



euskal trenbide sarea

Proyecto Constructivo de rehabilitación
del puente internacional en Irún
(P.K. 20/929 de la línea Donostia –
Hendaia de E.T.S.)

Anejo – 07

Geología y Geotecnia

Noviembre 2024



Hoja de control de calidad

Documento	Anejo 7: Geología y Geotecnia			
Proyecto	SE9887. Proyecto Constructivo de rehabilitación del puente internacional de Irún (P.K. 20/929 de la línea Donostia – Hendaia de E.T.S.)			
Código	SE9887-PC-AN-07-Geologia-Geotecnia-D03.docx			
Autores:	Firma:	GGD	GGD	GGD
	Fecha:	30/04/2024	01/07/2024	08/11/2024
Verificado	Firma:	ANP	ANP	ANP
	Fecha:	30/04/2024	01/07/2024	08/11/2024

Índice:

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVO Y ALCANCE	1
1.2. INFORMACIÓN UTILIZADA.....	2
2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS EXISTENTES EN EL PUENTE	3
3. MARCO GEOLÓGICO	5
3.1. ENCUADRE GEOLÓGICO	5
3.2. LITOLOGÍA.....	5
4. CAMPAÑA DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA.....	7
4.1. RECONOCIMIENTOS DE CAMPO.....	7
5. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES.....	11
5.1. INTRODUCCIÓN.....	11
5.2. NIVEL 1. RELLENOS ANTRÓPICOS	11
5.2.1. Identificación y Estado.	12
5.2.2. Resistencia.....	13
5.2.3. Ensayos químicos	16
5.3. NIVEL 2A. CUATERNARIO: SUELOS ALUVIALES DE NATURALEZA GRANULAR	16
5.3.1. Identificación y Estado.	16
5.3.2. Resistencia.....	17
5.3.3. Ensayos químicos	19
5.4. NIVEL 2B. CUATERNARIO: SUELOS ALUVIALES DE NATURALEZA GRANULAR	19
5.5. NIVEL 3. SUSTRATO ROCOSO. ALTERNANCIA DE MARGAS Y CALIZAS ARENOSAS	20
5.5.1. Resistencia.....	20
5.5.2. Ensayos químicos	20
5.6. CONCLUSIONES. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS RECOMENDADOS	21
6. EXCAVABILIDAD	22
7. EMPLEO DE MATERIALES	23
8. GEOTÉCNIA DE LAS ESTRUCTURAS.....	24
8.1. INTRODUCCIÓN.....	24
8.2. CONDICIONES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS.....	24
8.2.1. Riesgos geológicos	25
8.2.2. Agresividad del medio.....	25
8.2.3. Sismicidad	25
8.3. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO	27
8.3.1. Empujes horizontales en el trasdós de estructuras	28
8.3.2. Cimentación mediante micropilotes	28

8.4. ESTUDIO INDIVIDUALIZADO DE LAS ESTRUCTURAS.....	32
8.4.1. Pila P1	32
8.4.2. Pila P4	33
8.4.3. Ejecución de las tablestacas	34
9. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	36
PLANOS	1
PLANO 1. UBICACIÓN DE SONDEOS GEOTÉCNICOS SOBRE ORTOFOTO. ESCALA 1:2.000	1
PLANO 2. PLANTA Y PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO LONGITUDINAL. ESCALAS 1:500 Y 1:250	2
APÉNDICES.....	3
APENDICE 1. REGISTROS DE SONDEOS DE CAMPAÑAS DE RECONOCIMIENTO PREVIAS	4
APENDICE 1A. SONDEOS CAMPAÑA TYP SA (2022)	5
APENDICE 1B. SONDEOS CAMPAÑA INGELUR (2021)	6
APENDICE 1C. SONDEOS CAMPAÑA ENGINE (2021).....	7
APENDICE 1D. SONDEOS CAMPAÑA SAITEC (2017)	8
APENDICE 1E. SONDEOS CAMPAÑA IKERLUR (1999).....	9
APENDICE 1F. SONDEOS CAMPAÑA 1963	10

Índice de figuras:

Figura 1. Ortofoto con la zona de estudio	1
Figura 2. Cavity bajo encepado de Pila 1 (izquierda) y Encepado de Pila 4, presumiblemente mal ejecutado o con erosión desu parte inferior (derecha).	4
Figura 3. Mapa de Situación (izquierda) y Esquema geológico de la zona (derecha).....	5
Figura 4. Mapa Geológica, y leyenda, de la zona de estudio (izquierda).	6
Figura 5. Perfil geológico interpretado del entorno de estudio. Fuente: E.V.E.	6
Figura 6. Ortofoto de la zona con los sondeos y ensayos de laboratorio recopilados para este trabajo.	7
Figura 7. Perfil longitudinal interpretado del terreno bajo las pilas del viaducto y en el que pueden apreciarse parte de estas unidades.	11
Figura 8. Curva granulométrica y proporción de gravas,a renas, y finos que presenta la muestra.....	13
Figura 9. Carta de plasticidad de Casagrande de la fracción fina de los rellenos.	13
Figura 10. Resultados de los ensayos SPT en rellenos, en función de la profundidad.	14
Figura 11. Ábaco de Peck et al. (1974).	15
Figura 12. Diagrama de barras y bogotes para distintas correlaciones del ángulo de rozamiento interno en función del SPT.	15
Figura 13. Representación de los resultados de los ensayos de agresividad al hormigón, junto con su clasificación.	16

Figura 14. Curva granulométrica y proporción de gravas, arenas, y finos que presenta la muestra.....	17
Figura 15. Resultados de los ensayos SPT en la unidad 2a, en función de la profundidad.....	18
Figura 16. Diagrama de barras y bogotes con distintas correlaciones del ángulo de rozamiento interno en función del SPT, para la unidad 2a.	18
Figura 17. Representación de los resultados de los ensayos de agresividad al hormigón de la unidad 2a, junto con su clasificación.	19
Figura 18. Representación de los resultados de los ensayos de agresividad al hormigón de la unidad 3, junto con su clasificación.	21
Figura 19. Criterios de excavabilidad en función de la resistencia del terreno.	22
Figura 20. Representación de la ejecución de micropilotes al abrigo de tablestacas.	24
Figura 21. Mapa de aceleraciones básicas, según la NCS-02.	26
Figura 22. Ábaco de Arozamena para el coeficiente de balasto horizontal, Kh.	28
Figura 23. Rozamiento unitario límite por fuste para micropilotes en suelos.	31
Figura 24. Coeficiente de balasto horizontal para el material aluvial granular de la unidad 2a (verde) y el aluvial fino de la unidad 2b (naranja).	34

Anejo 07.

Geología y Geotecnia

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO Y ALCANCE

La zona de estudio se encuentra en plena bahía de Txingudi, concretamente sobre los depósitos aluviales del río Bidasoa que hace de frontera entre el municipio de Irún (España) y Behobia (Francia). El mencionado río es salvado mediante el denominado Puente Internacional de Irún, construido en 1912.

Dicho puente, de 120 m de longitud en cinco vanos y una anchura de plataforma de 4,63 m, actualmente habilitado para el paso del tráfico ferroviario de pasajeros presenta una serie de patologías que hacen necesario su refuerzo.

Es por ello por lo que, en este documento, se presenta el estudio geológico-geotécnico realizado para la correcta ejecución del PROYECTO CONSTRUCTIVO DE REHABILITACIÓN DEL PUENTE INTERNACIONAL DE IRUN, de la línea Donostia-Hendaia de Euskal Trenbide Sarea (ETS).



Figura 1. Ortofoto con la zona de estudio

En el presente anejo se describen y analizan las condiciones geotécnicas que presenta el terreno en la zona de estudio. Para obtener un conocimiento suficiente de estas condiciones, no se ha realizado ninguna campaña de investigación geotécnica *exprefeso* para este proyecto, si bien se ha recopilado

con la abundante información de carácter geotécnico y con las numerosas investigaciones realizadas en la zona disponibles en la información técnica que ha podido consultarse.

El objetivo de los trabajos consiste en determinar las características geotécnicas de los materiales que constituyen el subsuelo, así como analizar las diferentes problemáticas de tipo geotécnico que pueden presentarse en el Proyecto.

Para la redacción de este Informe Geológico – Geotécnico, se han marcado y definido una serie de objetivos técnicos a cumplir, siguiendo una metodología perfectamente definida.

- Descripción del marco geológico general de la zona, atendiendo a cuestiones estratigráficas, estructurales, hidrogeológicas y sismológicas.
- Descripción de las características geológico-geotécnicas del terreno en la zona investigada, describiendo la naturaleza de las diferentes capas que lo componen, su distribución, espesores, etc.
- Descripción y estudio de la campaña geotécnica de investigación.
- Clasificación de los materiales de las formaciones afectadas.
- Obtención y recomendación de los parámetros geotécnicos de cada unidad geológica.
- Composición y disposición de los materiales que ha permitido identificar los diferentes tipos de rocas y suelos así como la estructura geológica de la zona de estudio, su espesor y distribución del recubrimiento de suelos y de la capa de roca meteorizada en su caso.
- Caracterización de los suelos y del macizo rocoso (fallas, contactos, pliegues, etc.), con especial incidencia en los parámetros geotécnicos necesarios para el cálculo de los desmontes, rellenos, sostenimientos y estructuras.
- Condiciones de excavación y porcentaje de empleo de medios mecánicos, ripado o voladuras, para la realización de las excavaciones.
- Clasificación de los materiales de las formaciones afectadas por la línea y posibilidades de utilización en rellenos, de los materiales excavados.
- Diseño de los taludes admisibles en excavaciones, en las diferentes zonas del trazado, con indicación de zonas problemáticas donde pueden requerirse medidas de contención.
- Definición de las condiciones de cimentación de las estructuras, con indicación de tipologías a adoptar, tensiones admisibles y módulos de reacción.

1.2. INFORMACIÓN UTILIZADA

Para realizar el presente anejo se ha revisado y analizado toda la información geológica-geotécnica existente de la zona y a la cual se ha tenido acceso. Una vez estudiada toda la documentación, se ha realizado una campaña de investigación geotécnica (sondeos mecánicos a rotación con recuperación de testigos y ensayos geotécnicos de laboratorio) para ampliar los datos geotécnicos.

Como fuentes complementarias, se ha consultado además la información geológico-geotécnica contenida en los siguientes documentos:

- Mapa Geológico del País Vasco, a escala y 1:100.000, del EVE.
- Mapa hidrogeológico del País Vasco, a escala 1:100.000, del EVE.
- Mapa geológico del País Vasco, a escala 1: 25.000 (Edición digital en CD-ROM).
- Mapa Geológico del País Vasco a escala 1:25.000 del EVE, Hoja 41-III (Irún).

Adicionalmente, existe una amplia documentación e información del entorno del puente objeto de estudio que ayudan a completar el contexto geológico-geotécnico de la zona en la que se ubica el puente Internacional de Irún. La información consultada ha sido la siguiente:

- Acerca de los sondeos realizados en el Puente internacional de Irún para Reconocimiento de su Cimentación con Objeto de Proceder a su ensanche y Refuerzo. Servicio Geológico de Obras Públicas (1963).
- Informe Geotécnico para el Movimiento de Tierras y Cimentación del Recinto Ferial del Bidasoa (Irún). IKERLUR (abril 1999)
- Proyecto de Construcción de la Nueva estación de Hendaia (Francia). Anejo Nº4. Geología y geotécnia. SAITEC ENGINEERING.
- Reconocimiento Geológico-Geotécnico para el Proyecto del Área de transferencia de Mercancías de Kostorbe (Irún). INGELUR (enero 2022).
- Informe para el Estudio de Alternativas tras el Diagnóstico de Evaluación Estructural Definitiva del Puente internacional de Irún. TYPESA-INTEMAC (diciembre 2022).
- Actualización del Proyecto Constructivo de Itinerarios peatonales y para bicicletas por la calle Pierre Loti y pantalán bajo los puentes Internaciones, Irún. KREAN (Abril 2023)

Además, se ha utilizado otro tipo de información geotécnica y normativa que se indica a continuación:

- Norma de construcción sismorresistente (NCSP – 07), R.D. 997/2002 de 27 de Septiembre de 2002.
- CTE – SE – C. Seguridad Estructural Cimentaciones, Marzo 2006.
- “Guía para el Proyecto y la Ejecución de Micropilotes en obras de carretera”, 2005.
- “Curso aplicado de cimentaciones” (R. Ortiz, Jesús Serra y Carlos Oteo).
- “Ingeniería geológica” (Luis I. González de Vallejo, 2002).

2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS EXISTENTES EN EL PUENTE

En este apartado se describirán las patologías observadas en el Puente internacional de Irún por técnicos de TYPESA e Intemac, en la inspección visual realizada en diciembre del 2022 y englobado en el “Informe de Estudio de Alternativas Tras de Evaluación Estructural Definitiva del Puente”, realizada por las mencionadas empresas.

Estas patologías se subdividen en las siguientes categorías según su ubicación:

- **Terreno Circundante:** El entorno del cauce es de naturaleza limo–arenosa. Se intuye, por las rehabilitaciones llevadas a cabo en las estructuras adyacentes, así como lo inspeccionado mediante buzos, la existencia de fuertes corrientes que induce al desplazamiento del lecho, resultando en socavaciones.
- **Cimentaciones:** Se observa, debido a la acción de las mareas, así como a la influencia de las corrientes del río, una pérdida de una posible capa de material granular de protección frente a la socavación.

Este aspecto se acentúa en la pila 1, donde se han localizado cavidades de 3 m de altura en los que los pilotes de madera han quedado totalmente expuestos al medio marino, y por tanto, a la pérdida de sección mecánica del mismo debido al *teredo*.

Así mismo, se observa que la parte inferior del encepado de la pila 4 se encuentra por encima de la máxima bajamar, estando expuesta la madera de los pilotes a ciclos húmedos y secos, llevando a su pudrición.

En lo que respecta al resto de pilas, las mismas no disponen de ninguna medida frente a la socavación, quedando vistos los paramentos verticales de la losa de encepado, y en lo que respecta a los estribos, se encuentran bien protegidos frente a socavaciones.



Figura 2. Cavidad bajo encepado de Pila 1 (izquierda) y Encepado de Pila 4, presumiblemente mal ejecutado o con erosión desu parte inferior (derecha).

- **Alzados y bóveda:** En los alzados, posiblemente debido a las patologías anteriormente detectadas en pilas 1 y 4, así como por la posible erosión constante en los pilotes, se han detectado fisuras que podrían coincidir con un asiento producido en un instante determinado de tiempo el cual no ha podido ser localizado con la información disponible.

Estas fisuras se encuentran en el tímpano del vano 1riñones de bóveda en vano 2, rotura del mampuesto del tímpano del vano 4 y en los sillares del vano 5.

Así mismo, se aprecia la existencia de vegetación de naturaleza no arbórea, fruto de la humedad presente en los paramentos internos de tímpano y bóveda, observándose en las caras externas de los tímpanos y bajo la bóveda. El origen de estas humedades, visibles por la presencia de calcificaciones, tiene su origen en los desagües o mechinales que dispone cada bóveda en su arranque para el drenaje del agua que, desde la plataforma, accede al material filtrante de la estructura, y es evacuado para evitar empujes adicionales no deseados sobre la estructura.

Se aprecia que algunos de estos desagües han dejado de funcionar. Así mismo, si se persiguiera eliminar la escorrentía del drenaje sobre el paramento, sería adecuada la disposición de drenajes con prolongación de boquilla, o su entubación hasta base de pila.

En lo que respecta a los sillares, se aprecia ligera arenización, pero no se observa lavado de sus juntas, pero sí en la mampostería concertada que conforma la bóveda, especialmente en la zona que se encuentra en carrera de mareas.

Por último, existen pilas que han sufrido arenización, del mismo modo en que lo han sufrido los escudos o emblemas presentes en las pilas.

- **Superestructura:** En lo que respecta a la superestructura, indicar únicamente la presencia de vegetación enraizada, así como desperfectos en la imposta y barandilla. En el caso de la imposta, podrían deberse a la ejecución en su día de la conducción de fibra.

Así mismo, la estructura mantiene una serie de elementos que han quedado obsoletos, como los anclajes de los antiguos postes de catenaria o losas de anclajes de tirantes de catenaria.

3. MARCO GEOLÓGICO

3.1. ENCUADRE GEOLÓGICO

Desde el punto de vista geológico, la zona de estudio se encuentra dentro del dominio de la Cuenca Vasco - Cantábrica, concretamente en el dominio estructural del Arco Vasco, en las inmediaciones del macizo paleozoico de Cinco Villas. Los materiales que afloran en esta zona están comprendidos entre el Paleozoico y el Eoceno inferior, estando en parte recubiertos por sedimentos cuaternarios.

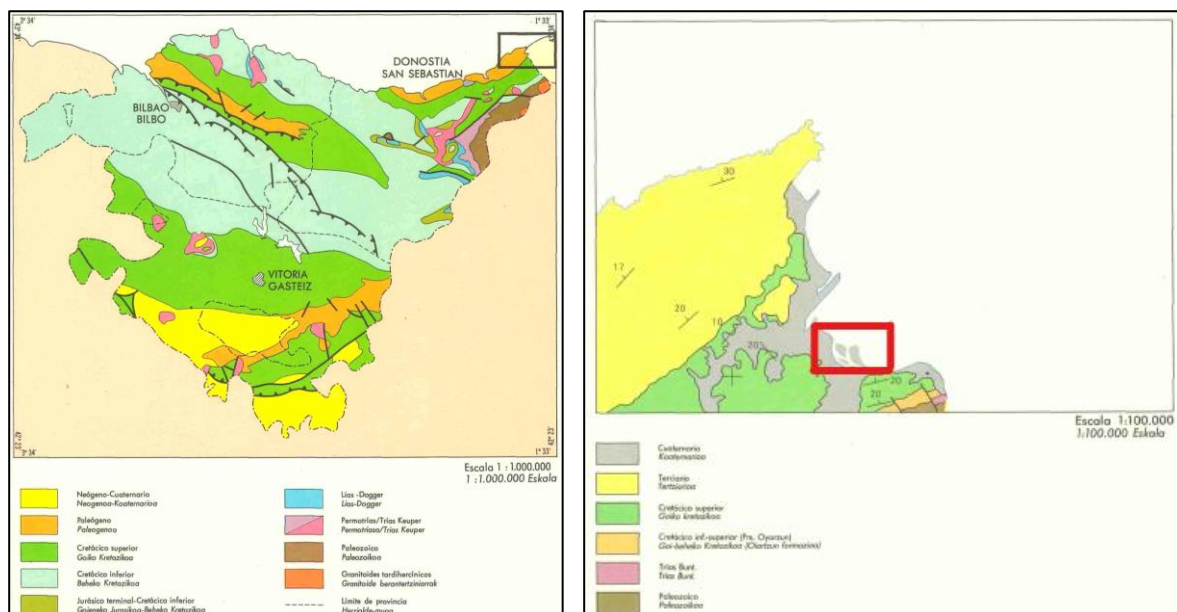


Figura 3. Mapa de Situación (izquierda) y Esquema geológico de la zona (derecha).

