	--	--	--

OBSERVACIONES:

- No se ha detectado la presencia de agua.
- Las paredes de la excavación permanecen estables.
- Se finaliza la calicata por dificultad de ripado.



Vista pared lateral de la calicata



Aspecto de la excavación



Detalle del material excavado

REFERENCIA: P-113126

CD-512

FECHA: 23/09/19

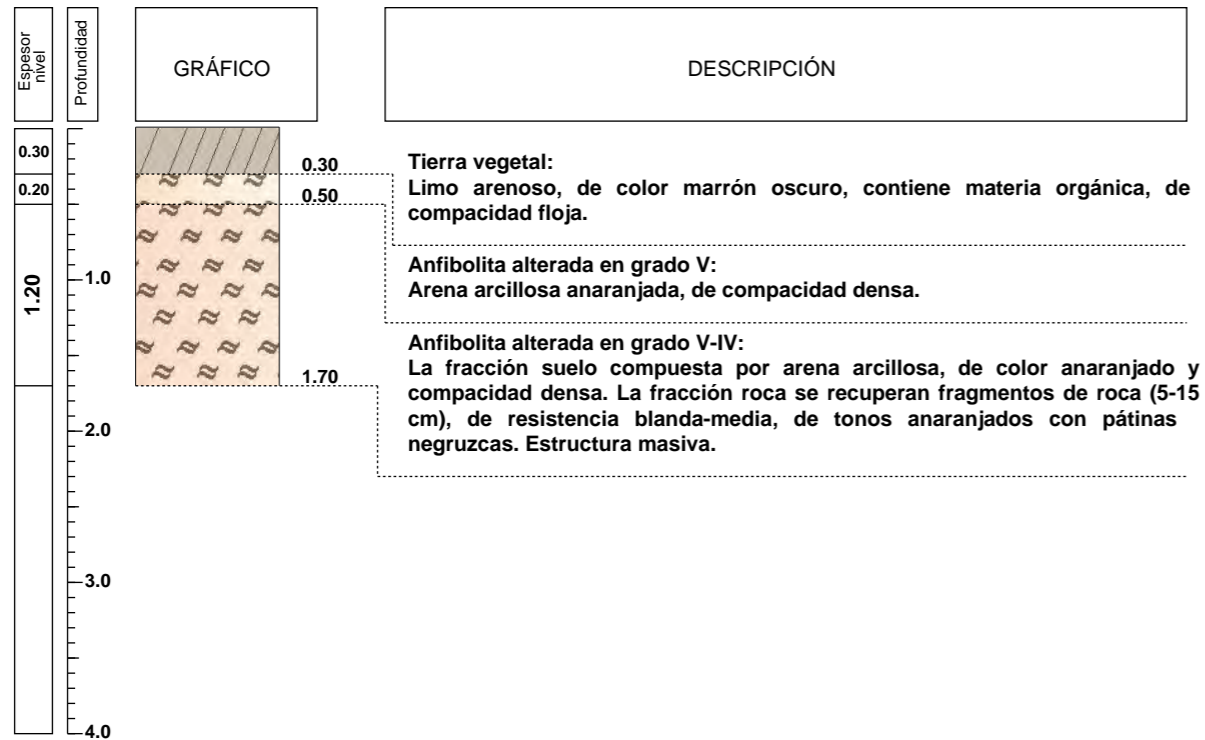
FINALIDAD: ESTUDIO DE DESMONTE

EMPRESA EXCAVACIONES: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

EXCAVADORA: EXCAVADORA JCB - 3CX

EMPLAZAMIENTO: PALAS DE REI (585484.85 , 4748676.73)



Nº MUESTRA	GRANULOMETRÍA						LÍMITES		HUMEDAD (%)	M.O. (%)	SALES SOLUBLES (%)	PRÓCTOR		C.B.R.	
	% PASA 5 UNE	% PASA 2 UNE	% PASA 0.4 UNE	% PASA 0.08 UNE	LL	LP	TIPO	D. máx. (gr/cm³)				W. óp. (%)	DENSIDAD (gr/cm³)	ÍNDICE	
	MA-1	81	77	53	40.3	36.6	28.3					0.38	0.22	N	1.54

OBSERVACIONES:

- No se ha detectado la presencia de agua.
- Las paredes de la excavación permanecen estables.
- Se finaliza la calicata por dificultad de ripado.



Vista pared lateral de la calicata



Aspecto de la excavación



Detalle del material excavado

REFERENCIA: P-113126

CD-513

FECHA: 23/09/19

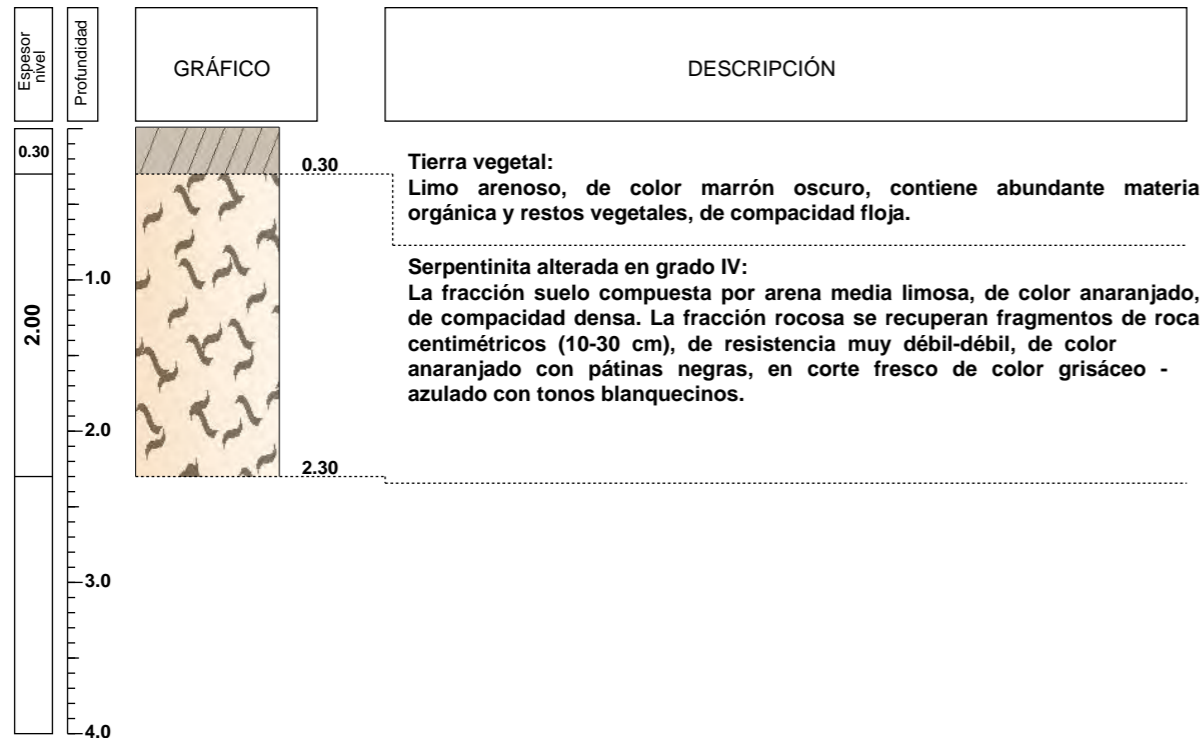
FINALIDAD: ESTUDIO DE DESMONTE

EMPRESA EXCAVACIONES: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

EXCAVADORA: EXCAVADORA JCB - 3CX

EMPLAZAMIENTO: PALAS DE REI (585481.08 , 4748754.89)



ENSAYOS DE LABORATORIO														
Nº MUESTRA	GRANULOMETRÍA					LÍMITES		HUMEDAD (%)	M.O. (%)	SALES SOLUBLES (%)	PRÓCTOR		C.B.R.	
	% PASA 5 UNE	% PASA 2 UNE	% PASA 0.4 UNE	% PASA 0.08 UNE	LL	LP	TIPO				D. máx. (gr/cm³)	W. óp. (%)	DENSIDAD (gr/cm³)	ÍNDICE
MA-1	59	52	42	35.5	38.0	32.4		1.27	0.15	N	1.75	14.0		

OBSERVACIONES:

- No se ha detectado la presencia de agua.
- Las paredes de la excavación permanecen estables.
- Se finaliza la calicata por dificultad de ripado.



Vista pared lateral de la calicata



Aspecto de la excavación



Detalle del material excavado

REFERENCIA: P-113126

CD-514

FECHA: 23/09/19

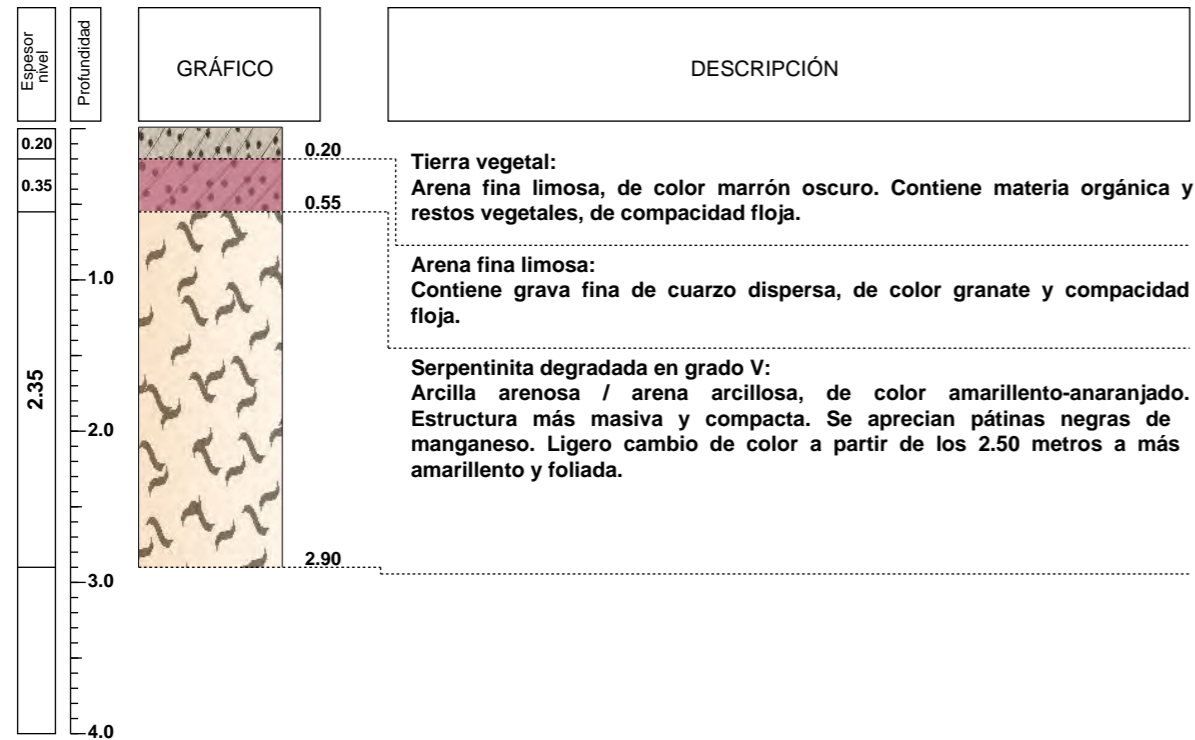
FINALIDAD: ESTUDIO DE DESMONTE

EMPRESA EXCAVACIONES: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

EXCAVADORA: EXCAVADORA JCB - 3CX

EMPLAZAMIENTO: PALAS DE REI (585254.60 , 4747966.57)



Nº MUESTRA	GRANULOMETRÍA						LÍMITES		HUMEDAD (%)	M.O. (%)	SALES SOLUBLES (%)	PRÓCTOR		C.B.R.	
	% PASA 5 UNE	% PASA 2 UNE	% PASA 0.4 UNE	% PASA 0.08 UNE	LL	LP	TIPO	D. máx. (gr/cm³)				W. óp. (%)	DENSIDAD (gr/cm³)	ÍNDICE	
	MA-1	95	94	65	39.7	40.8	24.6					0.10	0.22	N	1.73

OBSERVACIONES:

- No se ha detectado la presencia de agua.
- Las paredes de la excavación permanecen estables.
- Se finaliza la excavación por haberse alcanzado la profundidad adecuada.



Vista pared lateral de la calicata



Aspecto de la excavación



Detalle del material excavado

APÉNDICE 5 – REGISTRO DE LOS ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA

REFERENCIA: P-113126

PR-501

FECHA: 27/09/19

FINALIDAD: ESTUDIO DE RELLENO

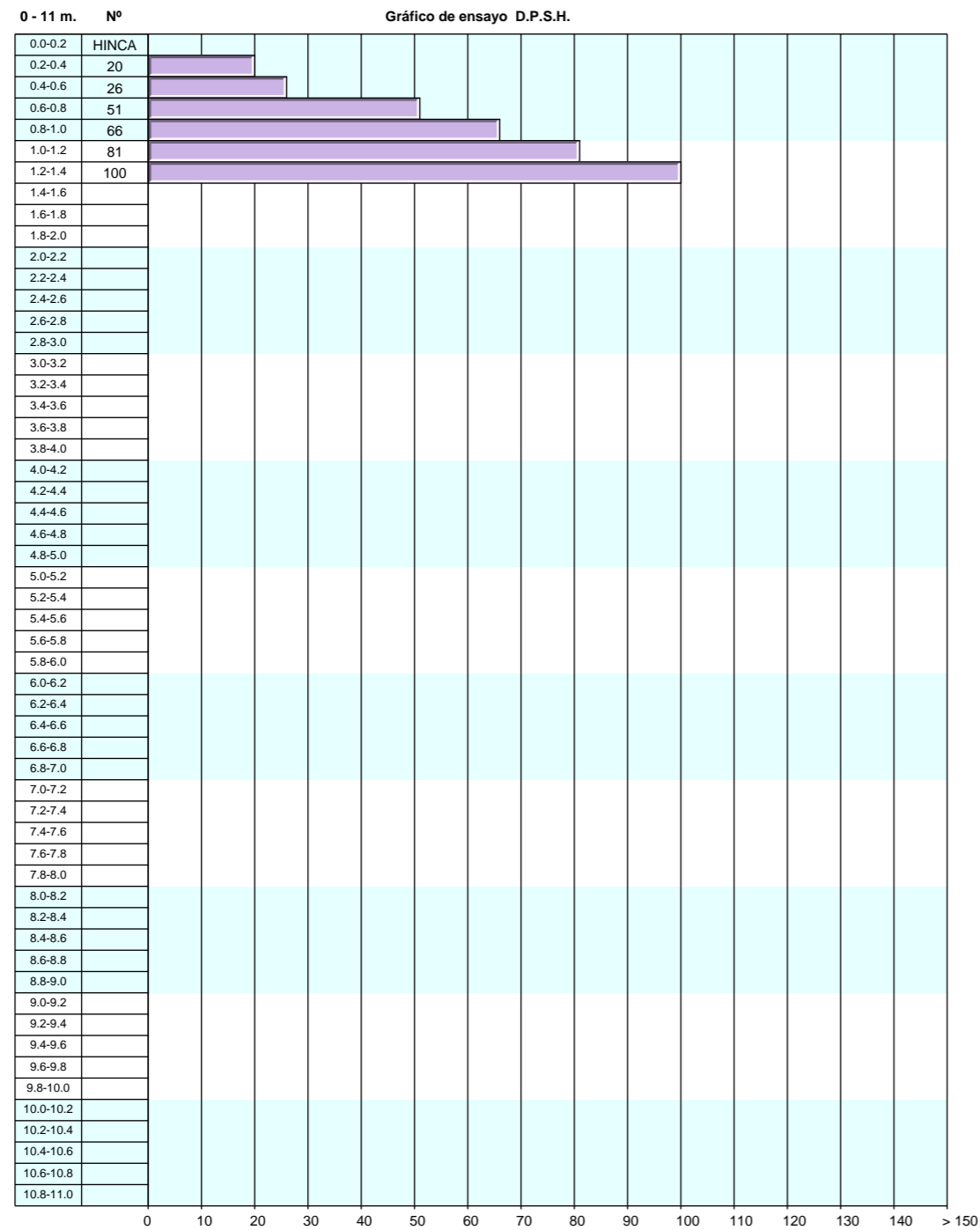
EMPRESA DE SONDEOS: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

PENETRÓMETRO: ROLATEC ML-46

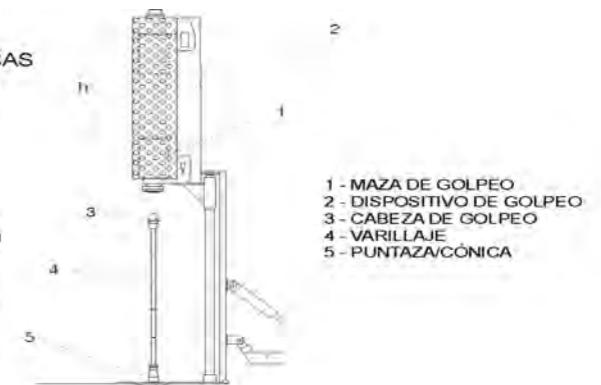
EMPLAZAMIENTO: (585160.84 , 4747539.60)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA D.P.S.H.

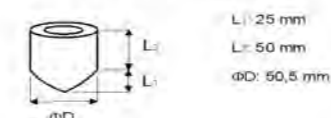


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Peso maza: 63,5 Kg
- Altura de caída (h): 0,76 m
- Diámetro varillaje: 32 mm
- Masa varillaje: 6,31 Kg/m
- Masa dispositivo de golpeo: 108 Kg
- Longitud de varillaje: 1,00 m
- Masa cabeza de golpeo: 0,80 Kg
- Masa puntaza/cono: 0,677 Kg



CARACTERÍSTICAS DEL CONO



- Tipo de cono: Perdido
- Forma: Cilíndrica
- Sección: Cónica 90°
- Área sección: 20 cm²

Norberto Saiz Ruiz
Geólogo
JEFE ÁREA GT (Laboratorio Vigo)



Samuel Cerqueira Mallo
Químico
DIRECTOR DE LABORATORIO

REFERENCIA: P-113126

PD-502

FECHA: 27/09/19

FINALIDAD: ESTUDIO DE DESMONTE

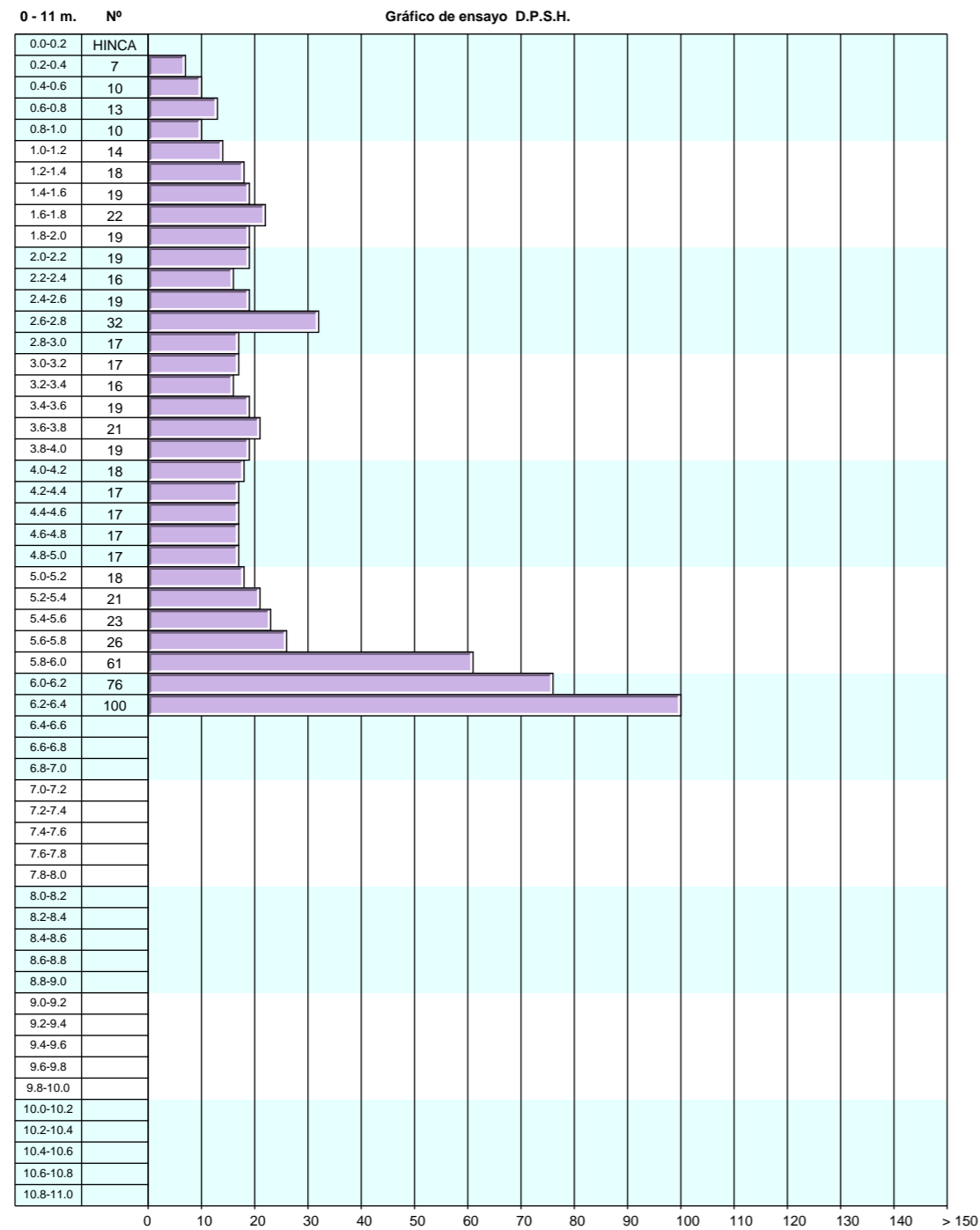
EMPRESA DE SONDEOS: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

PENETRÓMETRO: ROLATEC ML-46

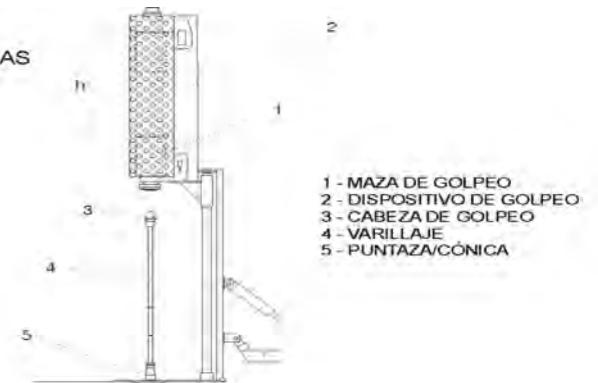
EMPLAZAMIENTO: (585266.128 , 4747946.85)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA D.P.S.H.

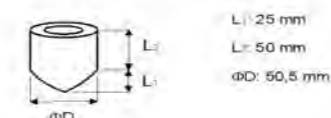


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Peso maza: 63,5 Kg
- Altura de caída (h): 0,76 m
- Diámetro varillaje: 32 mm
- Masa varillaje: 6,31 Kg/m
- Masa dispositivo de golpeo: 108 Kg
- Longitud de varillaje: 1,00 m
- Masa cabeza de golpeo: 0,80 Kg
- Masa puntaza/cono: 0,677 Kg



CARACTERÍSTICAS DEL CONO



- Tipo de cono: Perdido
- Forma: Cilíndrica
- Sección: Cónica 90°
- Área sección: 20 cm²

Norberto Saiz Ruiz
Geólogo
JEFE ÁREA GT (Laboratorio Vigo)



Samuel Cerqueira Mallo
Químico
DIRECTOR DE LABORATORIO

REFERENCIA: P-113126

PR-503

FECHA: 27/09/19

FINALIDAD: ESTUDIO DE RELLENO

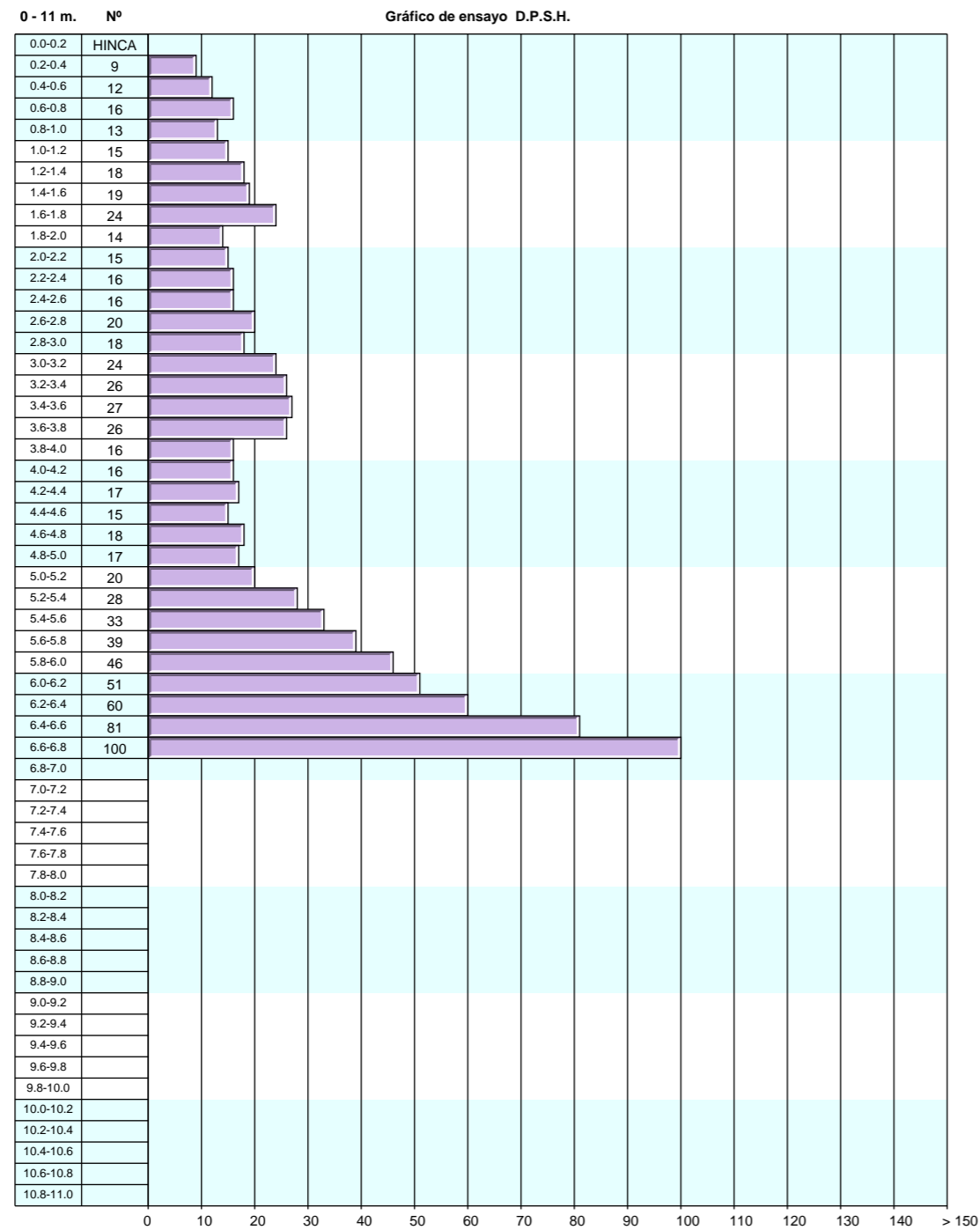
EMPRESA DE SONDEOS: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

PENETRÓMETRO: ROLATEC ML-46

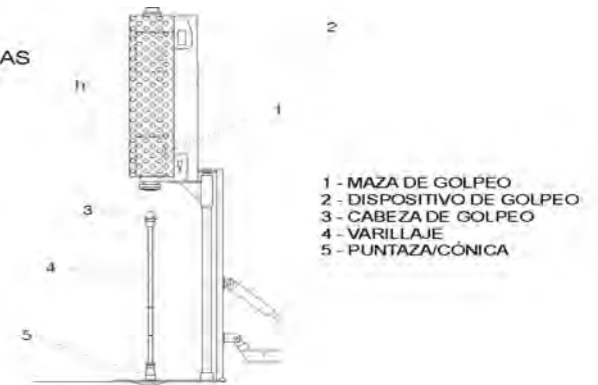
EMPLAZAMIENTO: (585360.30 , 4748142.87)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA D.P.S.H.

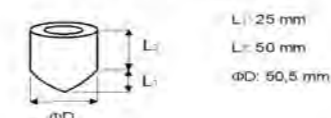


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Peso maza: 63,5 Kg
- Altura de caída (h): 0,76 m
- Diámetro varillaje: 32 mm
- Masa varillaje: 6,31 Kg/m
- Masa dispositivo de golpeo: 108 Kg
- Longitud de varillaje: 1,00 m
- Masa cabeza de golpeo: 0,80 Kg
- Masa puntaza/cono: 0,677 Kg



CARACTERÍSTICAS DEL CONO



- Tipo de cono: Perdido
- Forma: Cilíndrica
- Sección: Cónica 90°
- Área sección: 20 cm²

Norberto Saiz Ruiz
Geólogo
JEFE ÁREA GT (Laboratorio Vigo)



Samuel Cerqueira Mallo
Químico
DIRECTOR DE LABORATORIO

REFERENCIA: P-113126

PE-504

FECHA: 14/10/19

FINALIDAD: ESTUDIO DE ESTRUCTURA

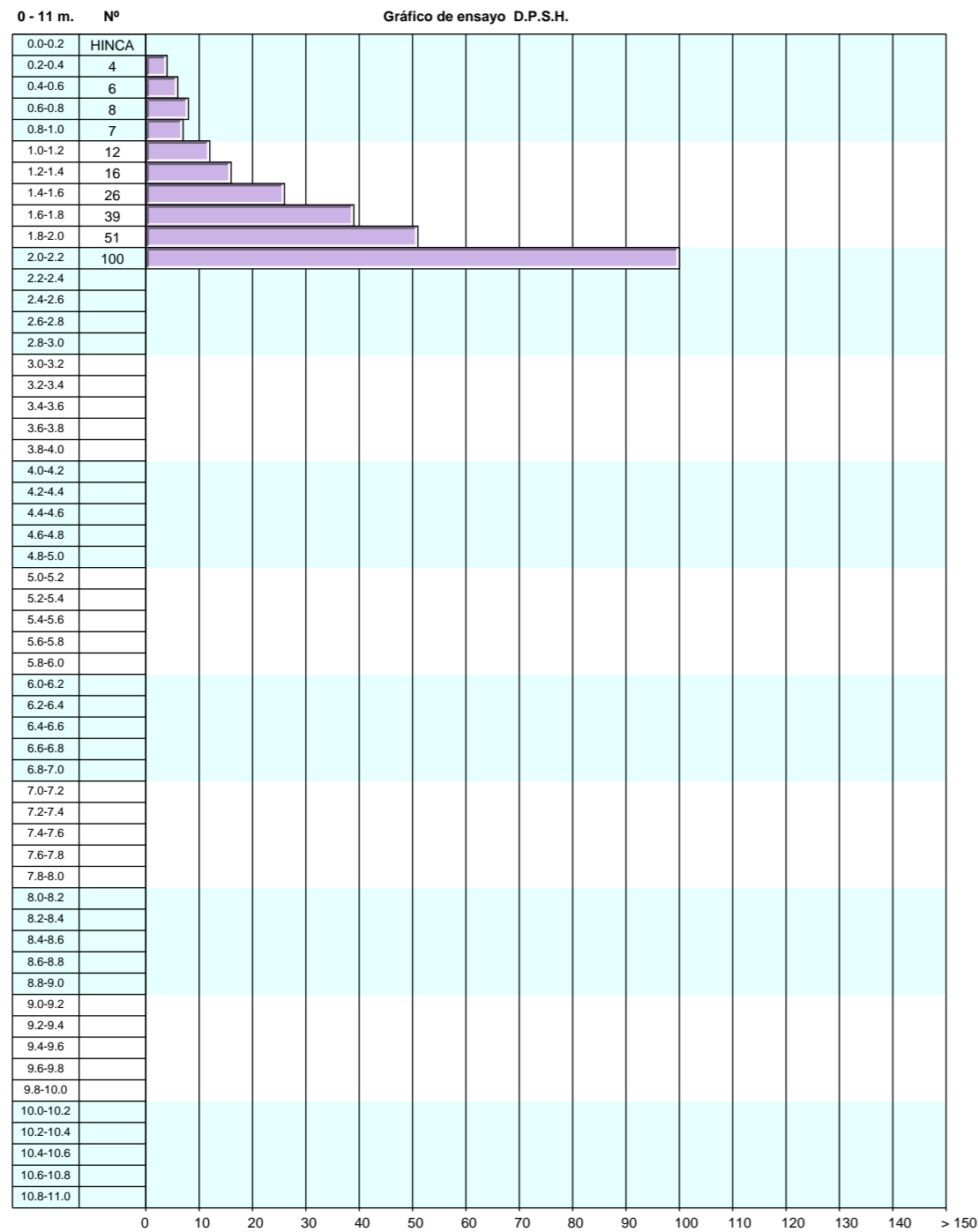
EMPRESA DE SONDEOS: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

PENETRÓMETRO: ROLATEC ML-46

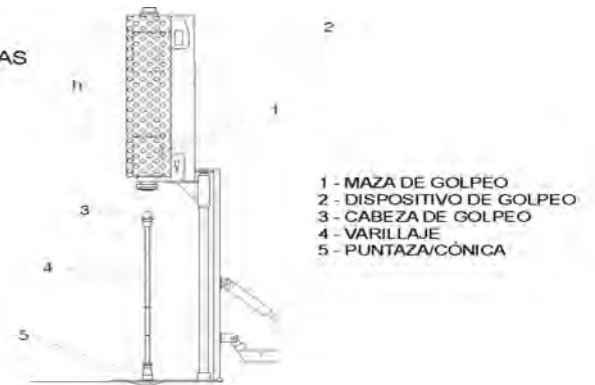
EMPLAZAMIENTO: (585437.99 , 4748246.62)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA D.P.S.H.