La región presenta una estructura homoclinal de suaves buzamientos hacia el NW (10-40°), con algunos repliegues suaves. Dicha disposición es el resultado de una fase principal de plegamiento de edad terciaria (post-Eoceno, Orogenia Alpina).

Todos los materiales que afloran en la zona de estudio se incluyen dentro una misma unidad denominada Unidad de San Sebastián. Las únicas excepciones a esta unidad son los sedimentos cuaternarios por ser depósitos tardíos.

3.2. LITOLOGÍA

En lo que respecta a la zona estudiada, se han diferenciado los siguientes conjuntos litológicos:

- Unidad tectónica de San Sebastián. Cretácico Superior. Flysch detrítico-calcáreo:
Se trata de una alternancia de margas, calizas arenosas y areniscas, estratificadas en bancos centimétricos a decimétricos. Las areniscas y calizas arenosas son, por lo general, de grano fino a muy fino y presentan numerosas estructuras sedimentarias.
- Formaciones sedimentarias:
 - Depósitos antropogénicos: Las zonas más importantes coinciden con ensenadas de zonas urbanas ganadas a la ría, y se trata de depósitos muy heterogéneos en cuanto a origen y tamaño.
 - Suelos aluviales: En general se trata de depósitos de limos y arcillas con contenidos variables de gravas y arenas.

4. CAMPAÑA DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

4.1. RECONOCIMIENTOS DE CAMPO

El estudio geológico – geotécnico se ha iniciado con un levantamiento geológico – geotécnico detallado de la zona de estudio, que ha incluido las siguientes actividades:

- Recopilación y consulta de la bibliografía geológica existente sobre la zona, mencionada al comienzo del presente informe.
- Reconocimiento de campo y recorrido completo del tramo por el equipo de ingeniería y geotecnia.
- Caracterización geotécnica de las diferentes formaciones y materiales reconocidos a lo largo de la zona de estudio.

Tal y como se ha comentado anteriormente, no se ha realizado ninguna campaña geotécnica específica para este proyecto, aunque se han aprovechado las campañas de sondeos y ensayos de laboratorio realizado a lo largo de los distintos años, y efectuados para diversos propósitos.



Figura 6. Ortofoto de la zona con los sondeos y ensayos de laboratorio recopilados para este trabajo.

En la siguiente tabla puede consultarse la realización de ensayos de laboratorio realizados en las muestras tomadas a lo largo de las distintas campañas geotécnicas. En dicha tabla se muestran también los resultados de los ensayos “in situ” tipo SPT realizados en los sondeos.

INVESTIGACIÓN REALIZADA PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO CONSTRUCTIVO DE REHABILITACIÓN DEL PUENTE INTERNACIONAL DE IRÚN

REFERENCIA		PROFUNDIDAD (m)			LITOLOGIA		IDENTIFICACIÓN																	RESISTENCIA							
							DENSIDAD (t/m3)		HN (%)	LÍMITES ATTERBERG			% PASA TAMIZ							GRANULOMETRIA (%)			PENETRACIÓN DINÁMICA	COMPRESIÓN SIMPLE (kPa)			CORTE DIRECTO (CD y UU)				
SONDEO	MUESTRA	DE	A	MEDIA	TIPO TERRENO	FORMACIÓN	Seca	Aparente	W	LL	LP	IP	25	20	10	5	2	0,4	0,08	Gravas	Arena	Finos	N SPT	q _u (kPa)	E (Mpa)	Poisson	C' (kPa)	Φ' (°)	C (kPa)	Φ (°)	
S-1 (2022)	SPT-1	1,00	1,60	1,30	Gravas gruesas y medias de naturaleza poligénica, angulosas, con algún bloque y algo de matriz arenosa limosa. Color gris y marrón. Suetas. Cantos poligénicos y angulosos	Relleno Antrópicos																	8								
S-1 (2022)	SPT-2	3,00	3,60	3,30	Gravas con algún bloque 0<-10 cm., angulosas, con limos arenosos, medianamente densas. Limos arcillosos con algunos bloques y gravas	Relleno Antrópicos																	17								
S-1 (2022)	MI-1	6,00	6,60	6,30	heterométricas de residuos de construcción y demolición, con algo de arena, blandos de color marrón caquí, rojo y gris claro	Relleno Antrópicos	1,515	1,969	30,00	43,5	27,1	16,4	94,00	94,00	88,00	79,00	70,00	61,00	47,70	30,00	22,30	47,70		12,0			22,000	8,300			
S-1 (2022)	SPT-3	6,60	7,20	6,90	Limos arcillosos con algunos bloques y gravas heterométricas de residuos de construcción y demolición, con algo de arena, blandos de color marrón caquí, rojo y gris claro	Relleno Antrópicos																	3								
S-1 (2022)	SPT-4	9,00	9,60	9,30	Limos con algo de arena y trazas de restos de bivalvos, sueltos, de color marrón oscuro	Cuaternalio Aluvial.																	9								
S-1 (2022)	MI-2	12,00	12,60	12,30	Arenas gruesas y gravas finas y medias subredondeadas y poligénicas, sueltas, de color marrón y gris oscuro.	Cuaternalio Aluvial.	1,984	2,210	11,40	19,9	17,3	2,6	95,0	89,0	75,0	65,0	53,0	36,0	23,1	47,00	29,90	23,10						48,00	19,30		
S-1 (2022)	SPT-5	12,60	13,20	12,90	Arenas gruesas y gravas finas y medias subredondeadas y poligénicas, sueltas, de color marrón y gris oscuro.	Cuaternalio Aluvial.																	7								
S-1 (2022)	MI-3	15,00	15,60	15,30	Arenas finas con trazas de bivalvos, sueltas, de color marrón claro. Compacidad suelta.	Cuaternalio Aluvial.	1,645	1,895	15,20		NP	NP	82,0	68,0	57,0	52,0	50,0	45,0	7,2	50,00	42,80	7,20						34,00	43,00		
S-1 (2022)	SPT-6	15,60	16,20	15,90	Arenas finas con trazas de bivalvos, sueltas, de color marrón claro. Compacidad suelta.	Cuaternalio Aluvial.																	5								
S-1 (2022)	MI-4	18,00	18,60	18,30	Arenas finas con trazas de bivalvos, sueltas, de color marrón claro. Compacidad suelta.	Cuaternalio Aluvial.																									
S-1 (2022)	SPT-7	18,60	19,20	18,90	Arenas finas con trazas de bivalvos, sueltas, de color marrón claro. Compacidad suelta.	Cuaternalio Aluvial.																	16								
S-1 (2022)	TP-1	21,50	21,60	21,55	Lutita calcárea, blandas, de color gris claro, ligeramente meteorizadas, con juntas cerradas con algo de óxido 5-90°-60°, estratificación delgada subhorizontal, de calidad mala a buena	Sustrato Rocoso.																		32400	3605,34	0,11					
S-1 (2022)	TP-2	23,30	23,80	23,55	Lutita calcárea, blandas, de color gris claro, ligeramente meteorizadas, con juntas cerradas con algo de óxido 5-90°-60°, estratificación delgada subhorizontal, de calidad mala a buena	Sustrato Rocoso.																		45900	18070,87	0,27					
S-1 (2017)	TP-1	4,10	4,30	4,20	ALTERNANCIA DE MARGAS Y CALIZAS ARENOSAS blandas, de color gris, ligeramente meteorizadas, con juntas muy cerradas a cerradas generalmente con óxido, de calidad muy mala a mediana	Sustrato Rocoso	2,696	2,710	0,51															21100							
S-1 (2017)	TP-3	8,30	8,80	8,55	ALTERNANCIA DE MARGAS Y CALIZAS ARENOSAS blandas, de color gris, ligeramente meteorizadas, con juntas muy cerradas a cerradas generalmente con óxido, de calidad muy mala a mediana	Sustrato rocoso	2,699	2,710	0,40															40600							

N° Ensayos	5,00	5,00	5,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	7,00	5,00	2,00	2,00	1,00	2,00	2,00
Promedio	2,1	2,3	11,5	31,7	22,2	9,5	90,3	63,7	73,3	65,3	57,7	47,3	26,0	42,3	31,7	26,0	9,3	28002,4	10838,1	0,2	22,0	8,3	41,0	31,2		
Desv. Estándar	0,96	0,39	12,25	16,69	6,93	9,76	7,23	13,80	15,57	13,50	10,79	12,66	20,41	10,79	10,36	20,41	5,31	18230,94	10228,67	0,11	#DIV/0!	#DIV/0!	9,90	16,76		
Max	2,7	2,7	30,0	43,5	27,1	16,4	95,0	94,0	88,0	79,0	70,0	61,0	47,7	50,0	42,8	47,7	17,0	45900,0	16070,9	0,3	22,0	8,3	46,0	43,0		
Min	1,5	1,9	0,4	19,9	17,3	2,6	82,0	68,0	57,0	52,0	50,0	36,0	7,2	30,0	22,3	7,2	3,0	12,0	3605,3	0,1	22,0	8,3	34,0	19,3		

INVESTIGACIÓN REALIZADA PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO CONSTRUCTIVO DE REHABILITACIÓN DEL PUENTE INTERNACIONAL DE IRÚN

REFERENCIA		PROFUNDIDAD (m)			LITOLOGÍA		COMPACTACIÓN					QUÍMICOS				CLASIFICACIÓN
SONDEO	MUESTRA	DE	A	MEDIA	TIPO TERRENO	FORMACIÓN	Índice de huecos, e ₀	Índice de compresión, C _c	Índice de hinchamiento, C _s	Hinchamiento libre (%)	Índice de colapso (%)	MO (%)	Carbonato (%)	Ion Sulfato (mg/kg)	Acidez Baumann-Gully (ml/kg)	USCS
S-1 (2022)	SPT-1	1,00	1,60	1,30	Gravas gruesas y medias de naturaleza poligénica, angulosas, con algún bloque y algo de matriz arenosa limosa. Color gris y marrón. Suetas. Cantos poligénicos y angulosos	Relleno Antrópico										
S-1 (2022)	SPT-2	3,00	3,60	3,30	Gravas con algún bloque Ø<10 cm., angulosas, con limos arenosos, medianamente densas.	Relleno Antrópico										
S-1 (2022)	MI-1	6,00	6,60	6,30	Limos arcillosos con algunos bloques y gravas heterométricas de residuos de construcción y demolición, con algo de arena, blandos de color marrón caquí, rojo y gris claro	Relleno Antrópico	0,841	0,221	0,035	0,000	0,050	0,670	4,560	1449,00	0,00	G M
S-1 (2022)	SPT-3	6,60	7,20	6,90	Limos arcillosos con algunos bloques y gravas heterométricas de residuos de construcción y demolición, con algo de arena, blandos de color marrón caquí, rojo y gris claro	Relleno Antrópico										
S-1 (2022)	SPT-4	9,00	9,60	9,30	Limos con algo de arena y trazas de restos de bivalvos, sueltos, de color marrón oscuro	Cuaternalio Aluvial.										
S-1 (2022)	MI-2	12,00	12,60	12,30	Arenas gruesas y gravas finas y medias subredondeadas y poligénicas, sueltas, de color marrón y gris oscuro.	Cuaternalio Aluvial.	0,267	0,054	0,005			0,80	7,96	589,00	0,00	G C
S-1 (2022)	SPT-5	12,60	13,20	12,90	Arenas gruesas y gravas finas y medias subredondeadas y poligénicas, sueltas, de color marrón y gris oscuro.	Cuaternalio Aluvial.										
S-1 (2022)	MI-3	15,00	15,60	15,30	Arenas finas con trazas de bivalvos, sueltas, de color marrón claro. Compacidad suelta.	Cuaternalio Aluvial.	0,552	0,064	0,002			0,45				
S-1 (2022)	SPT-6	15,60	16,20	15,90	Arenas finas con trazas de bivalvos, sueltas, de color marrón claro. Compacidad suelta.	Cuaternalio Aluvial.										
S-1 (2022)	MI-4	18,00	18,60	18,30	Arenas finas con trazas de bivalvos, sueltas, de color marrón claro. Compacidad suelta.	Cuaternalio Aluvial.										
S-1 (2022)	SPT-7	18,60	19,20	18,90	Arenas finas con trazas de bivalvos, sueltas, de color marrón claro. Compacidad suelta.	Cuaternalio Aluvial.										
S-1 (2022)	TP-1	21,50	21,60	21,55	Lutita calcárea, blandas, de color gris claro, ligeramente meteorizadas, con juntas cerradas con algo de óxido 5-90°. 60°, estratificación delgada subhorizontal, de calidad mala a buena	Sustrato Rocoso.										
S-1 (2022)	TP-2	23,30	23,80	23,55	Lutita calcárea, blandas, de color gris claro, ligeramente meteorizadas, con juntas cerradas con algo de óxido 5-90°. 60°, estratificación delgada subhorizontal, de calidad mala a buena	Sustrato Rocoso.										
S-1 (2017)	TP-1	4,10	4,30	4,20	ALTERNANCIA DE MARGAS Y CALIZAS ARENOSAS blandas, de color gris, ligeramente meteorizadas, con juntas muy cerradas a cerradas generalmente con óxido, de calidad muy mala a mediana	Sustrato Rocoso								55,20	90,00	
S-1 (2017)	TP-3	8,30	8,80	8,55	ALTERNANCIA DE MARGAS Y CALIZAS ARENOSAS blandas, de color gris, ligeramente meteorizadas, con juntas muy cerradas a cerradas generalmente con óxido, de calidad muy mala a mediana	Sustrato rocoso										

N° Ensayos	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	3,00	2,00	3,00	3,00
Promedio	0,6	0,1	0,0	0,0	0,1	0,6	6,3	697,7	30,0
Desv. Estándar	0,29	0,09	0,02	#DIV/0!	#DIV/0!	0,18	2,40	703,23	51,96
Max	0,8	0,2	0,0	0,0	0,1	0,8	8,0	1449,0	90,0
Min	0,3	0,1	0,0	0,0	0,1	0,5	4,6	55,2	0,0

5. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES

5.1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este apartado consiste en describir, cuantificar y valorar las características geotécnicas de los diferentes materiales observados en la zona de estudio, desde el punto de vista de su comportamiento geotécnico, capacidad de soporte y estabilidad en las obras de tierra. Del mismo modo, se indicarán también los parámetros geotécnicos característicos de cada nivel, deducidos a partir de las investigaciones realizadas, referencias bibliográficas, así como de la experiencia adquirida en materiales similares.

Los materiales afectados se han agrupado en cuatro unidades geotécnicas en función de sus características y comportamiento geológico – geotécnico similares. Las distintas Unidades Geotécnicas son las siguientes:

NIVEL	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA
1	Rellenos Antrópicos	Gravas limosas con contenidos variables tanto en estos componentes como en arenas y arcillas.
2a	Cuaternario: Suelos Aluviales Granulares	Arenas con cantidades variables de gravas de pequeño tamaño y limos.
2b	Cuaternario: Suelos Aluviales Finos	Limos y arcilla con proporciones variables de arena y grava.
3	Sustrato Rocoso	Margas y calizas arenosas.

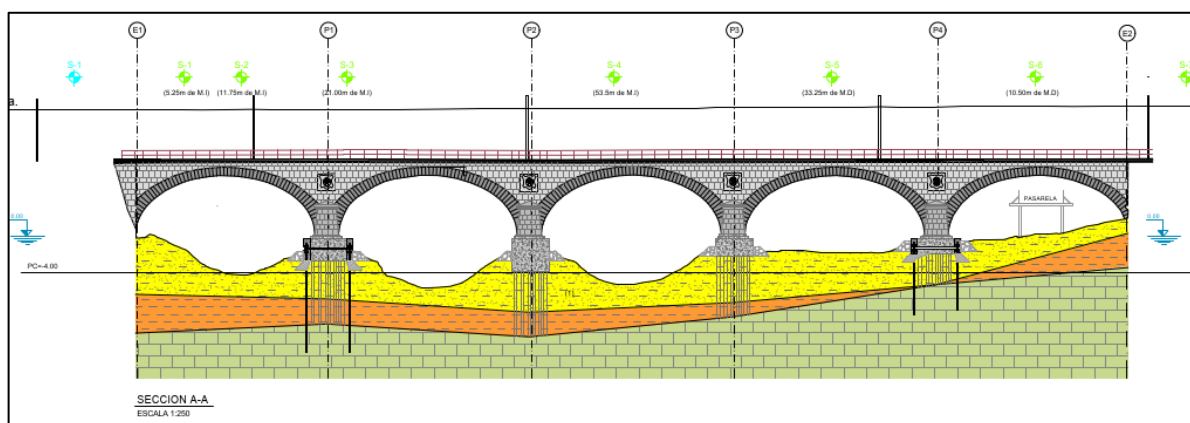


Figura 7. Perfil longitudinal interpretado del terreno bajo las pilas del viaducto y en el que pueden apreciarse parte de estas unidades.

A continuación, en los siguientes apartados se describirán estos materiales y se en base a sus propiedades geotécnicas.

5.2. NIVEL 1. RELLENOS ANTRÓPICOS

Se trata del nivel más superficial del terreno y se ha reconocido en los sondeos realizados en las zonas fuertemente industrializadas a ambos lados del Bidasoa, pero no en el cauce del río, en donde se pretende actuar.

En los reconocimientos realizados se han descrito con una granulometría muy desigual, tanto como unas Gravas de tamaño grueso en matriz limo-arenoso, como unos Limos Arcillosos con gravas en su interior. En todos los casos las gravas son heterométricas y de morfología angulosa. Si bien es probable que estas características varíen localmente en función del uso que haya tenido el suelo en cada zona particular.

Sobre este tipo de materiales se ha recopilado una muestra inalterada -con sus correspondientes ensayos- así como 3 ensayos in situ tipo SPT. A continuación, se discutirán estos resultados agrupándolos por tipología de ensayo o de parámetro geotécnico.

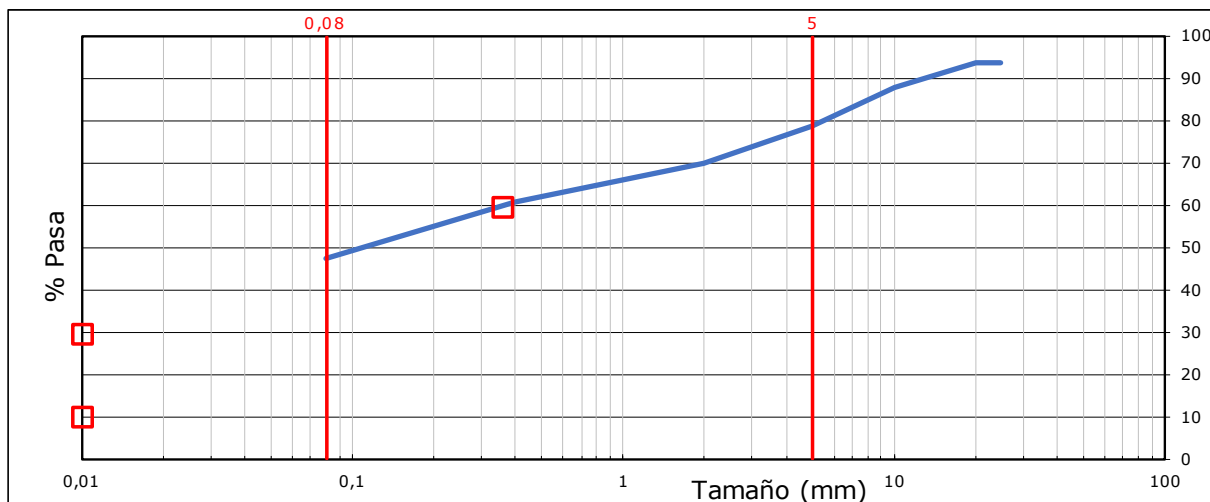
5.2.1. Identificación y Estado.

Para determinar el estado e identificar de estos suelos a partir de las muestras inalteradas, a partir de las cuales se han realizado ensayos granulométricos, de límites de Atterberg y de densidad y humedad. De esta forma, en la siguiente tabla se resumen estos resultados.

	Dens. Aparente (seca) kN/m ³	Hum. (%)	% Gravas	% Arenas	% Finos	LL	IP
Resultados	19,69 (15,15)	30	30	22,3	47,7	43,5	16,4

A continuación, se muestra las curvas granulométricas obtenidas para esta muestra, en donde puede apreciarse la distribución en tamaños del suelo. Del mismo modo se muestra gráficamente la proporción de la fracción arenosa, fina y de gravas que ha mostrado el ensayo.

No obstante, cabe destacar que, por la propia naturaleza de este tipo de rellenos antrópicos, es muy probable que se encuentren variaciones locales tanto en su granulometría como en las demás características geotécnicas, tal y como se ha mencionado anteriormente.



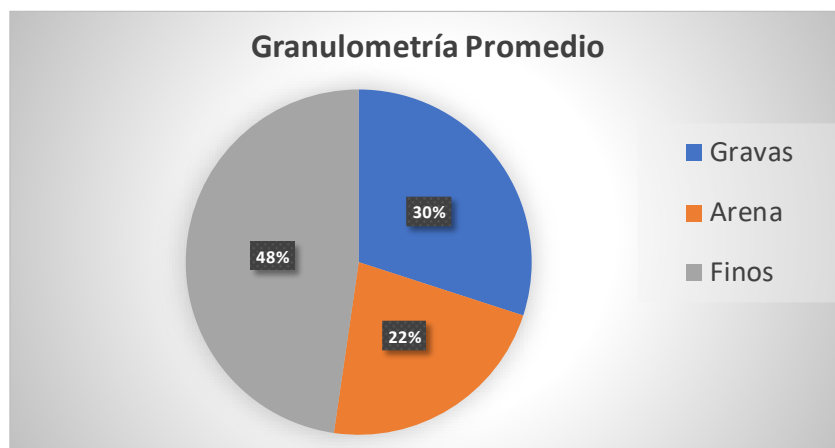


Figura 8. Curva granulométrica y proporción de gravas, arenas, y finos que presenta la muestra

Tal y como puede observarse en la curva granulométrica, ésta presenta un coeficiente de uniformidad superior a 20, lo cual indica que se trata de un “Suelo Bien graduado”. Por otra parte, atendiendo a la clasificación de suelos del U.S.C.S, esta muestra se clasifica como:

- **GM:** Grava limosa

Por otra parte, atendiendo a la fracción fina que presentan las gravas, reconocida mediante el ensayo de los límites de Atterberg y que clasifica la fracción de suelo que pasa por el tamiz de 0,08 mm en función de su límite líquido e índice de plasticidad, se obtiene la siguiente representación según la Carta de Plasticidad de Casagrande.

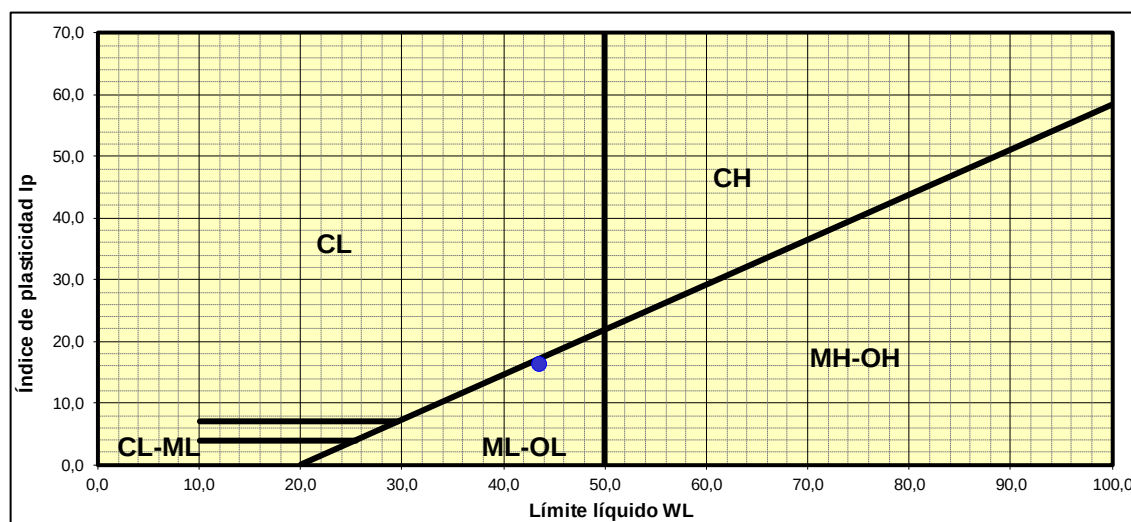


Figura 9. Carta de plasticidad de Casagrande de la fracción fina de los rellenos.

De esta forma, la fracción fina de los rellenos puede clasificarse como uno(s):

- **ML-OL:** Limos

5.2.2. Resistencia

Para determinar la resistencia de estos suelos, se ha realizado tres (3) ensayos “in situ” tipo SPT, los cuales han sido complementados un ensayo de laboratorio como son los cortes directos (consolidados y drenados) que permiten estimar la resistencia al corte de estos suelos, así como una compresión simple en una muestra más rica en material fino.

Los ensayos tipo SPT han reflejado valores de N_{SPT} situados entre 3 y 17 en donde la dispersión de los resultados es apreciable. De esta forma, se puede considerar un valor promedio de $N_{SPT}=9\pm7$, clasificándose en cuanto a su resistencia como un suelo de **Compacidad media**. A continuación, se

muestra una gráfica con la distribución de estos resultados a lo largo de la profundidad de los distintos sondeos en los que se ha realizado.

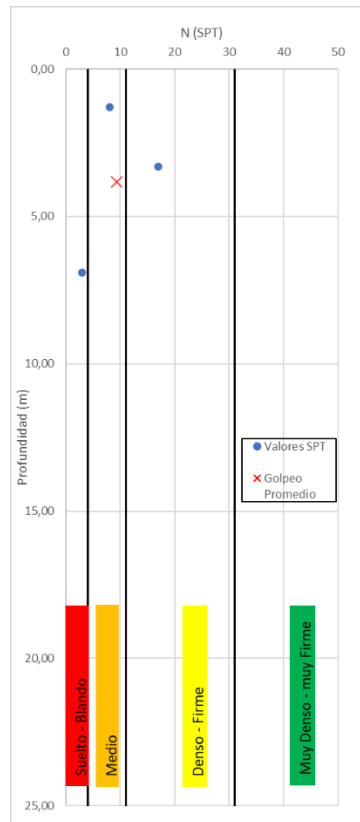


Figura 10. Resultados de los ensayos SPT en rellenos, en función de la profundidad.

Adicionalmente, existen numerosas correlaciones que permiten estimar distintos parámetros a partir de estos ensayos. Destaca que estas correlaciones propuestas por distintos autores dependen de la naturaleza granular o cohesiva de la muestra, y puesto que tenemos una de cada tipo habrá que tener en consideración esta particularidad. A continuación, se muestran alguno de ellos:

En la bibliografía existen numerosas correlaciones que permiten estimar el ángulo de rozamiento interno de suelos granulares. Las principales propuestas se resumen a continuación:

- Wolff (1989):

$$\phi(deg) = 27,1 + 0,3 \cdot N - 0,00054 \cdot N^2$$

- Hatana y Uchida (1996):

$$\phi = \sqrt{20 \cdot N} + 20$$

- Peck et al. (1974): Proponen el siguiente ábaco.

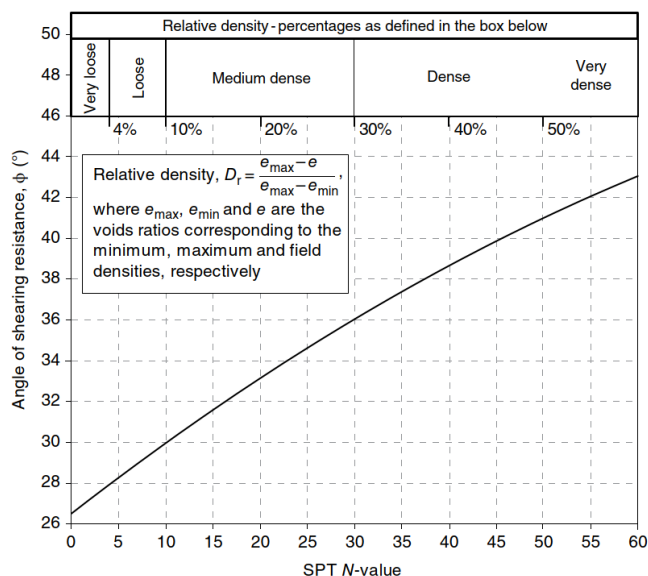


Figura 11. Ábaco de Peck et al. (1974).

Se observa que los parámetros de ángulo de rozamiento interno obtenidos mediante las correlaciones de Wolff (1989) y Peck (1974) son muy similares entre sí y resultando un ángulo de rozamiento interno del orden de $\Phi=28-32^\circ$, y siendo la propuesta de Hatana (1996) menos conservadora y con mayor dispersión ($\Phi=28-38^\circ$).

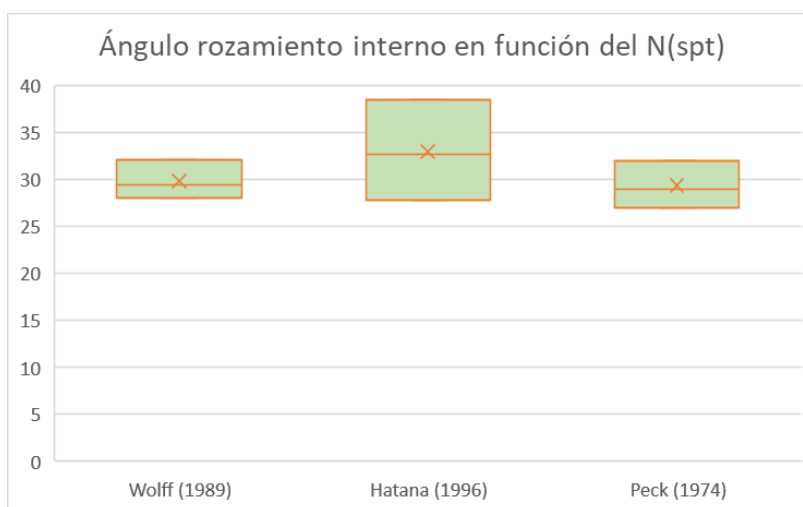


Figura 12. Diagrama de barras y bogotes para distintas correlaciones del ángulo de rozamiento interno en función del SPT.

Por otra parte, tal y como se ha comentado anteriormente se han realizado un ensayo de corte directo (consolidado y drenado), así como un ensayo a compresión simple. Los resultados de estos ensayos se muestran a continuación:

Resultados	Corte directo (CD) C' (kPa)	Corte directo (CD) Φ' (°)	Compresión Simple (kPa)
S-1 (2022) MI-1	22	8	12

Estos resultados destacan por las pobres características geotécnicas si bien, en el entorno de las pilas del viaducto en donde se pretende actuar no es esperable encontrar este tipo de materiales.

5.2.3. Ensayos químicos

Para estudiar el hipotético ataque del suelo al hormigón se han realizado una serie de ensayos químicos en laboratorio a partir de las muestras obtenidas en los sondeos. A continuación, se muestran tanto los ensayos realizados como los resultados obtenidos en los mismos.

Ión Sulfato [mg/kg]	Acidez Baumann-Gully [ml/kg]
1449	0,0

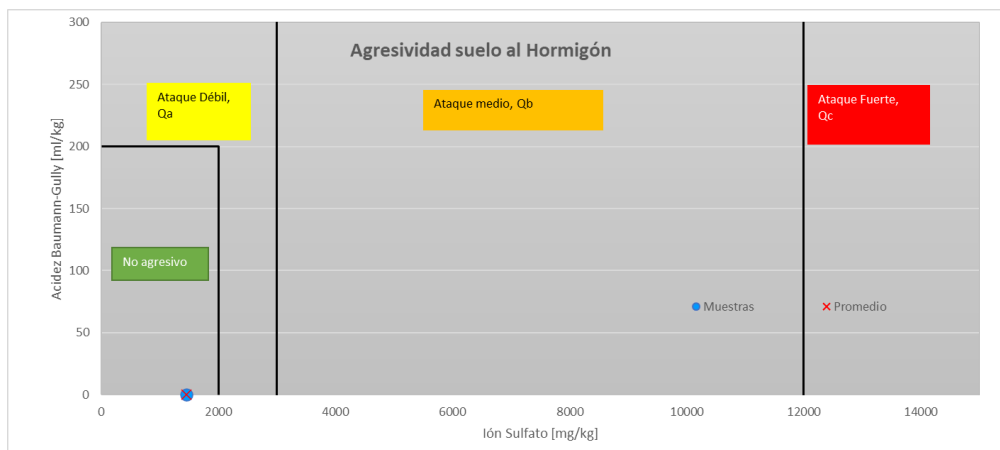


Figura 13. Representación de los resultados de los ensayos de agresividad al hormigón, junto con su clasificación.

Tal y como se puede observar en la siguiente figura, de cara a su agresividad frente al hormigón, estos suelos se clasifican como **NO AGRESIVOS** al hormigón.

5.3. NIVEL 2A. CUATERNARIO: SUELOS ALUVIALES DE NATURALEZA GRANULAR

Este nivel, se ha descrito bien como unas arenas gruesas con presencia de unas gravas finas de naturaleza subredondeadas y compacidad suelta, o bien como unas arenas finas, con trazos de bivalvos. Adicionalmente, en los registros de los sondeos realizados en 1963 se ha detectado una mayor cantidad de gravas, probablemente porque se ejecutaron en el propio cauce del río.

Por lo tanto, se considera que la granulometría que presenta este nivel es variable tanto lateralmente como en profundidad, probablemente ligado al cauce y caudal que ha presentado el Bidasoa a lo largo de su historia geológica.

5.3.1. Identificación y Estado.

Para determinar el estado e identificar de estos suelos a partir de varias muestras inalteradas, de las cuales se han realizado ensayos granulométricos, de límites de Atterberg y de densidad y humedad. De esta forma, en la siguiente tabla se resumen estos resultados.

	Dens. Aparente (seca) kN/m ³	Hum. (%)	% Gravas	% Arenas	% Finos	LL	IP
S-1 MI-2 (2022)	22,10 (19,84)	11,4	47,0	29,9	23,1	19,9	2,6
S-1 MI-3 (2022)	19,65	15,2	50,0	42,8	7,2	NP	NP

	(16,45)						
Promedio	21±2 (18±2)	13±3	46±2	36±9	15±12	-	-

De los resultados obtenidos, destaca la baja o nula plasticidad que presentan las muestras, así como una granulometría similar, observando una mayor dispersión en la proporción de finos. A continuación, se muestran estas las curvas granulométricas, junto con la “curva promedio”, en donde puede apreciarse la distribución en tamaños del suelo. Del mismo modo se muestra gráficamente la proporción de la fracción arenosa, fina y de gravas que ha mostrado el ensayo.

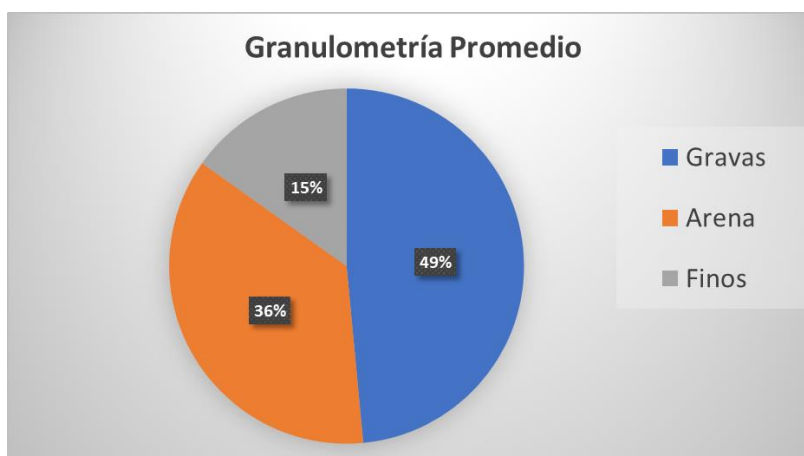
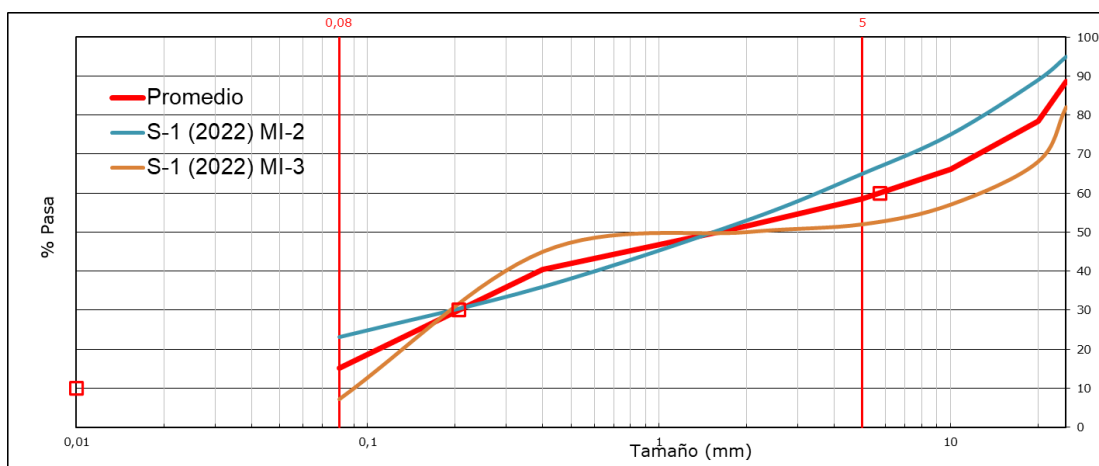


Figura 14. Curva granulométrica y proporción de gravas, arenas, y finos que presenta la muestra

Por otra parte, atendiendo a la clasificación de suelos del U.S.C.S, estas muestras se clasificarían como:

- **GC:** Grava arcillosa.
- **GW-GM:** Grava fina bien graduada – grava limosa.