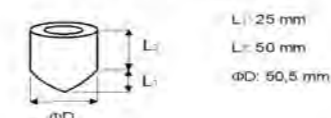


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Peso maza: 63,5 Kg
- Altura de caída (h): 0,76 m
- Diámetro varillaje: 32 mm
- Masa varillaje: 6,31 Kg/m
- Masa dispositivo de golpeo: 108 Kg
- Longitud de varillaje: 1,00 m
- Masa cabeza de golpeo: 0,80 Kg
- Masa puntaza/cono: 0,677 Kg



CARACTERÍSTICAS DEL CONO



- Tipo de cono: Perdido
- Forma: Cilíndrica
- Sección: Cónica 90°
- Área sección: 20 cm²

Norberto Saiz Ruiz
Geólogo
JEFE ÁREA GT (Laboratorio Vigo)

Samuel Cerqueira Mallo
Químico
DIRECTOR DE LABORATORIO



REFERENCIA: P-113126

PE-505

FECHA: 14/10/19

FINALIDAD: ESTUDIO DE ESTRUCTURA

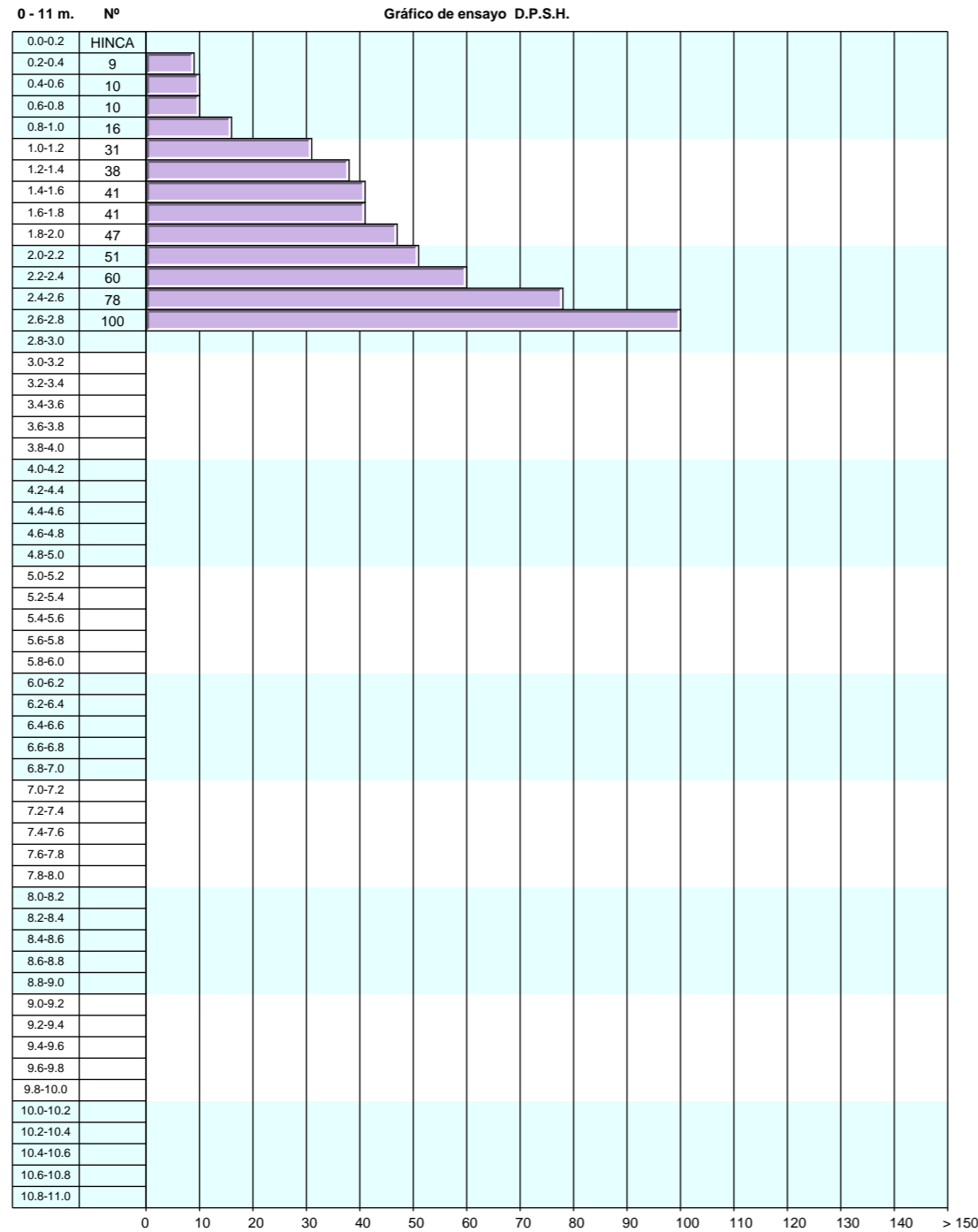
EMPRESA DE SONDEOS: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

PENETRÓMETRO: ROLATEC ML-46

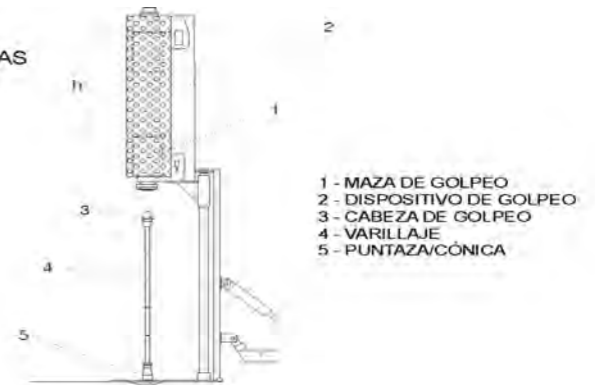
EMPLAZAMIENTO: (585437.61 , 4748264.98)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA D.P.S.H.

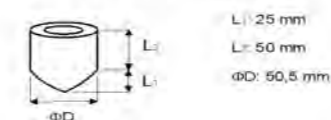


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Peso maza: 63,5 Kg
- Altura de caída (h): 0,76 m
- Diámetro varillaje: 32 mm
- Masa varillaje: 6,31 Kg/m
- Masa dispositivo de golpeo: 108 Kg
- Longitud de varillaje: 1,00 m
- Masa cabeza de golpeo: 0,80 Kg
- Masa puntaza/cono: 0,677 Kg



CARACTERÍSTICAS DEL CONO



- Tipo de cono: Perdido
- Forma: Cilíndrica
- Sección: Cónica 90°
- Área sección: 20 cm²

Norberto Saiz Ruiz
Geólogo
JEFE ÁREA GT (Laboratorio Vigo)

enmacosa consultoría técnica, s.a.
C.I.F.: A-27.612.627
Rúa Anel do Perral nº 25
Polígono Industrial Veigadaña
36416 - Mós

Samuel Cerqueira Mallo
Químico
DIRECTOR DE LABORATORIO

REFERENCIA: P-113126

PR-506

FECHA: 14/10/19

FINALIDAD: ESTUDIO DE RELLENO

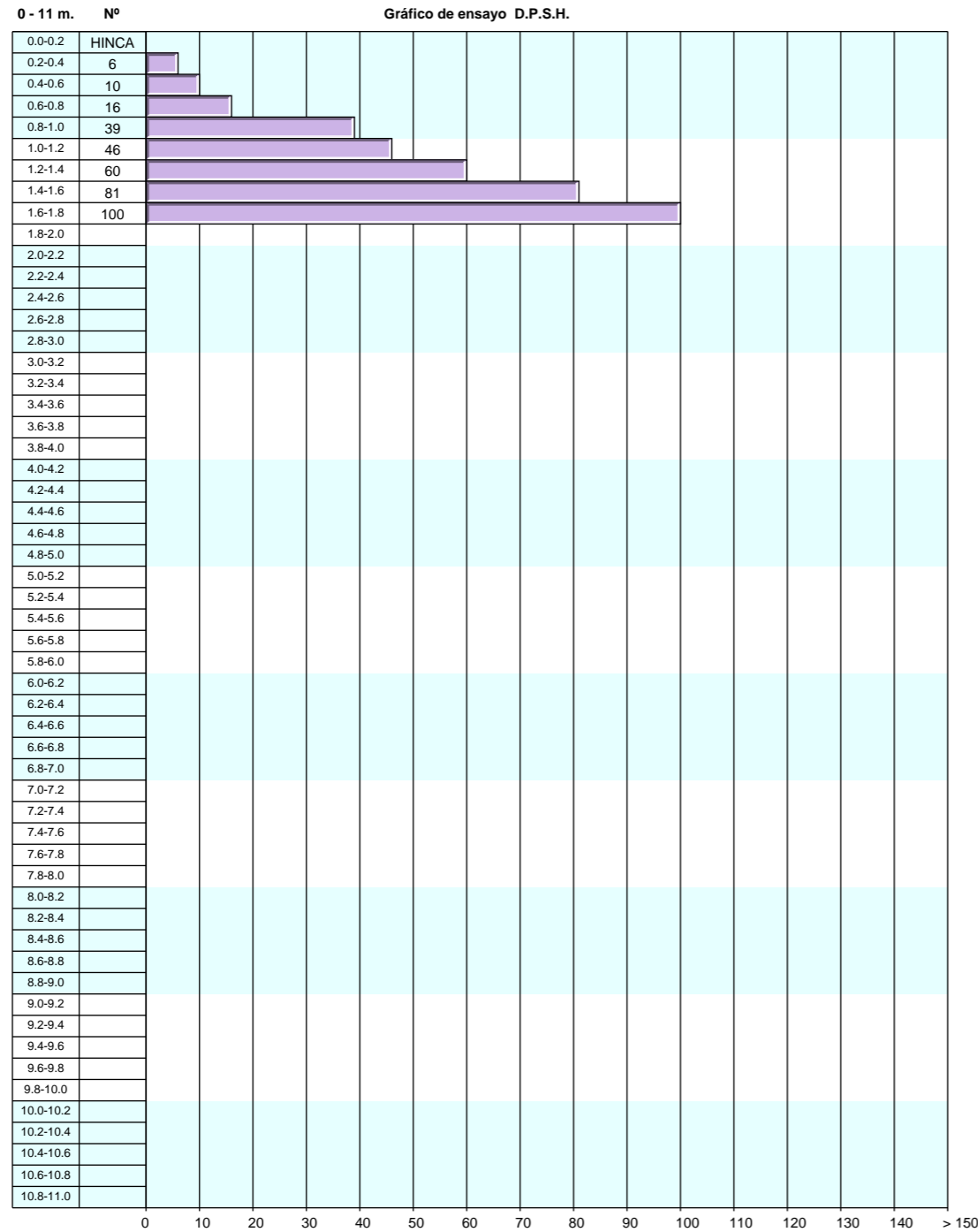
EMPRESA DE SONDEOS: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

PENETRÓMETRO: ROLATEC ML-46

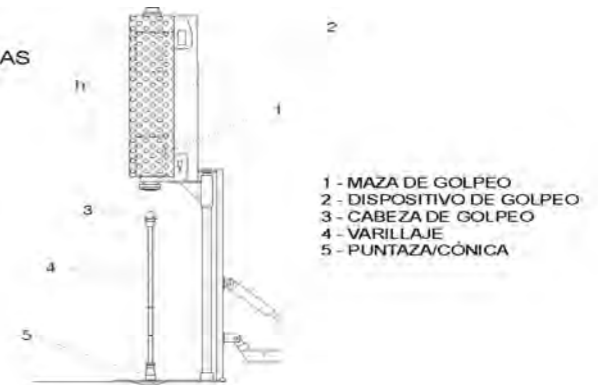
EMPLAZAMIENTO: (585560.49 , 4748365.71)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA D.P.S.H.

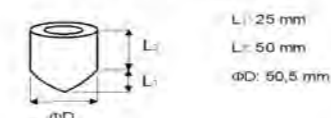


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Peso maza: 63,5 Kg
- Altura de caída (h): 0,76 m
- Diámetro varillaje: 32 mm
- Masa varillaje: 6,31 Kg/m
- Masa dispositivo de golpeo: 108 Kg
- Longitud de varillaje: 1,00 m
- Masa cabeza de golpeo: 0,80 Kg
- Masa puntaza/cono: 0,677 Kg



CARACTERÍSTICAS DEL CONO



- Tipo de cono: Perdido
- Forma: Cilíndrica
- Sección: Cónica 90°
- Área sección: 20 cm²

Norberto Saiz Ruiz
Geólogo

JEEF ÁREA GT (Laboratorio Vigo)



Samuel Cerqueira Mallo
Químico

DIRECTOR DE LABORATORIO

REFERENCIA: P-113126

PR-507

FECHA: 14/10/19

FINALIDAD: ESTUDIO DE RELLENO

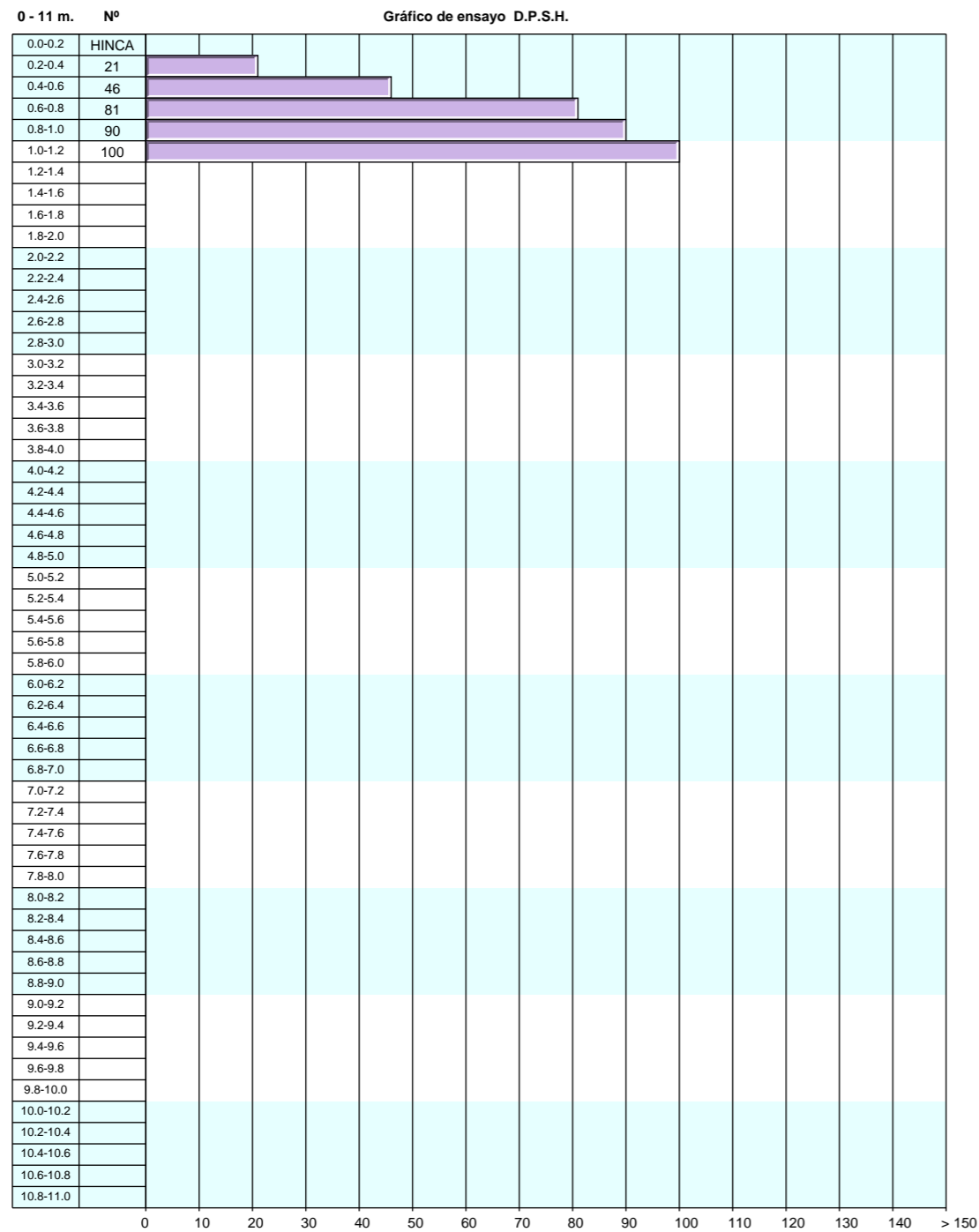
EMPRESA DE SONDEOS: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

PENETRÓMETRO: ROLATEC ML-46

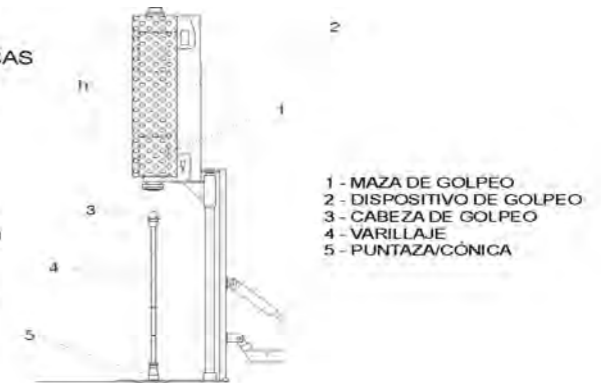
EMPLAZAMIENTO: (585620.26 , 4748453.21)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA D.P.S.H.

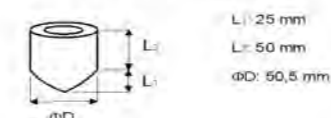


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Peso maza: 63,5 Kg
- Altura de caída (h): 0,76 m
- Diámetro varillaje: 32 mm
- Masa varillaje: 6,31 Kg/m
- Masa dispositivo de golpeo: 108 Kg
- Longitud de varillaje: 1,00 m
- Masa cabeza de golpeo: 0,80 Kg
- Masa puntaza/cono: 0,677 Kg



CARACTERÍSTICAS DEL CONO



- Tipo de cono: Perdido
- Forma: Cilíndrica
- Sección: Cónica 90°
- Área sección: 20 cm²

Norberto Saiz Ruiz
Geólogo
JEFE ÁREA GT (Laboratorio Vigo)



Samuel Cerqueira Mallo
Químico
DIRECTOR DE LABORATORIO

REFERENCIA: P-113126

PR-508

FECHA: 14/10/19

FINALIDAD: ESTUDIO DE RELLENO

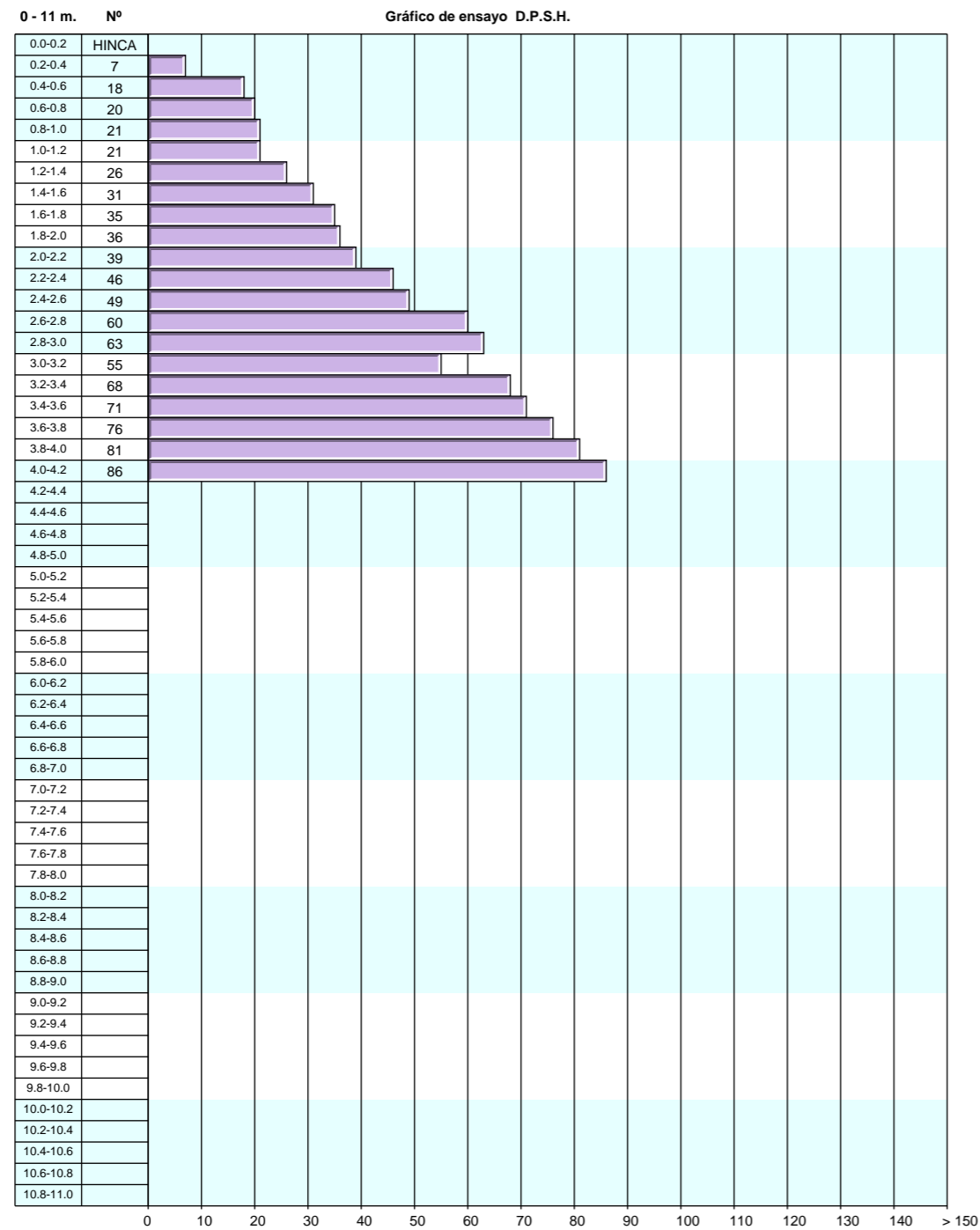
EMPRESA DE SONDEOS: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

PENETRÓMETRO: ROLATEC ML-46

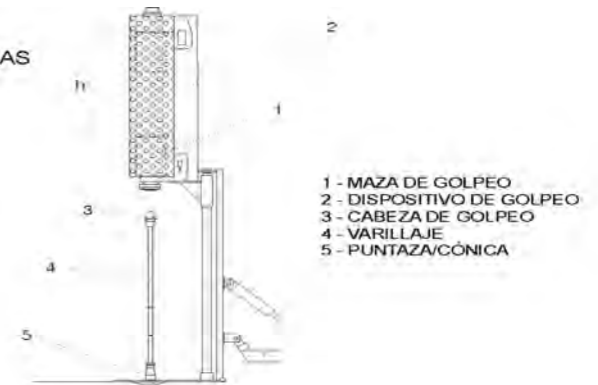
EMPLAZAMIENTO: (585614.15 , 4748589.42)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA D.P.S.H.

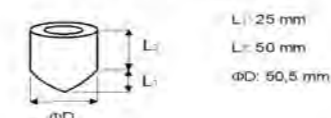


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Peso maza: 63,5 Kg
- Altura de caída (h): 0,76 m
- Diámetro varillaje: 32 mm
- Masa varillaje: 6,31 Kg/m
- Masa dispositivo de golpeo: 108 Kg
- Longitud de varillaje: 1,00 m
- Masa cabeza de golpeo: 0,80 Kg
- Masa puntaza/cono: 0,677 Kg



CARACTERÍSTICAS DEL CONO



- Tipo de cono: Perdido
- Forma: Cilíndrica
- Sección: Cónica 90°
- Área sección: 20 cm²

Norberto Saiz Ruiz
Geólogo
JEFE ÁREA GT (Laboratorio Vigo)



Samuel Cerqueira Mallo
Químico
DIRECTOR DE LABORATORIO

REFERENCIA: P-113126

PR-509

FECHA: 14/10/19

FINALIDAD: ESTUDIO DE RELLENO

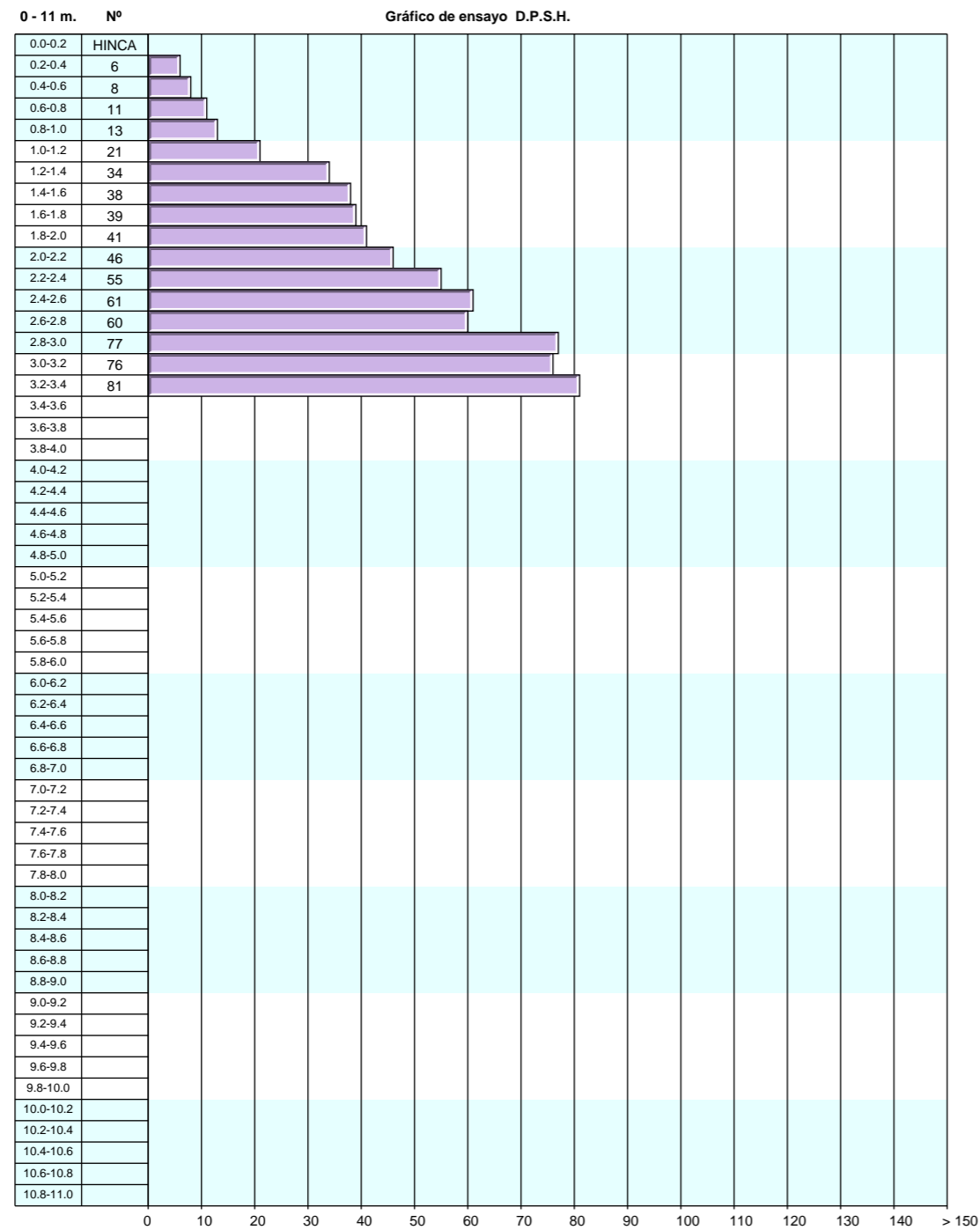
EMPRESA DE SONDEOS: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

PENETRÓMETRO: ROLATEC ML-46

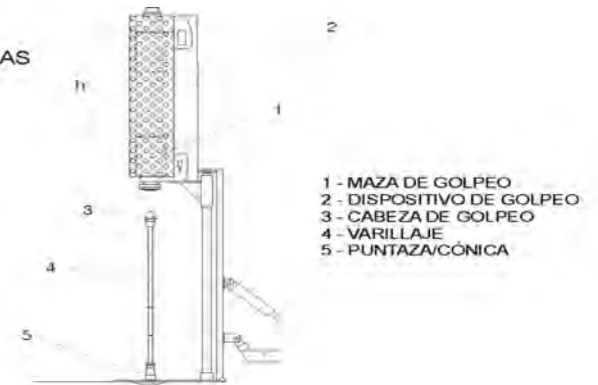
EMPLAZAMIENTO: (585578.69 , 4748574.77)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA D.P.S.H.

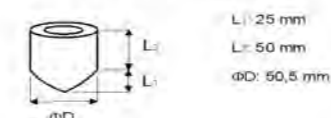


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Peso maza: 63,5 Kg
- Altura de caída (h): 0,76 m
- Diámetro varillaje: 32 mm
- Masa varillaje: 6,31 Kg/m
- Masa dispositivo de golpeo: 108 Kg
- Longitud de varillaje: 1,00 m
- Masa cabeza de golpeo: 0,80 Kg
- Masa puntaza/cono: 0,877 Kg



CARACTERÍSTICAS DEL CONO



- Tipo de cono: Perdido
- Forma: Cilíndrica
- Sección: Cónica 90°
- Área sección: 20 cm²

Norberto Saiz Ruiz
Geólogo
JEFE ÁREA GT (Laboratorio Vigo)



Samuel Cerqueira Mallo
Químico
DIRECTOR DE LABORATORIO

REFERENCIA: P-113126

PR-510

FECHA: 14/10/19

FINALIDAD: ESTUDIO DE RELLENO

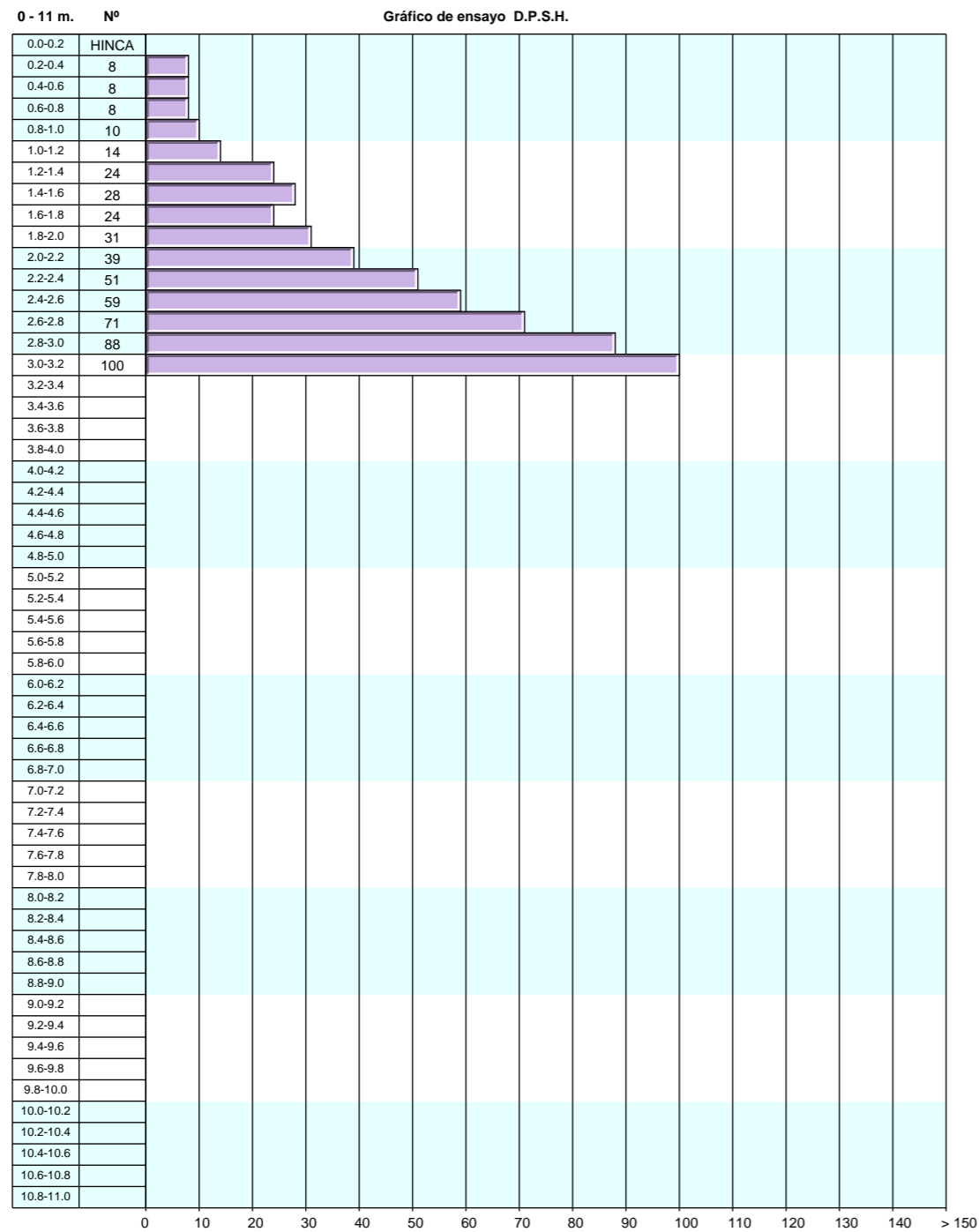
EMPRESA DE SONDEOS: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

PENETRÓMETRO: ROLATEC ML-46

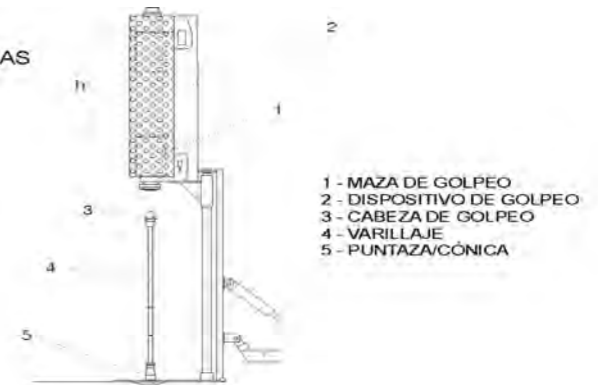
EMPLAZAMIENTO: (585602.13 , 4748643.43)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA D.P.S.H.