5.3.2. Resistencia

Para determinar la resistencia de estos suelos, se ha realizado tres (3) ensayos “in situ” tipo SPT, los cuales han sido complementados un ensayo de laboratorio como son los cortes directos (no consolidados y no drenados) que permiten estimar la resistencia al corte de estos suelos.

Los ensayos tipo SPT han reflejado valores de N_{SPT} situados entre 5 y 16 en donde la dispersión de los resultados es apreciable. De esta forma, se puede considerar un valor promedio de $N_{SPT}=9\pm6$, clasificándose en cuanto a su resistencia como un suelo de **Compacidad media**. A continuación, se

muestra una gráfica con la distribución de estos resultados a lo largo de la profundidad de los distintos sondeos en los que se ha realizado.

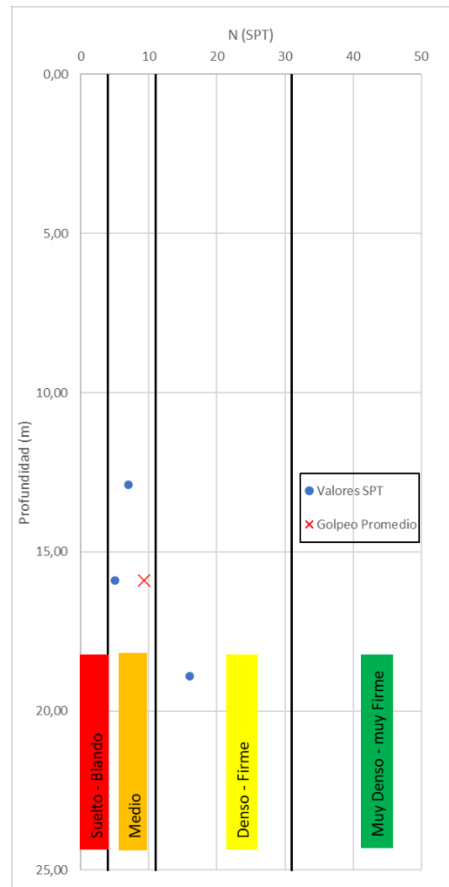


Figura 15. Resultados de los ensayos SPT en la unidad 2a, en función de la profundidad.

Adicionalmente, atendiendo a las correlaciones presentadas en el apartado anterior. Se observa que los parámetros de ángulo de rozamiento interno obtenidos mediante las correlaciones de Wolff (1989) y Peck (1974) son muy similares entre sí y resultando un ángulo de rozamiento interno del orden de $\Phi=28-32^\circ$, y siendo la propuesta de Hatana (1996) menos conservadora y con mayor dispersión ($\Phi=30-38^\circ$).

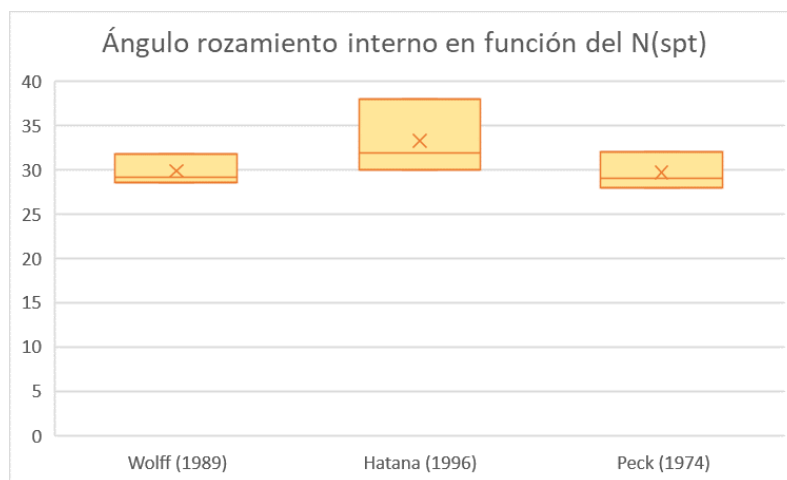


Figura 16. Diagrama de barras y bogotes con distintas correlaciones del ángulo de rozamiento interno en función del SPT, para la unidad 2a.

Por otra parte, tal y como se ha comentado anteriormente se han realizado dos ensayos de corte directo (no consolidado y sin drenar), obteniendo los resultados que se muestran a continuación:

Resultados	Corte directo (CD) C (kPa)	Corte directo (CD) Φ (°)
S-1 (2022) MI-2	48	19,30
S-1 (2022) MI-2	34	43
Promedio	41 $\pm$ 10	31 $\pm$ 17

5.3.3. Ensayos químicos

Para estudiar el hipotético ataque del suelo al hormigón se han realizado una serie de ensayos químicos en laboratorio a partir de las muestras obtenidas en los sondeos. A continuación, se muestran tanto los ensayos realizados como los resultados obtenidos en los mismos.

Ión Sulfato [mg/kg]	Acidez Baumann-Gully [ml/kg]
589,0	0,0

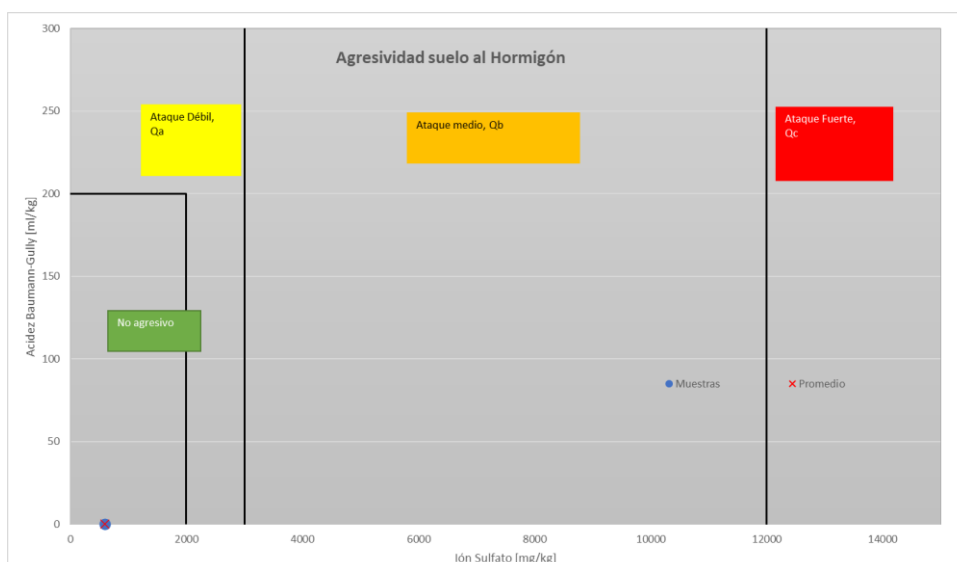


Figura 17. Representación de los resultados de los ensayos de agresividad al hormigón de la unidad 2a, junto con su clasificación.

Tal y como se puede observar en la siguiente figura, de cara a su agresividad frente al hormigón, estos suelos se clasifican como **NO AGRESIVOS** al hormigón.

5.4. NIVEL 2B. CUATERNARIO: SUELOS ALUVIALES DE NATURALEZA GRANULAR

Este nivel se ha descrito bien como unos limos con algo de arena, de consistencia floja de tonalidades marronáceas y en los cuales se aprecian trazas de bivalvos. Por otra parte, atendiendo al registro de los sondeos de 1963, realizados en el propio cauce del río Bidasoa, se ha descrito como unas arcillas arenosas, de tonalidades ocres, pero con presencia de gravas.

Al igual que el nivel aluvial 2a, descrito anteriormente, se considera que la granulometría que presenta este nivel es variable tanto lateralmente como en profundidad, probablemente ligado al cauce y caudal que ha presentado el Bidasoa a lo largo de su historia geológica.

En cuanto a los ensayos realizados sobre este nivel, únicamente se dispone de un ensayo tipo SPT, realizado en el S-1 de 2022 entre los 9,00 y 9,60 m de profundidad. Dicho ensayo reflejó un $N_{SPT}=9$, clasificándose como un suelo de consistencia **blanda – media**.

5.5. NIVEL 3. SUSTRATO ROCOSO. ALTERNANCIA DE MARGAS Y CALIZAS ARENOSAS

Este nivel se ha descrito como una alternancia de margas y calizas arenosas, ligeramente meteorizadas, blandas y bastante a muy fracturadas. Localmente, en alguno de los sondeos previos realizados también se han descrito como unas lutitas calcáreas debido principalmente a su mayor proporción arcillosa en su composición.

5.5.1. Resistencia

Para determinar sus propiedades resistentes, se han recopilado tres (3) ensayos de resistencia a compresión simple y en uno de los cuales, de manera adicional se ha determinado su módulo de deformación y coeficiente de Young.

A continuación, se recopilan de forma tabulada estos ensayos.

	Compresión Simple (Mpa)	Módulo Deformación (MPa)	Coeficiente Poisson (-)
S-1 TP-1 (2022)	32,40	3605,31	0,11
S-1 TP-1 (2017)	21,10		
S-1 TP-3 (2017)	40,60		
Promedio	31±10		

De esta forma, el sustrato rocoso puede clasificarse como una roca de **Resistencia Media**.

5.5.2. Ensayos químicos

Para estudiar el hipotético ataque del suelo al hormigón se han realizado una serie de ensayos químicos en laboratorio a partir de las muestras obtenidas en los sondeos. A continuación, se muestran tanto los ensayos realizados como los resultados obtenidos en los mismos.

Ión Sulfato [mg/kg]	Acidez Baumann-Gully [ml/kg]
55,20	90,0

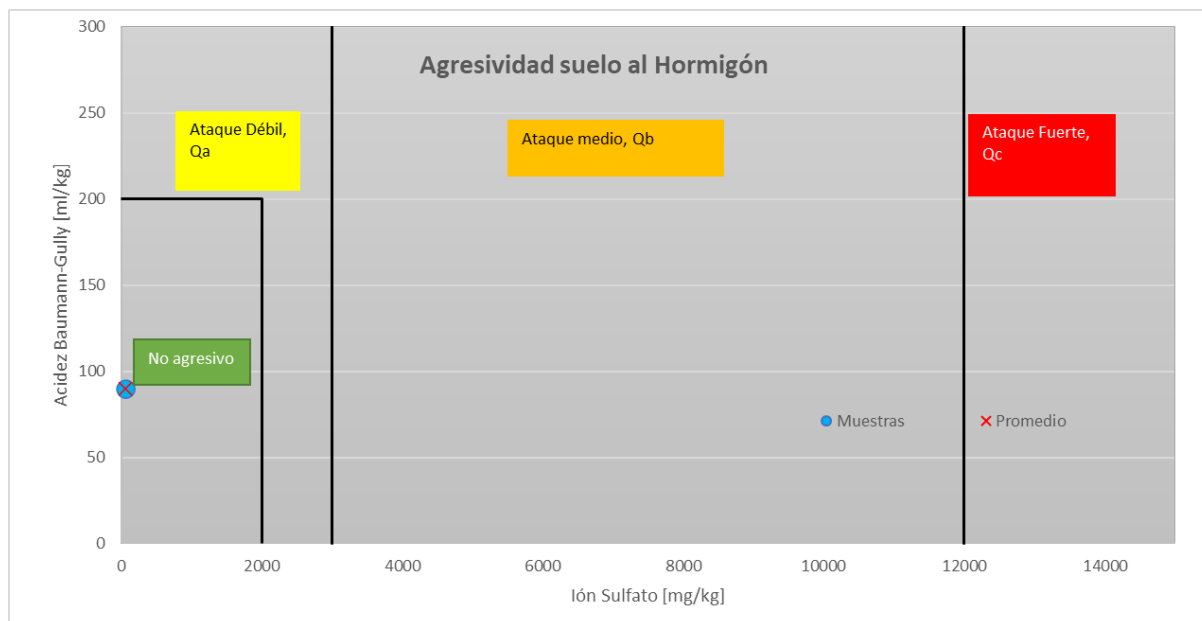


Figura 18. Representación de los resultados de los ensayos de agresividad al hormigón de la unidad 3, junto con su clasificación.

Tal y como se puede observar en la siguiente figura, de cara a su agresividad frente al hormigón, estos suelos se clasifican como **NO AGRESIVOS** al hormigón.

5.6. CONCLUSIONES. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS RECOMENDADOS

Atendiendo a los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados, tras cruzarlos con los valores recomendados en biografía para este tipo de materiales, y siguiendo los criterios de buenas prácticas y la experiencia atesorada en las litologías encontradas, a continuación, se resumen en forma tabulada, los parámetros geotécnicos característicos que las distintas litologías encontradas en la zona de estudio.

Nivel Geotécnico. Material	Densidad Aparente (kN/m ³)	C' (kPa)	Ø' (°)	RCS (MPa)
Nivel 1. Rellenos Antrópicos	18	10	30	
Nivel 2a. Cuaternario. Suelos Aluviales Granular	19	5	32	-
Nivel 2b. Cuaternario. Suelos Aluviales Finos	19	10	25	-
3. Triásico. Sustrato Rocosos Alternancia de Margas y Calizas arenosas	27			25

6. EXCAVABILIDAD

Los materiales por excavar para las obras de tierra pueden clasificarse en tres categorías, en función de su facilidad de extracción:

- Materiales excavables, que se pueden extraer con medios mecánicos convencionales, del tipo retroexcavadora o pala cargadora.
- Materiales ripables, que requieren de una operación previa de ripado para su extracción mediante medios mecánicos convencionales.
- Materiales volables, que requieren del uso sistemático de voladuras para su excavación.

Las condiciones de excavabilidad son muy importantes a la hora de definir, valorar y ejecutar cualquier obra en la que están implicadas excavaciones de cierta envergadura. A pesar de que en el presente proyecto no es esperable la excavación de grandes volúmenes de roca conviene tener un conocimiento de las condiciones de excavabilidad de los materiales presentes en la parcela objeto de estudio. Estas se han determinado a partir de los datos obtenidos a partir de los reconocimientos recopilados en la zona.

Tal y como se ha comentado en anteriores apartados, en la parcela se dispone de un espesor de suelos compuestos por rellenos antrópicos y depósitos aluviales bajo las cuales se ha detectados el sustrato rocoso formado por una alternancia de margas y calizas arenosas. Una de las formas más sencillas de clasificar la excavabilidad de los distintos materiales es en función de la resistencia a compresión simple que presentan los mismos. Según esto, a continuación, se muestra un gráfico en el que se definen unos criterios de excavabilidad en función del tipo de material a excavar y su resistencia.

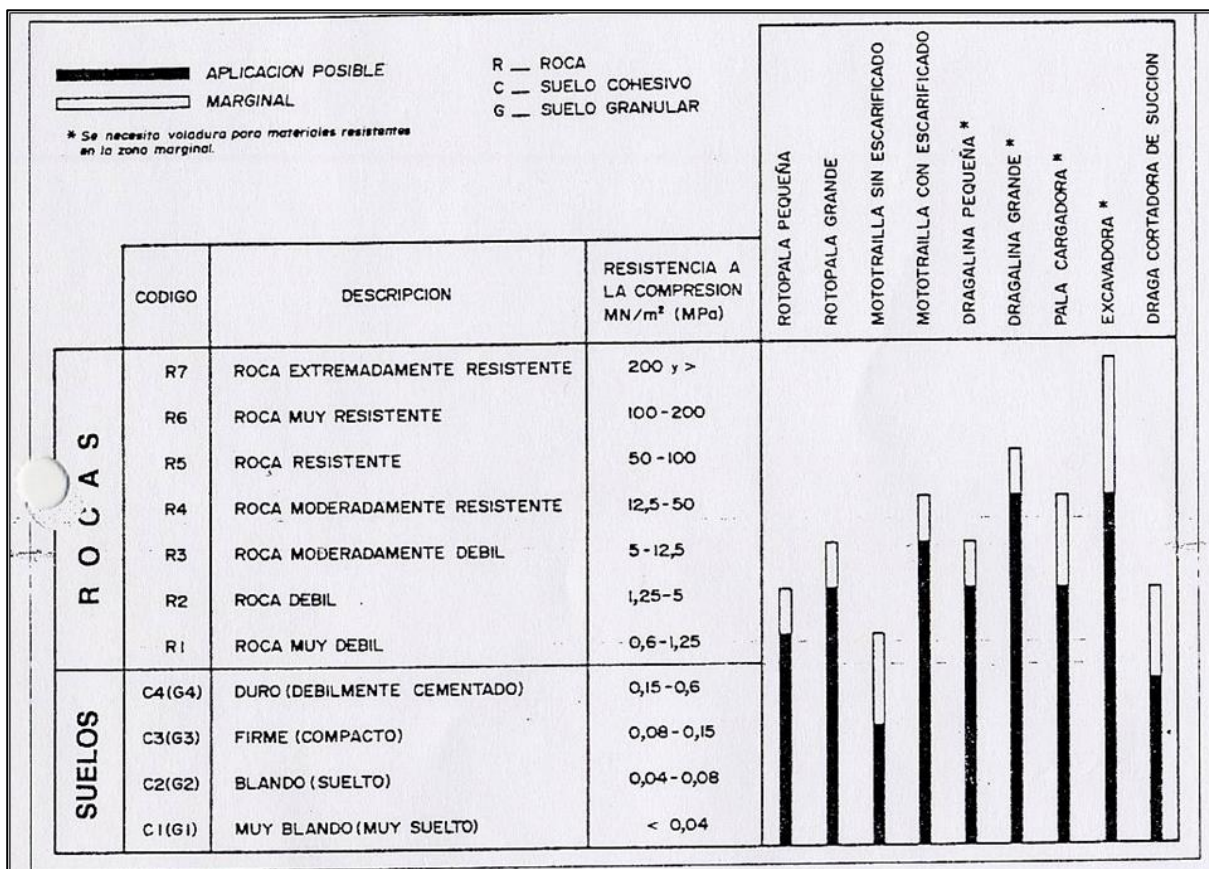


Figura 19. Criterios de excavabilidad en función de la resistencia del terreno.

Puesto que los rellenos antrópicos del nivel 1 y los depósitos aluviales del nivel 2 presentan resistencias según las cuales se podrían clasificar en la categoría C2(G2) Blandos. Por ello, podrán ser excavables con cualquiera de los métodos propuestos en la anterior tabla. Esto es:

- Rotopala pequeña
- Rotopala grande
- Mototraila sin escarificado
- Dragalina pequeña
- Dragalina grande
- Pala cargadora
- Excavadora
- Draga cortadora de succión.

Por otra parte, en el sustrato rocoso del nivel 3, se clasificarían como una roca moderadamente resistente. Esto es R4, si bien no es previsible realizar excavaciones importantes en este tipo de material, más allá de la perforación de la cimentación profunda correspondiente al recalce de las pilas del viaducto con más patologías.

7. EMPLEO DE MATERIALES

Debido a que la potencia o espesor de los suelos a excavar no es excesivamente relevante, y lo poco que se podrá aprovechar para realizar otro tipo de obras de tierra, se ha previsto que los suelos de los distintos niveles sean transportados a depósito de sobrantes.