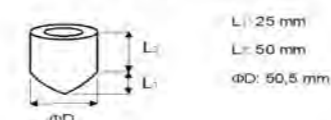


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Peso maza: 63,5 Kg
- Altura de caída (h): 0,76 m
- Diámetro varillaje: 32 mm
- Masa varillaje: 6,31 Kg/m
- Masa dispositivo de golpeo: 108 Kg
- Longitud de varillaje: 1,00 m
- Masa cabeza de golpeo: 0,80 Kg
- Masa puntaza/cono: 0,677 Kg



CARACTERÍSTICAS DEL CONO



- Tipo de cono: Perdido
- Forma: Cilíndrica
- Sección: Cónica 90°
- Área sección: 20 cm²

Norberto Saiz Ruiz
Geólogo
JEFE ÁREA GT (Laboratorio Vigo)



Samuel Cerqueira Mallo
Químico
DIRECTOR DE LABORATORIO

REFERENCIA: P-113126

PR-511

FECHA: 07/10/19

FINALIDAD: ESTUDIO DE RELLENO

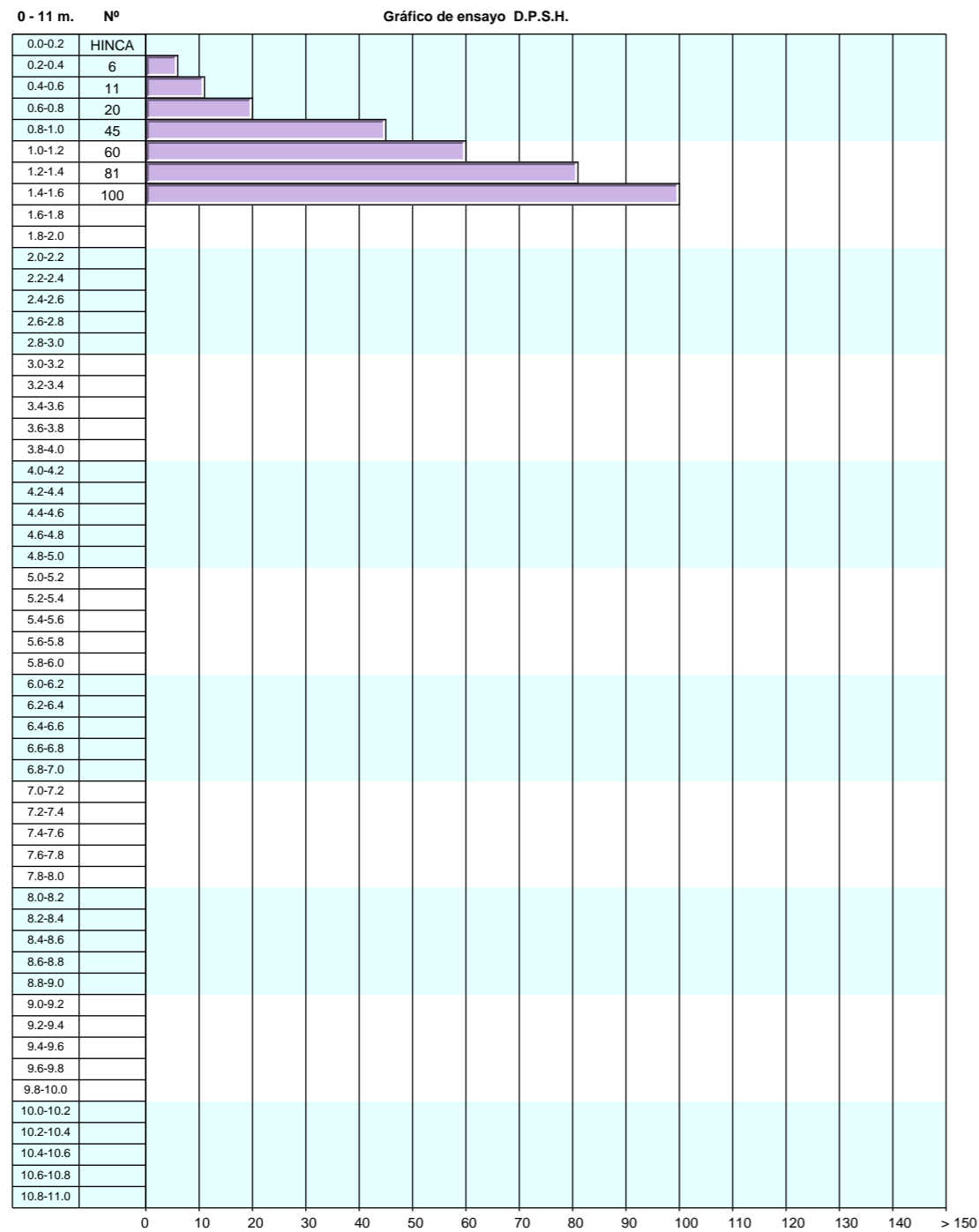
EMPRESA DE SONDEOS: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

PENETRÓMETRO: ROLATEC ML-46

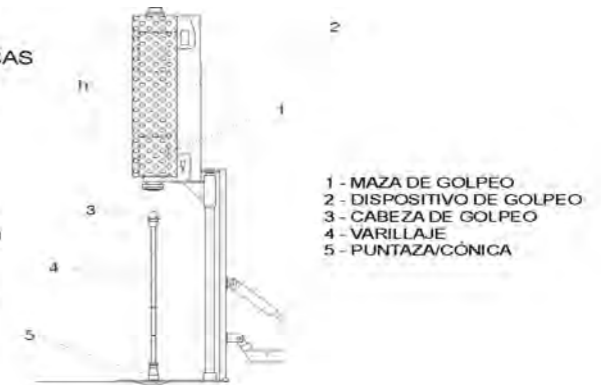
EMPLAZAMIENTO: (585543.57 , 4748671.48)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA D.P.S.H.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Peso maza: 63,5 Kg
- Altura de caída (h): 0,76 m
- Diámetro varillaje: 32 mm
- Masa varillaje: 6,31 Kg/m
- Masa dispositivo de golpeo: 108 Kg
- Longitud de varillaje: 1,00 m
- Masa cabeza de golpeo: 0,80 Kg
- Masa puntaza/cono: 0,677 Kg



CARACTERÍSTICAS DEL CONO

- Tipo de cono: Perdido
 - Forma: Cilíndrica
 - Sección: Cónica 90°
 - Área sección: 20 cm²
- $L_1: 25 \text{ mm}$
 $L_2: 50 \text{ mm}$
 $\phi D: 50,5 \text{ mm}$
-

Norberto Saiz Ruiz
Geólogo
JEFE ÁREA GT (Laboratorio Vigo)



Samuel Cerqueira Mallo
Químico
DIRECTOR DE LABORATORIO

REFERENCIA: P-113126

PR-512

FECHA: 27/09/19

FINALIDAD: ESTUDIO DE RELLENO

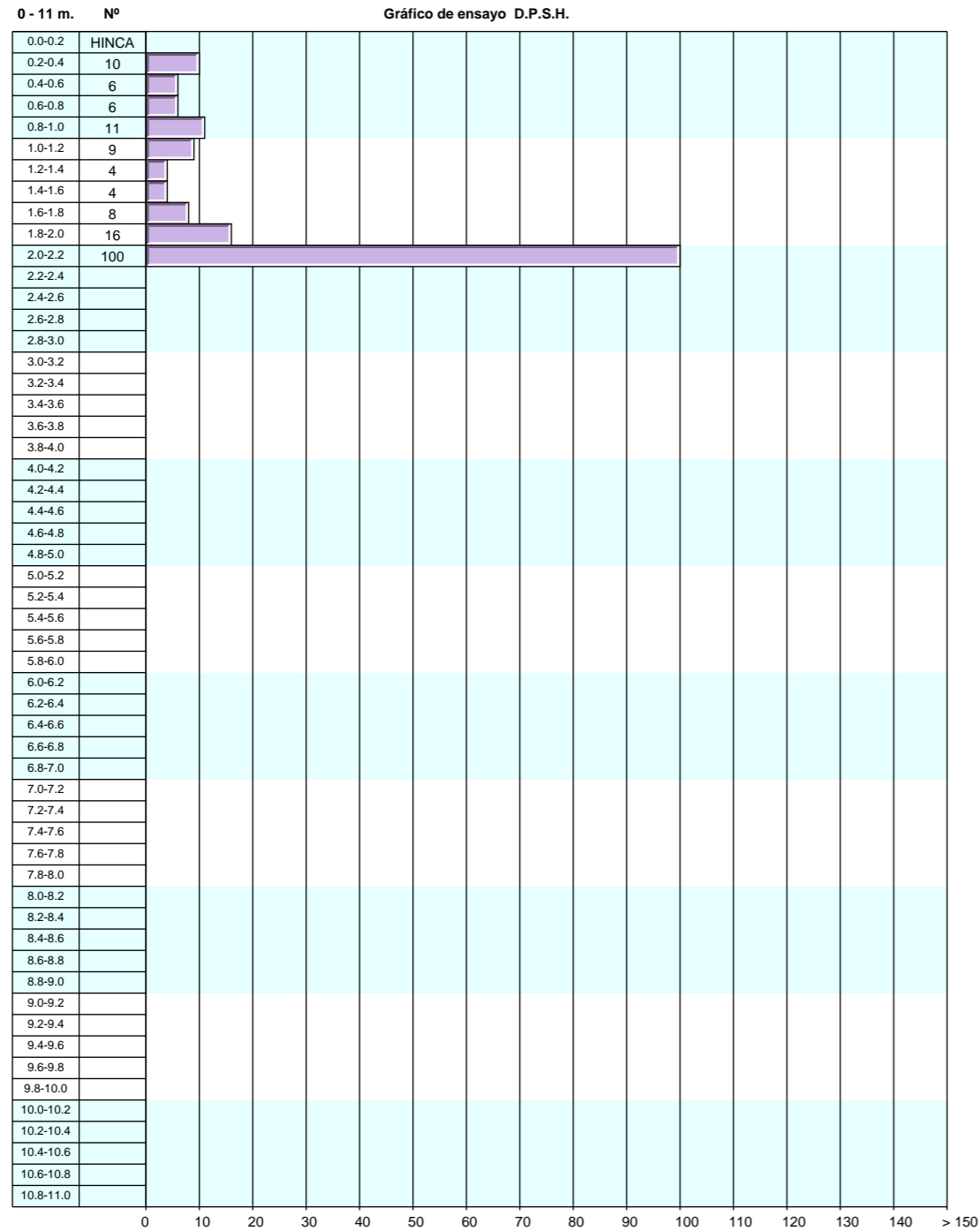
EMPRESA DE SONDEOS: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

PENETRÓMETRO: ROLATEC ML-46

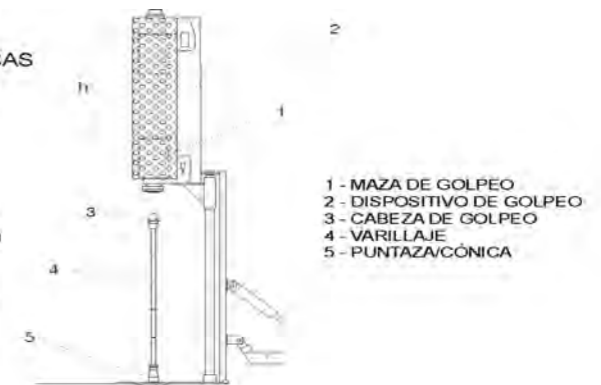
EMPLAZAMIENTO: (585185.72 , 4747536.09)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA D.P.S.H.

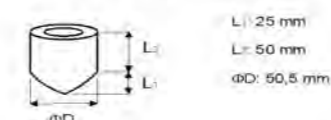


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Peso maza: 63,5 Kg
- Altura de caída (h): 0,76 m
- Diámetro varillaje: 32 mm
- Masa varillaje: 6,31 Kg/m
- Masa dispositivo de golpeo: 108 Kg
- Longitud de varillaje: 1,00 m
- Masa cabeza de golpeo: 0,80 Kg
- Masa puntaza/cono: 0,677 Kg



CARACTERÍSTICAS DEL CONO



- Tipo de cono: Perdido
- Forma: Cilíndrica
- Sección: Cónica 90°
- Área sección: 20 cm²

Norberto Saiz Ruiz
Geólogo
JEFE ÁREA GT (Laboratorio Vigo)



Samuel Cerqueira Mallo
Químico
DIRECTOR DE LABORATORIO

REFERENCIA: P-113126

PD-513

FECHA: 27/09/19

FINALIDAD: ESTUDIO DE DESMONTE

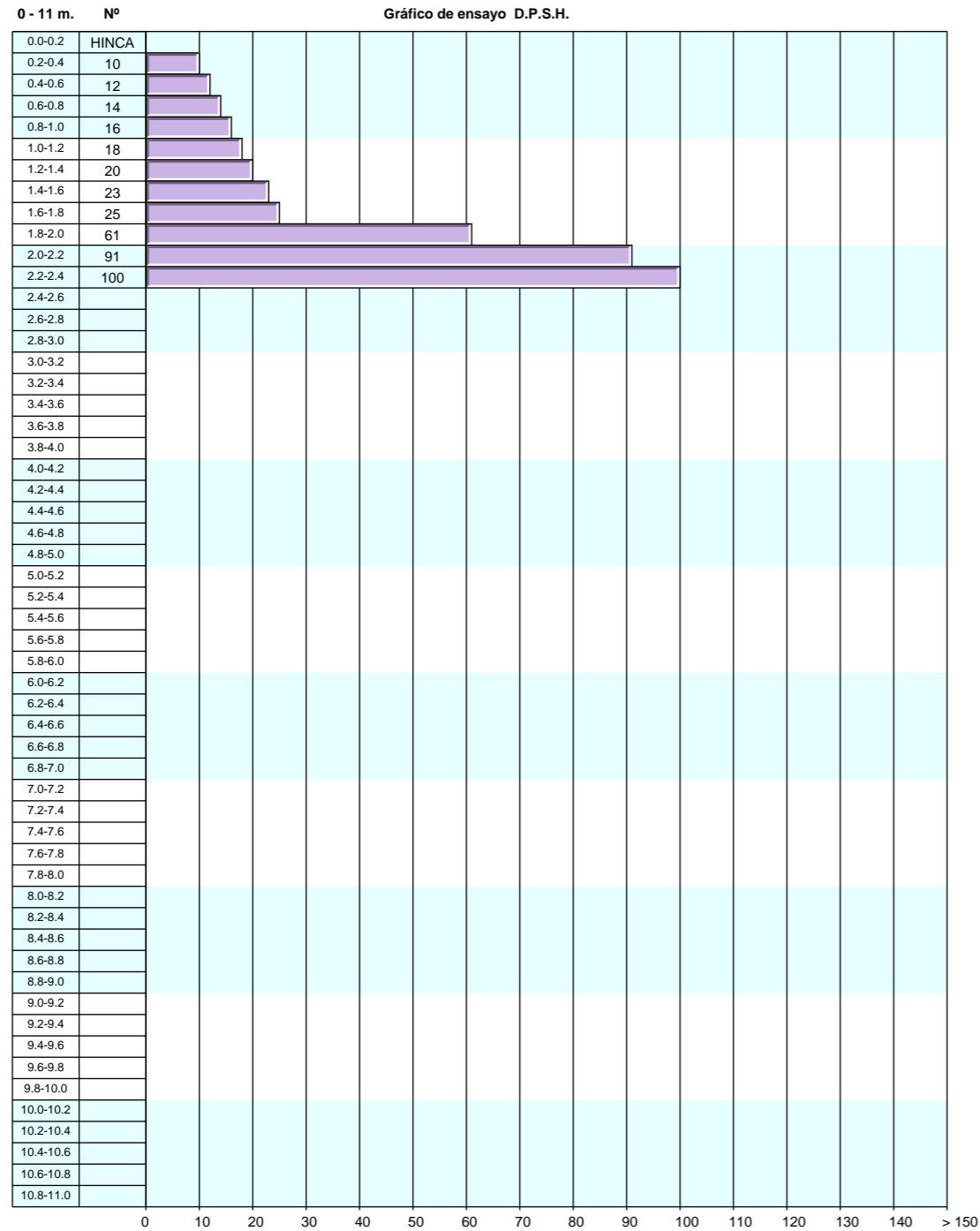
EMPRESA DE SONDEOS: ENMACOSA CONSULTORÍA TÉCNICA, S.A.

PRESENCIA DE AGUA: NO

PENETRÓMETRO: ROLATEC ML-46

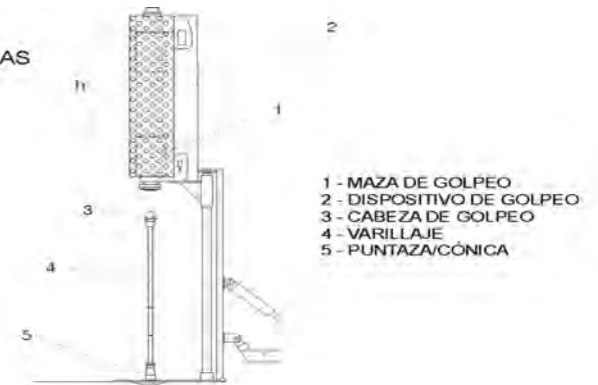
EMPLAZAMIENTO: (585254.78 , 4747970.24)

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA D.P.S.H.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Peso maza: 63,5 Kg
- Altura de caída (h): 0,76 m
- Diámetro varillaje: 32 mm
- Masa varillaje: 6,31 Kg/m
- Masa dispositivo de golpeo: 108 Kg
- Longitud de varillaje: 1,00 m
- Masa cabeza de golpeo: 0,80 Kg
- Masa puntaza/cono: 0,677 Kg



CARACTERÍSTICAS DEL CONO



Norberto Saiz Ruiz
Geólogo
JEFE ÁREA GT (Laboratorio Vigo)



Samuel Cerqueira Mallo
Químico
DIRECTOR DE LABORATORIO

APÉNDICE 6 – ESTUDIO GEOFÍSICO. SÍSMICA DE REFRACCION



ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE SÍSMICA DE REFRACCIÓN EN PROYECTO DE TRAZADO
AUTOVÍA LUGO-SANTIAGO (A-54).

TRAMO: RAMAL DE CONEXIÓN DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547.
CONCELLO DE MELIDE.

Expediente: EGF 12181/19

OCTUBRE DE 2019

ÍNDICE:

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....	3
2.1.	ZONA 1 (PS1).....	3
2.2.	ZONA 2(PS2 Y PS3).....	4
3.	ENCUADRE GEOLÓGICO.....	4
4.	METODOLOGÍA DE SÍSMICA DE REFRACCIÓN.....	5
4.1.	TIPO DE ONDAS SÍSMICAS.....	5
	Ondas P.....	5
	Ondas S.....	5
	Ondas superficiales: Love y Rayleigh.....	5
4.2.	PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS SÍSMICAS.....	5
4.3.	FORMULACIÓN BÁSICA.....	5
4.4.	FORMULACIÓN PARÁMETROS ELÁSTICOS.....	7
4.5.	VELOCIDADES DE PROPAGACIÓN DE ONDAS ELÁSTICAS SÍSMICAS.....	8
4.6.	PARÁMETROS OBTENIDOS.....	8
4.7.	APLICACIONES DEL MÉTODO.....	8
4.8.	LIMITACIONES DEL MÉTODO.....	8
	Ventajas.....	8
	Desventajas.....	8
4.9.	EQUIPO SÍSMICO UTILIZADO.....	10
5.	TRABAJOS SÍSMICOS REALIZADOS.....	10
6.	RESULTADOS OBTENIDOS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	10
6.1.	PS1.....	11
	DATOS SÍSMICOS ESTADÍSTICOS.....	11
	RIPABILIDAD.....	11
	NIVELES GEOMECÁNICOS - CORRELACIÓN N _{spt30}	11
	OBSERVACIONES:.....	11
6.2.	PS2.....	12
	DATOS SÍSMICOS ESTADÍSTICOS.....	12
	RIPABILIDAD.....	12
	NIVELES GEOMECÁNICOS - CORRELACIÓN N _{spt30}	12
	OBSERVACIONES:.....	12
6.3.	PS3.....	13
	DATOS SÍSMICOS ESTADÍSTICOS.....	13
	RIPABILIDAD.....	13
	NIVELES GEOMECÁNICOS - CORRELACIÓN N _{spt30}	13
	OBSERVACIONES:.....	13
7.	RIPABILIDAD O EXCAVABILIDAD.....	14
7.	CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES.....	14

ANEXOS

- 1) ANEXO 1. CROQUIS DE SITUACIÓN DEL ENSAYO
- 2) ANEXO 2. PERFIL SÍSMICO
- 3) ANEXO 3. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

1. INTRODUCCIÓN

ENMACOSA CONSULTORIA TECNICA S.A, ha encargado a INGEOFISA S.L, la realización de una prueba de reconocimiento geofísico mediante el empleo de la técnica de sísmica de refracción, dentro del proyecto de trazado de la autovía Lugo -Santiago (A-54). Tramo: Ramal de Conexión del Enlace de Remonde, con la Carretera N-547.

El **objetivo** de este estudio es determinar el contacto de los diferente niveles existentes, mediante el empleo de investigación geofísica. Para este estudio se ha utilizado el método sísmico mediante el análisis de las llegadas y velocidades de las ondas sísmicas con el objetivo de caracterizar de forma más exhaustiva los diferentes tipos de terreno así como su homogeneidad.

2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Las zonas objeto de estudio se encuentran situadas en la provincia de A Coruña, en el Ayuntamiento de Melide. La situación de los ensayos puede ser consultada en los anexos de este informe.

Las coordenadas geográficas de las zonas a estudio, son

2.1. ZONA 1 (PS1)



En la zona situada en la coordenada UTM 29T (585498.84m E, 4748670.97m N)

2.2. ZONA 2(PS2 Y PS3)



En la zona situada en UTM 29T (585441.08m E, 4748251.99 m N)

3. ENCUADRE GEOLÓGICO

La zona objeto de estudio se enmarca dentro del Macizo Ibérico. (Según Julivert et al., 1972).

El Macizo Ibérico, formado por terrenos que conforman un afloramiento continuo y que ocupan la mayor parte de la mitad occidental de la Península Ibérica se encuentra limitado por otros terrenos esencialmente de edad mesozoica y terciaria. Forma parte de la cadena Hercínica de Europa, cuya traza puede observarse desde Centroeuropa hasta el extremo noroccidental de Francia siguiendo una tendencia general de este a oeste, a continuación, se oculta bajo el Océano Atlántico formando un amplio arco que conecta con la costa noroccidental de la Península Ibérica. A partir de aquí entra en la península diferenciándose en varias zonas alargadas en dirección norte sur. Estas zonas son la Zona Cantábrica, la zona Asturoccidental-leonesa, la zona centroibérica, zona de Ossa Morena y zona Surportuguesa. El área en donde se localiza la parcela se encuentra dentro de la zona de Galicia-Tras-Os-Montes.



Las rocas aflorantes en la parcela se pueden clasificar como anfibolitas en copos o “flocons”, afloran siempre en relación con las rocas ultrabásicas y parecen situarse inmediatamente sobre ellas, como se observa en el Monte Castro y en general en todo el cabalgamiento hercínico más externo. Macroscópicamente son rocas moteadas, de color verdoso, de grano medio a grueso, algo foliadas y formadas casi exclusivamente por feldespatos y anfíboles. Asociadas a zonas de fractura, aparecen intensas recristalizaciones de minerales, formándose anfibolitas de grano grueso, con cristales que a veces alcanzan los cinco centímetros.

4. METODOLOGÍA DE SÍSMICA DE REFRACCIÓN

La prospección geofísica mediante la técnica de Sísmica de Refracción se basa en la generación de ondas mecánicas en el terreno, la propagación por el subsuelo y la caracterización de las condiciones elásticas y geomecánicas dinámicas del terreno en el que se está realizando el estudio.

4.1. TIPO DE ONDAS SÍSMICAS

La transmisión mecánica de la energía a través de un medio físico genera cuatro tipos de ondas sísmicas:

- A. ONDAS QUE SE PROPAGAN A TRAVÉS DEL TERRENO:
- Ondas Longitudinales o Primarias (P)
 - Ondas Transversales o Secundarias (S)
- B. ONDAS QUE SE PROPAGAN POR LA SUPERFICIE DEL SUELO:
- Ondas Love
 - Ondas Rayleigh

Ondas P

Las ondas P se propagan por los materiales, produciendo alternativamente compresiones y dilataciones, dando lugar a un movimiento de propagación de las partículas en la dirección de propagación de la onda. Son las ondas con mayor velocidad de propagación, siendo las primeras en detectarse en un ensayo y por tanto las más fáciles de trabajar con ellas.

Ondas S

Las ondas S se denominan así porque el movimiento de las partículas se produce perpendicularmente a la dirección de propagación de las partículas. El material, a causa de estas ondas experimenta cambios de forma, pero no de volumen. Son difíciles de identificar pero permiten obtener buenos parámetros elásticos del terreno.

Ondas superficiales: Love y Rayleigh

Este tipo de ondas presentan una velocidad de propagación menor a las otras dos anteriores. Son ondas destructivas que afectan a las estructuras superficiales (edificios, puentes, ...), y se generan a partir de terremotos.

4.2. PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS SÍSMICAS

La propagación de las ondas sísmicas, a partir de la fuente generadora, es en todas direcciones, de forma radial y concéntrica como frentes de ondas, con origen en la fuente (Principio de Huygens). Los mecanismos de transmisión de ondas sísmicas se rigen por las mismas leyes de la propagación de los rayos luminosos en óptica. Cuando una onda que se transmite por un medio de velocidad V_1 y llega a una superficie de separación con un medio inferior de velocidad V_2 sufre reflexiones y refracciones (Ley de Snell) y debe cumplir que $V_1 < V_2$. Según el Principio de Conservación de la Energía, los porcentajes de energía inicial en medio V_1 se descomponen en onda reflejada y refractada que se refleja y que se refracta dependen del ángulo de incidencia y del contraste de las propiedades elásticas de ambos medios. Es en esta última propiedad que se basa la sísmica de refracción. La Figura 1 muestra a modo de esquema la dirección de los rayos.

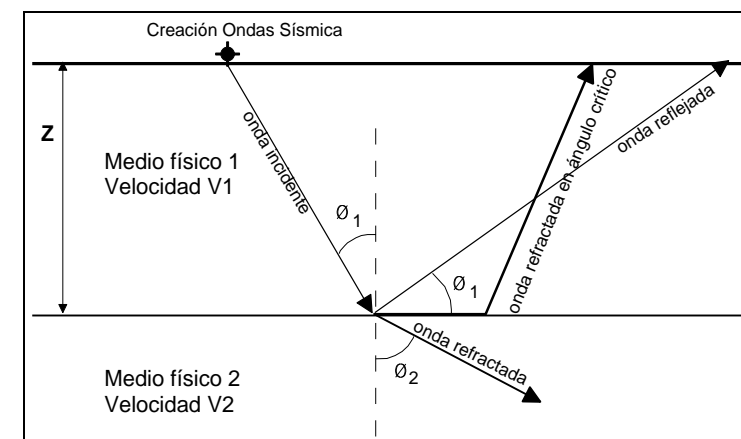


Figura 1. Propagación de ondas de un medio a otro.

La Ecuación 1 expresa la Ley de Snell, tal y como se expresa en la Figura 1.

Ecuación 1

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

Donde: Para el medio físico 1: Velocidad V_1 y ángulo de incidencia θ_1
 Para el medio físico 2: Velocidad V_2 y ángulo de incidencia θ_2 y $\theta_1 < \theta_2$

4.3. FORMULACIÓN BÁSICA

Tal y como se muestra en la Figura 2 se determinará la profundidad Z del medio 1 y la velocidad de propagación V_1 y V_2 a partir del método de refracción en ángulo crítico.

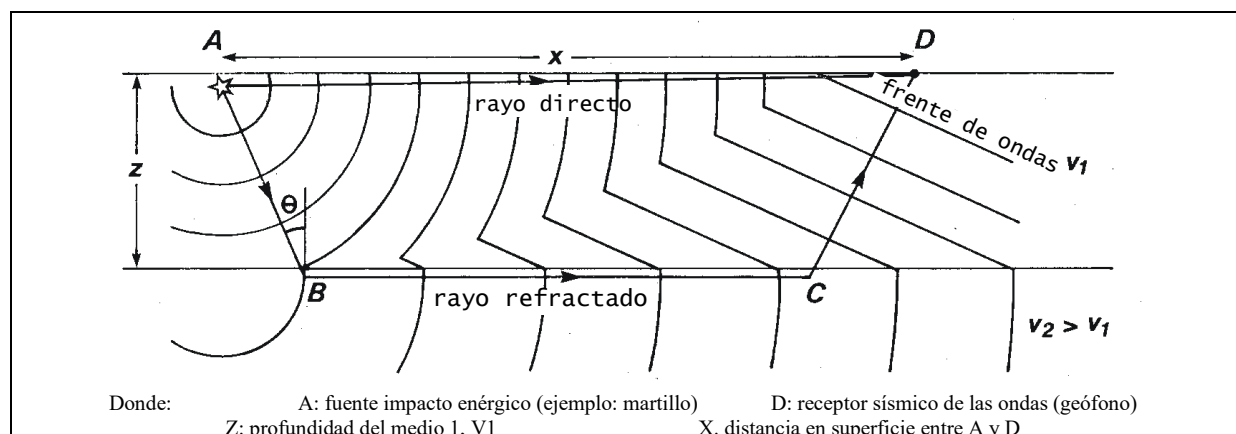


Figura 2. Posición del frente de onda a tiempos sucesivos.

El tiempo de viaje de un rayo directo es:

$$N_c = 19.324 \quad N_q = 9.603 \quad \frac{N_g = 9.442}{S_g = 0.600}$$

En el gráfico Tiempo-Distancia de llegadas de las ondas refractadas a cada geófono (Figura 2), se define una recta de pendiente $1/v_1$ para la onda directa pasando por el origen de coordenadas. Las llegadas reflejadas, por el contrario, se definen mediante la Ecuación 2, que corresponde a la ecuación de una hipérbola.

Ecuación 2
$$t = (x^2 + 4z^2)^{1/2} / v_1$$

Ecuación 3
$$t = x/v_2 + \frac{2z(v_2^2 - v_1^2)^{1/2}}{v_1 v_2}$$

El tiempo de viaje de un rayo refractado viene dado por la Ecuación 4, que es la ecuación de una línea de pendiente $1/v_2$ (Figura 3) e interceptando el eje de tiempos.

Ecuación 4
$$2z(v_2^2 - v_1^2)^{1/2} / v_1 v_2$$

De aquí se obtiene que la profundidad del refractor es:

Ecuación 5
$$z = \frac{t_i v_1 v_2}{2(v_2^2 - v_1^2)^{1/2}}$$

Donde Z es la profundidad de la base del Nivel 1 de velocidad v_1

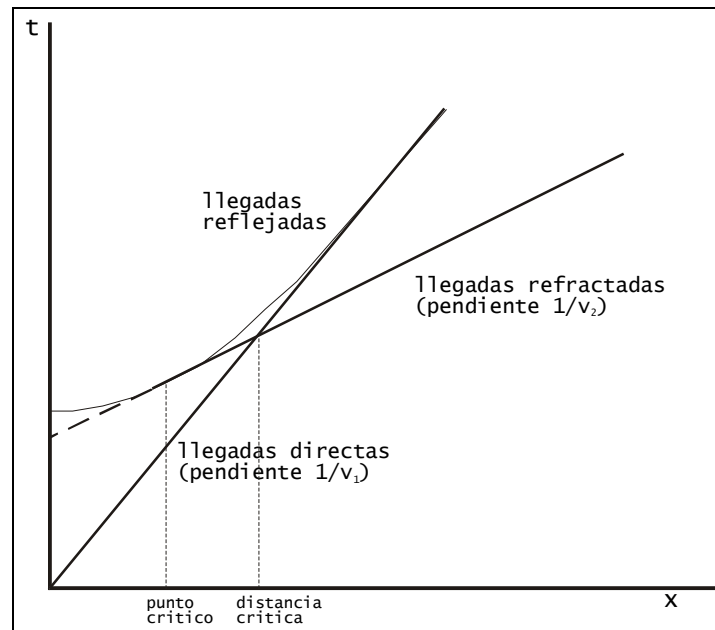


Figura 3. Curvas tiempo - distancia (dromocrónica).

Las Curvas Tiempo-Distancia obtenidas son las llamadas dromocrónicas (Figura 3). La primera recta corresponde a las llegadas directas, mientras que las siguientes corresponden a las velocidades de las distintas capas. El punto crítico es aquel en que el tiempo de llegada de la onda refractada es el mismo que el de la reflejada.

La distancia entre el punto de tiro y el punto en que el tiempo de llegada de la onda directa es igual al de la onda refractada es la denominada distancia crítica. A partir de este punto, la onda directa se recibirá como segunda llegada.

Para determinar la inclinación y dirección de una determinada capa, se realizan dos líneas sísmicas de direcciones opuestas en el mismo perfil, los llamados tiro directo y tiro inverso, de manera que la dromocrónica muestra los cambios de pendiente a diferentes tiempos de llegada entre tiros (Figura 3).

Del mismo modo se generan disparos en medio de la línea sísmica y exteriormente; así se obtienen mayor información de velocidades desde diferentes puntos y variaciones laterales de cada nivel.

Esta formulación representa formulación básica para el cálculo inicial del procesado sísmico. Para cálculos más complejos se utilizan modelos inversos.

4.4. FORMULACIÓN PARÁMETROS ELÁSTICOS

Definimos E como el módulo de deformación que se produce en un estado Tensional (σ), para una deformación producida ϵ . El módulo de deformación E producido para una deformación longitudinal se conoce como del **Módulo de Young**. Las ecuaciones básicas son las siguientes:

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (3.1)$$

y

$$\epsilon_x = \epsilon_y = -\mu \epsilon_z \quad (3.2)$$

donde

ϵ_x , ϵ_y i ϵ_z son las deformaciones en las diferentes direcciones del espacio

E es el módulo de deformación elástico

σ es el esfuerzo aplicado según la dirección indicada.

μ es el coeficiente de Poisson.

El Coeficiente de Poisson se define como la relación entre la deformación transversal y longitudinal tal y como muestra la ecuación (3.3). **El Coeficiente de Poisson** es adimensional y oscila entre 0,05 (para roca sana) y 0,5 (para líquidos).

$$\mu = \frac{\Delta y / y}{\Delta x / x} \quad (3.3)$$

donde

$\Delta y / y$ es la deformación en dirección transversal a la dirección de propagación

$\Delta x / x$ es la deformación en dirección paralela a la dirección de propagación

Definimos G , como el módulo de deformación producido en sentido transversal a la propagación de la deformación o de la dirección de propagación de la ondulada. La expresión (3.4) muestra G a partir del Módulo de Young y el Coeficiente de Poisson. A G se le conoce como el **Módulo de Cizalla**.

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} \quad (3.4) \quad \text{donde}$$

G es el módulo de deformación tangencial o de Cizalla

Por último, definimos B como el Módulo de Deformación por contracción del terreno a partir de un estado Tensional dado (σ); la deformación se produce mediante contracciones y dilataciones del terreno durante el paso de la ondulada. Se conoce B como el **Módulo de Compresibilidad**; Se determina a partir de la ecuación (3.5). B es inverso al módulo de Volumen en dilatación; el módulo de dilatación se conocido con el símbolo K y se expresa según la ecuación (3.6).

$$(3.5)$$

donde

K es el Módulo de Volumen

B es el Módulo de Compresibilidad

y

$$K = \left(V_p^2 * \rho \right) - 4/3 * \left(V_s^2 * \rho \right) \quad (3.6) \quad \text{donde}$$

V_p es la Velocidad de propagación de onda elásticas longitudinal

V_s es la Velocidad de propagación de onda elástica transversal

ρ es la densidad del medio físico de propagación de la onda elástica

Mediante métodos de obtención de ondas sísmicas por prospección geofísica sísmica se pueden obtener las velocidades de propagación de ondas longitudinales V_p y ondas transversales V_s . Con la obtención de estas velocidades se pueden calcular los módulos elásticos del terreno expresados en las ecuaciones (3.1) a (3.6)

4.5. VELOCIDADES DE PROPAGACIÓN DE ONDAS ELÁSTICAS SÍSMICAS

Las ondas elásticas se generan a partir de una fuente emisora. En nuestro caso, la fuente emisora ha sido mecánica tipo martillo ligero de 8 kg.

Las ondas elásticas generadas se propagan en el terreno mediante una determinada velocidad de propagación. Esta velocidad de propagación depende del medio físico donde se propaga. La propagación de las ondas elásticas responden según el Principio de Huygens y las Leyes de Snell. La propagación de la onícula sigue el movimiento ondulatorio armónico.

Se relacionan la velocidades de propagación de ondas elásticas y los módulos elásticos según la siguiente formulación, (Sjögren, 1984):

$$V_p = \left[\frac{E}{\rho} * \frac{1 - \mu}{(1 + \mu) * (1 - 2\mu)} \right]^{1/2} \quad (3.7)$$

donde

V_p es la velocidad sísmica de propagación longitudinal según dirección de propagación de la deformación

E es el módulo de deformación elástico dinámico o de Young

ρ es la densidad del medio físico.

μ es el coeficiente de Poisson.

y

$$V_s = \left[\frac{G}{\rho} \right]^{1/2} = \left[\frac{E}{\rho} * \frac{1}{2 + \mu} \right]^{1/2} \quad (3.8)$$

donde

V_s es la velocidad sísmica de propagación transversal según la

dirección perpendicular de propagación de la deformación

G es el módulo de deformación elástico dinámico transversal o de Cizalla

ρ es la densidad del medio físico.

E es el módulo de deformación elástico dinámico o de Young

μ es el coeficiente de Poisson.

y

$$\frac{V_p}{V_s} = \left(\frac{1/2 - \mu}{1 - \mu} \right)^{1/2} \quad (3.9)$$

donde

V_p es la velocidad sísmica de propagación longitudinal según dirección de

propagación de la deformación

V_s es la velocidad sísmica de propagación transversal o de cizalla perpendicular a la dirección de propagación de la deformación

μ es el coeficiente de Poisson.

Mediante toda esta formulación y a partir de los datos de campo obtenidos en el ensayo sísmico se procederá a la obtención de los parámetros elásticos dinámicos del subsuelo estudiado

4.6. PARÁMETROS OBTENIDOS

Los parámetros que se pueden obtener son a partir de la Prospección Sísmica de Refracción, entre otros:

- Velocidades de propagación de ondas.
- Frecuencias de las ondas.
- Atenuación de las ondas.
- Profundidad de diferentes niveles.
- Cambios laterales de los niveles.
- Identificación y geometría de los diferentes materiales.
- Zonas de fracturación.
- Excavabilidad o ripabilidad.
- Parámetros elásticos dinámicos (E,G,v).

4.7. APLICACIONES DEL MÉTODO

Algunas de las aplicaciones del método son:

- Determinación de las condiciones mecánicas dinámicas del subsuelo.
- Identificación de diferentes litologías.
- Cambios laterales de los niveles.
- Excavabilidad o ripabilidad.
- Análisis exhaustivo de la onda para base cálculo proyecto de túneles.
- Exploración inicial de condiciones geomecánicas para grandes obras civiles (ferrocarril, carretera, túneles, presas, ...). Exploración que media escala (escala 1:10000 o más alta).
- Cualquier tipo de aplicación de estudio geomecánico del subsuelo.

4.8. LIMITACIONES DEL MÉTODO

Ventajas

- Permiten obtener muchos datos en corto espacio de tiempo.
- Cubren importantes áreas de estudio.
- Establecen buenos modelos mecánicos dinámicos a escala de macizo.
- Permiten estudiar zonas donde no entra maquinaria pesada.
- Permiten establecer buenos modelos geológicos poco complicados.
- Su correlación con datos directos (sondeos mecánicos, penetrómetros, ...) permiten establecer modelos geológicos regionales mejor ajustados. El uso combinado de técnicas geofísicas y datos directos resulta muy útil.

Desventajas

- Datos geofísicos indirectos; se establecen modelos geofísicos más probables.
- No permiten observar con fiabilidad niveles blandos intermedios entre niveles duros.
- A partir de los resultados sísmicos se establecen modelos geológicos y litologías en función de tablas; se hace necesario datos directos (sondeos mecánicos, piezoconos, penetrómetros, calicatas, ...) para establecer modelos geológicos más ajustados.

- Las vibraciones producidas por maquinaria pesada en el terreno alteran e interfieren la propia señal de la prospección sísmica. La circulación continua de vehículos también produce vibraciones de interferencia.
- Las deformaciones mecánicas son dinámicas y se refieren a deformaciones del terreno muy pequeñas; difiere de las condiciones de gran deformación para grandes estructuras y con tensiones importantes. La correlación entre deformaciones dinámicas y estáticas se hacen difíciles.
- Modelos geológicos tectónicamente complicados se hacen difíciles de interpretar con métodos sísmicos.

TABLA DE ASIMILACIÓN DE VELOCIDAD SÍSMICAS LONGITUDINALES A DIFERENTES LITOLÓGÍAS Y MATERIALES

Aire	0,33-0,34
Agua dulce	1,4
Agua de mar	1,5
Suelos incoherentes, flojos, secos, tierras	0,18-0,4
Recubrimiento de ladera o Depósitos de vertiente	0,39-0,75
Arcilla y suelos húmedos	0,75-1,9
Arcilla glaciár	0,9-2,4
Arena del fondo del océano	1,8
Suelos gruesos compactos	0,9-2,6
Creta	0,7-2,3
Rocas meteorizadas	0,6-3
Suelos cementados, conglomerados y areniscas	0,9-4,3
Rocas diaclasadas	2-5,5
Lutitas y margas	1,8-5,3
Hormigón	3,6
Caliza	2,1-6,4
Areniscas	1,4-4,3
Rocas metamórficas no meteorizadas	3-6,6
Rocas volcánicas no meteorizadas	3-6,9
Rocas plutónicas sanas	5-7,2

Tabla 1. Velocidades sísmicas longitudinales medias características para diferentes medios geológicos en kilómetros / segundo

4.9. EQUIPO SÍSMICO UTILIZADO

Para este reconocimiento sísmico se ha utilizado un Equipo Sísmico formado por:

- Sismógrafo de Ingeniería de, fabricación USA, Sismógrafo de 24 canales y autoconectables más canales; alta resolución a 24 bits.
- 24 Geófonos de 14 Hz de Frecuencia.
- Generador de Ondas mediante maza de 8 kg (martillo) y placa.
- Cables correspondientes para Sismógrafo, Geófonos y Martillo.
- Adquisición de datos en sismógrafo: Frecuencias entre 1.5 Hz hasta 20 KHz, in situ: lectura en pantalla de los datos obtenidos, procesado in situ de las llegadas, almacenado digital de la señal en formato DAT, apilamiento de la señal, función Ruido de la señal, función Sensibilidad del disparador, Grabado en continuo, Más funciones,
- Software de adquisición de datos y Software de Interpretación de datos in situ preliminar mediante programa informático integrado con el hardware.
- Conectado a ordenador portátil para almacenamiento, visión y diseño de los sismogramas mediante Ethernet.

5. TRABAJOS SÍSMICOS REALIZADOS

La trabajos de investigación se llevaron a cabo el día veintisiete de Septiembre de 2019. Se ha realizado un perfil sísmico con recepción del sismograma completo, mediante geófonos de frecuencia 14 HZ. En procesado se han analizado las ondas P y S. La situación de este ensayo puede ser consultada en el apartado de anexos.

El procesado ha sido realizado mediante programas sísmicos específicos.

Número de perfil	Longitud del perfil sísmico (m)s	Número de geófonos	Distancia entre geófonos/electrodos (m)	Fecha Realización del ensayo
PS1	115	24	5	27/09/2019
PS2	115	24	5	27/09/2019
PS3	115	24	5	27/09/2019

6. RESULTADOS OBTENIDOS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los datos de campo obtenidos digitalmente mediante sismogramas se han transformado a datos tiempos-distancias para su análisis mediante el software específico.

A continuación, presentamos los resultados obtenidos del procesado y su interpretación.

6.1. PS1

DATOS SÍSMICOS ESTADÍSTICOS

valor	Velocidad Vp (m/s)				Profundidad media (m)				z1 topo (m)	z2 (m)	z3 (m)	Z4(m)	Zmax (m)
	Vp1	Vp2	Vp3	Vp4	H2	H3	H4	Dmax					
Máxima	676	1538	3333		4,52	16,82		22,71	483,00	480,49	470,21		465,41
Mínima	380	744	1613		0,74	3,76		0,00	466,00	467,13	459,93		449,68
Promedio	524	1084	2321		1,99	8,75		13,77	473,88	473,34	464,25		457,51
Mediana	543	1099	2055		1,66	8,36		14,17	474,25	473,10	463,53		457,81

RIPABILIDAD

Niveles Litológicos Interpretados	Rango de Vp (m/s)		Vp media	RIPABILIDAD SEGÚN Vp MEDIA PARA RIPERS Y GIRATORIA CATERPILLAR				Retroexcavadora Modelo 416F2
	Mínimo	Máximo	(m/s)	Tractor D7G	Tractor D8L	Tractor D9L	Tractor D10L	(88 cv)
				(270 CV)	(300 CV)	(400 CV)	(500 CV)	(88 cv)
Nivel 1: Cuaternario	380	676	524	RIPABLE	RIPABLE	RIPABLE	RIPABLE	MARGINAL
Nivel 2: Roca Muy Alterada (IV-V)	744	1538	1084	RIPABLE	RIPABLE	RIPABLE	RIPABLE	NO RIPABLE
Nivel 3: Nivel 3: Roca Algo Alterada (II-IV)	1613	3333	2321	NO RIPABLE	MARGINAL	RIPABLE	RIPABLE	NO RIPABLE

NIVELES GEOMECÁNICOS - CORRELACIÓN N_{spt30}

- NIVEL 1. Cuaternario: Vp media 524 m/s. N_{spt30} promedio correlacionado (según Hellín y Ferreiro, 2004); 9.31 . Profundidad media base nivel 1: -1.99 m
- NIVEL 2. Roca Muy Alterada (IV-V). Vp media 1084 m/s. N_{spt30} promedio correlacionado (según Hellín y Ferreiro, 2004) 23.75. Profundidad media base nivel 2: -8.75 m
- NIVEL 3 Roca Algo Alterada (II-IV) Vp media 2321 m/s. N_{spt30} promedio correlacionado (según Hellín y Ferreiro, 2004) 80.72. Prof. Máxima media: -13.77 m

OBSERVACIONES:

- La roca varía bastante su comportamiento en el conjunto del perfil.

6.2. PS2

DATOS SÍSMICOS ESTADÍSTICOS

valor	Velocidad Vp (m/s)				Profundidad media (m)				z1 topo (m)	z2 (m)	z3 (m)	z4(m)	Zmax (m)
	Vp1	Vp2	Vp3	Vp4	H2	H3	H4	Dmax					
Máxima	789	1667	4717		5,07	18,50		28,95	475,00	472,98	468,59		459,75
Mínima	439	1000	1875		2,02	6,41		7,97	475,00	469,93	456,50		446,05
Promedio	574	1311	2987		3,08	11,61		20,14	475,00	471,92	463,39		452,29
Mediana	562	1217	2766		2,64	11,74		21,42	475,00	472,36	463,26		452,15

RIPABILIDAD

	RIPABILIDAD SEGÚN Vp MEDIA PARA RIPERS Y GIRATORIA CATERPILLAR							
	Rango de Vp (m/s)		Vp media	Tractor D7G	Tractor D8L	Tractor D9L	Tractor D10L	Retroexcavadora Modelo 416F2 (88 cv)
Niveles Litológicos Interpretados	Mínimo	Máximo	(m/s)	(270 CV)	(300 CV)	(400 CV)	(500 CV)	(88 cv)
Nivel 1: Cuaternario	439	789	574	RIPABLE	RIPABLE	RIPABLE	RIPABLE	MARGINAL
Nivel 2: Roca Muy Alterada (IV-V)	1000	1667	1311	RIPABLE	RIPABLE	RIPABLE	RIPABLE	NO RIPABLE
Nivel 3: Nivel 3: Roca Algo Alterada (II-IV)	1875	4717	2987	NO RIPABLE	NO RIPABLE	MARGINAL	MARGINAL	NO RIPABLE

NIVELES GEOMECÁNICOS - CORRELACIÓN Nspt30

- NIVEL 1. Cuaternario: Vp media 571 m/s. Nspt30 promedio correlacionado (según Hellín y Ferreiro, 2004); 10,19 . Profundidad media base nivel 1: - 3.08m
- NIVEL 2. Roca Muy Alterada (IV-V). Vp media 1311 m/s. Nspt30 promedio correlacionado (según Hellín y Ferreiro, 2004) 28,74. Profundidad media base nivel 2: -11.61 m
- NIVEL 3 Roca Algo Alterada (II-IV) Vp media 2987 m/s. Nspt30 promedio correlacionado (según Hellín y Ferreiro, 2004) 103,88. Prof. Máxima media: -28.95 m

OBSERVACIONES:

Aceptable continuidad lateral de niveles y velocidades

6.3. PS3

DATOS SÍSMICOS ESTADÍSTICOS

valor	Velocidad Vp (m/s)				Profundidad media (m)				z1 topo (m)	z2 (m)	z3 (m)	Z4(m)	Zmax (m)
	Vp1	Vp2	Vp3	Vp4	H2	H3	H4	Dmax					
Máxima	714	1626	5772		4,06	17,62		31,24	475,00	474,34	471,28		466,11
Mínima	317	763	1912		0,66	3,72		8,89	475,00	470,94	457,38		443,76
Promedio	541	1255	2946		1,91	9,30		15,67	475,00	473,09	465,70		458,91
Mediana	575	1286	2416		1,77	7,45		12,69	475,00	473,23	467,55		461,35

RIPABILIDAD

RIPABILIDAD SEGÚN Vp MEDIA PARA RIPERS Y GIRATORIA CATERPILLAR								
Niveles Litológicos Interpretados	Rango de Vp (m/s)		Vp media	Tractor D7G	Tractor D8L	Tractor D9L	Tractor D10L	Retroexcavadora Modelo 416F2 (88 cv)
	Mínimo	Máximo	(m/s)	(270 CV)	(300 CV)	(400 CV)	(500 CV)	(88 cv)
Nivel 1: Cuaternario	317	714	541	RIPABLE	RIPABLE	RIPABLE	RIPABLE	MARGINAL
Nivel 2: Roca Muy Alterada (IV-V)	763	1626	1255	RIPABLE	RIPABLE	RIPABLE	RIPABLE	NO RIPABLE
Nivel 3: Nivel 3: Roca Algo Alterada (II-IV)	1912	5772	2946	NO RIPABLE	NO RIPABLE	MARGINAL	MARGINAL	NO RIPABLE

NIVELES GEOMECÁNICOS - CORRELACIÓN Nspt30

- NIVEL 1. Cuaternario: Vp media 541.41 m/s. Nspt30 promedio correlacionado (según Hellín y Ferreiro, 2004); 9.61 . Profundidad media base nivel 1: - 1.91m
- NIVEL 2. Roca Muy Alterada (IV-V). Vp media 1254,66 m/s. Nspt30 promedio correlacionado (según Hellín y Ferreiro, 2004) 27,49. Profundidad media base nivel 2: -9.30 m
- NIVEL 3 Roca Algo Alterada (II-IV) Vp media 2945.88 m/s. Nspt30 promedio correlacionado (según Hellín y Ferreiro, 2004) 102,46. Prof. Máxima media: -15.67 m

OBSERVACIONES:

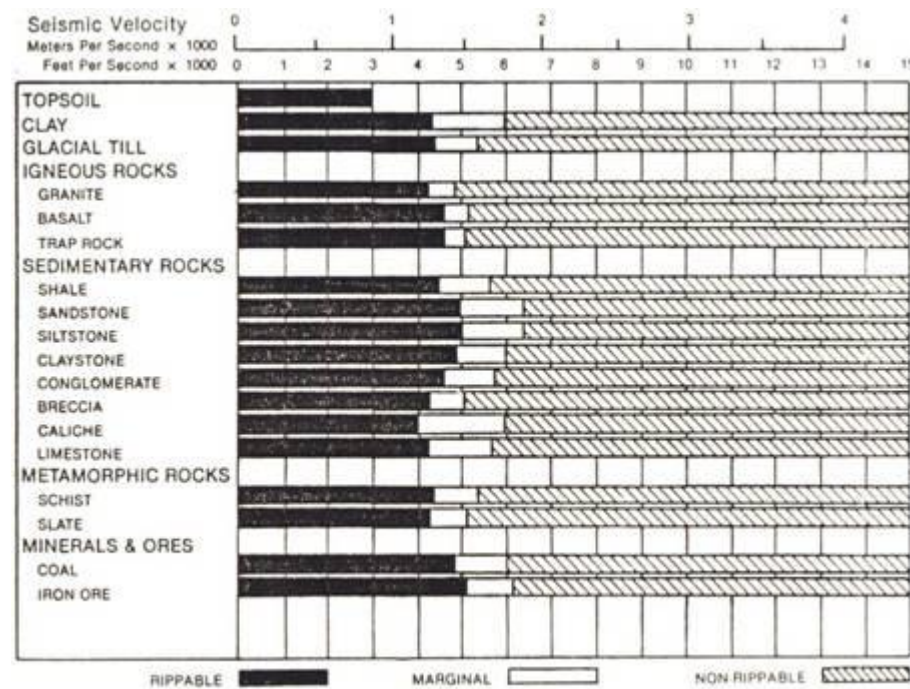
Algo de cambios laterales tanto en la profundidad como en las velocidades, interpretados como filones o cambios tectonoestructurales significativos.

7. RIPABILIDAD O EXCAVABILIDAD

Un criterio universalmente aceptado para determinar si una formación rocosa es ripable o no, se basa en la medida de la velocidad de propagación de las ondas sísmicas longitudinales. Esta velocidad sísmica varía con la resistencia de la roca matriz y con la fracturación del macizo rocoso.

En función de la experiencia existente del comportamiento en cuanto a ripabilidad en función de las velocidades sísmicas, para un valor de 1700 m/s se puede considerar todo ripable y por encima de 3500 m/s la ripabilidad es nula. Entre 1700 m/s y 2100 m/s el rendimiento de la ripabilidad suele ser bajo y según el tipo de roca representa un gran coste económico. Debido a este condicionante, y si el contorno geológico y estructural lo permite, se aconseja siempre voladura o prevoladura por encima de 2100 metros / segundo.

De los resultados de la tabla de ripabilidad, que se adjuntan a continuación.



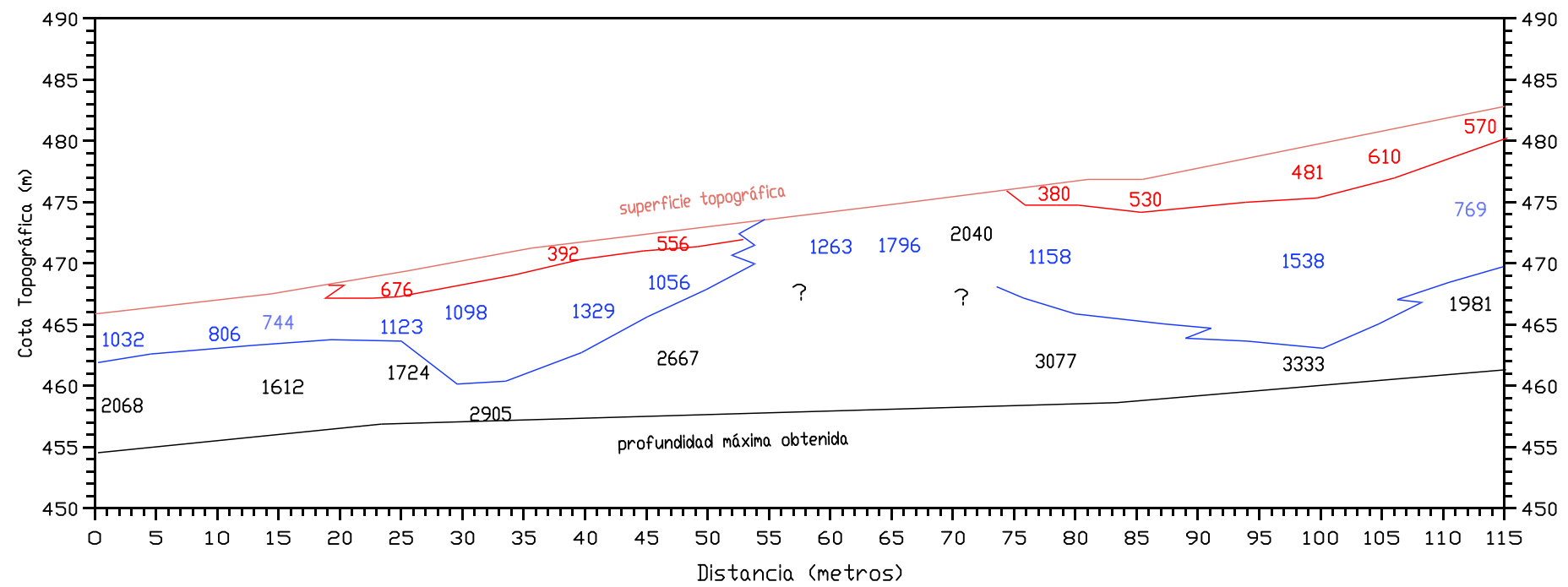
7. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES

1. Se han realizado tres perfiles sísmicos con procesado de ondas, con el objetivo de determinar el estado mecánico del macizo y/o el grado de alteración de la roca así como la potencia del recubrimiento cuaternario.
2. En el anexo 1 se representan los perfiles sísmicos con las velocidades y profundidades obtenidas.
3. En las zonas a estudio se ha detectado un cuaternario, con una potencia media de entre 2 y 3 m con una distribución muy homogéneas a lo largo del perfil.
4. Por debajo del nivel cuaternario, se ha definido un nivel 2, con velocidades muy heterogéneas entre 700 y 1700 m/s situándose la velocidad media entre 1100 y 1300 m/s, que asociamos a un sustrato rocoso muy meteorizado GA IV-V.
5. Las velocidades sísmicas máximas obtenidas para el nivel 3 alcanzan un máximo de 5772 m/s que correlacionamos con una roca sana GA I, no obstante las velocidades medias obtenidas se sitúan entre 2300 y 2990 m/s que se asocian a roca GA IV-III para velocidades superiores a 2000 m/s y GA II-III para velocidades superiores a 3000 m/s.
6. La excavabilidad propuesta está estimada en función de las tablas propuestas por los fabricantes en función del tipo de máquina. Hay que tener presente que hay varios factores que afectan a la excavabilidad, siendo los principales los que se enumeran a continuación: el tipo de máquina, el tipo de ripper, la fracturación de la roca, anisotropía y estratificación, dirección de excavación y rendimiento de la máquina. **En su conjunto el nivel 1 es ripable con cualquier tipo de maquinaria, el nivel 3 no es ripable con maquinaria de potencia media**, consiguiéndose rendimiento marginal para maquinaria de gran potencia, la ripabilidad en el nivel 2 es muy variable siendo incluso no ripable en función del tipo de ripper usado, (ver apartado 6 y anexo 1).
7. Se ha de tener presente que para la representaciones de los perfiles se ha utilizado la cartografía facilitada.

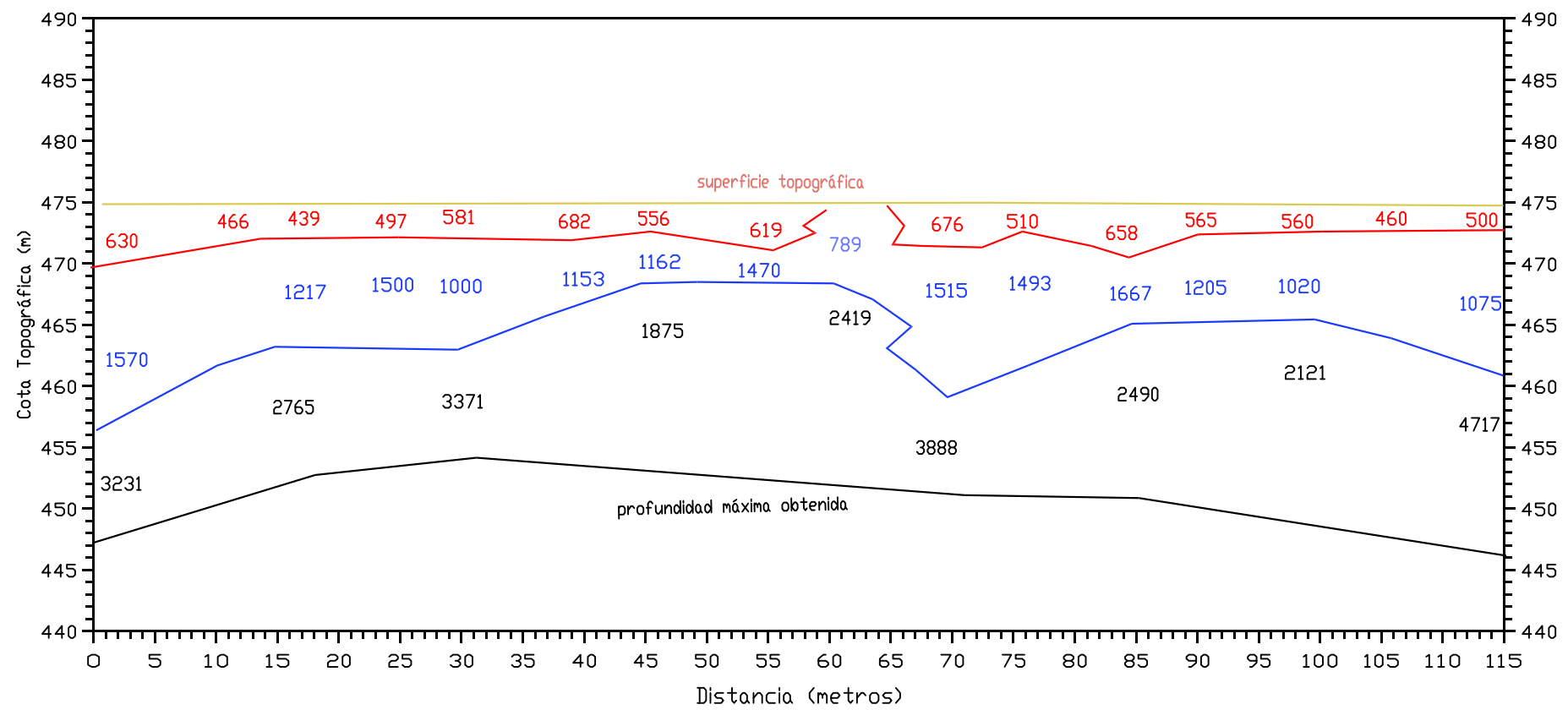
Carlos Ferreiro Fernández

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'CF' with a stylized flourish above it.