En el siguiente cuadro se resumen los aprovechamientos de cada material de acuerdo a su litología y su caracterización geotécnica realizada incluida en el presente Anejo.

FORMACIÓN	EMPLEO PREVISTO
Rellenos Antrópicos (Nivel 1)	Depósito de sobrantes
Depósitos Aluviales del Cuaternario (Nivel 2)	Depósito de sobrantes
Sustrato Rocosos (Nivel 3)	Depósito de sobrantes

8. GEOTÉCNIA DE LAS ESTRUCTURAS

8.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se analizan y se definen las condiciones geológicas y geotécnicas de cimentación de las estructuras, así como los parámetros de diseño a adoptar, a nivel de proyecto constructivo.

En la parcela objeto de estudio, está previsto el recalce de las denominadas pilas P1 y P4 del Puente internacional de Irún, mediante una serie de micropilotes. La ejecución de esta cimentación micropilotada se realizará al abrigo de unas tablestacas las cuales se introducirán en el terreno a lo largo del paquete de suelos existente y hasta el contacto con la roca.

Por lo tanto, las distintas estructuras se discutirán a continuación serán las siguientes:

- Recalce pila P1.
- Recalce pila P4.
- Ejecución de las tablestacas.

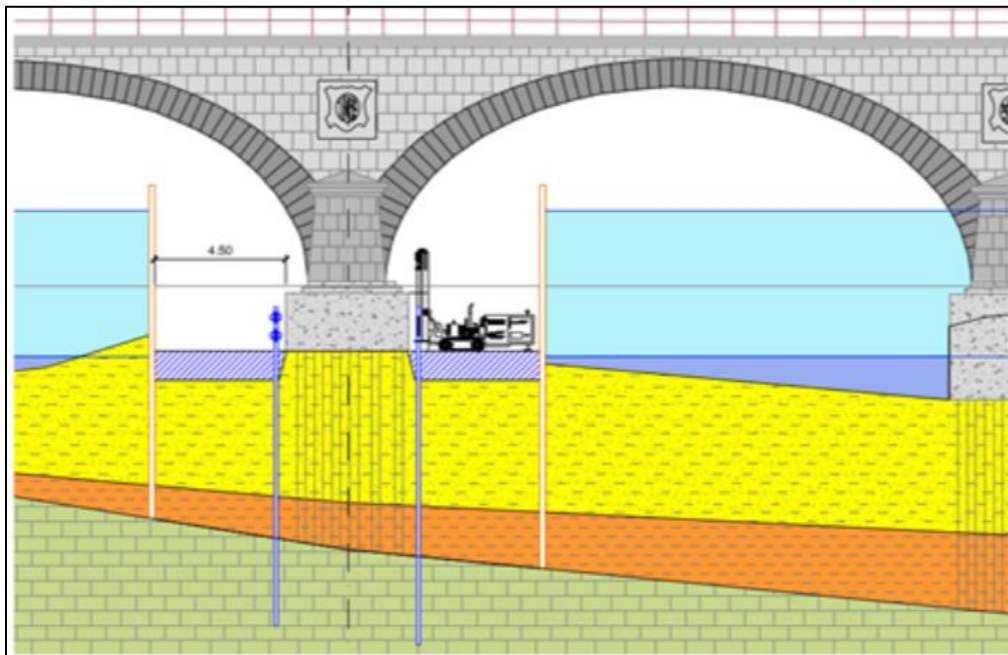


Figura 20. Representación de la ejecución de micropilotes al abrigo de tablestacas.

En el apartado 8.4 “Estudio individualizado de las estructuras”, se describen con detalle las condiciones geológico-geotécnicas de los terrenos en los que se prevén apoyar las estructuras en proyecto, así como también se definen los parámetros de cálculo recomendados para el diseño de las mismas.

8.2. CONDICIONES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

El reconocimiento del terreno se ha realizado en base a la recopilación de la información geotécnica generada a lo largo del tiempo por diversas campañas de reconocimientos para distintos proyectos. Con los resultados obtenidos se ha discretizado el terreno en unidades geotécnicas de características similares, tal y como se ha descrito en el apartado correspondiente de caracterización geotécnica de materiales.

De esta forma, se han identificado las siguientes formaciones:

- Nivel 1. Rellenos antrópicos. Gravav limosas con contenidos variables tanto en estos componentes como en arenas y arcillas.

- Nivel 2. Depósitos aluviales (Cuaternario). Se ha reconocido de forma general dos tipologías claramente diferenciadas de suelos aluviales, puede ser conveniente realizar una subdivisión de los mismos en función de su granulometría.
 - Nivel 2a. Depósitos aluviales granulares: Arenas con cantidades variables de gravas de pequeño tamaño y limos.
 - Nivel 2b: Depósitos aluviales finos: Limos y arcilla con proporciones variables de arena y grava.

Conviene destacar que este tipo de depósitos aluviales suelen presentar frecuentes cambios laterales de facies e incluso presentar depósitos en forma lenticular dependiendo de la posición relativa del cauce fluvial a lo largo del tiempo geológico.

- Nivel 3. Sustrato Rocoso. Margas y calizas arenosas.

8.2.1. Riesgos geológicos

Puesto que uno de los principales objetivos del proyecto es el de recalzar varias de las pilas del actual puente internacional de Irún, el principal riesgo que habrá que considerar es la de la afección a las distintas estructuras frente a eventuales crecidas del río.

Del mismo modo, habrá que considerar que la propia energía del río puede seguir lavando y descalzando las pilas, poniendo al descubierto la cimentación existente.

Por otro lado, durante la ejecución de los micropilotes de recalce de las pilas P1 y P4, deberá prestarse especial atención a los empujes que producirá tanto el agua como el terreno sobre el tablestacado que protegerá las labores de recalce. Del mismo modo, se tendrá especial cuidado en conseguir una zona de trabajo lo más estanca posible y evitar las filtraciones.

8.2.2. Agresividad del medio

Mediante los correspondientes ensayos de laboratorio recopilados se ha analizado la agresividad al hormigón de los distintos tipos de terreno existente en la zona. Se ha concluido que ninguna de las muestras ensayadas ha presentado agresividad al hormigón.

8.2.3. Sismicidad

Para valorar la sismicidad se ha empleado la normativa vigente NCSE – 02. Según esta norma, la valoración de la aceleración de cálculo dependerá de la situación geográfica (aceleración sísmica básica a_b), el riesgo admisible de la obra en diseño y el comportamiento del terreno frente a las acciones sísmicas.

8.2.3.1. Aceleración sísmica básica, a_b

En la siguiente figura, se adjunta una figura en la que se ha representado el valor de la aceleración básica por zonas. En él se puede verificar que la zona en estudio corresponde con una zona de riesgo sísmico bajo, con una aceleración básica a_b del orden de $0,04 \cdot g \leq a_b < 0,08$.

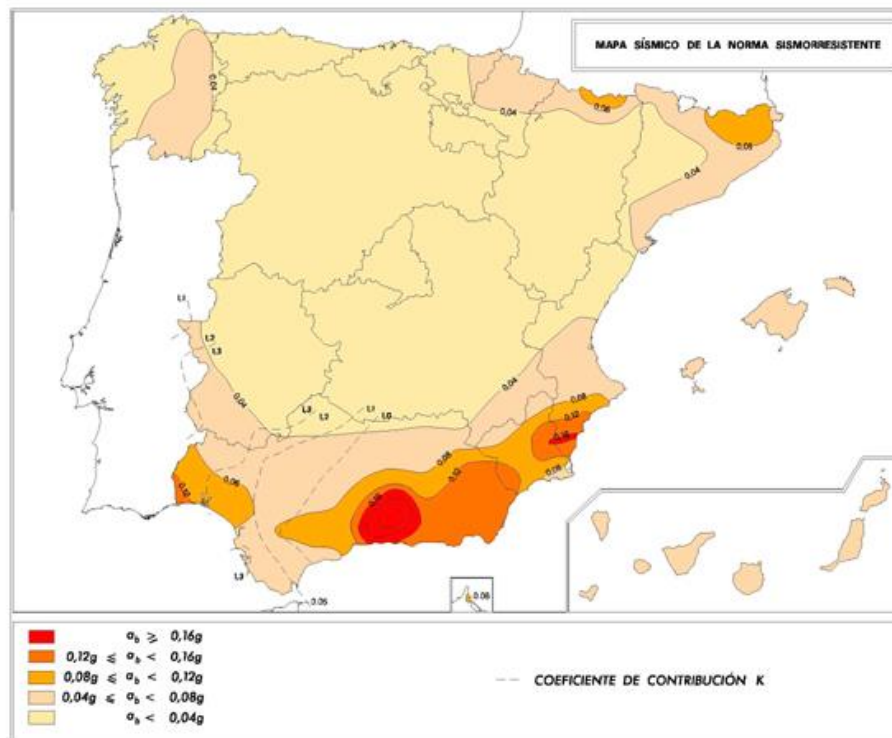


Figura 21. Mapa de aceleraciones básicas, según la NCS-02.

8.2.3.2. Valoración de las construcciones

Este aspecto se cuantifica según el coeficiente adimensional de riesgo ρ . Se define como la probabilidad aceptable de que se exceda la aceleración sísmica de cálculo durante el periodo de vida para el que se proyecta la construcción.

Los valores de este coeficiente se toman en función de la importancia de las construcciones. A continuación, se indican los valores:

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

Para una obra de las características que aquí se están diseñando, se considera apropiado categorizarla como una construcción de importancia especial.

8.2.3.3. Valoración geotécnica del terreno

La definición de la aceleración sísmica de cálculo considera, además, un coeficiente de amplificación del terreno S . Este parámetro es función de la aceleración básica a_b del área en proyecto, del riesgo aceptable y del tipo de terreno en el que se cimenta. Este valor se estima a partir de las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} \rho a_b \leq 0,1 g & \quad S = \frac{C}{1,25} \\ 0,1 g < \rho a_b < 0,4 g & \quad S = \frac{C}{1,25} + 3,33 * \left(\rho \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) * \left(1 - \frac{C}{1,25} \right) \\ 0,4 g \leq \rho a_b & \quad S = 1,00 \end{aligned}$$

Pudiendo considerar un valor de $a_b=0,06$, como intermedio entre el límite inferior y el superior que define la Guía, el coeficiente de amplificación correspondiente sería la primera de las anteriores expresiones.

Para caracterizar el comportamiento del material frente acciones sísmicas, se define un coeficiente C, cuyo valor depende del tipo de terreno.

La norma diferencia hasta cuatro tipos de terrenos, denominados I, II, III y IV. En la tabla adjunta a continuación se resumen las características principales para clasificar estos terrenos.

Tipo de terreno	Descripción	Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales v_s (m/s)	Coeficiente C
I	Roca sana, suelo cementado o granular muy denso	$v_s > 750$	1,0
II	Roca muy fracturada, suelo granular denso o cohesivo duro	$750 \geq v_s \geq 400$	1,3
III	Suelo granular de compactación media o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme	$400 \geq v_s > 200$	1,6
IV	Suelo granular suelto o cohesivo blando	$v_s \leq 200$	2,0

Para considerar la influencia de la posible existencia de terrenos de tipos diferentes en los 30 m que se encuentran bajo la estructura en proyecto, se realiza una media ponderada según el espesor de cada tipo de terreno.

$$C = \frac{\sum (C_i \cdot e_i)}{30}$$

Donde:

- C_i coeficiente de terreno para cada nivel diferenciado hasta 30m de profundidad.
- e_i : espesor de cada nivel diferenciado.

Puesto que se plantea una solución micropilotada, con empotramiento en roca sana, se considerará que la influencia de un terreno tipo I (roca sana) de manera generalizada bajo dicha cimentación, pero teniendo en cuenta que parte de esta roca se encuentra muy fracturada (unos 5 m fracturados respecto a los 30 m totales que hay que considerar), lo cual implicaría que **C=1,05**.

8.2.3.4. Aceleración sísmica de cálculo

De acuerdo con la NCSE-02, la aceleración sísmica de cálculo se obtiene de:

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

Donde:

- a_b , ρ y S : aceleración sísmica básica, riesgo aceptable y coeficiente de amplificación, anteriormente definidos.

Por lo tanto, la aceleración sísmica de cálculo será **$a_c=0,133g$** .

Este parámetro deberá calcularse para cada estructura en proyecto de acuerdo con la normativa vigente que sea de aplicación. En el caso que no exista normativa exclusiva de aplicación, se recomienda adoptar los valores recomendados en el presente anejo de cara a un adecuado dimensionamiento de la estructura en proyecto.

8.3. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

8.3.1. Empujes horizontales en el trasdós de estructuras

Existen numerosas propuestas para estimar los empujes horizontales que se producen en el trasdós de las estructuras, principalmente representados mediante el denominado coeficiente de balasto horizontal. Dichas propuestas se caracterizan por estar basadas en métodos empíricos y presentar una gran dispersión de unos autores a otros.

La propuesta aquí considerada es la de Arozamena (2015), obtenida tras la realización de un análisis retrospectivo de las pantallas del Metro de Sevilla, propuso un ábaco en el que se propone un coeficiente horizontal de balasto en función del ángulo de rozamiento interno y la cohesión del terreno circundante en estas pantallas.

A continuación, se muestra este ábaco de Arozamena:

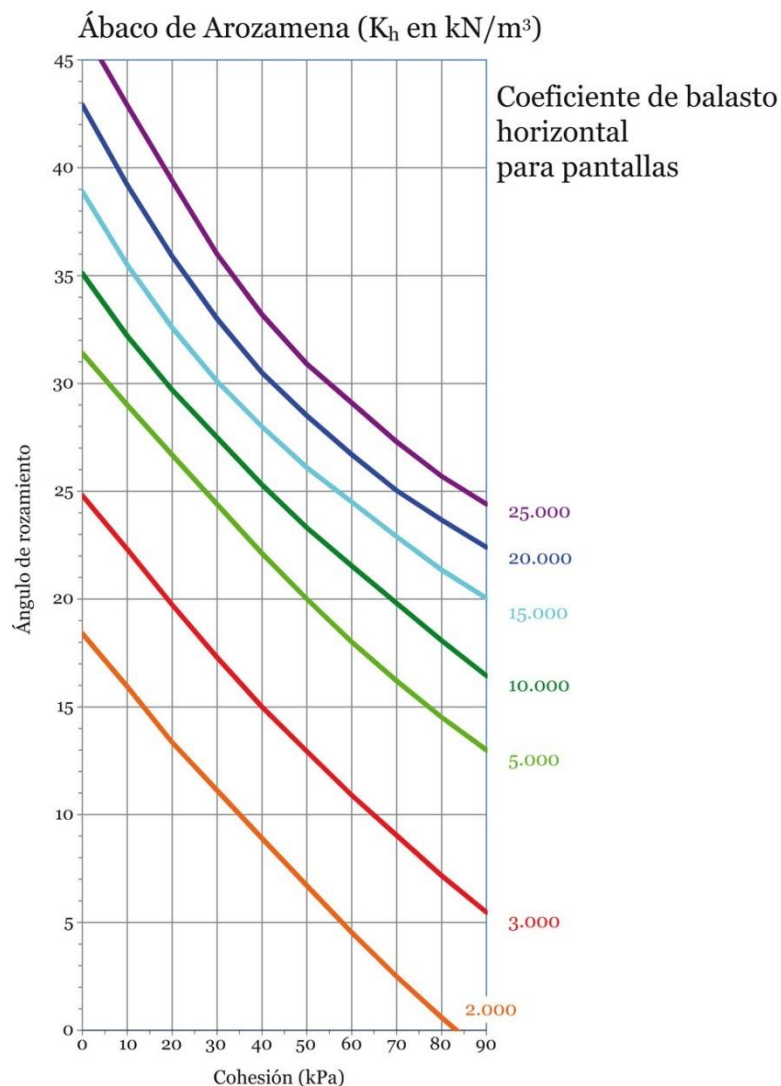


Figura 22. Ábaco de Arozamena para el coeficiente de balasto horizontal, K_h .

8.3.2. Cimentación mediante micropilotes

El diseño de los micropilotes se ha realizado en base a las indicaciones recogidas en la Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, editada por el Ministerio de Fomento con fecha de Octubre de 2005.

Se define como micropilote al elemento estructural cilíndrico, de diámetro inferior a 300mm, perforados en el terreno y armados con tubería de acero, en ocasiones reforzada con una o varias barras corrugadas, e inyectado con lechada o mortero de cemento en una o varias fases.

Estos elementos resisten fundamentalmente frente a esfuerzos axiales, presentando una resistencia frente a corte y a flexión generalmente baja.

El que se inyecte la perforación en la que se aloja la armadura metálica puede suponer una mejora del terreno circundante, efecto beneficioso de difícil cuantificación.

La respuesta resistente de los micropilotes es análoga a la de los pilotes, componiéndose resistencia por punta y resistencia por fuste. Generalmente, la resistencia por punta será baja dado el escaso valor del área de un micropilote, por lo que el mecanismo resistente fundamental de un micropilote suele ser la resistencia por fuste, incluso en el caso de empotrar en roca.

Por lo tanto, la resistencia frente a hundimiento de un micropilote puede indicarse de la siguiente manera:

$$R_{c,d} = R_{p,d} + R_{fc,d}$$

Donde:

- $R_{c,d}$: Resistencia de cálculo frente al modo de fallo de hundimiento
- $R_{p,d}$: Resistencia por punta de cálculo
- $R_{fc,d}$: Resistencia por fuste de cálculo frente a esfuerzo de compresión.

Para considerar que un micropilote está empotrado en roca, han de verificarse las siguientes condiciones:

- 1) El grado de meteorización de la roca será inferior o igual a GM-III.
- 2) El valor del RQD será mayor del 60%.
- 3) La resistencia a compresión simple de la roca será superior a 20MPa.
- 4) El empotramiento en la roca será superior a seis diámetros, medidos sobre el nivel de la punta.

En el caso de empotrar los micropilotes en roca, las resistencias por punta y por fuste pueden calcularse según las siguientes expresiones:

$$R_{c,d} = A_{l,e} \cdot f_{e,d} + A_{p,e} \cdot q_{pe,d}$$

Donde:

- $A_{l,e}$: área lateral del micropilote en el empotramiento en roca
- $A_{p,e}$: área de la sección recta de la punta en el empotramiento de la roca
- $f_{e,d}$: resistencia unitaria por fuste de cálculo en el empotramiento en roca
- $q_{pe,d}$: resistencia unitaria por punta de cálculo en el empotramiento en roca

Los valores de cálculo son los indicados en la siguiente tabla:

TIPO DE ROCA	$f_{e,d}$ (MPa)	$q_{pc,d}$
Margas y margocalizas	0,15 – 0,40	$0,07 \cdot q_u$
Pizarras y otros esquistos	0,20 – 0,30	$0,07 \cdot q_u$
Areniscas	0,30 – 0,45	$0,07 \cdot q_u$
Calizas y dolomías	0,40 – 0,50	$0,10 \cdot q_u$
Granitos y basaltos	0,40 – 0,60	$0,10 \cdot q_u$

En donde q_u , representa la resistencia a compresión simple de la roca matriz.