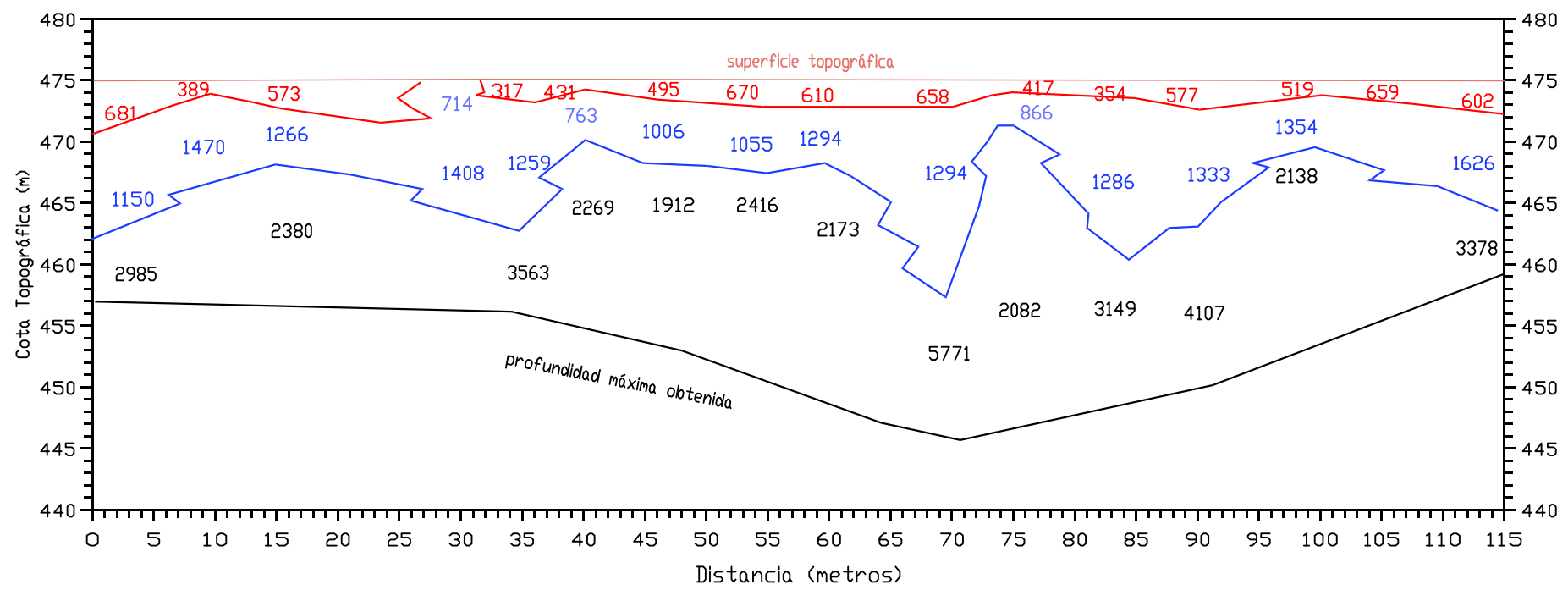
Septiembre de 2019
Geólogo Colegiado por ICOGA nº727



Nivel 1: Cuaternario Vp media= 524 m/s; H2 (prof. 1.99 m media base nivel)
 Nivel 2: Roca Muy Alterada (IV-V) Vp media= 1084m/s; H3 (prof. media base nivel: 8.75 m)
 Nivel 3: Roca Algo Alterada (III-IV) Vp media= 2321 m/s; H3 (prof. media máxima obtenida: 13.77 m)



Nivel 1: Cuaternario Vp media= 574 m/s; H2 (prof. 3.08 m media base nivel)
 Nivel 2: Roca Muy Alterada (IV-V) Vp media= 1311m/s; H3 (prof. media base nivel: 11.61 m)
 Nivel 3: Roca Algo Alterada (III-IV) Vp media= 2987 m/s; H3 (prof. media máxima obtenida: 20.14 m)



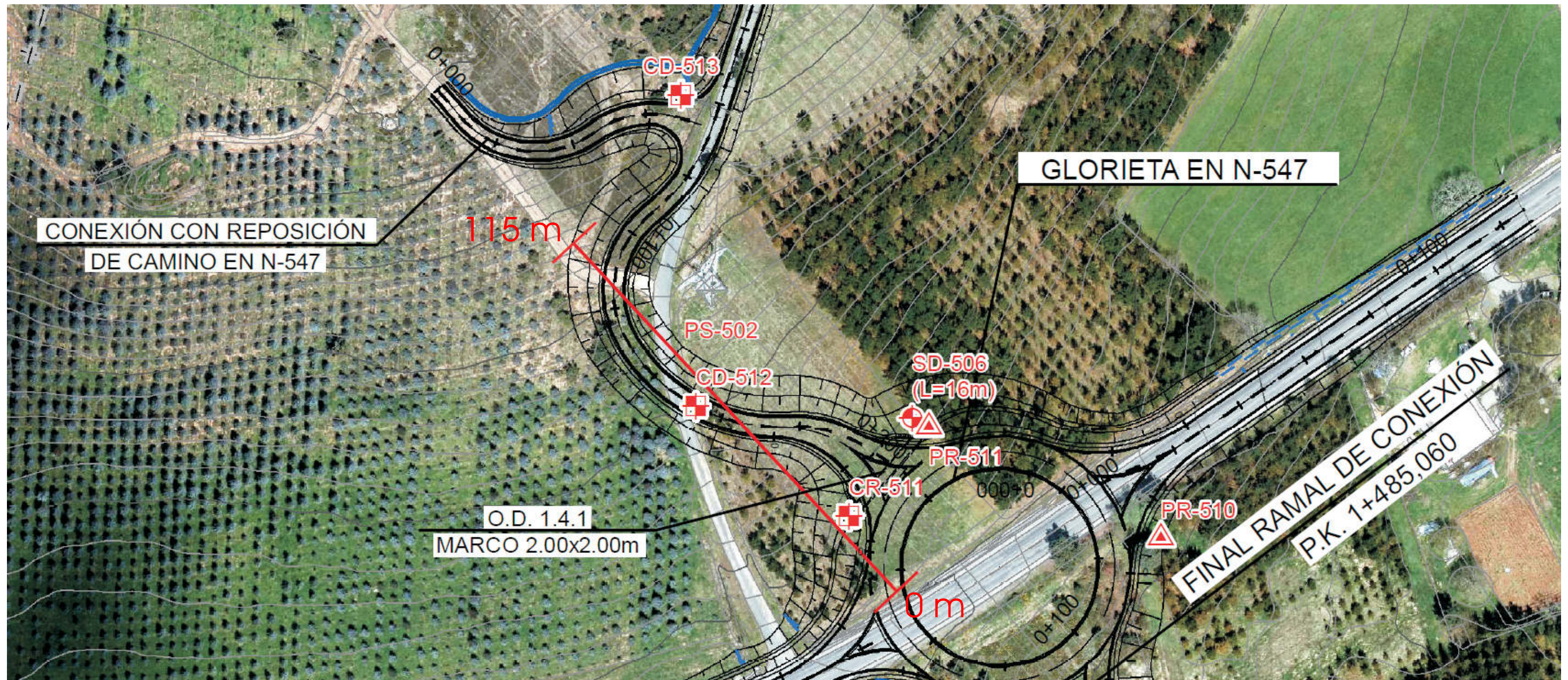
Nivel 1: Cuaternario Vp media= 541 m/s; H2 (prof. 1.91 m media base nivel)
 Nivel 2: Roca Muy Alterada (IV-V) Vp media= 1255 m/s; H3 (prof. media base nivel: 9.3 m)
 Nivel 3: Roca Algo Alterada (III-IV) Vp media= 2946 m/s; H3 (prof. media máxima obtenida: 15.67 m)

Anexo 2.1

Croquis de situación



Expediente: EGF 12181/19
Localidad: Concello de Melide



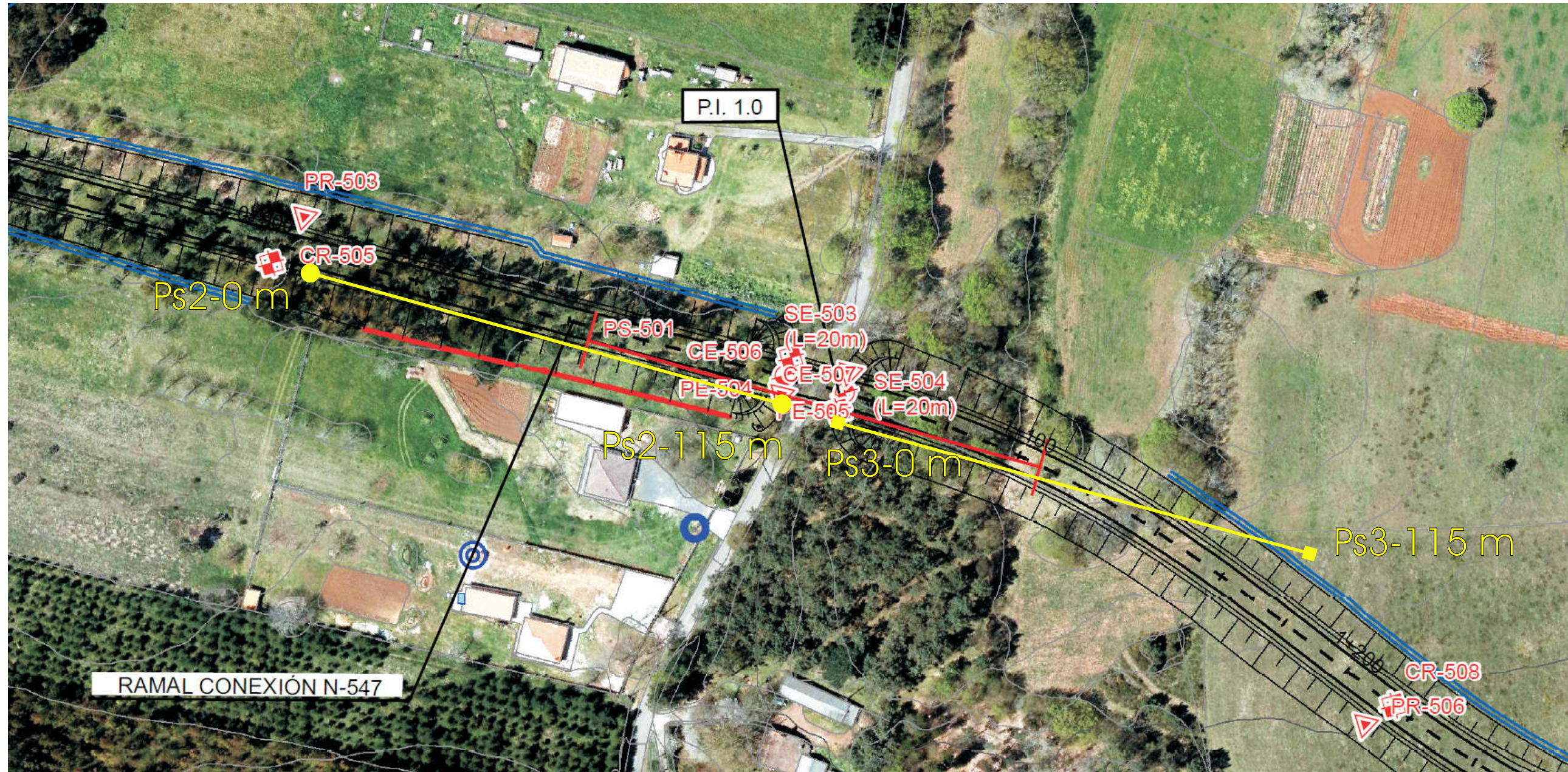
Ps1 |-----|

Anexo 2.2

Croquis de situación



Expediente:	EGF 12181/19
Localidad:	Concello de Melide



Ps2 ● — ●
Ps3 ■ — ■

Expediente:	EGF 12181/19
Localidad:	Concello de Melide

Sísmicas de Refracción



Ps1



Ps2



Ps3

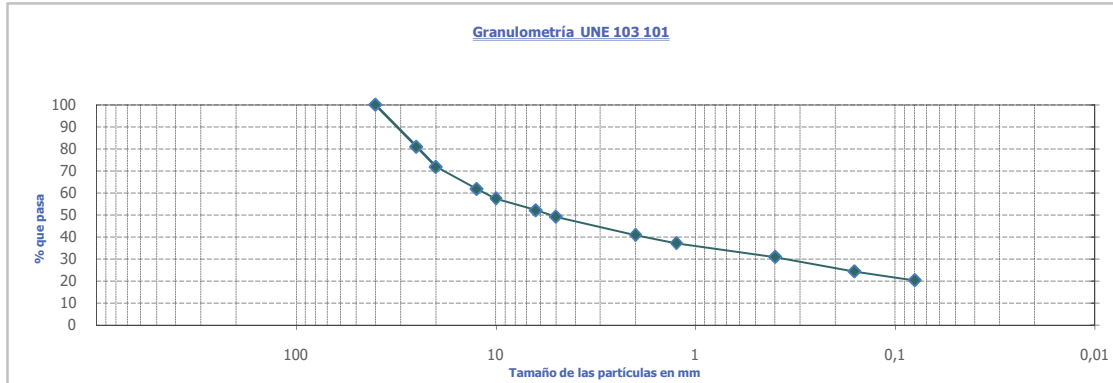
APÉNDICE 7 – ACTAS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 154184** FECHA DE ENTRADA: **04/11/2019** Página 1 de 1

PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** REFERENCIA: **C-113126**
 OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO** FECHA DE TOMA: **04/11/2019**
 PROCEDENCIA: **MI. SR-501**
 LUGAR DE TOMA: **1,50 - 1,90 m** **SUELO**

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
 - Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
 - Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.
 - Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
 - Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
 - Pasa 0,40 mm > 15%:
 - Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
 - Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% PASA					100	81	72	62	57	52	49	41	37	31	24	20.4

Ensayo	Norma	Resultado*
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido: 37.3 Límite Plástico: NO Índice de Plasticidad: 0
Humedad natural	UNE 103 300	13.4%
Densidad de un suelo	UNE 103 601	Densidad Húmeda: 2.24 g/cm ³ Densidad seca: 1.98 g/cm ³
Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles	UNE 103 201	0.002%

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

Mos, 20 de noviembre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo
 ● Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibida
 ● No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de enmacosa consultoría técnica.

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
 GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 154185** FECHA ENTRADA: **04/11/2019** Página 1 de 2

REFERENCIA: **C-113126** LOCALIZACIÓN MUESTRA: **TP. SR-501**
 PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** PROFUNDIDAD: **6,35 - 6,60 m**
 OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO**
 TIPO DE MUESTRA: **ROCA** **ROCA**

RESISTENCIA A COMPRESIÓN UNIAXIAL DE PROBETAS DE ROCA. UNE 22950-1

TESTIGO	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	ESBELTEZ	HUMEDAD (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	CARGA ROTURA (Tn)	TENSIÓN ROTURA (MPa)	TENSIÓN CORREGIDA (MPa)
1	68.7	113.0	1.64	0.05	2.87	59.5	157.2	153.3



Foto N°1
Vista del testigo después de la rotura

Observaciones: El cálculo usado para la determinación de la tensión corregida ha sido extraído de la norma NLT-250

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE ÁREA GT

● Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas.
 ● No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de enmacosa consultoría técnica.

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con N° GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA N° **99 154185** FECHA ENTRADA: **04/11/2019** Página 2 de 2

REFERENCIA: **C-113126** LOCALIZACIÓN MUESTRA: **TP. SR-501**
 PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** PROFUNDIDAD: **6,35 - 6,60 m**
 OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO**
 TIPO DE MUESTRA: **ROCA**

RESISTENCIA A TRACCIÓN. ENSAYO BRASILEÑO. UNE 22950-2

TESTIGO	DIÁMETRO (mm)	ESPESOR (mm)	ESBELTEZ	PESO (g)	DENSIDAD (g/cm3)	CARGA ROTURA (kg)	RESISTENCIA A TRACCIÓN (MPa)
1	68.7	36.06	0.52	377.50	2.82	6009.7	11.9



Foto N°1
Vista del testigo después de la rotura

Observaciones: El cálculo usado para la determinación de la tensión corregida ha sido extraído de la norma NLT-250

Mos, 19 de noviembre de 2019

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE ÁREA GT

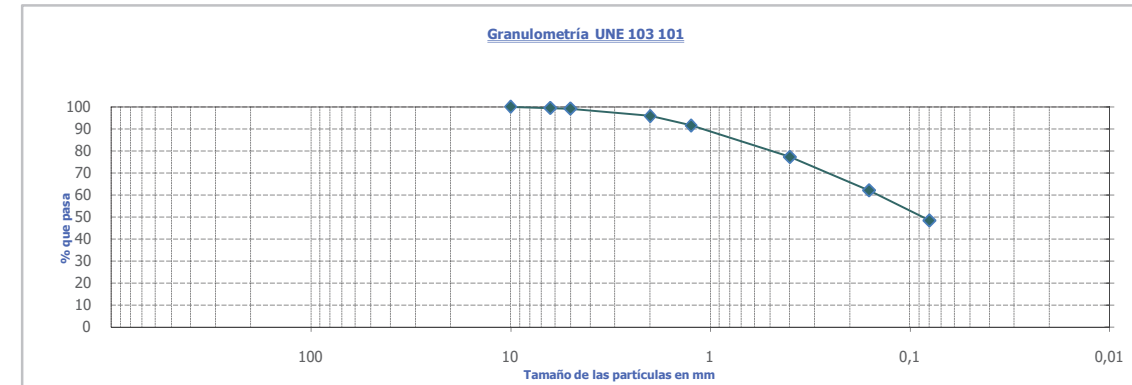
- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas.
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de **enmacosa consultoría técnica**

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con N° GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA N° **99 154186** FECHA DE ENTRADA: **04/11/2019** Página 1 de 1

PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** REFERENCIA: **C-113126**
 OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO** FECHA DE TOMA: **04/11/2019**
 PROCEDENCIA: **MI. SD-502**
 LUGAR DE TOMA: **1,50 - 2,10 m** **SUELO**

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes
 - Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101
 - Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
- Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% PASA									100	99	99	96	92	77	62	48,5

Ensayo	Norma	Resultado*	
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido	45.5
		Límite Plástico	27.8
		Índice de Plasticidad	17.7
Humedad natural	UNE 103 300	16.6%	----
Densidad de un suelo	UNE 103 601	Densidad Húmeda	1.99 g/cm ³
		Densidad seca	1.71 g/cm ³
Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles	UNE 103 201	0.011%	

- Seleccionado L.L. < 30 y I.P. < 10
- Adecuado 30 < L.L. < 40
- Tolerable L.L. > 30 I.P. > 4
- Marginal 40 < L.L. < 65
- L.L. > 40 I.P. > 0,73x(L.L. - 20)
- L.L. > 90 I.P. < 0,73x(L.L. - 20)
- L.L. > 65

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

Mos, 19 de noviembre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo

- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibida
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de **enmacosa consultoría técnica**.



TRIAxIAL DE SUELOS (Norma UNE 103402)

CLIENTE: ENMACOSA, S.A.
 TRABAJO:
 INDICATIVO: 19335 LABORANTE: Elena Buitrago
 MUESTRA: 99 154186 FECHA: 25/11/19 Hoja 2 de 2

CDIAM-EnsyTRS (20030721)

Captura de datos

PROBETA I (6,5 kp/cm ²)		
s1-s3 (kp/cm ²)	ε (%)	u (kp/cm ²)
0,00	0,00	6,00
0,61	0,51	6,05
0,92	1,01	6,05
1,12	1,51	6,04
1,27	1,99	6,03
1,37	2,48	6,02
1,43	2,98	6,01
1,47	3,48	6,01
1,54	3,97	6,00
1,60	4,45	5,99
1,61	4,94	5,99
1,64	5,44	5,97
1,66	5,95	5,97
1,69	6,45	5,96
1,72	6,95	5,96
1,75	7,45	5,96
1,79	7,93	5,96
1,83	8,42	5,95
1,83	8,91	5,95
1,83	9,40	5,94
1,82	9,89	5,94
1,82	10,38	5,93
1,82	10,86	5,93
1,81	11,34	5,92
1,80	11,84	5,92
1,79	12,34	5,91
1,79	12,84	5,91
1,78	13,33	5,90
1,77	13,83	5,90
1,77	14,32	5,89
1,76	14,80	5,89
1,75	15,29	5,88
1,74	15,77	5,88
1,73	16,27	5,87
1,72	16,76	5,87
1,69	17,24	5,86
1,67	17,72	5,86
1,67	18,21	5,85
1,63	18,70	5,85

PROBETA II (7,5 kp/cm ²)		
s1-s3 (kp/cm ²)	ε (%)	u (kp/cm ²)
0,00	0,00	6,00
0,96	0,50	6,05
1,12	1,01	6,08
1,33	1,51	6,11
1,58	2,02	6,14
1,87	2,52	6,19
2,21	3,02	6,24
2,55	3,53	6,27
2,86	4,03	6,26
3,11	4,54	6,24
3,34	5,04	6,20
3,57	5,54	6,17
3,78	6,05	6,15
3,95	6,55	6,12
4,08	7,06	6,08
4,20	7,56	6,05
4,29	8,07	6,03
4,35	8,57	6,00
4,39	9,07	5,98
4,42	9,58	5,96
4,43	10,08	5,94
4,47	10,59	5,93
4,52	11,09	5,91
4,58	11,59	5,90
4,65	12,10	5,89
4,71	12,60	5,88
4,72	13,11	5,87
4,72	13,61	5,86
4,72	14,11	5,85
4,71	14,62	5,85
4,68	15,12	5,84
4,67	15,63	5,83
4,68	16,13	5,83
4,68	16,63	5,82
4,68	17,14	5,81
4,69	17,64	5,81
4,72	18,15	5,80

PROBETA III (9 kp/cm ²)		
s1-s3 (kp/cm ²)	ε (%)	u (kp/cm ²)
0,00	0,00	6,00
0,93	0,48	6,19
1,34	0,97	6,40
1,68	1,47	6,56
1,95	1,98	6,60
2,41	2,48	6,62
2,78	2,98	6,66
3,12	3,47	6,67
3,42	3,96	6,66
3,68	4,45	6,65
4,08	4,94	6,64
4,47	5,43	6,62
4,64	5,93	6,61
4,90	6,42	6,60
5,13	6,90	6,59
5,33	7,40	6,58
5,64	7,90	6,58
5,73	8,41	6,57
5,87	8,91	6,57
6,00	9,40	6,57
6,04	9,90	6,57
6,05	10,38	6,57
6,06	10,87	6,58
6,04	11,36	6,58
6,03	11,85	6,58
6,02	12,35	6,59
6,00	12,85	6,59
5,98	13,33	6,60
5,95	13,82	6,60
5,93	14,31	6,60
5,90	14,81	6,61
5,86	15,32	6,61
5,82	15,81	6,61
5,78	16,31	6,62
5,73	16,80	6,62
5,68	17,29	6,62
5,63	17,77	6,62
5,52	18,25	6,63



TRIAxIAL DE SUELOS (Norma UNE 103402)

CLIENTE: ENMACOSA, S.A.
 TRABAJO:
 INDICATIVO: 19335 LABORANTE: Elena Buitrago
 MUESTRA: 99 154186 FECHA: 25/11/19 Hoja 1 de 2

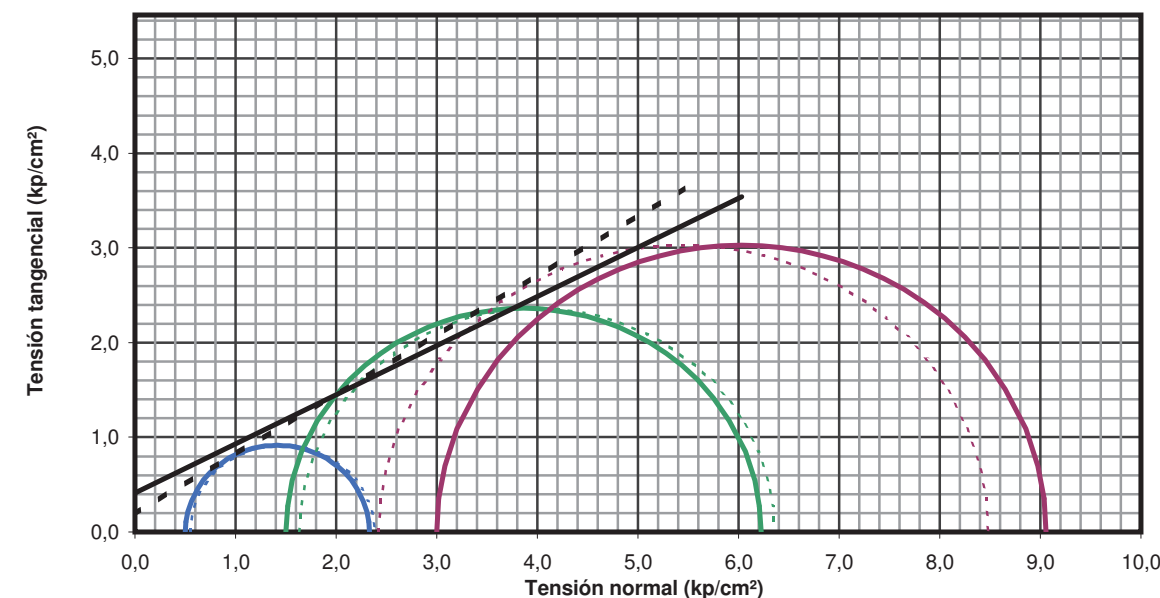
CDIAM-EnsyTRS (20030721)

Tipo de ensayo triaxial

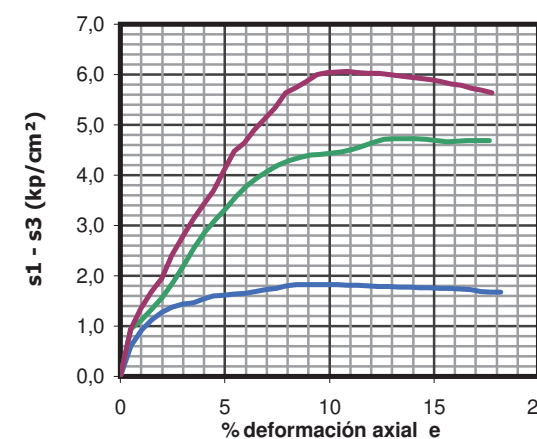
Consolidado sin drenaje y con medida de presiones intersticiales (CU) sobre muestra Inalterada
 Velocidad del ensayo 0,038 mm/min.

Datos generales	I	II	III	Interpretación	Totales	Efectivas				
Presión externa (kp/cm ²):	6,50	7,50	9,00	Cohesión (kp/cm²):	0,41	0,19				
Presión de cola (kp/cm ²):	6,00	6,00	6,00	Fricción (°):	27,45	32,31				
Diámetro (cm):	3,82	3,84	3,83	Pendiente:	0,52	0,63				
Altura (cm):	7,66	7,63	7,65	Datos rotura	I	II	III	I'	II'	III'
Humedad inicial (%):	21,64	23,00	22,18	(s1+s3)/2 (kp/cm ²):	1,42	3,86	6,03	1,46	4,00	5,45
Humedad final (%):	26,85	26,08	25,37	(s1-s3)/2 (kp/cm ²):	0,92	2,36	3,03	0,92	2,36	3,03
Densidad seca (g/cm ³):	1,702	1,684	1,690							

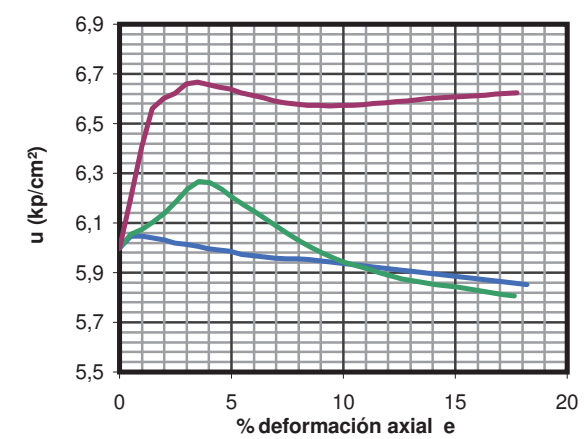
Rectas de coulomb y círculos de Mohr



T. Desviadora corregida-Deformación axial



Presión intersticial-Deformación axial



Observaciones probeta I:
 Observaciones probeta II:
 Observaciones probeta III:

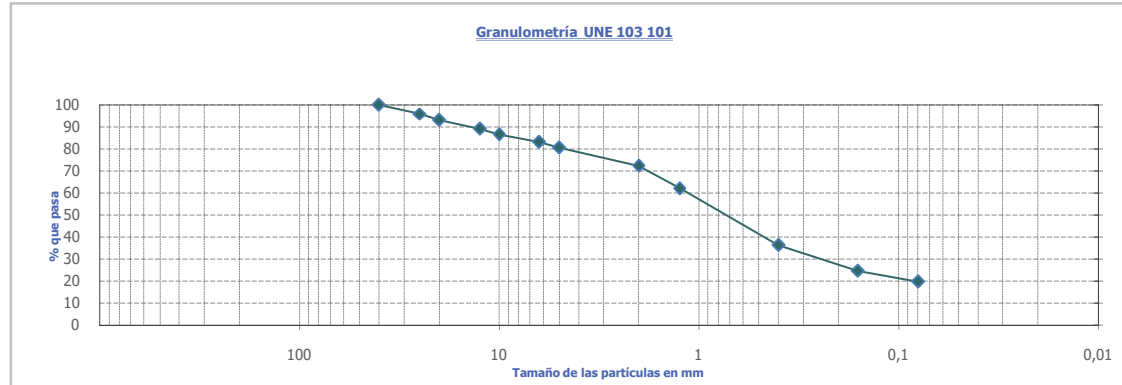
Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 154187** FECHA DE ENTRADA: **04/11/2019** Página 1 de 1

PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** REFERENCIA: **C-113126**
 OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRE** FECHA DE TOMA: **04/11/2019**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO**
 PROCEDENCIA: **MI. SD-502**
 LUGAR DE TOMA: **5,60 - 5,85 m**

SUELO

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
 - Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
 - Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
- Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 25% .. Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 35% .. Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% PASA					100	96	93	89	87	83	81	72	62	36	25	19.9

Ensayo	Norma	Resultado*	Selecc. / Adecuado / Tolerable / Marginal	
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido	37.2	Selecc. L.L. < 30 y I.P. < 10
		Límite Plástico	24.8	Adecuado 30 < L.L. < 40
		Índice de Plasticidad	12.4	Tolerable L.L. > 30 I.P. > 4
Humedad natural	UNE 103 300	10.3%	Marginal 40 < L.L. < 65	
Densidad de un suelo	UNE 103 601	Densidad Húmeda	1.58 g/cm ³	L.L. > 40 I.P. > 0,73x(L.L. - 20)
		Densidad seca	1.43 g/cm ³	L.L. > 90 I.P. < 0,73x(L.L. - 20)

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

Mos, 13 de noviembre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo
 ● Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibida
 ● No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa denmacosa consultoría técnica.

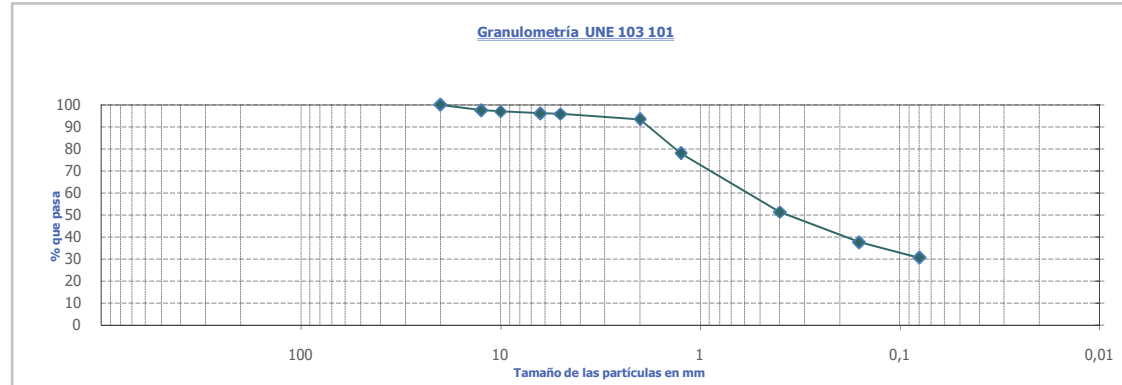
Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
 GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 154188** FECHA DE ENTRADA: **04/11/2019** Página 1 de 1

PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** REFERENCIA: **C-113126**
 OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRE** FECHA DE TOMA: **04/11/2019**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO**
 PROCEDENCIA: **MI. SE-503**
 LUGAR DE TOMA: **1,50 - 2,10 m**

SUELO

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
 - Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
 - Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
- Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 25% .. Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 35% .. Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% PASA						100	98	97	96	96	93	78	51	38	30.7	

Ensayo	Norma	Resultado*	Selecc. / Adecuado / Tolerable / Marginal	
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido	36.5	Selecc. L.L. < 30 y I.P. < 10
		Límite Plástico	NO	Adecuado 30 < L.L. < 40
		Índice de Plasticidad	0	Tolerable L.L. > 30 I.P. > 4
Humedad natural	UNE 103 300	14.1%	Marginal 40 < L.L. < 65	
Densidad de un suelo	UNE 103 601	Densidad Húmeda	1.86 g/cm ³	L.L. > 40 I.P. > 0,73x(L.L. - 20)
		Densidad seca	1.63 g/cm ³	L.L. > 90 I.P. < 0,73x(L.L. - 20)

Agresividad de suelo frente al hormigón (EHE) Débil Medio Fuerte

Contenido de sulfatos	UNE 83963	27.2	mg/kg	2000 a 3000	3000 a 12000	> 12000
Acidez Baumann-Gully (ACIDEZ SA _{BG})	UNE EN 16502	150.0	mg/kg	> 200		

GRADO DE AGRESIVIDAD PARA EL HORMIGÓN NO AGRESIVO

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

Mos, 18 de noviembre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo
 ● Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibida
 ● No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa denmacosa consultoría técnica.



TRIAXIAL DE SUELOS (Norma UNE 103402)

CLIENTE: ENMACOSA, S.A.
 TRABAJO:
 INDICATIVO: 19335 LABORANTE: Elena Buitrago
 MUESTRA: 99 154188 FECHA: 25/11/19 Hoja 2 de 2

CDIAM-EnsyTRS (20030721)

Captura de datos

PROBETA I (6,5 kp/cm ²)		
s1-s3 (kp/cm ²)	ε (%)	u (kp/cm ²)
0,00	0,00	6,00
0,94	0,50	6,02
1,40	1,01	6,00
1,59	1,51	5,98
1,68	2,01	5,96
1,75	2,51	5,95
1,79	3,02	5,94
1,83	3,52	5,93
1,90	4,02	5,92
1,93	4,52	5,92
1,95	5,03	5,91
1,98	5,53	5,91
2,01	6,03	5,90
2,04	6,54	5,90
2,08	7,04	5,89
2,11	7,54	5,89
2,14	8,04	5,88
2,17	8,55	5,87
2,20	9,05	5,87
2,22	9,55	5,86
2,23	10,06	5,86
2,23	10,56	5,85
2,24	11,06	5,85
2,26	11,56	5,84
2,30	12,07	5,84
2,33	12,57	5,84
2,33	13,07	5,83
2,33	13,57	5,83
2,36	14,08	5,82
2,40	14,58	5,82
2,42	15,08	5,82
2,43	15,59	5,81
2,43	16,09	5,81
2,44	16,59	5,81
2,45	17,09	5,80
2,45	17,60	5,80
2,45	18,10	5,80
2,46	18,60	5,80

PROBETA II (7,5 kp/cm ²)		
s1-s3 (kp/cm ²)	ε (%)	u (kp/cm ²)
0,00	0,00	6,00
1,22	0,50	6,30
1,81	1,01	6,48
2,02	1,51	6,62
2,10	2,02	6,70
2,21	2,52	6,76
2,29	3,02	6,80
2,33	3,53	6,83
2,39	4,03	6,85
2,44	4,54	6,87
2,46	5,04	6,88
2,49	5,54	6,89
2,52	6,05	6,90
2,54	6,55	6,90
2,56	7,06	6,90
2,60	7,56	6,90
2,64	8,07	6,90
2,68	8,57	6,90
2,73	9,07	6,89
2,80	9,58	6,89
2,87	10,08	6,89
2,91	10,59	6,88
2,93	11,09	6,87
2,95	11,59	6,86
2,99	12,10	6,85
3,03	12,60	6,85
3,05	13,11	6,84
3,05	13,61	6,83
3,07	14,11	6,82
3,11	14,62	6,81
3,15	15,12	6,80
3,20	15,63	6,79
3,26	16,13	6,78
3,31	16,63	6,77
3,34	17,14	6,76
3,37	17,64	6,75
3,39	18,15	6,74
3,41	18,65	6,73
3,43	19,16	6,72
3,39	19,66	6,71

PROBETA III (9 kp/cm ²)		
s1-s3 (kp/cm ²)	ε (%)	u (kp/cm ²)
0,00	0,00	6,00
2,25	0,50	6,33
3,43	1,01	6,61
3,91	1,51	6,86
4,10	2,01	7,06
4,30	2,51	7,21
4,43	3,02	7,33
4,49	3,52	7,42
4,56	4,02	7,49
4,62	4,52	7,55
4,65	5,03	7,60
4,67	5,53	7,63
4,69	6,03	7,65
4,73	6,54	7,66
4,80	7,04	7,67
4,88	7,54	7,68
4,95	8,04	7,68
5,02	8,55	7,68
5,10	9,05	7,67
5,17	9,55	7,66
5,24	10,06	7,65
5,31	10,56	7,64
5,38	11,06	7,63
5,43	11,56	7,61
5,48	12,07	7,60
5,52	12,57	7,58
5,56	13,07	7,56
5,61	13,57	7,54
5,67	14,08	7,53
5,76	14,58	7,51
5,85	15,08	7,49
5,92	15,59	7,47
5,99	16,09	7,45
6,05	16,59	7,43
6,09	17,09	7,41
6,12	17,60	7,40
6,16	18,10	7,38
6,20	18,60	7,36
6,23	19,11	7,34
6,21	19,61	7,32
6,16	20,11	7,30



TRIAXIAL DE SUELOS (Norma UNE 103402)

CLIENTE: ENMACOSA, S.A.
 TRABAJO:
 INDICATIVO: 19335 LABORANTE: Elena Buitrago
 MUESTRA: 99 154188 FECHA: 25/11/19 Hoja 1 de 2

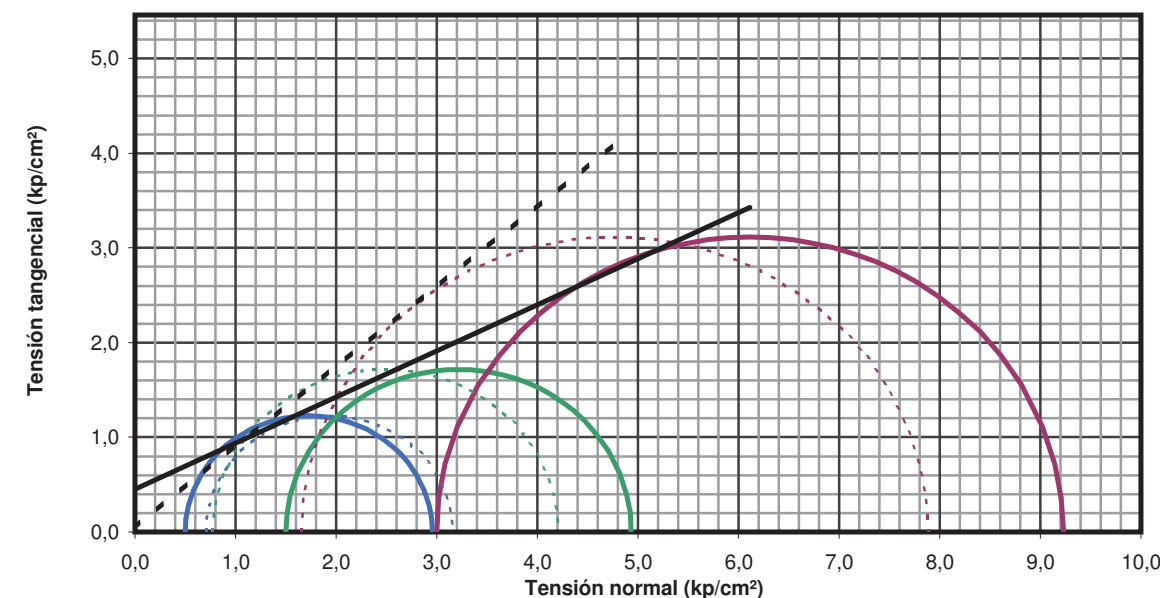
CDIAM-EnsyTRS (20030721)

Tipo de ensayo triaxial

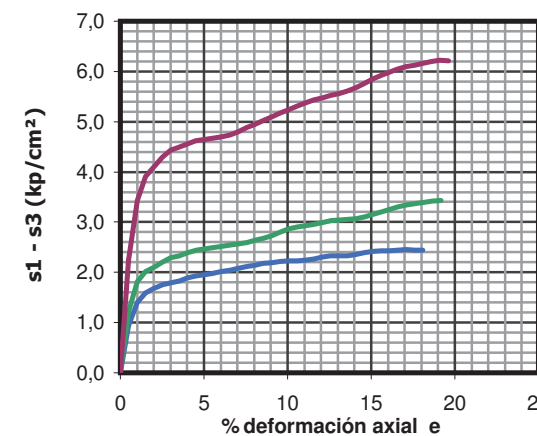
Consolidado sin drenaje y con medida de presiones intersticiales (CU) sobre muestra Inalterada
 Velocidad del ensayo 0,038 mm/min.

Datos generales	I	II	III	Interpretación	Totales	Efectivas				
Presión externa (kp/cm ²):	6,50	7,50	9,00	Cohesión (kp/cm²):	0,45	0,04				
Presión de cola (kp/cm ²):	6,00	6,00	6,00	Fricción (°):	25,92	40,51				
Diámetro (cm):	3,83	3,82	3,82	Pendiente:	0,49	0,85				
Altura (cm):	7,65	7,63	7,65	Datos rotura	I	II	III	I'	II'	III'
Humedad inicial (%):	12,05	12,47	12,29	(s1+s3)/2 (kp/cm ²):	1,73	3,22	6,11	1,93	2,49	4,77
Humedad final (%):	23,58	23,64	22,07	(s1-s3)/2 (kp/cm ²):	1,23	1,72	3,11	1,23	1,72	3,11
Densidad seca (g/cm ³):	1,659	1,645	1,656							

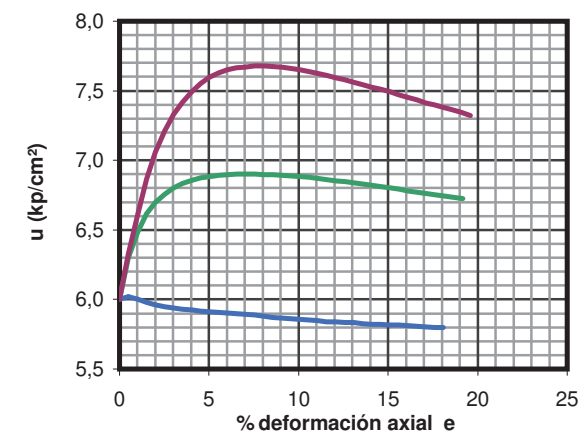
Rectas de coulomb y círculos de Mohr



T. Desviadora corregida-Deformación axial



Presión intersticial-Deformación axial



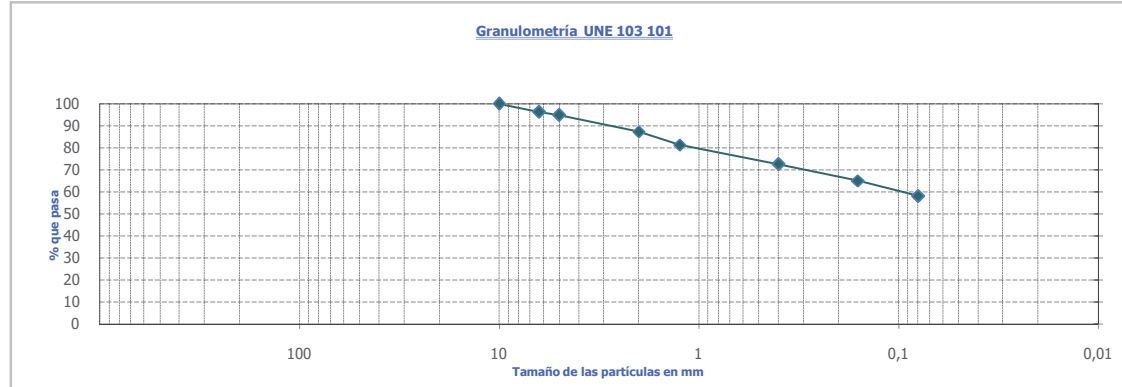
Observaciones probeta I:
 Observaciones probeta II:
 Observaciones probeta III:

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 153207** FECHA DE ENTRADA: **02/10/2019** Página 1 de 1

PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** REFERENCIA: **C-113126**
OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**
SITUACIÓN: **LUGO - LUGO** FECHA DE TOMA: **23/09/2019**
PROCEDENCIA: **CR-510 (0.50 m)** **SUELO**

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
- Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
- Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
 - Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
 - Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08
% PASA						100	96	95	87	81	73	65	58,2			

Ensayo	Norma	Resultado*	Selección	M.O. < 0,2%	Tolerable	1% < M.O. < 2%
Materia Orgánica (M.O.)	UNE 103 204	1,31%	Adecuado	0,2%	Marginal	2% < M.O. < 5%
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido	33,2	30 < LL < 40	LL > 30	IP > 4
		Límite Plástico	26,3	40 < LL < 65	LL > 40	IP > 0,73x(LL - 20)
		Índice de Plasticidad	6,9	LL > 90	IP < 0,73x(LL - 20)	LL > 65

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

Mos, 23 de octubre de 2019

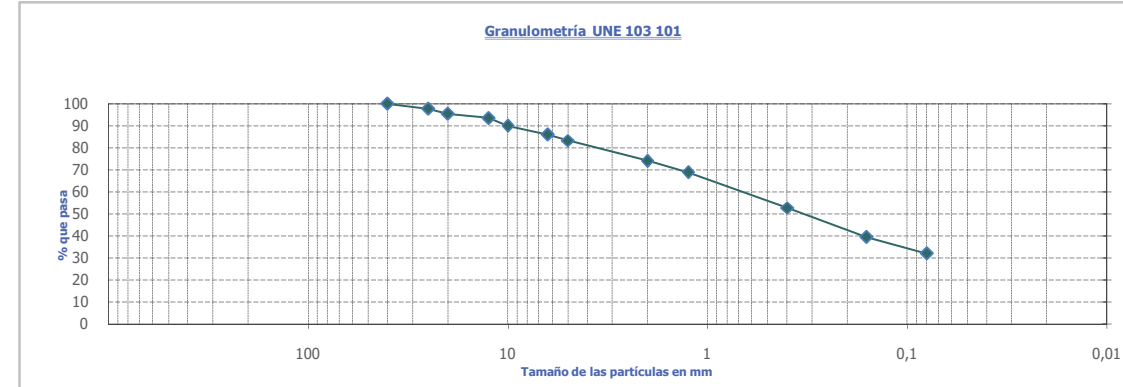
*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo
▲ No se autoriza la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de enmacosa consultoría técnica

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 153208** FECHA DE ENTRADA: **02/10/2019** Página 1 de 1

PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** REFERENCIA: **C-113126**
OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**
SITUACIÓN: **LUGO - LUGO** FECHA DE TOMA: **23/09/2019**
PROCEDENCIA: **CR-509 (1.00 m)** **SUELO**

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
- Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
- Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
 - Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
 - Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08
% PASA				100	98	95	94	90	86	83	74	69	53	39	32,0	

Ensayo	Norma	Resultado*	Selección	M.O. < 0,2%	Tolerable	1% < M.O. < 2%
Materia Orgánica (M.O.)	UNE 103 204	0,17%	Adecuado	0,2%	Marginal	2% < M.O. < 5%
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido	32,8	30 < LL < 40	LL > 30	IP > 4
		Límite Plástico	22,5	40 < LL < 65	LL > 40	IP > 0,73x(LL - 20)
		Índice de Plasticidad	10,3	LL > 90	IP < 0,73x(LL - 20)	LL > 65

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

Mos, 24 de octubre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo
▲ No se autoriza la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de enmacosa consultoría técnica

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 153654** FECHA ENTRADA: **15/10/2019** Página 1 de 1

REFERENCIA: **C-113126** TIPO DE MUESTRA: **AGUA**
 PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** FECHA DE TOMA: **15/10/2019**
 OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO**
 PROCEDENCIA: **SE-503 (7.00 m)** **AGUA**

AGUA

Ensayo	Norma	Resultado	Clasificación grado de agresividad		
			Debil	Medio	Fuerte
Valor del pH	UNE 83952	7,89	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
Amonio (NH ₄ ⁺) (mg/l)	UNE 83954	<2	15 - 30	30 - 60	> 60
Residuo Seco (mg/l)	UNE 83957	279,0	75 - 150	50 - 75	< 50
Sulfato (SO ₄ ²⁻) (mg/l)	UNE 83956	44,0	200 - 600	600 - 3000	> 3000
Magnesio (Mg ₂ ⁺) (mg/l)	UNE 83955	28,2	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
Diox. Carb (CO ₂) (mg/l)	UNE EN 13577	22,0	15 - 40	40 - 100	> 100

GRADO DE AGRESIVIDAD PARA EL HORMIGÓN **DÉBIL**

Observaciones:

Mos, 23 de octubre de 2019



Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DEL LABORATORIO



Nicolás Barros Fondevila
JEFE DE ÁREA (EH)

- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas.
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de **enmacosa consultoría técnica**

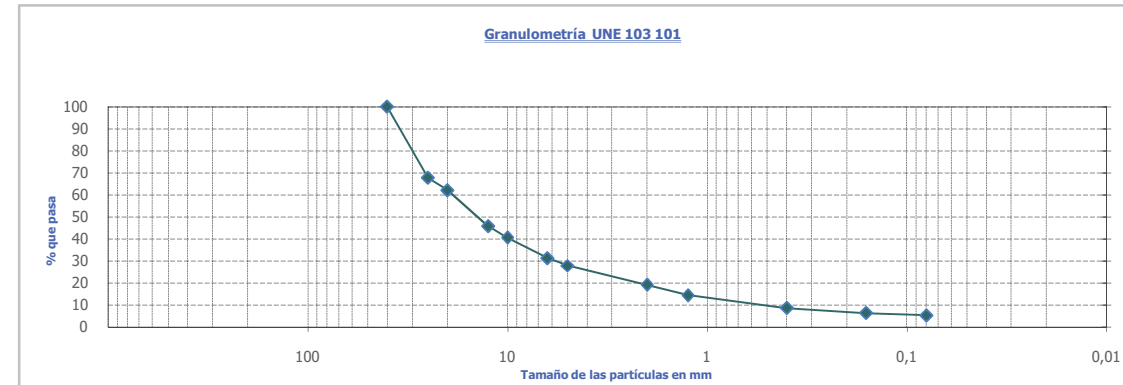
enmacosa consultoría técnica, s.a. Rúa Anel do Perral Nº25 - P. I. Veigadaña 36416 Mos - Pontevedra. Telf.: 986 801 200 / Fax: 986 344 614. Correo electrónico: vigo@enmacosa.com

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 154209** FECHA DE ENTRADA: **05/11/2019** Página 1 de 1

PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** REFERENCIA: **C-113126**
 OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO** FECHA DE TOMA: **04/11/2019**
 PROCEDENCIA: **MI. SE-504**
 LUGAR DE TOMA: **1,50 - 2,10 m** **SUELO**

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG- 3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes
 - Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
 - Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

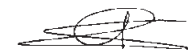
- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
 - Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
 - Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08
% PASA					100	68	62	46	41	31	28	19	15	9	6	5,4

Ensayo	Norma	Resultado*	
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido	32.9
		Límite Plástico	22.9
		Índice de Plasticidad	10.0
Humedad natural	UNE 103 300	4.1%	---
Densidad de un suelo	UNE 103 601	Densidad Húmeda	1.68 g/cm ³
		Densidad seca	1.61 g/cm ³
Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles	UNE 103 201	0.002%	

- Seleccionado L.L. < 30 y I.P. < 10
- Adecuado 30 < L.L. < 40
- Tolerable L.L. > 30 I.P. > 4
- Marginal 40 < L.L. < 65
- L.L. > 40 I.P. > 0,73x(L.L. - 20)
- L.L. > 90 I.P. < 0,73x(L.L. - 20)
- L.L. > 65

Observaciones:



Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO



Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

Mos, 19 de noviembre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo

- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibida
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de **enmacosa consultoría técnica**.

enmacosa consultoría técnica, s.a. Rúa Anel do Perral Nº25 - P. I. Veigadaña 36416 Mos - Pontevedra. Telf.: 986 801 200 / Fax: 986 344 614. Correo electrónico: vigo@enmacosa.com

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 154210** FECHA DE ENTRADA: **05/11/2019** Página 1 de 1

PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** REFERENCIA: **C-113126**

OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**

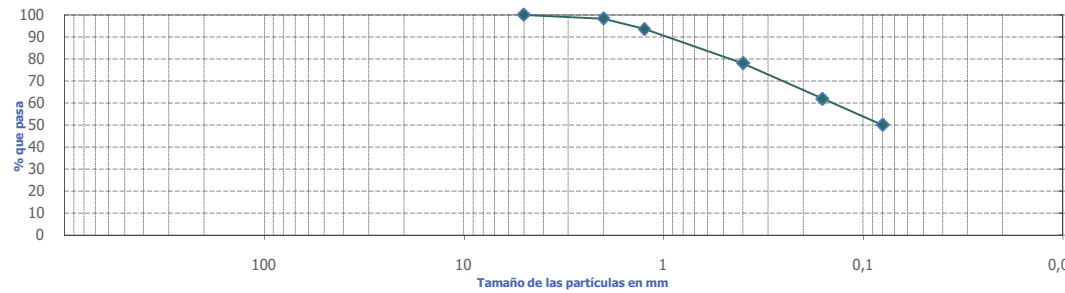
SITUACIÓN: **LUGO - LUGO** FECHA DE TOMA: **04/11/2019**

PROCEDENCIA: **SPT. SE-504**

LUGAR DE TOMA: **3,50 - 3,91 m** **SUELO**

RESULTADO DE LOS ENSAYOS

Granulometría UNE 103 101



Especificaciones PG- 3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
- Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
- Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
- Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08
% PASA											100	98	94	78	62	50,1

Ensayo	Norma	Resultado*	Selección	Limites
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido: 31,2 Límite Plástico: 25,6 Índice de Plasticidad: 5,6	Seleccionado: LL < 30 y IP < 10 Adecuado: 30 < LL < 40 Tolerable: LL > 30 IP > 4 Marginal: 40 < LL < 65 LL > 40 IP > 0,73(LL - 20) LL > 90 IP < 0,73x(LL - 20) LL > 65	
Acidez Baumann-Gully (ACIDEZ SA _{BG})	UNE EN 16502	170 mg/kg		--

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

Mos, 19 de noviembre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo

- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibida
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa denmacosa consultoría técnica.

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 154211** FECHA ENTRADA: **05/11/2019** Página 1 de 2

REFERENCIA: **C-113126** LOCALIZACIÓN MUESTRA: **TP. SE-504**

PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** PROFUNDIDAD: **9,70 - 10,10 m**

OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**

SITUACIÓN: **LUGO - LUGO**

TIPO DE MUESTRA: **ROCA** **ROCA**

RESISTENCIA A COMPRESIÓN UNIAXIAL DE PROBETAS DE ROCA. UNE 22950-1

TESTIGO	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	ESBELTEZ	HUMEDAD (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)	CARGA ROTURA (Tn)	TENSIÓN ROTURA (MPa)	TENSIÓN CORREGIDA (MPa)
1	71.4	146.4	2.05	0.03	2.99	24.6	60.2	60.2



Foto Nº1
Vista del testigo después de la rotura

Observaciones: El cálculo usado para la determinación de la tensión corregida ha sido extraído de la norma NLT-250

Samuel Cerqueira Mallo
Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
Norberto Saiz Ruiz
JEFE ÁREA GT

- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas.
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de enmacosa consultoría técnica

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con N° GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA N° **99 154211** FECHA ENTRADA: **05/11/2019** Página 2 de 2

REFERENCIA: **C-113126** LOCALIZACIÓN MUESTRA: **TP. SE-504**
 PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** PROFUNDIDAD: **9,70 - 10,10 m**
 OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO**
 TIPO DE MUESTRA: **ROCA**

RESISTENCIA A TRACCIÓN. ENSAYO BRASILEÑO. UNE 22950-2

TESTIGO	DIÁMETRO (mm)	ESPELOR (mm)	ESBELTEZ	PESO (g)	DENSIDAD (g/cm ³)	CARGA ROTURA (kg)	RESISTENCIA A TRACCIÓN (MPa)
1	71.4	36.43	0.51	438.10	3.00	7363.5	13.9



Foto N°2
Vista del testigo después de la rotura

Observaciones: El cálculo usado para la determinación de la tensión corregida ha sido extraído de la norma NLT-250

Mos, 19 de noviembre de 2019

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE ÁREA GT

- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas.
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de **enmacosa consultoría técnica**

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con N° GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA N° **99 154212** FECHA ENTRADA: **05/11/2019** Página 1 de 1

REFERENCIA: **C-113126** LOCALIZACIÓN MUESTRA: **TP. SE-504**
 PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** PROFUNDIDAD: **15,30 - 15,60 m**
 OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO**
 TIPO DE MUESTRA: **ROCA**

RESISTENCIA A COMPRESIÓN UNIAXIAL DE PROBETAS DE ROCA. UNE 22950-1

TESTIGO	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	ESBELTEZ	HUMEDAD (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	CARGA ROTURA (Tn)	TENSIÓN ROTURA (MPa)	TENSIÓN CORREGIDA (MPa)
1	71.3	144.9	2.03	0.02	2.95	20.0	49.0	49.0



Foto N°1
Vista del testigo después de la rotura

Observaciones: El cálculo usado para la determinación de la tensión corregida ha sido extraído de la norma NLT-250

Mos, 19 de noviembre de 2019

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE ÁREA GT

- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas.
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de **enmacosa consultoría técnica**

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 153655** FECHA ENTRADA: **15/10/2019** Pagina 1 de 1

REFERENCIA: **C-113126** TIPO DE MUESTRA: **AGUA**
 PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** FECHA DE TOMA: **15/10/2019**
 OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO**
 PROCEDENCIA: **SE-504 (6.50 m)** **AGUA**

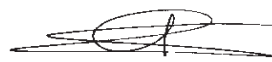
AGUA

Ensayo	Norma	Resultado	Clasificación grado de agresividad		
			Debil	Medio	Fuerte
Valor del pH	UNE 83952	7,69	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
Amonio (NH ₄ ⁺) (mg/l)	UNE 83954	<2	15 - 30	30 - 60	> 60
Residuo Seco (mg/l)	UNE 83957	227,3	75 - 150	50 - 75	< 50
Sulfato (SO ₄ ²⁻) (mg/l)	UNE 83956	43,0	200 - 600	600 - 3000	> 3000
Magnesio (Mg ₂ ⁺) (mg/l)	UNE 83955	36,2	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
Diox. Carb (CO ₂) (mg/l)	UNE EN 13577	15,4	15 - 40	40 - 100	> 100

GRADO DE AGRESIVIDAD PARA EL HORMIGÓN DÉBIL

Observaciones:

Mos, 23 de octubre de 2019



Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DEL LABORATORIO



Nicolás Barros Fondevila
JEFE DE ÁREA (EH)

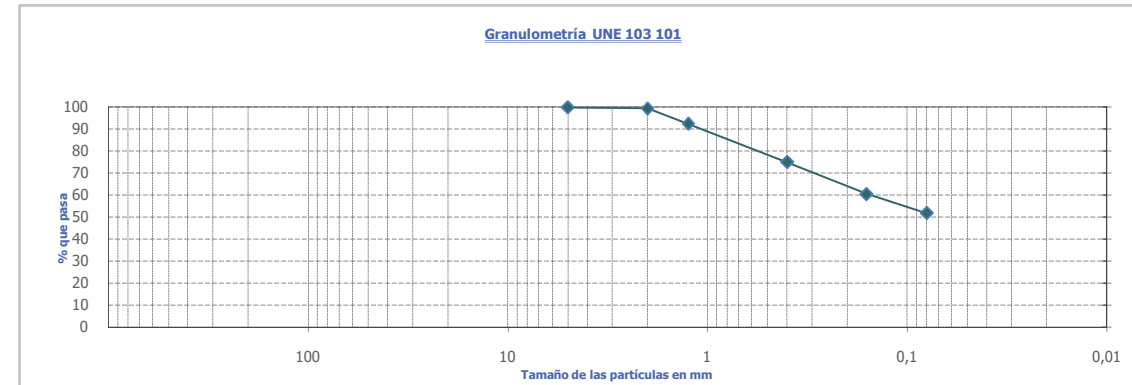
- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas.
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de **enmacosa consultoría técnica**

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 154213** FECHA DE ENTRADA: **05/11/2019** Pagina 1 de 1

PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** REFERENCIA: **C-113126**
 OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547** FECHA DE TOMA: **04/11/2019**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO**
 PROCEDENCIA: **MI. SR-505**
 LUGAR DE TOMA: **1,50 - 2,10 m** **SUELO**

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
 - Cerrido o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
 - Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
- Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% PASA											100	99	92	75	60	51.8

Ensayo	Norma	Resultado*	Selección	Limites
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido	51.4	Seleccionado L.L. < 30 y I.P. < 10 Adecuado 30 < L.L. < 40
		Límite Plástico	33.7	Tolerable L.L. > 30 I.P. > 4 40 < L.L. < 65
		Índice de Plasticidad	17.7	Marginal L.L. > 40 I.P. > 0,73x(L.L. - 20) L.L. > 90 I.P. < 0,73x(L.L. - 20) L.L. > 65
Humedad natural	UNE 103 300	42.8%	---	
Densidad de un suelo	UNE 103 601	Densidad Húmeda	1.71 g/cm ³	
		Densidad seca	1.20 g/cm ³	

Observaciones:



Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DEL LABORATORIO



Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

Mos, 13 de noviembre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo

- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibida
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de **enmacosa consultoría técnica**.

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con N° GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA N° **99 154215** FECHA ENTRADA **05/11/2019** Pagina 1 de 3

REFERENCIA: **C-113126** LOCALIZACIÓN MUESTRA: **TP. SR-505**
 PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** PROFUNDIDAD: **5.10 - 5.40 m**
 OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRE** FECHA DE TOMA: **04/11/2019**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO**
 TIPO DE MUESTRA: **SUELO**

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UNE EN 103 401)

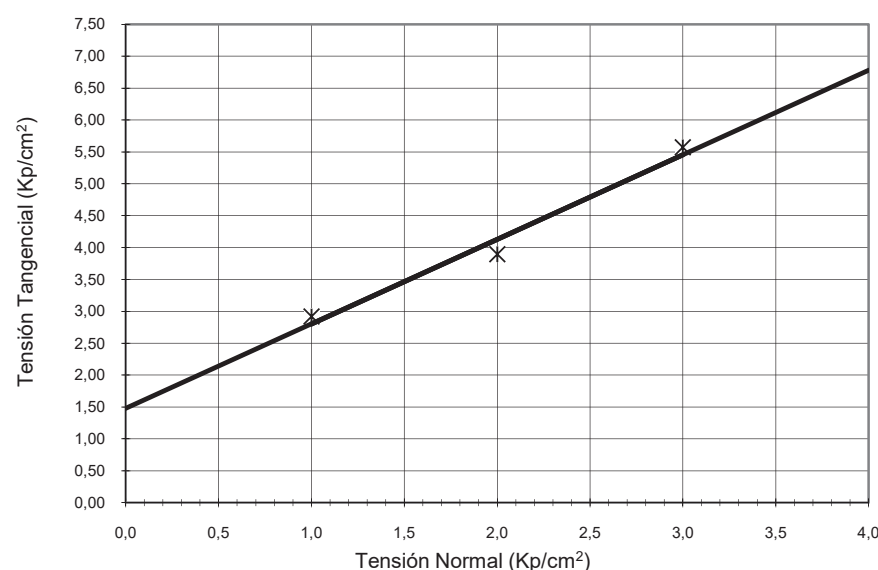
TIPO DE ENSAYO: **CD** TIPO DE PROBETA: **INALTERADA**

PROBETA N°	1	2	3
------------	---	---	---

DIMENSIONES	Diámetro (mm):	49.90	49.90	49.90
	Altura (mm):	30.50	30.50	30.50
	Area (cm ²):	19.56	19.56	19.56
	Volumen (cm ³):	59.66	59.66	59.66

ENSAYO	Humedad inicial (%):	13.6	10.4	10.3
	Humedad final (%):	25.8	22.7	18.2
	Densidad natural (gr/cm ³):	2.23	2.19	2.25
	Densidad seca (gr/cm ³):	1.96	1.98	2.04
	Tensión normal (Kpa):	100	200	300
	Tensión de rotura (Kp/cm ²):	2.92	3.89	5.57
	Desplazamiento en tensión máxima (mm):	2.02	1.48	1.76

TENSIÓN NORMAL / TENSIÓN TANGENCIAL



COHESIÓN (Kp/cm²): **1.48**

ÁNGULO DE ROZAMIENTO INTERNO **53.0**

Samuel Cerqueira Mallo
Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
Norberto Saiz Ruiz
JEFE ÁREA GT

- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas.
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de enmacosa consultoría técnica.