En las expresiones anteriores, al tratarse de valores de cálculo, ya llevan implícitos los factores de seguridad a aplicar.

La Guía de referencia no contempla el caso de rocas blandas, ya que las exigencias para considerar un micropilote en roca exigen una resistencia a compresión simple de 20MPa mientras que para suelos que la resistencia a compresión máxima considerada es de 0,4MPa.

En un caso extremo, se podría asimilar la roca blanda a un suelo cohesivo duro.

En el caso de empotrar los micropilotes en suelos, para que se tenga en consideración la resistencia por punta deberá garantizar las siguientes condiciones en toda la zona de influencia del micropilote:

- En suelos granulares que el índice N del SPT sea superior a 30. Y en suelos cohesivos, la resistencia a compresión simple del terreno sea superior a 100 kPa.
- La longitud de empotramiento en el terreno de las características referidas, debe ser superior a 6 diámetros nominales medidos en el plano de la punta.

Cuando no pueda considerarse la resistencia por punta, se considerará únicamente la resistencia por fuste según la expresión:

$$R_{c,d} = R_{fc,d} = A_L \cdot r_{fc,d}$$

Donde:

- $R_{c,d}$ Resistencia de cálculo frente al modo de fallo de hundimiento.
- $R_{fc,d}$. Resistencia por fuste de cálculo frente a esfuerzos de compresión. Deberá deducirse de pruebas de carga o en su defecto, calcularse a partir de estimaciones del rozamiento unitario por fuste.
- A_L : Área lateral del micropilote. Deberá determinarse a partir del diámetro nominal, D.
- $r_{fc,d}$ Rozamiento unitario por fuste de cálculo frente a esfuerzos de compresión.

La expresión anterior resulta de aplicación en terrenos homogéneos; cuando se atraviesen n horizontes de distinta naturaleza, deberá efectuarse una discretización y considerarse el producto del área lateral del micropilote en cada zona, por su rozamiento unitario por fuste de cálculo. Es decir:

$$R_{fc,d} = \sum_{i=1}^n A_{Li} \cdot (r_{fc,d})_i$$

donde:

- n: Número de tramos que comprende la discretización.
- A_{Li} : área lateral del micropilote en la zona comprendida dentro del tramo i-esimo de la discretización efectuada.
- $(r_{fc,d})_i$: Rozamiento unitario por fuste de cálculo en el tramo i-esimo de la discretización efectuada. Pudiendo calcularse mediante correlaciones empíricas utilizando la siguiente expresión:

$$r_{fc,d} = \frac{r_{f,lim}}{F_r}$$

Donde:

- $r_{f,c,d}$. Rozamiento unitario por fuste de cálculo frente a esfuerzos de compresión.
- $r_{f,lim}$: Rozamiento unitario limite por fuste. Puede obtenerse a partir de la siguiente figura.
- F_r : Coeficiente de minoración que tiene en cuenta la duración de la función estructural de los micropilotes, que puede obtenerse de la siguiente tabla.

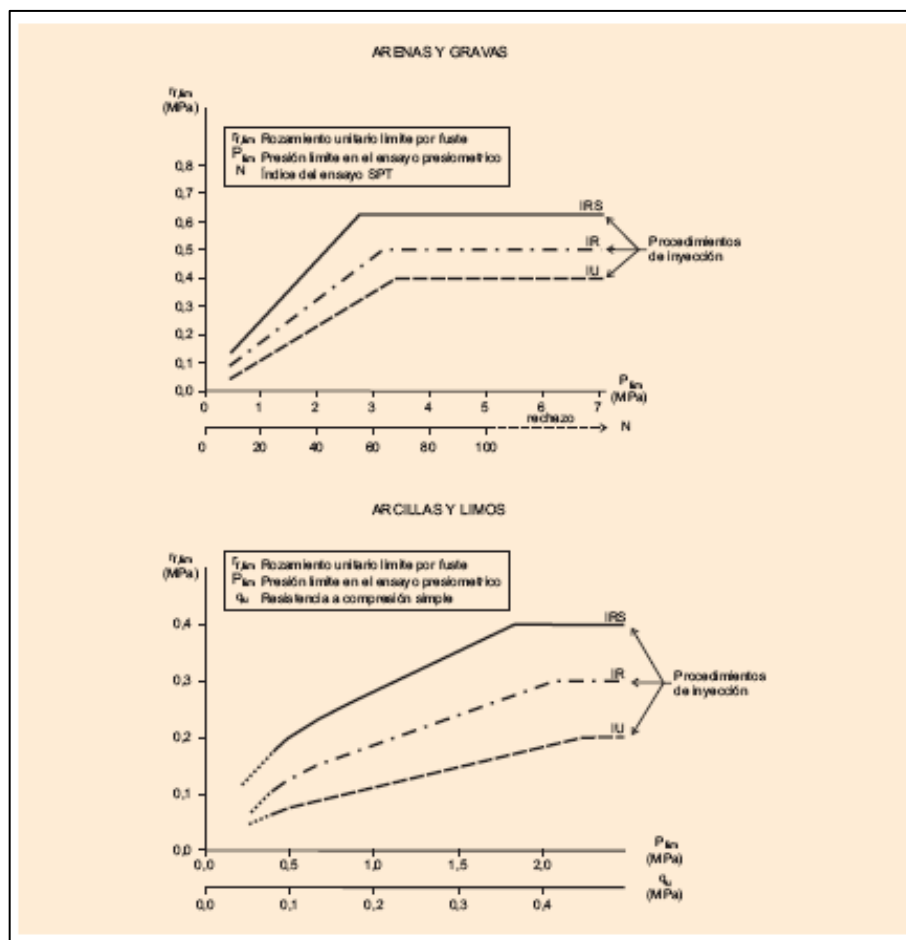


Figura 23. Rozamiento unitario límite por fuste para micropilotes en suelos.

Teniendo en cuenta que los valores de las gráficas anteriores son valores últimos o límite, los valores de cálculo se obtendrán aplicando los siguientes factores de seguridad:

DURACIÓN	FACTOR DE SEGURIDAD
Obras donde los micropilotes tienen una función estructural de duración inferior o igual a seis meses	1,45
Obras donde los micropilotes tienen una función estructural de duración superior a seis meses	1,65

En el caso de que fuese necesaria la ejecución de micropilotes inclinados, estos no se recomiendan inclinarlos más de 20-30° respecto a la vertical. En esta situación, es posible que los esfuerzos horizontales se repartan en la distribución geométrica de micropilotes como esfuerzos de compresión y tracción. En el caso de que alguno de los pilotes se vea sometido a una resultante de tracción, de cara al diseño y al cálculo deberán tenerse en cuenta las consideraciones de la Guía citada. En concreto, la resistencia del fuste a tracción debe minorarse según la siguiente tabla:

SITUACIÓN DE CÁLCULO	COEFICIENTE DE MINORACIÓN
Micropilotes sometidos alternativamente a esfuerzos de compresión y tracción	0,60
Micropilotes sometidos únicamente a esfuerzos de tracción	0,75

8.4. ESTUDIO INDIVIDUALIZADO DE LAS ESTRUCTURAS

En este apartado se describirán de una manera más pormenorizada las distintas estructuras existentes en el proyecto y que interaccionan directamente con el terreno y para las cuales se analizarán sus principales características. Estas estructuras son las siguientes:

- Pila P1 del Puente internacional de Irún.
- Pila P4 del Puente internacional de Irún.
- Ejecución del tablestacado para la realización de las labores de recalce del puente

8.4.1. Pila P1

8.4.1.1. Investigación realizada

Para caracterizar los materiales de apoyo se dispone de la siguiente información:

- Sondeo S-3 de 1963.
- Perfil longitudinal de la estructura.

8.4.1.2. Características del terreno

En el sondeo S-3, el más cercano a la pila P1 y realizado en la campaña de 1963, se han detectado 5,80 m de depósitos aluviales correspondientes a la Unidad 2a, mientras que, de una profundidad de 5,80 a 8,70 m se ha detectado los suelos aluviales de la Unidad 2b.

Bajo estos depósitos cuaternarios se encuentra el sustrato rocoso formado con una Caliza gris sana, de las cuales los 0,50 m más superficiales se encuentran fisuradas y tal vez meteorizadas.

A continuación, se muestra esta columna litológica con mayor detalle.

- 0,00-5,00 m. Gravas y arenas. (Unidad 2a)
- 5,00-5,80 m: Arcillas limosas pardas. (Unidad 2a)
- 5,80-6,80 m. Arcillas arenosas ocre. (Unidad 2b)
- 6,80-8,70 m: Arcillas ocre. (Unidad 2b)
- 8,70-9,20 m: Arcilla fisurada gris. (Unidad 3)
- 9,20-11,25 m. Caliza gris sana (Unidad 3)

8.4.1.3. Recomendaciones de cimentación

Debido a la presencia de un importante paquete de suelos aluviales del orden de ~9,5 m y con posible variabilidad debido a cambios laterales de facies en este tipo de depósitos, se hace recomendable recurrir a una solución de cimentación profunda, preferentemente micropilotada.

El cálculo de las resistencias unitarias por punta y por fuste se realiza siguiendo las recomendaciones de la “Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera”, cuyas principales recomendaciones se han resumido en el apartado anterior.

Para el caso de micropilotes, suele ser habitual despreciar la resistencia por fuste de la parte correspondiente a los suelos, principalmente por su reducida área lateral y máxime cuando estos suelos tienen pobres capacidades geotécnicas. Del mismo modo, se suele despreciar la también la contribución de la resistencia por punta, debido a la reducida área que esta presenta.

Siguiendo las recomendaciones de la “Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera”, se adopta una resistencia unitaria de cálculo de $f_{e,d}=0,15$ MPa, correspondientes a materiales margosos como los detectados en los sondeos realizados.

La profundidad de cimentación, tal y como se ha mencionado, estará en torno a los 9,2 m. Además, en cualquier caso, deberá garantizarse un empotramiento mínimo en esta unidad, denominada como Nivel 3 y correspondiente al sustrato rocoso sano, de 6 diámetros.

8.4.1.4. Agresividad química del medio

De los ensayos realizados para determinar la agresividad química del terreno al hormigón, clasificándose como **NO AGRESIVA**.

8.4.2. Pila P4

8.4.2.1. Investigación realizada

Para caracterizar los materiales de apoyo se dispone de la siguiente información:

- Sondeo S-6 de 1963.
- Perfil longitudinal de la estructura.

8.4.2.2. Características del terreno

En el sondeo S-6, el más cercano a la pila P4 y realizado en la campaña de 1963, se han detectado 5,30 m de depósitos aluviales correspondientes a la Unidad 2a.

Bajo estos depósitos cuaternarios se encuentra el sustrato rocoso formado con una Caliza gris sana, de las cuales los 0,20 m más superficiales se encuentran fisuradas y tal vez meteorizadas.

A continuación, se muestra esta columna litológica con mayor detalle.

- 0,00-1,70 m. Gravas y arenas. (Unidad 2a)
- 1,70-5,30 m: Arenas limosas de color ocre. (Unidad 2a, tal vez 2b)
- 5,30-5,80 m. Margocaliza gris. (Unidad 3)
- 5,80-7,60 m: Caliza gris. (Unidad 3)

8.4.2.3. Recomendaciones de cimentación

Debido a la presencia de un paquete de suelos aluviales del orden de ~5,5 m ubicados bajo el nivel de agua del Bidasoa y que este tipo de materiales suele presentar cierta variabilidad debido a cambios laterales de facies, se hace recomendable recurrir a una solución de cimentación profunda, preferentemente micropilotada.

El cálculo de las resistencias unitarias por punta y por fuste se realiza siguiendo las recomendaciones de la “Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera”, cuyas principales recomendaciones se han resumido en el apartado anterior.

Para el caso de micropilotes, suele ser habitual despreciar la resistencia por fuste de la parte correspondiente a los suelos, principalmente por su reducida área lateral y máxime cuando estos suelos tienen pobres capacidades geotécnicas. Del mismo modo, se suele despreciar la también la contribución de la resistencia por punta, debido a la reducida área que esta presenta.

Siguiendo las recomendaciones de la “Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera”, se adopta una resistencia unitaria de cálculo de $f_{e,d}=0,15$ MPa, correspondientes a materiales margosos como los detectados en los sondeos realizados.

La profundidad de cimentación, tal y como se ha mencionado, estará en torno a los 5,5 m. Además, en cualquier caso, deberá garantizarse un empotramiento mínimo en esta unidad, denominada como Nivel 3 y correspondiente al sustrato rocoso sano, de 6 diámetros.

8.4.2.4. Agresividad química del medio

De los ensayos realizados para determinar la agresividad química del terreno al hormigón, clasificándose como **NO AGRESIVA**.

8.4.3. Ejecución de las tablestacas

Debido a que la solución a adoptar en las pilas P1 y P4 consiste en un recalce basado en micropilotes, será necesario acceder al cauce del río y a la base de dichas pilas en las condiciones de seguridad y estanqueidad suficientes, por lo que las mencionadas labores de recalce se realizarán al abrigo de un tablestacado.

Estos elementos sufrirán no solo el empuje de la columna de agua existente en el río, sino que habrá que considerarse el empuje activo de los suelos existentes en el cauce hasta alcanzar el sustrato rocoso. Por ello, y para el adecuado diseño de estas tablestacas, en este apartado se recomendarán los módulos de balasto más apropiados para las distintas tipologías de terreno existentes en la zona.

Para ello se recurre al método propuesto por Arozamena (2015) y el cual se ha descrito en apartados anteriores. Dicho método propone por métodos empíricos un coeficiente de balasto en función del ángulo de rozamiento interno y la cohesión de los distintos materiales. A continuación, se muestran los valores recomendados sobre el ábaco de Arozamena.

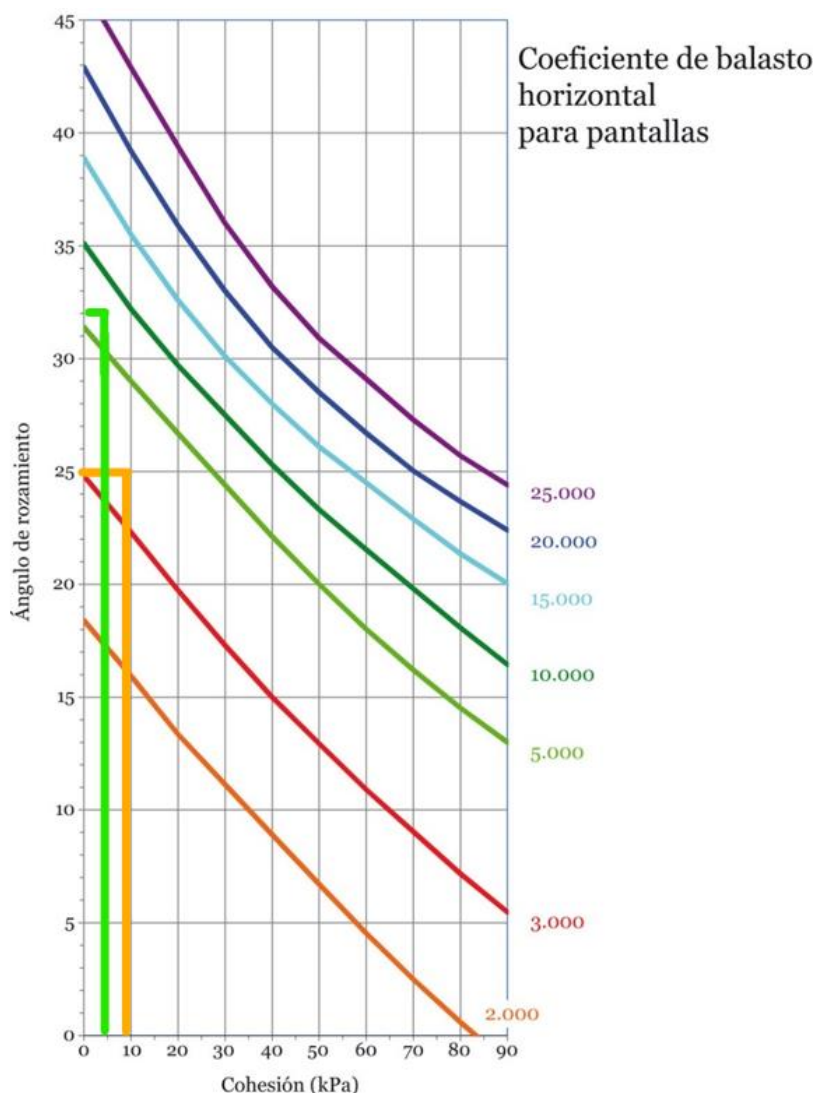


Figura 24. Coeficiente de balasto horizontal para el material aluvial granular de la unidad 2a (verde) y el aluvial fino de la unidad 2b (naranja).

De esta forma, se proponen los siguientes coeficientes de balasto horizontal:

- Nivel 2a. Cuaternario: Suelos Aluviales granulares → 6000 kN/m³.

- Nivel 2b. Cuaternario: Suelos Aluviales finos → 4000 kN/m³.

La estratigrafía y los niveles del terreno son ligeramente diferentes tanto en la pila P1 así como en la pila P4. Estas pueden consultarse en apartados anteriores, donde se describen las condiciones de cimentación de las mencionadas pilas.

9. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El objetivo del presente documento es describir y analizar las condiciones geotécnicas que presenta el terreno en la zona en la que se desarrollará el PROYECTO CONSTRUCTIVO DE REHABILITACIÓN DEL PUENTE INTERNACIONAL DE IRUN.

Para ello, se ha realizado una recopilación de las distintas campañas geotécnicas que se han realizado en el entorno de estudio, así como los ensayos de laboratorio e “in situ” realizados en los mismos. Esta información ha consistido desde un sondeo, catas y perfiles geofísicos realizados por TYPESA en 2022, hasta la perforación de varios sondeos geotécnicos en las pilas del puente adyacente de 1963.

Toda esta información se ha complementado con diversas referencias bibliográficas realizadas por distintos autores y guías técnicas con el propósito de caracterizar lo más fielmente y de una manera global las propiedades geotécnicas de las distintas unidades del terreno encontrados en la zona de estudio.

De esta forma, los distintos niveles de terreno encontrados son:

NIVEL	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA
1	Rellenos Antrópicos	Gravas limosas con contenidos variables tanto en estos componentes como en arenas y arcillas.
2a	Cuaternario: Suelos Aluviales Granulares	Arenas con cantidades variables de gravas de pequeño tamaño y limos.
2b	Cuaternario: Suelos Aluviales Finos	Limos y arcilla con proporciones variables de arena y grava.
3	Sustrato Rocoso	Margas y calizas arenosas.