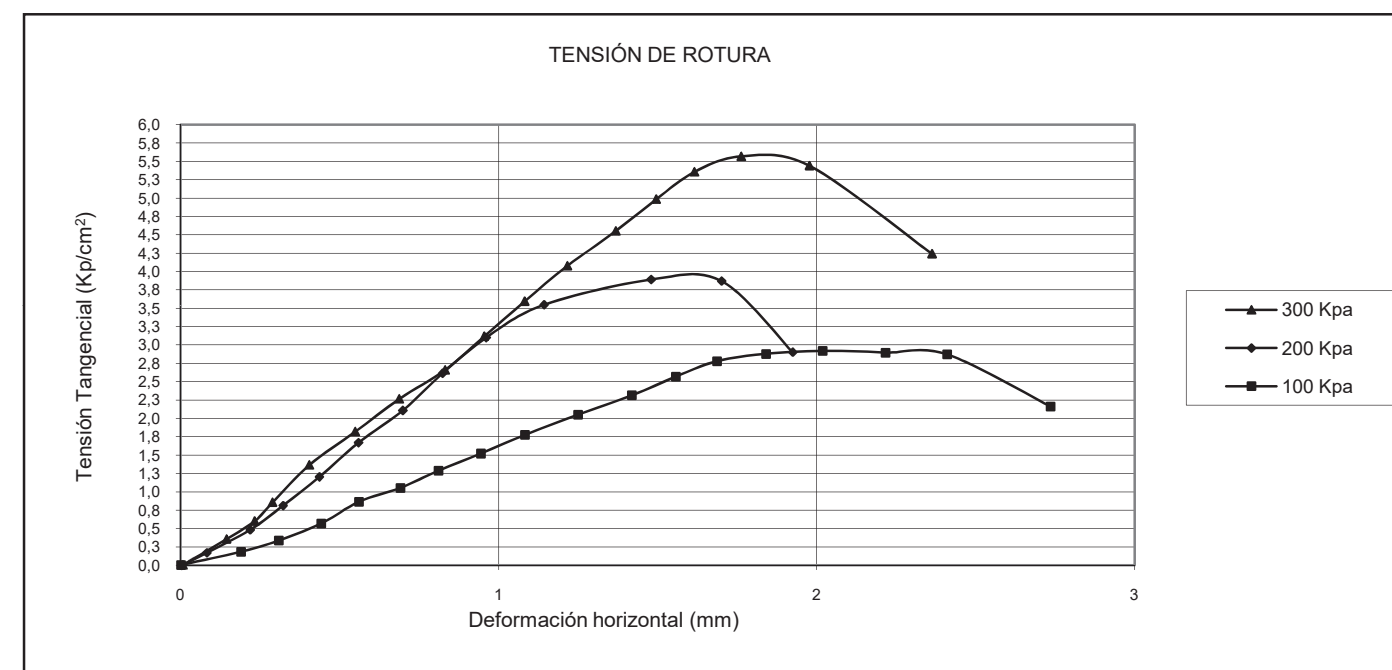
Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con N° GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA N° **99 154215** FECHA ENTRADA **05/11/2019** Pagina 2 de 3

REFERENCIA: **C-113126** LOCALIZACIÓN MUESTRA: **TP. SR-505**
 PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** PROFUNDIDAD: **5.10 - 5.40 m**
 OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARR** FECHA DE TOMA: **04/11/2019**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO**
 TIPO DE MUESTRA: **SUELO**

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

TIPO DE ENSAYO: **CD** TIPO DE PROBETA: **INALTERADA**



PROBETA N°:	1	2	3
Tensión de rotura (Kp/cm ²):	2.92	3.89	5.57
Desplazamiento en tensión máxima (mm):	2.02	1.48	1.76

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
Norberto Saiz Ruiz
JEFE AREA GT

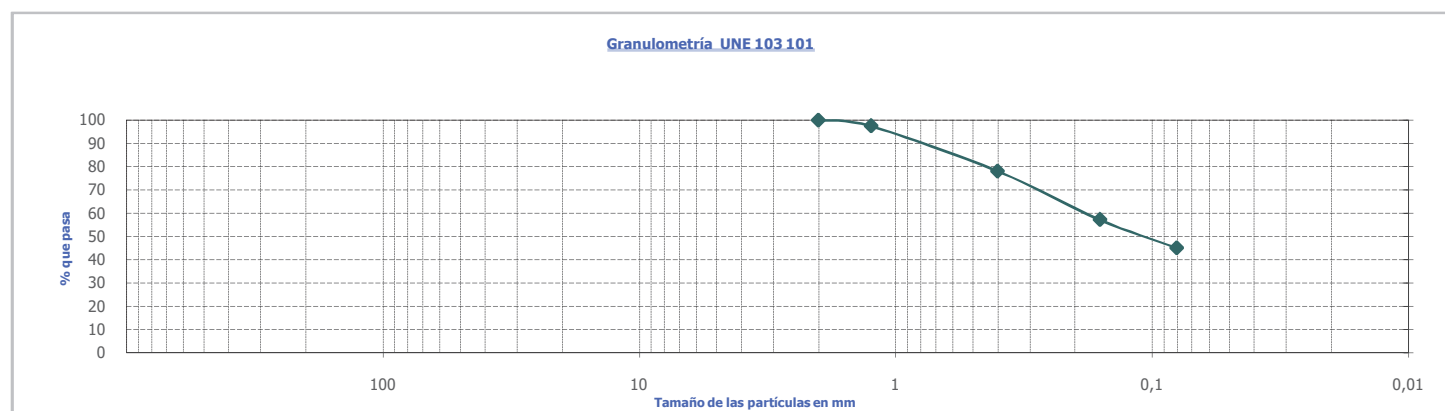
- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas.
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de enmacosa consultoría técnica.

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº: **99 154215** FECHA DE ENTRADA: **05/11/2019** Página 3 de 3

REFERENCIA: **C-113126** LOCALIZACIÓN: **TP. SR-505**
 PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** PROFUNDIDAD: **5.10 - 5.40 m**
 OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA** FECHA DE TOMA: **04/11/2019**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO**
 TIPO DE MUESTRA: **SUELO**

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% PASA									100	97	78	57	45.0			

Ensayo	Norma	Resultado	Especificaciones
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido: 31.2 Límite Plástico: NO Índice de Plasticidad: 0	
Densidad de un suelo	UNE 103 301	Densidad Húmeda: 2.29 g/cm ³ Densidad seca: 2.04 g/cm ³	
Humedad Natural (%)	UNE 103 300	13.0%	

Observaciones:

Mos, 25 de noviembre de 2019

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA GT

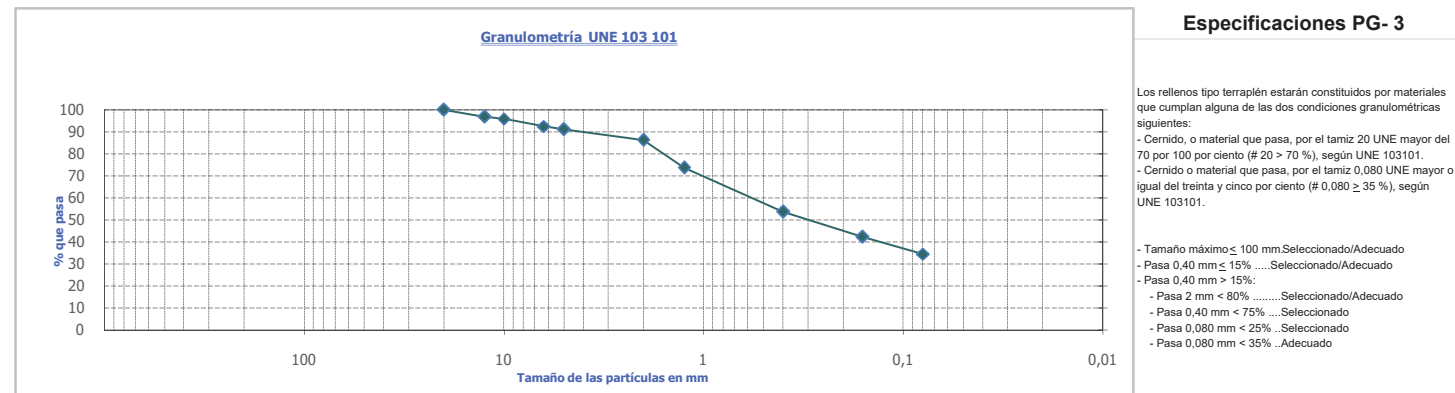
- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas.
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de **enmacosa consultoría técnica**.

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº: **99 154216** FECHA DE ENTRADA: **05/11/2019** Página 1 de 1

PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** REFERENCIA: **C-113126**
 OBRA: **AUTOVIA LUGO - SANTIAGO A-54. ENLACE DE PALAS DE REI- ENLACE MELIDE SU FECHA DE TOMA: 04/11/2019**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO**
 PROCEDENCIA: **SD-506 (1.50 - 2.10 m)**

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terrapién estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
 - Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
 - Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0.40 mm ≤ 15% ... Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0.40 mm > 15%:
- Pasa 2 mm < 80% ... Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0.40 mm < 75% ... Seleccionado
- Pasa 0.080 mm < 25% ... Seleccionado
- Pasa 0.080 mm < 35% ... Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08	
% PASA								100	97	96	92	91	86	74	54	42	34,6

Ensayo	Norma	Resultado*	Especificaciones
Materia Orgánica (M.O.)	UNE 103 204	0,10%	Seleccionado M.O. < 0,2% Adecuado 0,2% ≤ M.O. < 1% Inadecuado M.O. > 5% Tolerable 1% < M.O. < 2% Marginal 2% < M.O. < 5%
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido: 38,7 Límite Plástico: NO Índice de Plasticidad: 0,0	Seleccionado L.L. < 30 y I.P. < 10 Adecuado 30 < L.L. < 40 L.L. > 30 I.P. > 4 Tolerable 40 < L.L. < 65 Marginal L.L. > 40 I.P. > 0,73x(L.L. - 20) L.L. > 90 I.P. < 0,73x(L.L. - 20) L.L. > 65
Contenido en sales solubles	NLT 114	0,15%	Seleccionado/Adecuado S.S. < 0,2% Tolerable 0,2% ≤ S.S. < 1% Marginal S.S. ≥ 1%
Contenido de yeso	NLT 115	0,38%	Tolerable < 5% Marginal / Inadecuado ≥ 5%
Contenido en carbonatos	UNE 103 200	0,21%	
Densidad de un suelo	UNE 103 301	Densidad Húmeda: 1,93 g/cm ³ Densidad seca: 1,69 g/cm ³	
Humedad Natural (%)	UNE 103 300	14,2%	

Observaciones:

Mos, 25 de noviembre de 2019

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

- *NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo
- ! No se autoriza la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de **enmacosa consultoría técnica**.



TRIAxIAL DE SUELOS
(Norma UNE 103402)

CLIENTE: ENMACOSA, S.A.
 TRABAJO:
 INDICATIVO: 19335 LABORANTE: Elena Buitrago
 MUESTRA: 99 154216 FECHA: 25/11/19 Hoja 2 de 2

CDIAM-EnsyTRS (20030721)

Captura de datos

PROBETA I (6,5 kp/cm ²)		
s1-s3 (kp/cm ²)	ε (%)	u (kp/cm ²)
0,00	0,00	6,00
0,47	0,47	6,24
0,53	0,95	6,25
0,62	1,44	6,27
0,69	1,94	6,28
0,78	2,44	6,29
0,89	2,94	6,30
0,97	3,43	6,31
1,08	3,94	6,31
1,14	4,43	6,32
1,20	4,93	6,32
1,27	5,41	6,33
1,41	5,90	6,33
1,48	6,38	6,34
1,55	6,87	6,34
1,64	7,35	6,34
1,66	7,83	6,34
1,69	8,33	6,34
1,74	8,83	6,35
1,77	9,33	6,35
1,78	9,82	6,35
1,80	10,32	6,35
1,81	10,81	6,35
1,81	11,30	6,35
1,81	11,79	6,35
1,81	12,27	6,35
1,81	12,75	6,36
1,80	13,25	6,36
1,79	13,73	6,36
1,76	14,21	6,36
1,74	14,70	6,36
1,72	15,20	6,36
1,69	15,70	6,36
1,67	16,20	6,36
1,66	16,69	6,36
1,64	17,18	6,36

PROBETA II (7,5 kp/cm ²)		
s1-s3 (kp/cm ²)	ε (%)	u (kp/cm ²)
0,00	0,00	6,00
1,44	0,49	6,34
1,89	0,99	6,39
2,10	1,49	6,43
2,22	1,99	6,46
2,30	2,49	6,47
2,37	2,99	6,49
2,42	3,48	6,50
2,46	3,96	6,50
2,49	4,46	6,51
2,51	4,96	6,51
2,56	5,46	6,51
2,65	5,94	6,51
2,70	6,43	6,50
2,72	6,92	6,50
2,74	7,41	6,50
2,74	7,92	6,49
2,75	8,42	6,49
2,75	8,92	6,49
2,76	9,42	6,48
2,77	9,91	6,47
2,81	10,40	6,47
2,84	10,89	6,47
2,85	11,38	6,46
2,87	11,89	6,45
2,97	12,37	6,45
3,06	12,85	6,44
3,09	13,34	6,44
3,12	13,84	6,43
3,14	14,33	6,43
3,17	14,83	6,42
3,20	15,33	6,41
3,28	15,82	6,41
3,35	16,32	6,40
3,36	16,80	6,39
3,36	17,29	6,39
3,33	17,78	6,38
3,31	18,28	6,38
3,29	18,77	6,37
3,26	19,24	6,36
3,24	19,73	6,36

PROBETA III (9 kp/cm ²)		
s1-s3 (kp/cm ²)	ε (%)	u (kp/cm ²)
0,00	0,00	6,00
1,57	0,46	6,42
2,19	0,95	6,71
2,57	1,44	6,92
2,83	1,95	7,06
3,00	2,45	7,16
3,14	2,95	7,23
3,26	3,44	7,28
3,36	3,93	7,31
3,44	4,42	7,34
3,51	4,92	7,36
3,58	5,41	7,37
3,62	5,91	7,38
3,66	6,40	7,38
3,68	6,88	7,38
3,72	7,37	7,37
3,75	7,86	7,37
3,78	8,36	7,36
3,82	8,86	7,36
3,86	9,36	7,35
3,90	9,86	7,34
3,94	10,36	7,33
3,98	10,85	7,32
4,02	11,34	7,31
4,06	11,83	7,30
4,09	12,33	7,29
4,12	12,82	7,28
4,14	13,30	7,26
4,17	13,79	7,25
4,21	14,28	7,24
4,23	14,77	7,23
4,25	15,26	7,21
4,27	15,76	7,20
4,31	16,25	7,19
4,33	16,75	7,17
4,35	17,23	7,16
4,38	17,72	7,15
4,40	18,21	7,14
4,41	18,70	7,12
4,42	19,19	7,11
4,42	19,68	7,10



TRIAxIAL DE SUELOS
(Norma UNE 103402)

CLIENTE: ENMACOSA, S.A.
 TRABAJO:
 INDICATIVO: 19335 LABORANTE: Elena Buitrago
 MUESTRA: 99 154216 FECHA: 25/11/19 Hoja 1 de 2

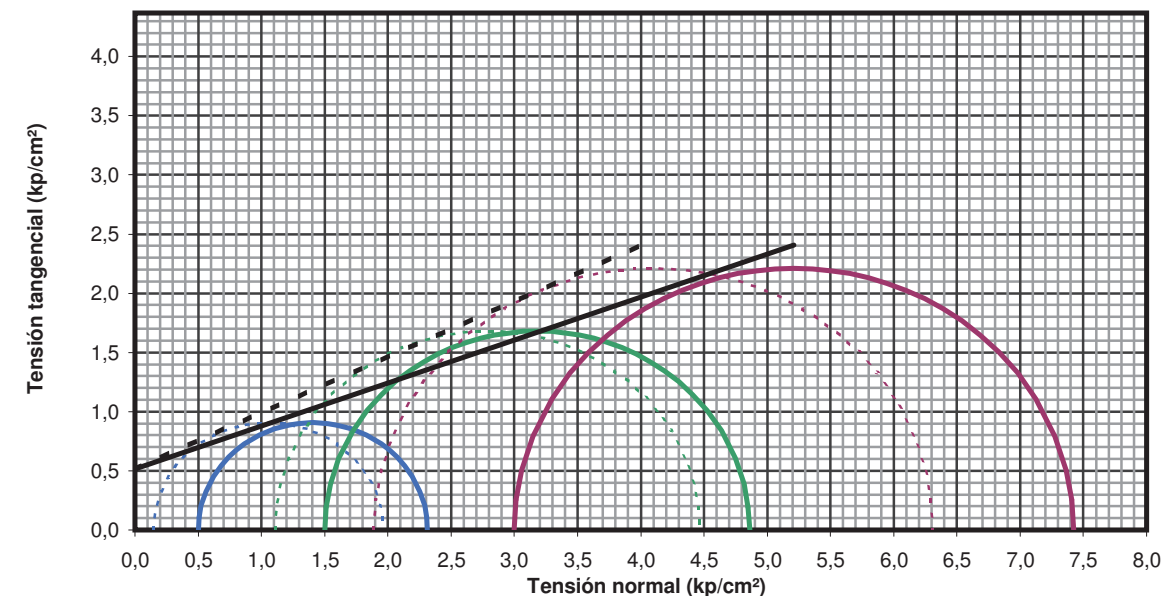
CDIAM-EnsyTRS (20030721)

Tipo de ensayo triaxial

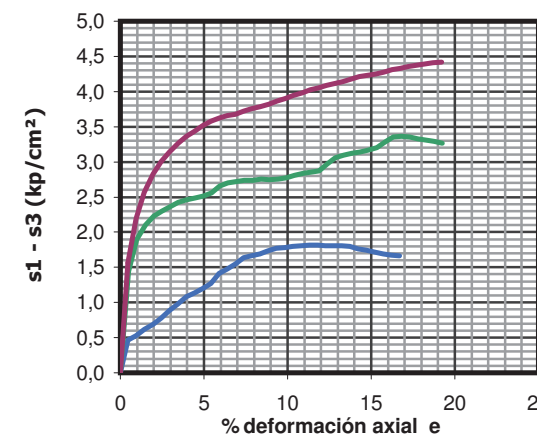
Consolidado sin drenaje y con medida de presiones intersticiales (CU) sobre muestra Inalterada
 Velocidad del ensayo 0,038 mm/min.

Datos generales	I	II	III	Interpretación	Totales	Efectivas				
Presión externa (kp/cm ²):	6,50	7,50	9,00	Cohesión (kp/cm²):	0,52	0,51				
Presión de cola (kp/cm ²):	6,00	6,00	6,00	Fricción (°):	19,93	25,41				
Diámetro (cm):	3,83	3,82	3,82	Pendiente:	0,36	0,48				
Altura (cm):	7,67	7,64	7,65	Datos rotura	I	II	III	I'	II'	III'
Humedad inicial (%):	20,96	19,21	19,39	(s1+s3)/2 (kp/cm ²):	1,41	3,18	5,21	1,06	2,79	4,10
Humedad final (%):	35,44	27,17	26,65	(s1-s3)/2 (kp/cm ²):	0,91	1,68	2,21	0,91	1,68	2,21
Densidad seca (g/cm ³):	1,533	1,554	1,558							

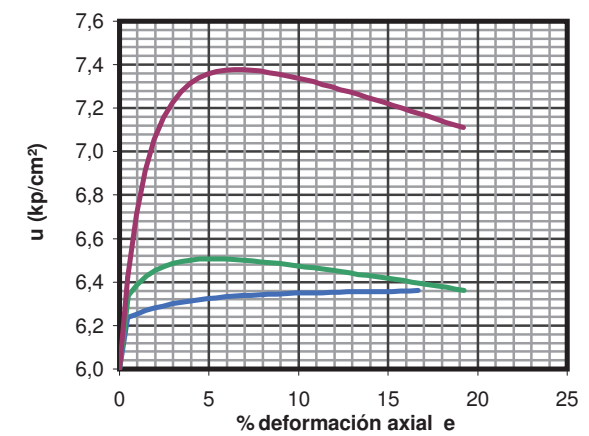
Rectas de coulomb y círculos de Mohr



T. Desviadora corregida-Deformación axial



Presión intersticial-Deformación axial



Observaciones probeta I:
 Observaciones probeta II:
 Observaciones probeta III:

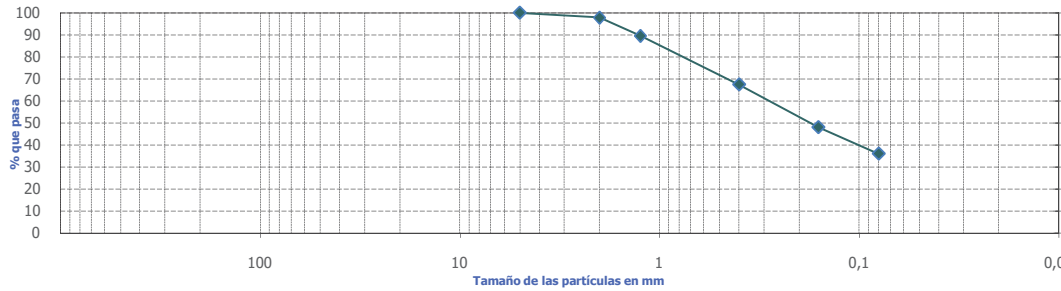
Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 154217** FECHA DE ENTRADA: **05/11/2019** Página 1 de 1

PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** REFERENCIA: **C-113126**
 OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO** FECHA DE TOMA: **04/11/2019**
 PROCEDENCIA: **SPT. SD-506**
 LUGAR DE TOMA: **3,60 - 4,20 m** **SUELO**

RESULTADO DE LOS ENSAYOS

Granulometría UNE 103 101



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
 - Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
 - Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
- Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% PASA											100	98	90	67	48	36.1

Ensayo	Norma	Resultado*	Selección	Limites
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido: 29.7 Límite Plástico: NO Índice de Plasticidad: 0	Seleccionado: L.L. < 30 y I.P. < 10 Adecuado: 30 < L.L. < 40 Tolerable: L.L. > 30 I.P. > 4 Marginal: 40 < L.L. < 65 L.L. > 40 I.P. > 0,73x(L.L. - 20) L.L. > 90 I.P. < 0,73x(L.L. - 20) L.L. > 65	

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

Mos, 19 de noviembre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo

- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibida
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa denmacosa consultoría técnica.

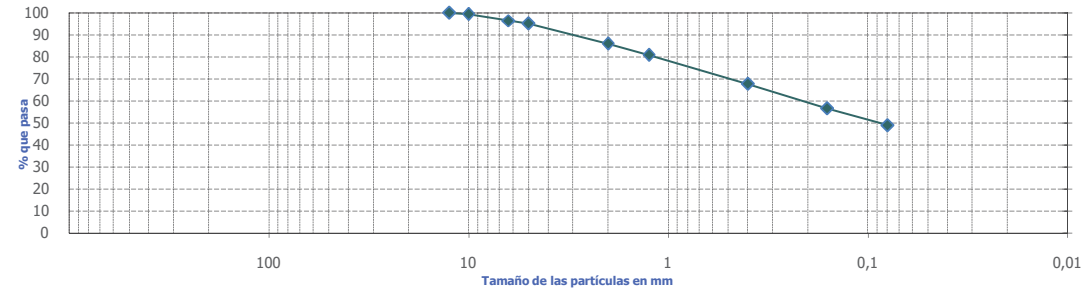
Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 154218** FECHA DE ENTRADA: **05/11/2019** Página 1 de 1

PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** REFERENCIA: **C-113126**
 OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO** FECHA DE TOMA: **04/11/2019**
 PROCEDENCIA: **SPT. SD-506**
 LUGAR DE TOMA: **10,00 - 10,22 m** **SUELO**

RESULTADO DE LOS ENSAYOS

Granulometría UNE 103 101



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
 - Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
 - Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
- Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12.5	10	6.3	5	2	1.25	0.4	0.16	0.08
% PASA																49.1

Ensayo	Norma	Resultado*	Selección	Limites
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido: 35.2 Límite Plástico: 24.1 Índice de Plasticidad: 11.1	Seleccionado: L.L. < 30 y I.P. < 10 Adecuado: 30 < L.L. < 40 Tolerable: L.L. > 30 I.P. > 4 Marginal: 40 < L.L. < 65 L.L. > 40 I.P. > 0,73x(L.L. - 20) L.L. > 90 I.P. < 0,73x(L.L. - 20) L.L. > 65	

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

Mos, 19 de noviembre de 2019

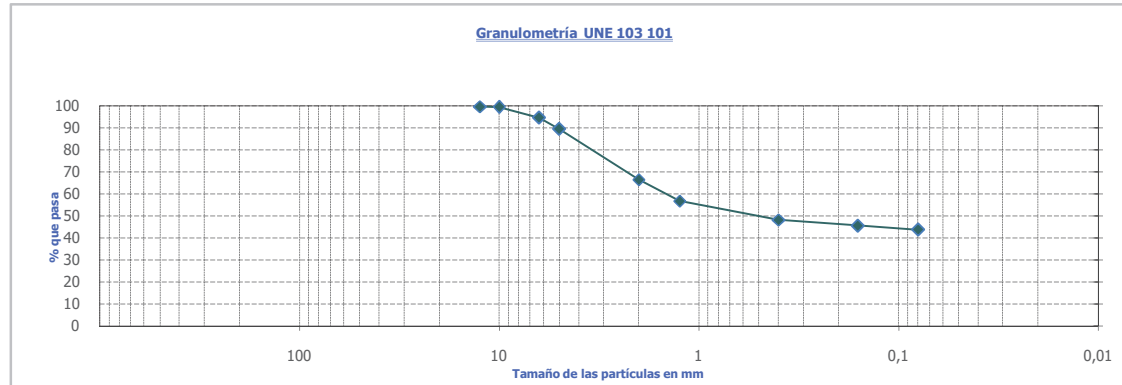
*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo

- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibida
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa denmacosa consultoría técnica.

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 153201** FECHA DE ENTRADA: **02/10/2019** Página 1 de 1
 PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** REFERENCIA: **C-113126**
 OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO** FECHA DE TOMA: **23/09/2019**
 PROCEDENCIA: **CR-501 (0.90 m)** SUELO

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
 - Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
 - Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
 - Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
 - Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08
% PASA						100	99	95	89	88	87	86	85	84	83	43,8

Ensayo	Norma	Resultado*	
Materia Orgánica (M.O.)	UNE 103 204	0,27%	Seleccionado M.O. < 0,2% Tolerable 1% < M.O. < 2% Adecuado 0,2% < M.O. < 1% Marginal 2% < M.O. < 5% Inadecuado M.O. > 5%
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido	79,6
		Límite Plástico	33,8
		Índice de Plasticidad	45,8

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

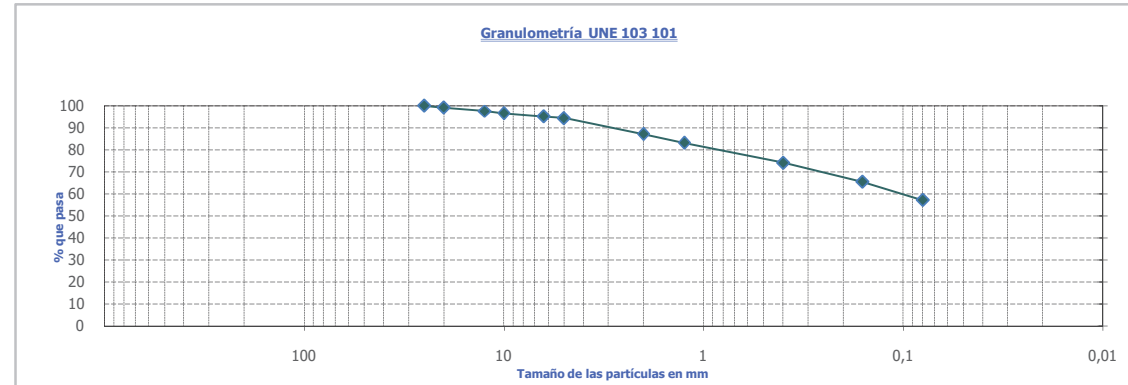
Mos, 24 de octubre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo
 ▲ No se autoriza la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de enmacosa consultoría técnica

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
 GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 153202** FECHA DE ENTRADA: **02/10/2019** Página 1 de 1
 PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** REFERENCIA: **C-113126**
 OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**
 SITUACIÓN: **LUGO - LUGO** FECHA DE TOMA: **23/09/2019**
 PROCEDENCIA: **CR-502 (0.50 m)** SUELO

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
 - Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
 - Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
 - Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
 - Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08
% PASA						100	99	98	97	95	94	87	83	74	65	57,2

Ensayo	Norma	Resultado*	
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido	42,2
		Límite Plástico	21,6
		Índice de Plasticidad	20,6

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

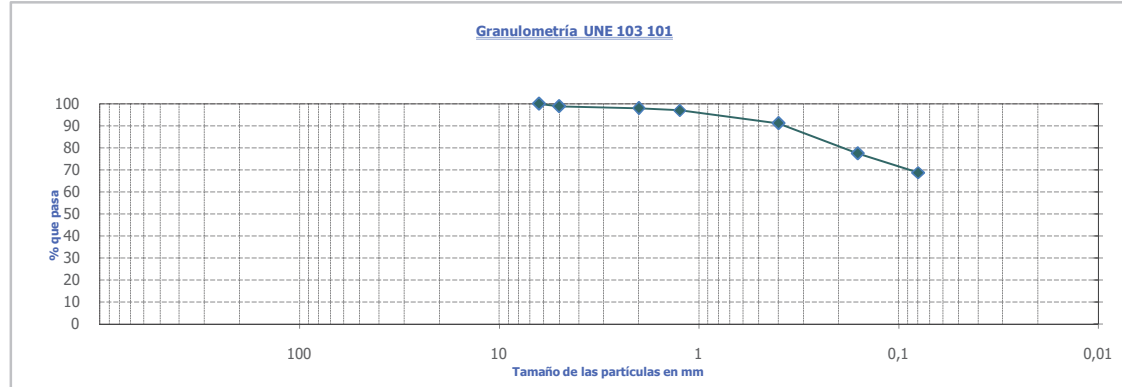
Mos, 25 de octubre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo
 ▲ Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas
 ▲ No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de enmacosa consultoría técnica

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº	99 153196	FECHA DE ENTRADA:	02/10/2019	Página 1 de 1
PETICIONARIO:	AECOM INOCSA, S.L.U.	REFERENCIA:	C-113126	
OBRA:	AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547			
SITUACIÓN:	LUGO - LUGO	FECHA DE TOMA:	23/09/2019	
PROCEDENCIA:	CD-503 (1.50 m)	SUELO		

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
- Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
- Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
 - Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
 - Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08
% PASA									100	99	98	97	91	77	68,8	

Ensayo	Norma	Resultado*		
Próctor Normal	UNE 103 500	Densidad máxima Humedad óptima	1,55 20,6	g/cm ³ %
Materia Orgánica (M.O.)	UNE 103 204	0,13%	Seleccionado Adecuado Inadecuado	M.O. < 0,2% 0,2% ≤ M.O. < 1% M.O. > 5%
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido Límite Plástico Índice de Plasticidad	53,6 26,3 27,3	Seleccionado Adecuado Tolerable Marginal
Contenido en sales solubles	NLT 114	0,24%	Seleccionado/Adecuado Tolerable Marginal	S.S. < 0,2% 0,2% S.S. < 1% S.S. ≥ 1%
Contenido de yeso	NLT 115	0,17%	Tolerable Marginal / Inadecuado	< 5% ≥ 5%
Colapso	NLT 254	1,42 %	Tolerable	< 1%
Hinchamiento libre	UNE 103 601	2,80 %	Tolerable Marginal	< 3% < 5%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO **MARGINAL**

Recomendaciones de uso (Según PG-3):
- ESPALDONES: los materiales empleados deberán satisfacer las condiciones de impermeabilidad, resistencia, peso estabilizador y protección frente a la erosión.
- CIMIENTO: para un valor del índice C.B.R. Mayor o igual de 3; siempre que las condiciones de drenaje, estanqueidad y características de apoyo del terreno sean adecuadas.
- NÚCLEO: cuando el índice C.B.R. Es mayor o igual de 3. En caso de tener un valor inferior de 3 deberá justificarse su empleo con un estudio especial aprobado por el Director de Obras.
- CORONACIÓN: siempre que el índice C.B.R. Sea mayor o igual de 5 (ver el tipo de explanada requerida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares) y por debajo no exista un material expansivo, colapsable o con contenido de sulfatos mayor del 2% en cuyo caso habrá que evitar la infiltración de agua hacia el resto del relleno.

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

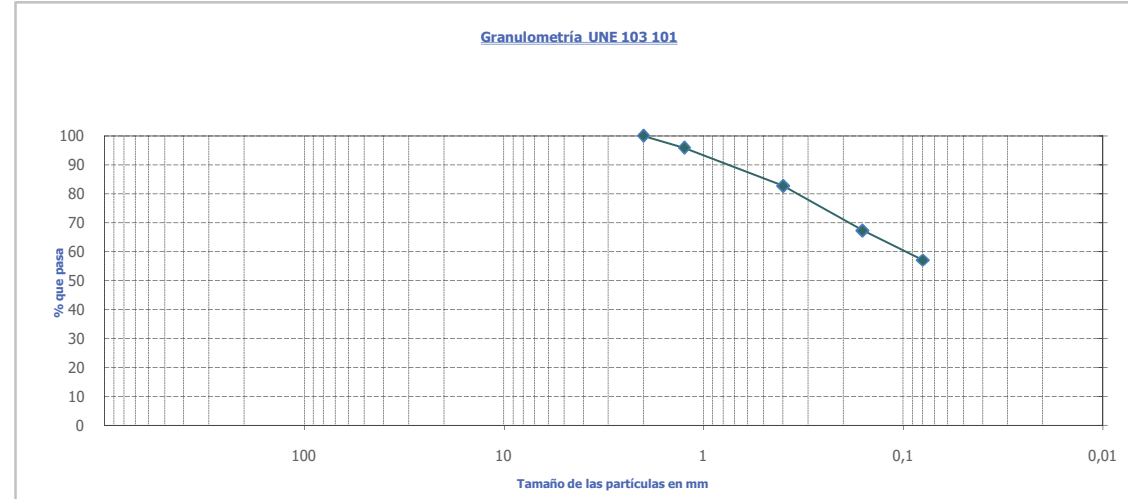
Mos, 22 de octubre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo
● Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas
● No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de enmacosa consultoría técnica

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº	99 153203	FECHA DE ENTRADA:	02/10/2019	Página 1 de 1
PETICIONARIO:	AECOM INOCSA, S.L.U.	REFERENCIA:	C-113126	
OBRA:	AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547			
SITUACIÓN:	LUGO - LUGO	FECHA DE TOMA:	23/09/2019	
PROCEDENCIA:	CR-504 (1.20 m)	SUELO		

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
- Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
- Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
 - Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
 - Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08
% PASA												100	96	83	67	57,1

Ensayo	Norma	Resultado*		
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido Límite Plástico Índice de Plasticidad	52,1 27,7 24,4	Seleccionado Adecuado Tolerable Marginal

* El C.B.R. Se determinará de acuerdo con las condiciones especificadas de puesta en obra, y su valor se empleará exclusivamente para la aceptación o rechazo de materiales a utilizar en las diferentes capas que conforman las explanaciones y obras de tierra.

Recomendaciones de uso (Según PG-3):
- ESPALDONES: los materiales empleados deberán satisfacer las condiciones de impermeabilidad, resistencia, peso estabilizador y protección frente a la erosión.
- CIMIENTO: para un valor del índice C.B.R. Mayor o igual de 3; siempre que las condiciones de drenaje, estanqueidad y características de apoyo del terreno sean adecuadas.
- NÚCLEO: cuando el índice C.B.R. Es mayor o igual de 3. En caso de tener un valor inferior de 3 deberá justificarse su empleo con un estudio especial aprobado por el Director de Obras.
- CORONACIÓN: siempre que el índice C.B.R. Sea mayor o igual de 5 (ver el tipo de explanada requerida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares) y por debajo no exista un material expansivo, colapsable o con contenido de sulfatos mayor del 2% en cuyo caso habrá que evitar la infiltración de agua hacia el resto del relleno.

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

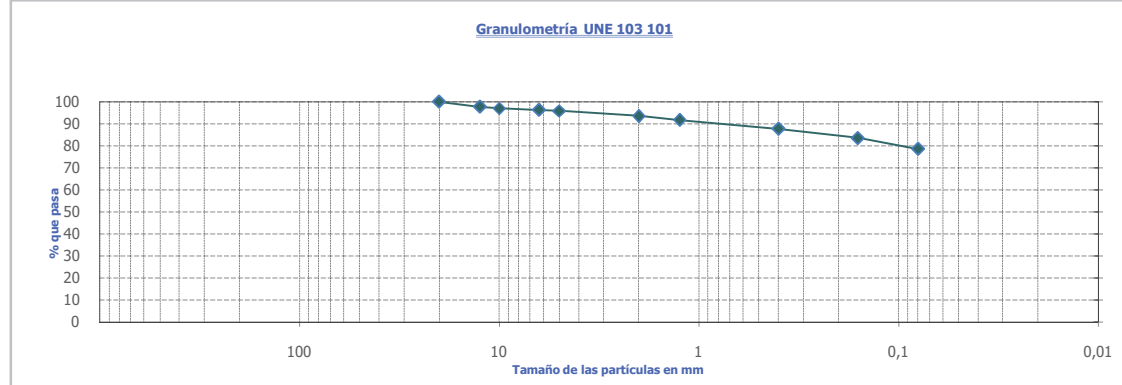
Mos, 22 de octubre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo
● Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas
● No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de enmacosa consultoría técnica

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº	99 153204	FECHA DE ENTRADA:	02/10/2019	Página 1 de 1
PETICIONARIO:	AECOM INOCSA, S.L.U.	REFERENCIA:	C-113126	
OBRA:	AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547	FECHA DE TOMA:	23/09/2019	
SITUACIÓN:	LUGO - LUGO			
PROCEDENCIA:	CR-505 (0.50 m)		SUELO	

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
- Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
- Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
- Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08
% PASA						100	98	97	96	96	94	92	88	84	78,6	

Ensayo	Norma	Resultado*	
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido	46,4
		Límite Plástico	34,4
		Índice de Plasticidad	12,0

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

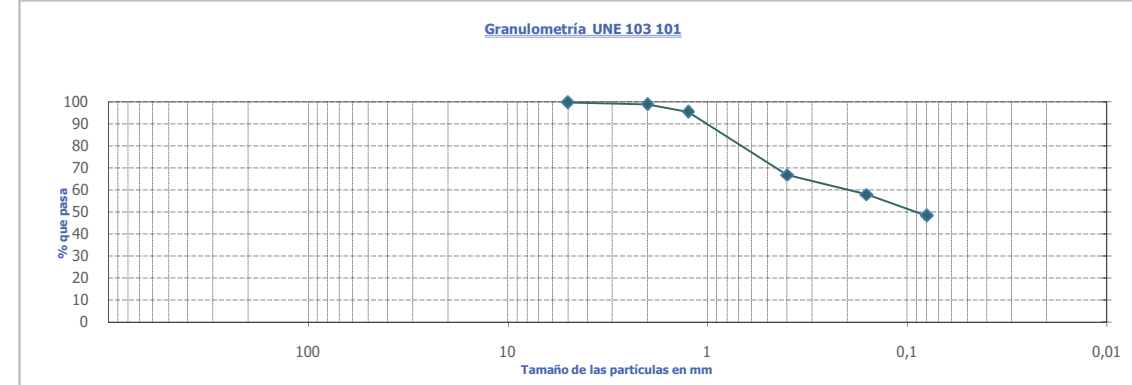
Mos, 25 de octubre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo
- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de enmacosa consultoría técnica

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº	99 153205	FECHA DE ENTRADA:	02/10/2019	Página 1 de 1
PETICIONARIO:	AECOM INOCSA, S.L.U.	REFERENCIA:	C-113126	
OBRA:	AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547	FECHA DE TOMA:	23/09/2019	
SITUACIÓN:	LUGO - LUGO			
PROCEDENCIA:	CE-506 (1.70 m)		SUELO	

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
- Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
- Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
- Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08
% PASA											100	99	95	67	58	48,4

Ensayo	Norma	Resultado*	
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido	38,0
		Límite Plástico	NO
		Índice de Plasticidad	0

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

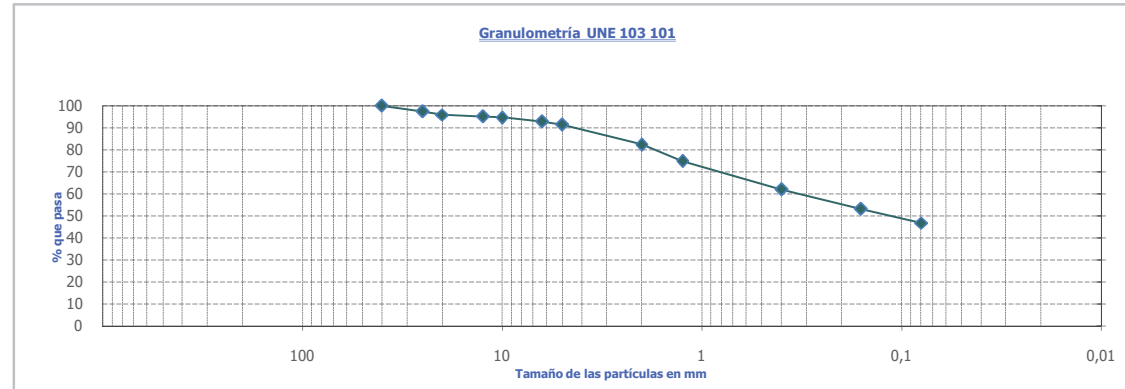
Mos, 25 de octubre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo
- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de enmacosa consultoría técnica

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº	99 153206	FECHA DE ENTRADA:	02/10/2019	Página 1 de 1
PETICIONARIO:	AECOM INOCSA, S.L.U.	REFERENCIA:	C-113126	
OBRA:	AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547			
SITUACIÓN:	LUGO - LUGO	FECHA DE TOMA:	23/09/2019	
PROCEDENCIA:	CR-508 (0.70 m)		SUELO	

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terrapién estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
- Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
- Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
- Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08
% PASA					100	97	96	95	95	93	91	82	75	62	53	46,8

Ensayo	Norma	Resultado*	
Materia Orgánica (M.O.)	UNE 103 204	0,83%	Seleccionado M.O. < 0,2% Tolerable 1% < M.O. < 2% Adecuado 0,2% ≤ M.O. < 1% Marginal 2% < M.O. < 5% Inadecuado M.O. > 5%
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido	32,6
		Límite Plástico	NO
		Índice de Plasticidad	0

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

Mos, 25 de octubre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo
 ▲ I ne resultante de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas
 ▲ No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de enmacosa consultoría técnica

Enmacosa Consultoría Técnica, S. A.
| O.C.T. | Laboratorio | Edificación | Geotecnia | Instalaciones |

referencia: C-113126
 peticionario: AECOM INOCSA, S.L.U.
 obra: AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547
 situación: LUGO - LUGO
 nº muestra: 99 154208
 contenido: TESTIGO PARAFINADO TP. SE-503 (12.00 - 12.40 m)



COMPRESIÓN SIMPLE (Norma UNE-22.950-3)

CLIENTE: ENMACOSA, S.A.
 TRABAJO:
 INDICATIVO: 19335 LABORANTE: Ismael G. Cotta
 MUESTRA: 99 154208 FECHA: 20/11/19 Hoja 1 de 1

CDIAM-EnsyCSR (20060101)

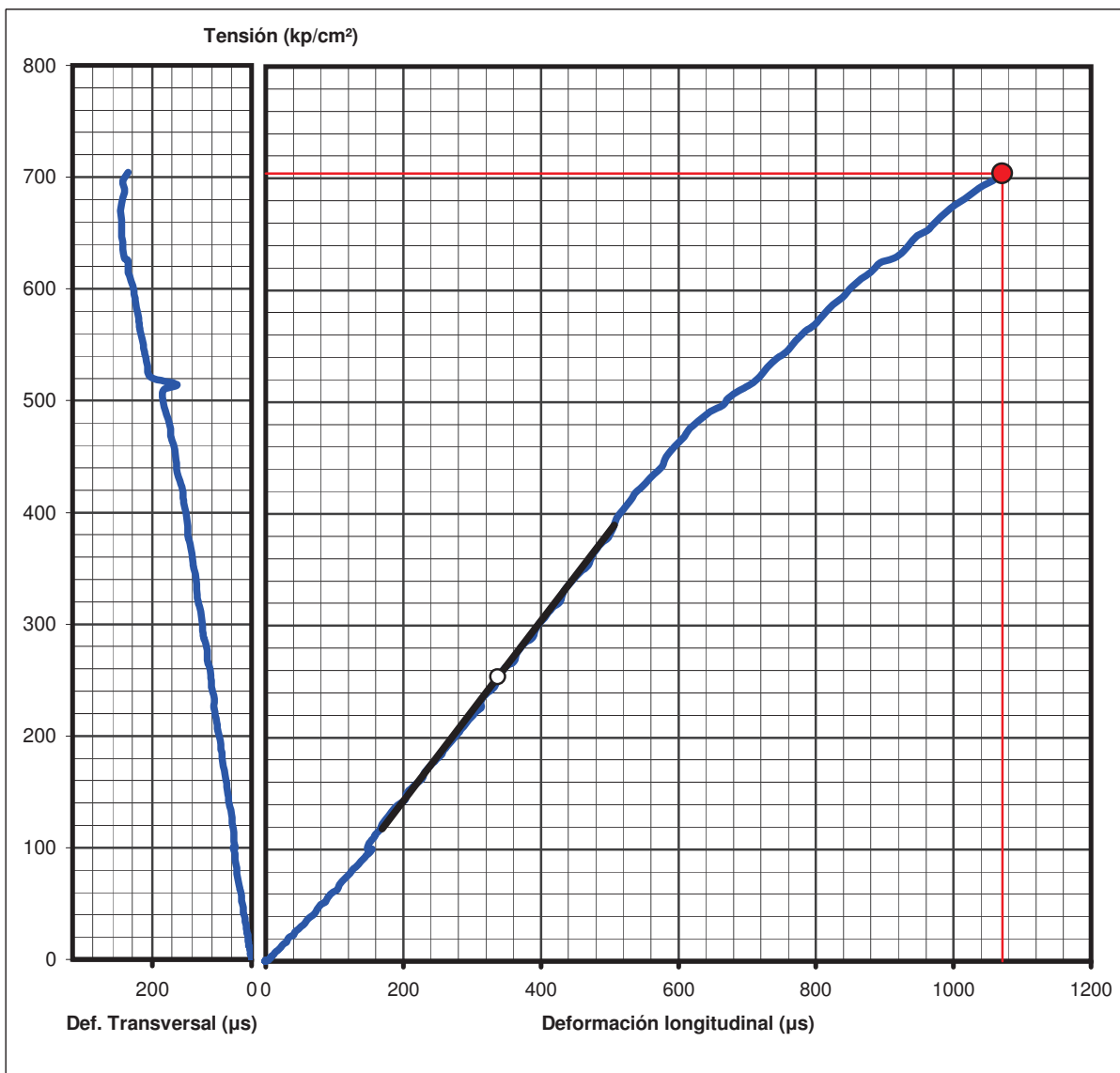
Datos del ensayo

Humedad (%):
 Densidad natural (g/cm³): 2,896
 Densidad seca (g/cm³):
 Diámetro (cm): 6,39
 Altura probeta (cm): 15,57
 Área (cm²): 32,07
 Volumen (cm³): 499,32

Resultados

Resistencia máxima (kp/cm²): 704
 Deformación (microstrain): 1071
 Módulo de Young (kp/cm²): 804.620,5
 Coeficiente de Poisson: 0,26

Curva completa del ensayo

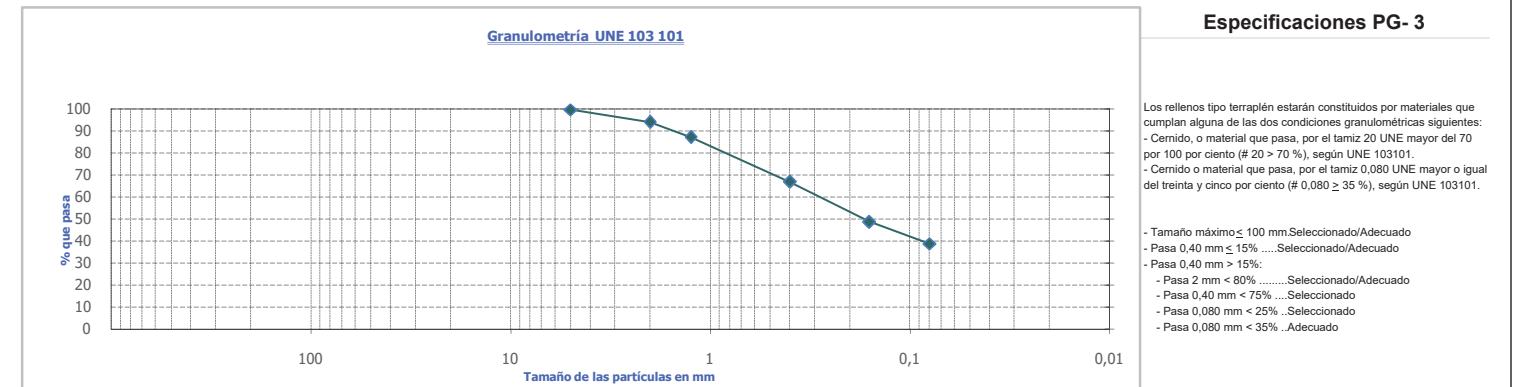


Observaciones

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
 GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº 99 154207 FECHA DE ENTRADA: 05/11/2019 Página 1 de 1
 PETICIONARIO: AECOM INOCSA, S.L.U. REFERENCIA: C-113126
 OBRA: AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547
 SITUACIÓN: LUGO - LUGO FECHA DE TOMA: 04/11/2019
 PROCEDENCIA: SPT. SE-503
 LUGAR DE TOMA: 3,60 - 4,00 m SUELO

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
 - Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
 - Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
- Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
- Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08
% PASA											100	94	87	67	49	38,8

Ensayo	Norma	Resultado*	
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido	28,3
		Límite Plástico	NO
		Índice de Plasticidad	0

Seleccionado L.L. < 30 y I.P. < 10
 Adecuado 30 < L.L. < 40
 L.L. > 30 I.P. > 4
 Tolerable 40 < L.L. < 65
 Marginal L.L. > 40 I.P. > 0,73x(L.L. - 20)
 L.L. > 90 I.P. < 0,73x(L.L. - 20)
 L.L. > 65

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
 DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
 JEFE DE ÁREA (GT)

Mos, 19 de noviembre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo

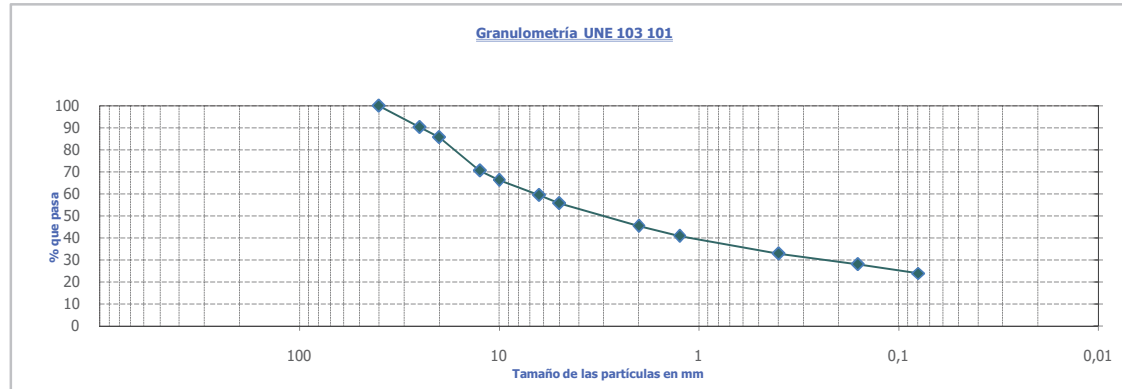
- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibida
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de enmacosa consultoría técnica.

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 153209** FECHA DE ENTRADA: **02/10/2019** Página 1 de 1

PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** REFERENCIA: **C-113126**
OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**
SITUACIÓN: **LUGO - LUGO** FECHA DE TOMA: **23/09/2019**
PROCEDENCIA: **CR-511 (0.80 m)** **SUELO**

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
- Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
- Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
 - Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
 - Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08
% PASA				100	90	86	71	66	59	56	46	41	33	28	24,0	

Ensayo	Norma	Resultado*	Selección	Limites
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido 34,6 Límite Plástico 28,9 Índice de Plasticidad 5,7	Seleccionado Adecuado Tolerable Marginal	LL < 30 y I.P. < 10 30 < LL < 40 LL > 30 I.P. > 4 40 < LL < 65 LL > 40 I.P. > 0,73x(LL - 20) LL > 90 I.P. < 0,73x(LL - 20) LL > 65

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

Mos, 25 de octubre de 2019

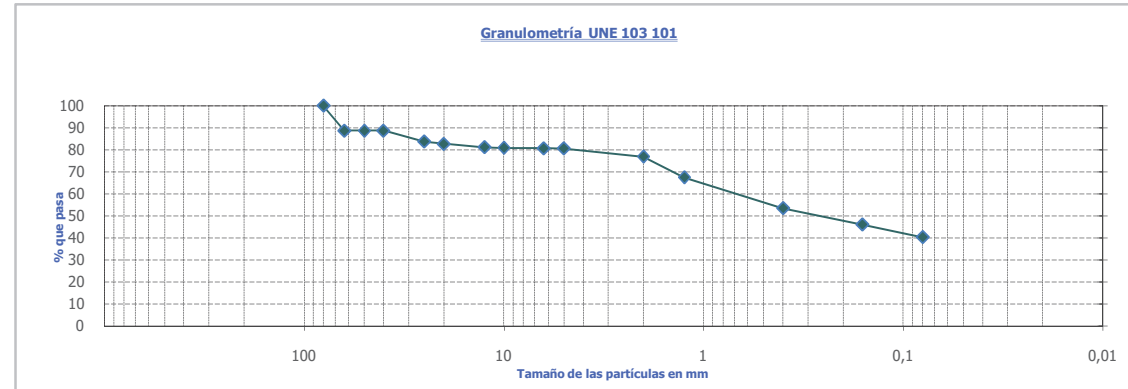
*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo
- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de enmacosa consultoría técnica

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 153199** FECHA DE ENTRADA: **02/10/2019** Página 1 de 1

PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** REFERENCIA: **C-113126**
OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**
SITUACIÓN: **LUGO - LUGO** FECHA DE TOMA: **23/09/2019**
PROCEDENCIA: **CD-512 (0.90 m)** **SUELO**

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
- Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
- Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
 - Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
 - Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08
% PASA			89	89	89	84	83	81	81	81	81	77	68	53	46	40,3

Ensayo	Norma	Resultado*	Selección	Limites
Próctor Normal	UNE 103 500	Densidad máxima 1,54 Humedad óptima 16,1		g/cm ³ %
Materia Orgánica (M.O.)	UNE 103 204	0,38%	Seleccionado Adecuado Inadecuado	M.O. < 0,2% 0,2% ≤ M.O. < 1% Marginal M.O. > 5%
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido 36,6 Límite Plástico 28,3 Índice de Plasticidad 8,3	Seleccionado Adecuado Tolerable Marginal	LL < 30 y I.P. < 10 30 < LL < 40 LL > 30 I.P. > 4 40 < LL < 65 LL > 40 I.P. > 0,73x(LL - 20) LL > 90 I.P. < 0,73x(LL - 20) LL > 65
Contenido en sales solubles	NLT 114	0,22%	Seleccionado/Adecuado Tolerable Marginal	S.S. < 0,2% 0,2% S.S. < 1% S.S. ≥ 1%
Contenido de yeso	NLT 115	0,08%	Tolerable Marginal / Inadecuado	< 5% ≥ 5%
Colapso	NLT 254	0,10 %	Tolerable	< 1%
Hinchamiento libre	UNE 103 601	0,25 %	Tolerable Marginal	< 3% < 5%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

TOLERABLE

Recomendaciones de uso (Según PG-3):

- ESPALDONES: los materiales empleados deberán satisfacer las condiciones de impermeabilidad, resistencia, peso estabilizador y protección frente a la erosión.
- CIMIENTO: para un valor del índice C.B.R. Mayor o igual de 3; siempre que las condiciones de drenaje, estanqueidad y características de apoyo del terreno sean adecuadas.
- NÚCLEO: cuando el índice C.B.R. Es mayor o igual de 3. En caso de tener un valor inferior de 3 deberá justificarse su empleo con un estudio especial aprobado por el Director de Obras.
- CORONACIÓN: siempre que el índice C.B.R. Sea mayor o igual de 5 (ver el tipo de explanada requerida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares) y por debajo no exista un material expansivo, colapsable o con contenido de sulfatos mayor del 2% en cuyo caso habrá que evitar la infiltración de agua hacia el resto del relleno.

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

Mos, 22 de octubre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo

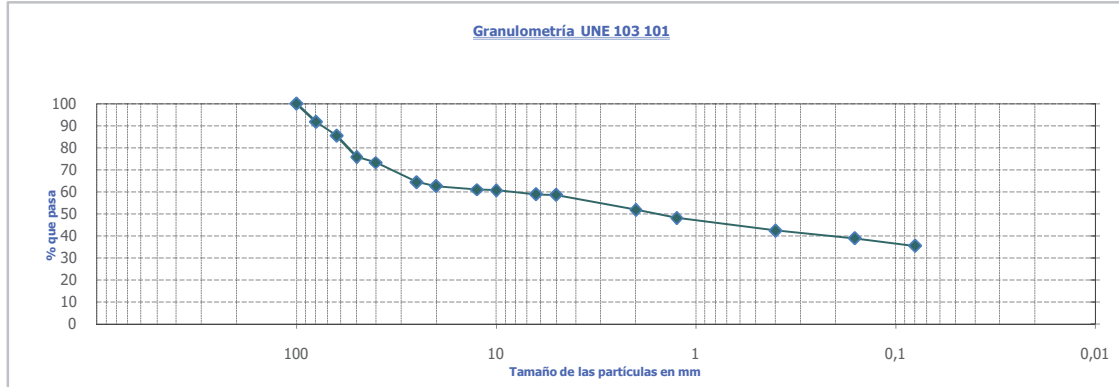
- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de enmacosa consultoría técnica

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 153200** FECHA DE ENTRADA: **02/10/2019** Página 1 de 1

PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** REFERENCIA: **C-113126**
OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**
SITUACIÓN: **LUGO - LUGO** FECHA DE TOMA: **23/09/2019**
PROCEDENCIA: **CD-513 (1.00 m)** **SUELO**

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
- Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
- Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
 - Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
 - Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08
% PASA	100	92	86	76	73	64	63	61	61	59	59	52	48	42	39	35,5

Ensayo	Norma	Resultado*		
Próctor Normal	UNE 103 500	Densidad máxima Humedad óptima	1,75 14,0	g/cm ³ %
Materia Orgánica (M.O.)	UNE 103 204		1,27%	Seleccionado M.O. < 0,2% Adecuado 0,2% ≤ M.O. < 1% Inadecuado M.O. > 5%
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido	38,0	Seleccionado L.L. < 30 y I.P. < 10 Adecuado 30 < L.L. < 40 L.L. > 30 I.P. > 4 Tolerable 40 < L.L. < 65 L.L. > 40 I.P. > 0,73x(L.L. - 20) Marginal L.L. > 90 I.P. < 0,73x(L.L. - 20) L.L. > 65
		Límite Plástico	32,4	
		Índice de Plasticidad	5,6	
Contenido en sales solubles	NLT 114		0,15%	Seleccionado/Adecuado S.S. < 0,2% Tolerable 0,2% S.S. < 1% Marginal S.S. ≥ 1%
Contenido de yeso	NLT 115		0,13%	Tolerable < 5% Marginal / Inadecuado ≥ 5%
Colapso	NLT 254		0,15 %	Tolerable < 1%
Hinchamiento libre	UNE 103 601		-0,09 %	Tolerable < 3% Marginal < 5%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

TOLERABLE

Recomendaciones de uso (Según PG-3):

- ESPALDONES: los materiales empleados deberán satisfacer las condiciones de impermeabilidad, resistencia, peso estabilizador y protección frente a la erosión.
- CIMIENTO: para un valor del índice C.B.R. Mayor o igual de 3; siempre que las condiciones de drenaje, estanqueidad y características de apoyo del terreno sean adecuadas.
- NÚCLEO: cuando el índice C.B.R. Es mayor o igual de 3. En caso de tener un valor inferior de 3 deberá justificarse su empleo con un estudio especial aprobado por el Director de Obras.
- CORONACIÓN: siempre que el índice C.B.R. Sea mayor o igual de 5 (ver el tipo de explanada requerida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares) y por debajo no exista un material expansivo, colapsable o con contenido de sulfatos mayor del 2% en cuyo caso habrá que evitar la infiltración de agua hacia el resto del relleno.

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

Mos, 24 de octubre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo

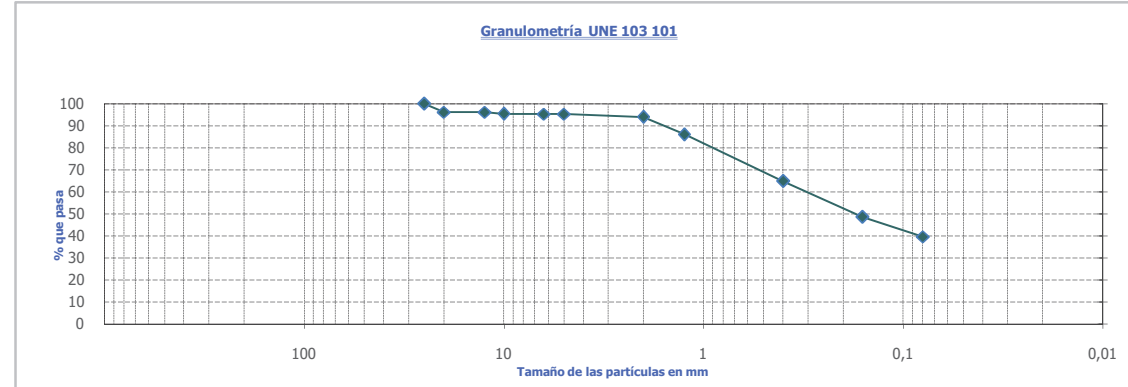
- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de enmacosa consultoría técnica

Laboratorio habilitado por la Xunta de Galicia e inscrito en el Registro General del CTE como LECCE con Nº GAL-L-056 en las siguientes áreas de actuación:
GT (Ensayos Geotecnia), VS (Ensayos Viales), PS (Ensayos Pruebas Servicio), EH (Ensayos Estructuras Hormigón Estructural), EA (Ensayos Estructuras Acero Estructural), EF (Ensayos Obras Albañilería), Acústica y Otros.

MUESTRA Nº **99 153198** FECHA DE ENTRADA: **02/10/2019** Página 1 de 1

PETICIONARIO: **AECOM INOCSA, S.L.U.** REFERENCIA: **C-113126**
OBRA: **AUTOVIA A-54. RAMAL DE CONEXION DEL ENLACE DE REMONDE CON LA CARRETERA N-547**
SITUACIÓN: **LUGO - LUGO** FECHA DE TOMA: **23/09/2019**
PROCEDENCIA: **CD-514 (1.90 m)** **SUELO**

RESULTADO DE LOS ENSAYOS



Especificaciones PG-3

Los rellenos tipo terraplén estarán constituidos por materiales que cumplan alguna de las dos condiciones granulométricas siguientes:
- Cerrido, o material que pasa, por el tamiz 20 UNE mayor del 70 por 100 por ciento (# 20 > 70 %), según UNE 103101.
- Cerrido o material que pasa, por el tamiz 0,080 UNE mayor o igual del treinta y cinco por ciento (# 0,080 ≥ 35 %), según UNE 103101.

- Tamaño máximo ≤ 100 mm. Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm ≤ 15% Seleccionado/Adecuado
- Pasa 0,40 mm > 15%:
 - Pasa 2 mm < 80% Seleccionado/Adecuado
 - Pasa 0,40 mm < 75% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 25% Seleccionado
 - Pasa 0,080 mm < 35% Adecuado

TAMICES UNE	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1,25	0,4	0,16	0,08
% PASA						100	96	96	95	95	95	94	86	65	49	39,7

Ensayo	Norma	Resultado*		
Próctor Normal	UNE 103 500	Densidad máxima Humedad óptima	1,73 14,9	g/cm ³ %
Materia Orgánica (M.O.)	UNE 103 204		0,10%	Seleccionado M.O. < 0,2% Adecuado 0,2% ≤ M.O. < 1% Inadecuado M.O. > 5%
Límites de Atterberg	UNE 103 103/UNE 103 104	Límite Líquido	40,8	Seleccionado L.L. < 30 y I.P. < 10 Adecuado 30 < L.L. < 40 L.L. > 30 I.P. > 4 Tolerable 40 < L.L. < 65 L.L. > 40 I.P. > 0,73x(L.L. - 20) Marginal L.L. > 90 I.P. < 0,73x(L.L. - 20) L.L. > 65
		Límite Plástico	24,6	
		Índice de Plasticidad	16,2	
Contenido en sales solubles	NLT 114		0,22%	Seleccionado/Adecuado S.S. < 0,2% Tolerable 0,2% S.S. < 1% Marginal S.S. ≥ 1%
Contenido de yeso	NLT 115		0,86%	Tolerable < 5% Marginal / Inadecuado ≥ 5%
Colapso	NLT 254		0,47 %	Tolerable < 1%
Hinchamiento libre	UNE 103 601		0,56 %	Tolerable < 3% Marginal < 5%

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

TOLERABLE

Recomendaciones de uso (Según PG-3):

- ESPALDONES: los materiales empleados deberán satisfacer las condiciones de impermeabilidad, resistencia, peso estabilizador y protección frente a la erosión.
- CIMIENTO: para un valor del índice C.B.R. Mayor o igual de 3; siempre que las condiciones de drenaje, estanqueidad y características de apoyo del terreno sean adecuadas.
- NÚCLEO: cuando el índice C.B.R. Es mayor o igual de 3. En caso de tener un valor inferior de 3 deberá justificarse su empleo con un estudio especial aprobado por el Director de Obras.
- CORONACIÓN: siempre que el índice C.B.R. Sea mayor o igual de 5 (ver el tipo de explanada requerida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares) y por debajo no exista un material expansivo, colapsable o con contenido de sulfatos mayor del 2% en cuyo caso habrá que evitar la infiltración de agua hacia el resto del relleno.

Observaciones:

Samuel Cerqueira Mallo
DIRECTOR DE LABORATORIO

Norberto Saiz Ruiz
JEFE DE ÁREA (GT)

Mos, 24 de octubre de 2019

*NOTA: Aquellos resultados que no se encuentren dentro de las especificaciones según PG-3, aparecerán marcados en rojo

- Los resultados de los ensayos realizados afectan exclusivamente a las muestras recibidas
- No está autorizada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización expresa de enmacosa consultoría técnica

APÉNDICE 8 – REPORTAJE FOTOGRÁFICO



SONDEO SR-501



SONDEO SD-502



SONDEO SE-504



SONDEO SR-505



SONDEO SR-505



SONDEO SD-506



PR-512



PR 501



PD-502



PD-513



PR-503



PE-505



PE-504



PR-506



PR-507



PR-509



PR-510



PR-508



PR-511



CR-501



CR-502



CD-503



CD-514



CR-5050



CE-506



CE-507



CR-508



CR-509



CR-510



CR-511



CD-512



CD-513