Las propiedades geotécnicas deducidas y consideradas para las mismas son:

Nivel Geotécnico. Material	Densidad Aparente (kN/m ³)	C' (kPa)	Ø' (°)	RCS (MPa)	K _H (kN/m ³)
Nivel 1. Rellenos Antrópicos	18	10	30	-	-
Nivel 2a. Cuaternario. Suelos Aluviales Granular	19	5	32	-	6000
Nivel 2b. Cuaternario. Suelos Aluviales Finos	19	10	25	-	4000
3. Triásico. Sustrato Rocoso Alternancia de Margas y Calizas arenosas	27			25	-

Teniendo en consideración los niveles de terreno localizados en la parcela, con sus correspondientes características, y los tipos de estructuras proyectadas, se proponen las siguientes recomendaciones constructivas para cada una de estas estructuras.

■ **Pila P1:**

Se recomienda una cimentación profunda mediante micropilotes sobre la Unidad 3, formada por una alternancia de Margas y calizas arenosas ubicado a unos 9,50 m de profundidad.

Las resistencias consideradas para el diseño de estos micropilotes son únicamente las contribuciones del fuste de la parte empotrada en el mencionado sustrato rocoso:

- Resistencia unitaria por fuste de cálculo: 150 kPa.

Mientras que el empotramiento mínimo en esta unidad será de 6 diámetros.

■ **Pila P4:**

Se recomienda una cimentación profunda mediante micropilotes sobre la Unidad 3, formada por una alternancia de Margas y calizas arenosas ubicado a unos 5,50 m de profundidad.

Las resistencias consideradas para el diseño de estos micropilotes son únicamente las contribuciones del fuste de la parte empotrada en el mencionado sustrato rocoso:

- Resistencia unitaria por fuste de cálculo: 150 kPa.

Mientras que el empotramiento mínimo en esta unidad será de 6 diámetros.

■ **Recomendaciones generales:**

Los distintos niveles del terreno existentes en la zona de estudio se han ensayado para determinar su potencial agresividad química al hormigón, clasificándose como **No Agresivos**.

PLANOS

**PLANO 1. UBICACIÓN DE SONDEOS GEOTÉCNICOS SOBRE ORTOFOTO.
ESCALA 1:2.000**



OHARRAK :
NOTAS:

LEYENDA

S-1

SONDEO TYPESA 2022

SM-1 Y SM-2

SONDEOS INGELUR 2021

S-1 A S-3

SONDEOS IKERLUR 1999

S-1

SONDEO SAITEC 2017

S-1

SONDEO ENGINE 2021

S-1 A S-8

SONDEOS CAMPAÑA 1963

SITUACION SONDEOS
ESCALA 1:2000

A PRIMERA EMISIÓN		Feb. 24	JMH	ETS	
REV.	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
AHOLKULARIA / CONSULTOR		INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR			
TYPESA		JESÚS MUNGUIRA HERNANDO Ingeniero Caminos C.C. Y P.P. Col. Nº11.390			
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR		ERREFERENTZIA REFERENCIA			

SE9887-PC-PL-01-01-Geotecnia Sondeos-

EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

LURRALDE PLANGINTZA,
ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA

DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN
TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

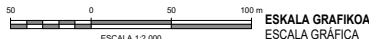


euskal trenbide sarea

PROIEKTURAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCIÓN Y DIRECCIÓN DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA
ESCALA ORIGINAL

EN DIN-A1



PLANOAREN IZENBURUA
TÍTULO DEL PLANO

IRUNGU NAZIOARTEKO ZUBIAREN BIRGAITZEKO ERAIKUNTZA PROIEKTUA

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE REHABILITACIÓN DEL PUENTE INTERNACIONAL EN IRÚN

PLANOAREN IZENBURUA
TÍTULO DEL PLANO

UBICACION SONDEOS
GEOTECNICOS SOBRE ORTOFOTO

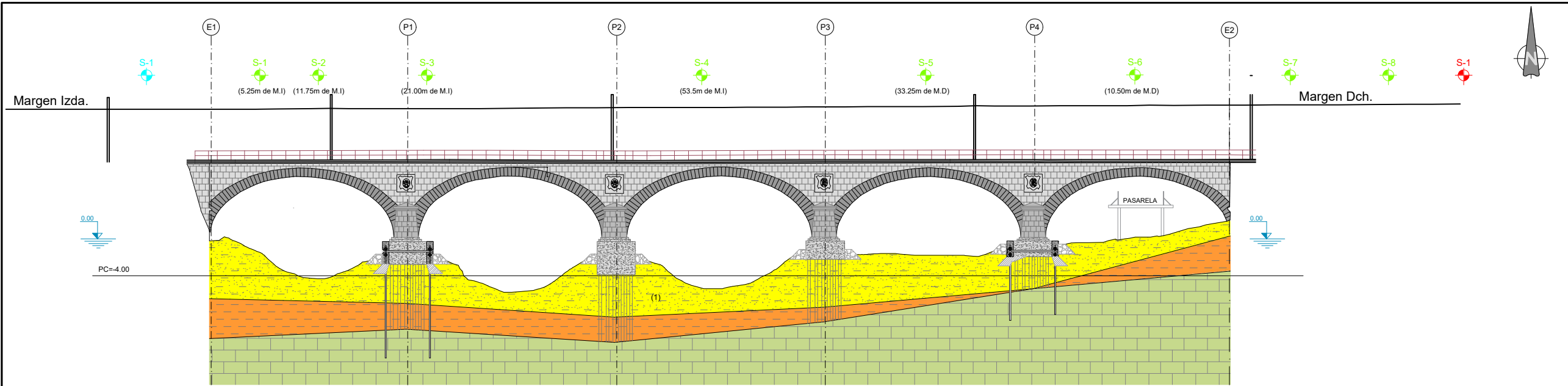
PLANO-ZK. / Nº PLANO

1.1

ORRIA 1 / HOJA 1

1 Sigue 2

**PLANO 2. PLANTA Y PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO LONGITUDINAL.
ESCALAS 1:500 Y 1:250**



SECCION A-A
ESCALA 1:250

OHARRAK:
NOTAS:

LEYENDA:

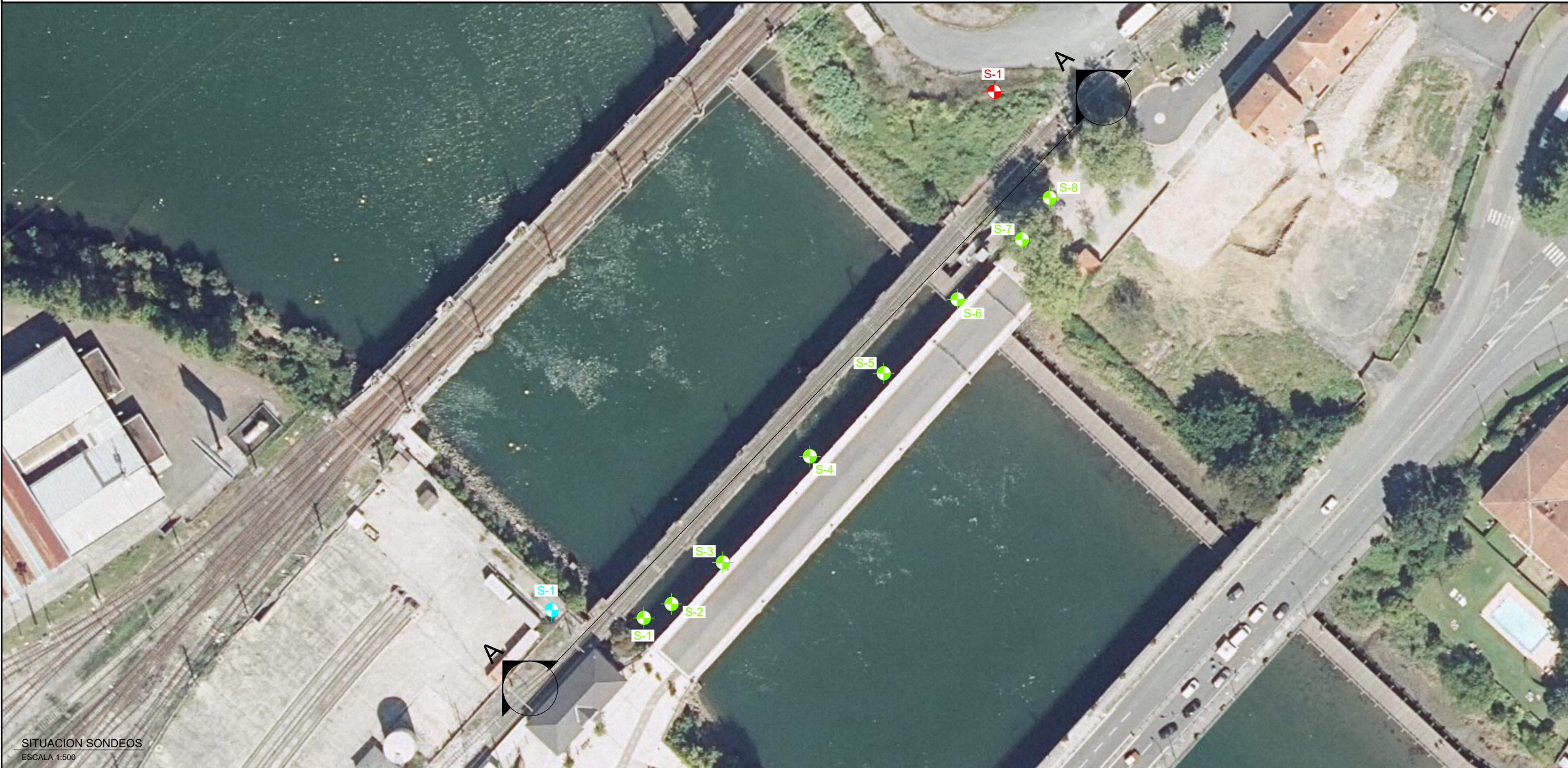
SUELOS:
CUATERNARIO

UNIDAD 2A: SUELOS ALUVIALES GRANULARES.
ARENAS CON CANTIDADES VARIABLES DE GRAVAS
DE PEQUEÑO TAÑANO Y LIMOS

UNIDAD 2B: SUELOS ALUVIALES FINOS.
LIMOS Y ARCILLA CON PROPORCIONES VARIABLES
DE ARENA Y GRAVA

ROCA:
CRETÁCICO SUPERIOR

UNIDAD 3: MARGAS Y CALIZAS ARENOSAS.



SITUACION SONDEOS
ESCALA 1:500

A	PRIMERA EMISIÓN	Feb. 24	JMH	ETS	
REV.	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
AHOLKULARIA / CONSULTOR		INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR			
TYPESA		JESÚS MUNGUIRA HERNANDO Ingeniero Caminos C.C. Y P.P. Col. Nº11.390			
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR		ERREFERENTZIA REFERENCIA			

SE9887-PC-PL-01-02-Geotecnia Sondeos-

APÉNDICES

APENDICE 1. REGISTROS DE SONDEOS DE CAMPAÑAS DE RECONOCIMIENTO PREVIAS

APENDICE 1A. SONDEOS CAMPAÑA TYP SA (2022)

COORDENADAS	X:598.362,86		SONDA TIPO: TECOINSA TP-50		OBSERVACIONES:				SOLICITANTE: 		OBRA: CAMPAÑA DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA Y ESTRUCTURAL PARA LA REDACCIÓN DEL ESTUDIO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL PUENTE INTERNACIONAL EN IRÚN (PK 20/929 DE LA LÍNEA DONOSTIA – HENDAIA DE ETS)										
	Y:4.800.355,59		EMPRESA DE SONDEOS: INGELUR																		
	Z:9,00		TESTIFICADO POR: JUAN JOSÉ CAYÓN																		
				SONDISTA: SANTIAGO MARTIN																	
PENETRÓMETRO DE BOLSILLO (kg/cm²)	RECUPERACION(%)	METEORIZACION		FRACTURAS (Nº/30cm.)	R.Q.D.	PROFUNDIDAD(m.)	TIPO	ENSAYO S.P.T. N° DE GOLPES PARA PENETRAR 60 cm.	Ø PERFORACION (mm.)	TIPO DE CORONA	NIVEL FREATICO	COLUMNA LITOLOGICA	METODO DE PERFORACION:			REFERENCIA: L078_2022	DIBUJADO: AIM	COTEJO: 	FECHA: 14/10/2022	SONDEO: S-1	HOJA: 2 de 5
DESCRIPCIÓN																					
	66						12	12.00 M.I.						10.30-14.80 <u>SUELO ALUVIAL-MARISMA.</u> Arenas gruesas y gravas finas y medias subredondeadas y poligénicas, sueltas, de color marrón y gris oscuro.							
	100							12.60 3 4 6 N=7													
	50							15.00 M.I.													
	50							15.60 3 1 4 5 N=5	113	W											
	0						17	18.00 M.I.													
	50							18.60 3 10 6 9 N=16													
	100							19.20													
								21.50 T.P. 21.60	101	D				14.80-19.20 <u>SUELO ALUVIAL-MARISMA.</u> Arenas finas con trazas de bivalvos, sueltas, de color marrón claro. Compacidad suelta.							
							22														
								23.30 T.P. 23.80													

[illegible]



Emplazamiento



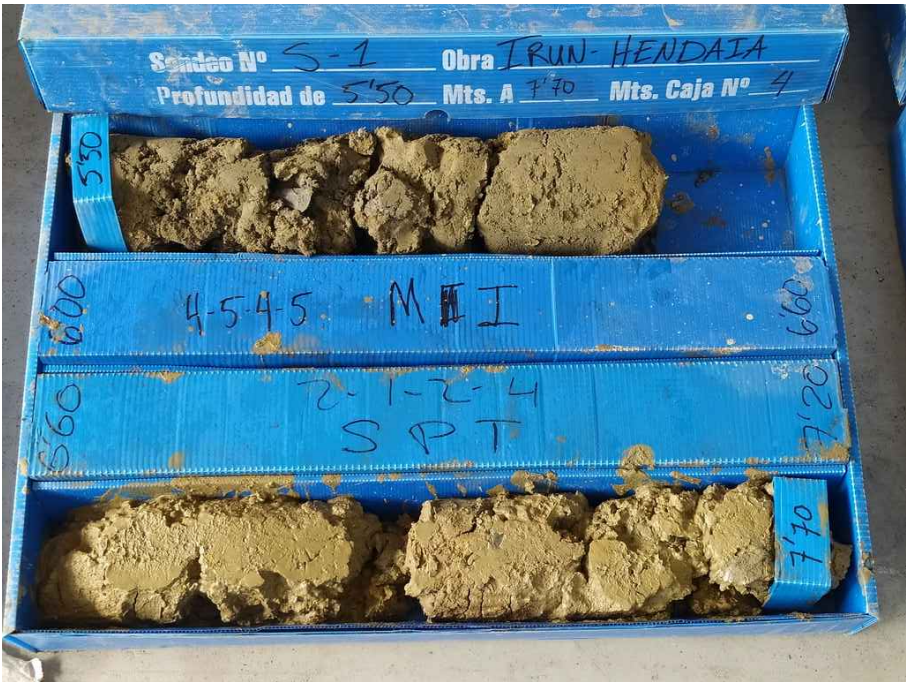
Caja 1 : Profundidad de 0.00-1.60 m.



Caja 2 : Profundidad de 1.60-3.60 m.



Caja 3 : Profundidad de 3.60-5.50 m.



Caja 4 : Profundidad de 5.50-7.70 m.



Caja 5 : Profundidad de 7.70-10.20 m.



SOLICITANTE:



OBRA: CAMPAÑA DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA Y ESTRUCTURAL PARA LA REDACCIÓN DEL ESTUDIO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL PUENTE INTERNACIONAL EN IRÚN (PK 20/929 DE LA LÍNEA DONOSTIA – HENDAIA DE ETS)

REFERENCIA: L078_2022

DIBUJADO: AIM

COTEJO:

FECHA: 14/10/2022

SONDEO: S-1

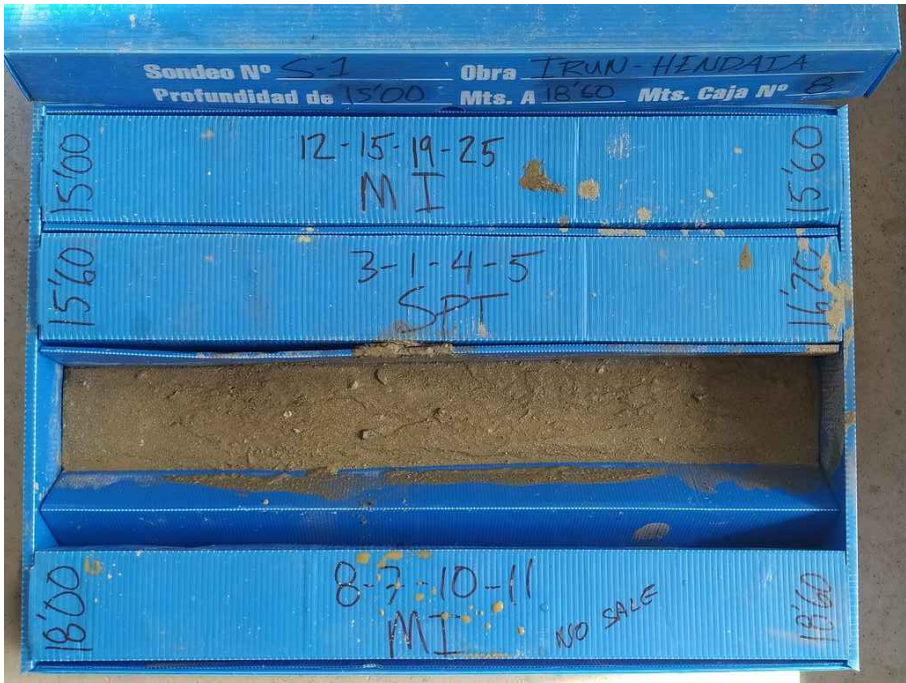
HOJA: 5 de 5



Caja 6 : Profundidad de 10.20-12.60 m.



Caja 7 : Profundidad de 12.60-15.00 m.



Caja 8 : Profundidad de 15.00-18.60 m.



Caja 9 : Profundidad de 18.60-21.00 m.



Caja 10 : Profundidad de 21.00-23.50 m.



Caja 11 : Profundidad de 23.50-25.10 m.

APENDICE 1B. SONDEOS CAMPAÑA INGELUR (2021)

[illegible]

[illegible]

[illegible]

MARCO GEODÉSICO: ETRS89	X: 598169	SONDA TIPO: TECOINSA TP-50	SONDISTA: SANTIAGO MARTIN TORRES	CLIENTE: 		SOLICITANTE: 		OBRA: Servicio de apoyo para el reconocimiento Geológico-Geotécnico en Kostorbe			
	Y: 4800104							EMPRESA DE SONDEOS: INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA LUR S.L.	GEÓLOGO: EDER ALVAREZ PAZOS	CLAVE: L117_2021	REVISADO: 
	Z: 5	FIN: 18-11-2021									
	I: 90	METODO DE PERFORACION: ROTACIÓN	CLAVE: L117_2021	REVISADO: 	FECHA	INICIO: 17-11-2021	SONDEO: S-1			HOJA: 4 de 6	
	Az: 0										



Emplazamiento

Caja 1 Profundidad: 0-2.1m.



Caja 2 Profundidad: 2.1-4.2m.

Caja 3 Profundidad: 4.2-5.7m.

Caja 4 Profundidad: 5.7-7.8m.

MARCO GEODÉSICO: ETRS89	X: 598169	SONDA TIPO: TECOINSA TP-50	SONDISTA: SANTIAGO MARTIN TORRES	CLIENTE: 		SOLICITANTE: 		OBRA: Servicio de apoyo para el reconocimiento Geológico-Geotécnico en Kostorbe			
	Y: 4800104							EMPRESA DE SONDEOS: INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA LUR S.L.	GEÓLOGO: EDER ALVAREZ PAZOS	CLAVE: L117_2021	REVISADO: 
	Z: 5	METODO DE PERFORACION: ROTACIÓN	FIN: 18-11-2021								
	I: 90										
	Az: 0										



Caja 5 Profundidad: 7.8-10.2m.



Caja 6 Profundidad: 10.2-12.6m.



Caja 7 Profundidad: 12.6-15m.



Caja 8 Profundidad: 15-17.4m.



Caja 9 Profundidad: 17.4-19.8m.

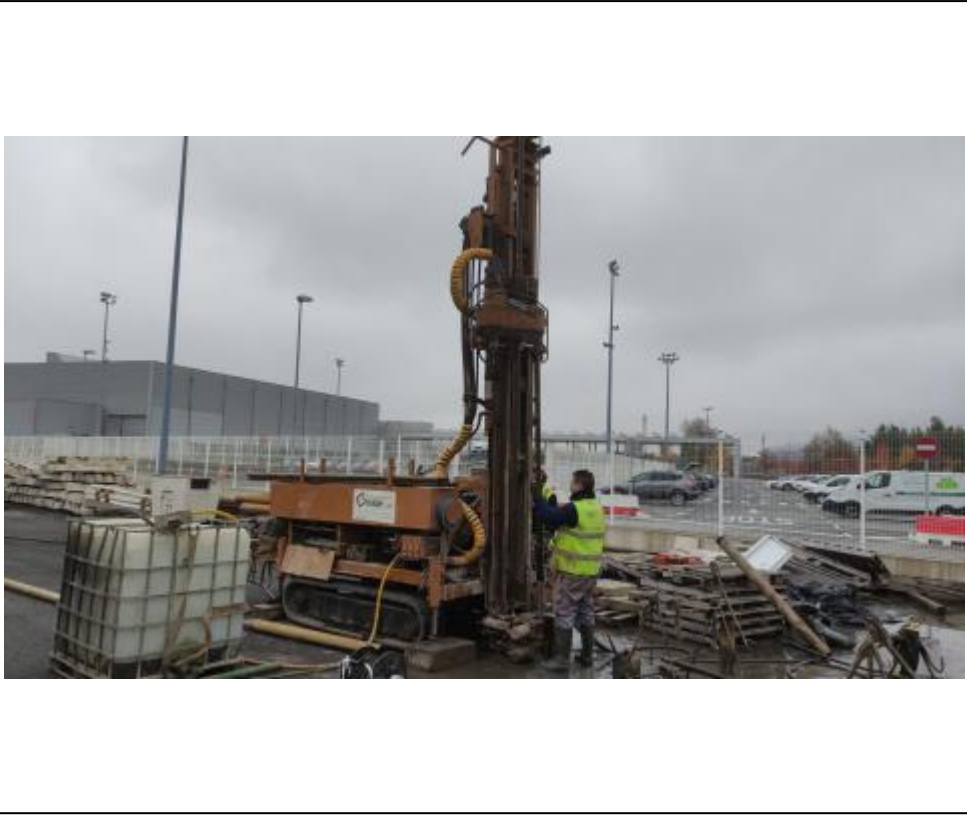
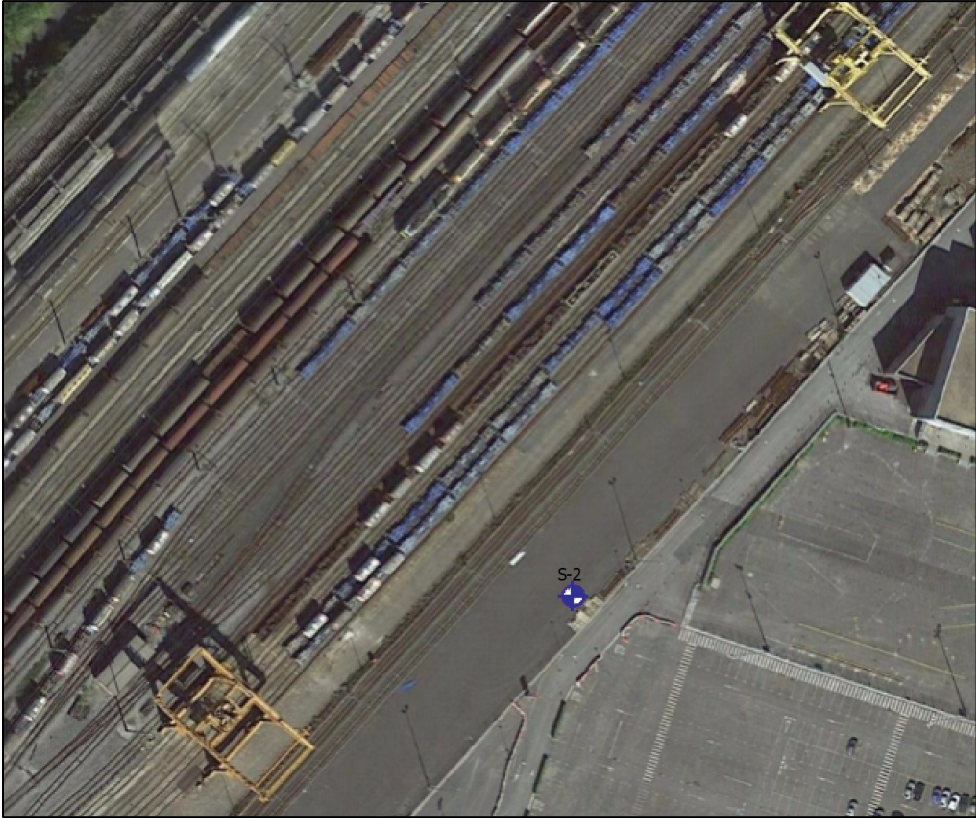


Caja 10 Profundidad: 19.8-22.2m.

[illegible]

[illegible]

MARCO GEODÉSICO: ETRS89	X: 598050	SONDA TIPO: TECOINSA TP-50	SONDISTA: SANTIAGO MARTIN TORRES	CLIENTE: 		SOLICITANTE: 		OBRA: Servicio de apoyo para el reconocimiento Geológico-Geotécnico en Kotorbe			
	Y: 4799957							EMPRESA DE SONDEOS: INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA LUR S.L.	GEÓLOGO: EDER ALVAREZ PAZOS	CLAVE: L117_2021	REVISADO: 
	Z: 5	METODO DE PERFORACION: ROTACIÓN	FIN: 29-11-2021								
	I: 90										
	Az: 0										



Emplazamiento

Caja 1 Profundidad: 0-1.6m.



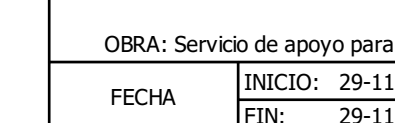
Caja 2 Profundidad: 1.6-3.6m.



Caja 3 Profundidad: 3.6-6.2m.



Caja 4 Profundidad: 6.2-8.7m.

MARCO GEODÉSICO: ETRS89	X: 598050	SONDA TIPO: TECOINSA TP-50	SONDISTA: SANTIAGO MARTIN TORRES	CLIENTE: 		SOLICITANTE: 		OBRA: Servicio de apoyo para el reconocimiento Geológico-Geotécnico en Kostorbe			
	Y: 4799957							EMPRESA DE SONDEOS: INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA LUR S.L.	GEÓLOGO: EDER ALVAREZ PAZOS	CLAVE: L117_2021	REVISADO: 
	Z: 5	METODO DE PERFORACION: ROTACIÓN	FIN: 29-11-2021								
	I: 90										
	Az: 0										



Caja 5 Profundidad: 8.7-11.1m.



Caja 6 Profundidad: 11.1-13.5m.



Caja 7 Profundidad: 13.5-15.9m.

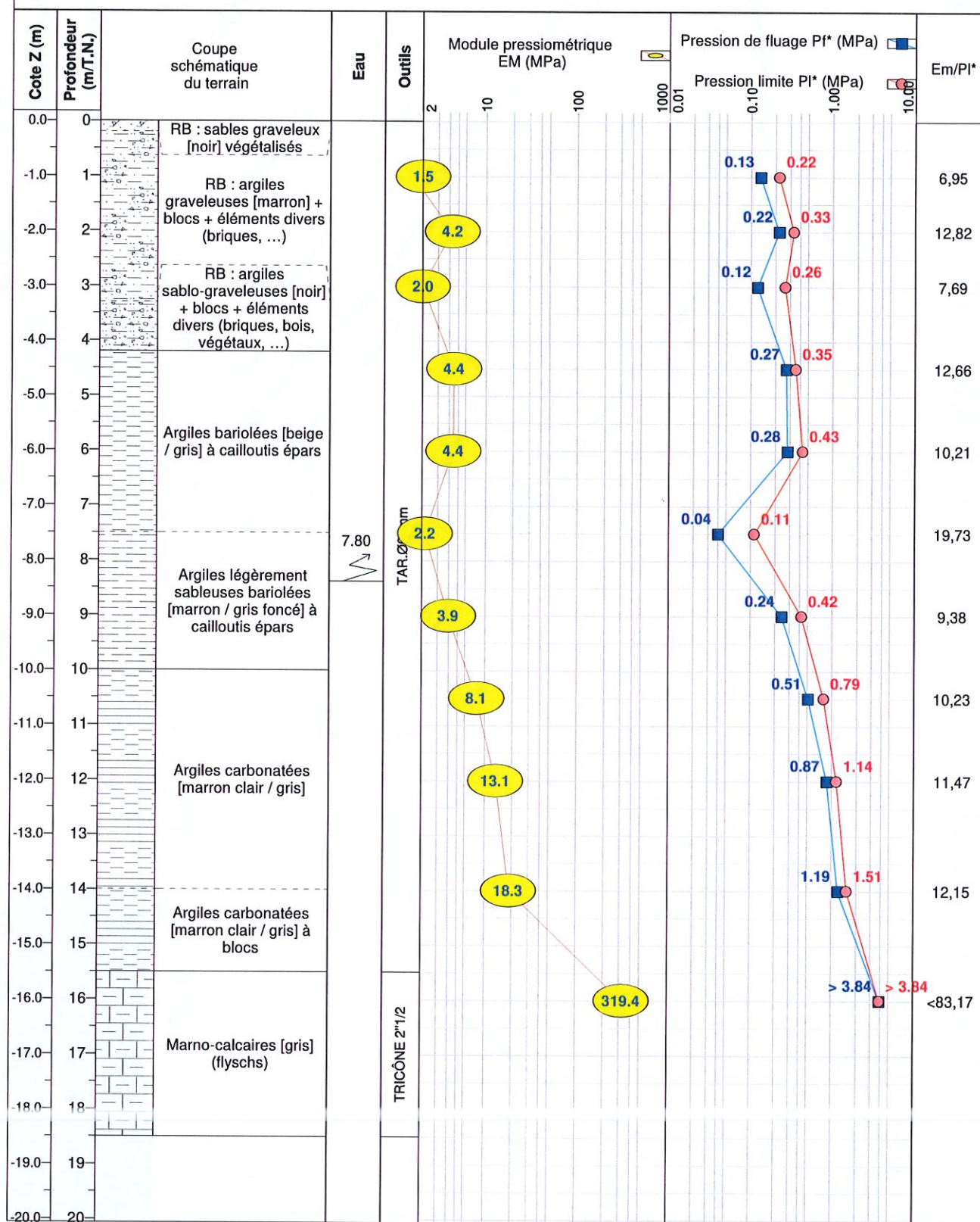


Caja 8 Profundidad: 15.9-18.3m.



Caja 9 Profundidad: 18.3-20m.

APENDICE 1C. SONDEOS CAMPAÑA ENGINE (2021)



Observations :

APENDICE 1D. SONDEOS CAMPAÑA SAITEC (2017)

[illegible]



Emplazamiento



Caja 1 : Profundidad de 0.00-1.40m.



Caja 1 : Profundidad de 1.40-3.10m.



Caja 3 : Profundidad de 3.10-5.30m.



Caja 4 : Profundidad de 5.30-7.60m.



Caja 5 : Profundidad de 7.60-9.40m.



Caja 6 : Profundidad de 9.40-10.00m.



Tapa

APENDICE 1E. SONDEOS CAMPAÑA IKERLUR (1999)



SONDEO S-1

FECHA 08/04/99
A 13/04/99

COORDENADAS X =
Y =
Z =

ENSAYOS DE LABORATORIO

M E T R O S E N P R O F U N D I D A D	RECUPERACION %	Nº DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	TOMAMUESTRAS	GOLPES / 30 cm.	CORTE DEL TERRENO	COTA	DESCRIPCIÓN	% DE FINOS	LÍMITE LÍQUIDO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	% HUMEDAD	ENSAYO VANE (kg/cm ²)	DENSIDAD SECA	OTROS ENSAYOS
0,0							0,10	ASEFALTO.							
							0,35	RELLENO: GRAVA MARRÓN Y GRIS CON ALGO DE ARCILLA Y ALGO DE ARENA. MEDIANAMENTE DENSA.							
1,0	100						0,90	ALUVIAL: GRAVA GRIS CON BASTANTE ARENA Y ALGO DE LIMO. FLOJA.							
								- La grava es milimétrica y centimétrica y rodada.							
								- Aparecen ocasionales restos de materia orgánica (ramitas).							
2,0							1,70								
							2,55	ALUVIAL: LIMO GRIS CON ALGO DE ARENA E INDICIOS DE GRAVA Y MATERIA ORGÁNICA. MODERADAMENTE FIRME.							
	70	1				2		- La grava es milimétrica y rodada.							
							3,00	- Olor fétido.							
							3,40	- Ensayo Penetrómetro de bolsillo: P=1,00kg/cm ² ; P=0,75kg/cm ² .					0,42		
								- P=0,8kg/cm ² .					0,25		
								- La materia orgánica está constituida por ramitas y pequeños restos de conchas.					0,30		
4,0							4,00	ALUVIAL: ARENA LIMOSA GRIS CON ALGO DE GRAVA E INDICIOS DE MATERIA ORGÁNICA. FLOJA.							
								- Se trata de una alternancia de niveles milimétricos a centimétricos de arena floja y limo moderadamente firme.							
5,0							4,70	ALUVIAL: ARENA GRIS OSCURA CON ALGO DE LIMO, ALGO DE GRAVA E INDICIOS DE MATERIA ORGÁNICA. FLOJA.							
								- Se trata de una arena de tamaño de grano medio, que intercala niveles de limo que presenta materia orgánica, hojas y ramas, además de gravas repartidas por toda la capa, bien rodadas y de tamaño milimétrico y ocasionalmente centimétrico.							
6,0							6,00	- En ocasiones el limo pasa a bastante.							
								- En ocasiones la grava pasa a bastante.							
								- Las arenas presentan, como materia orgánica, conchas.							
								- Olor fétido.							
7,0							6,60								
8,0							8,40	ALUVIAL: ARENA GRIS CON ALGO DE LIMO E INDICIOS DE MATERIA ORGÁNICA. FLOJA A MEDIANAMENTE DENSA.							
								- La arena es de tamaño fino.							
								- No se observan gravas.							
								- La materia orgánica está compuesta por conchas marinas.							
								- Olor fétido.							
9,0															
10,0															

OBSERVACIONES:



SONDEO S-1

FECHA 08/04/99
A 13/04/99

COORDENADAS Y =
Z =

X =

ENSAYOS DE LABORATORIO

METROS EN PROFUNDIDAD	RECUPERACION %	Nº DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	TOMAMUESTRAS	GOLPES / 30 cm.	CORTE DEL TERRENO	COTA	DESCRIPCION	% DE FINOS	LIMITE LIQUIDO	INDICE DE PLASTICID.	% HUMEDAD	ENSAYO VANE (kg/cm ²)	DENSIDAD SECA	OTROS ENSAYOS
10,0	100	4			6		10,00	ALUVIAL: ARENA GRIS CON ALGO DE LIMO E INDICIOS DE MATERIA ORGANICA. FLOJA A MEDIANAMENTE DENSA. El limo se presenta tanto englobado en las arenas como a modo de intercalaciones más o menos frecuentes, milimétricas y presentando abundante materia orgánica semidescompuesta.							
11,0	0						10,60								
							11,40	En ocasiones las intercalaciones son más frecuentes y la cantidad de limo pasa a bastante.							
12,0	100	5			13		12,00								
	0						12,40	También se observan muy ocasionales gravas, siempre de tamaño centimétrico (2-3cm), y muy bien rodadas.							
13,0	100	6			11		13,00								
	0						13,40								
14,0	50	7			9		14,00		30.8						
15,0															
16,0	100	8			15		16,00								
							16,60								
17,0															
18,0		9			13		18,00								
							18,60								
19,0	0														
20,0															

OBSERVACIONES:



SONDEO S-1

FECHA 08/04/99
A 13/04/99

COORDENADAS Y =
Z =

X =

Z =

ENSAYOS DE LABORATORIO

M E T R O S E N P R O F U N D I D A D	RECUPERACION %	Nº DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	TOMAMUESTRAS	GOLPES / 30 cm.	CORTE DEL TERRENO	COTA	DESCRIPCION	% DE FINOS	LIMITE LIQUIDO	INDICE DE PLASTICIDAD	% HUMEDAD	ENSAYO VANE (kg/cm ²)	DENSIDAD SECA	OTROS ENSAYOS
20,0		10			9		20,0	ALUVIAL: LIMO ARENOSO GRIS OSCURO CON INDICIOS DE GRAVA E INDICIOS DE MATERIA ORGÁNICA. MODERADAMENTE FIRME.							
							20,6	- Ensayo Penetrómetro de bolsillo: P=0,5kg/cm ² ; P=0,75kg/cm ² , P=0,75kg/cm ² .							
								- La grava es centimétrica y rodada.						0.20	
								- La materia orgánica está compuesta por conchas y hojas.						0.20	
								- Olor fétido.						0.20	
								- Ensayo Penetrómetro de bolsillo: P=0,75kg/cm ² .						0.25	
21,0	100														
22,0						ML									
22,6		11			4		22,6								
23,0							23,2								
24,0	80					ML	24,0	ALUVIAL: LIMO GRIS OSCURO CON ALGO DE ARENA E INDICIOS DE GRAVA. MODERADAMENTE FIRME.						0.25	
								- La grava es centimétrica y rodada.							
								- Ensayo Penetrómetro de bolsillo: P=1,0kg/cm ² ; P=1,5kg/cm ² , P=1,5kg/cm ² .							
25,0							25,0	ALUVIAL: ARENA GRIS OSCURA CON ALGO DE LIMO INDICIOS DE GRAVA E INDICIOS DE MATERIA ORGÁNICA. MEDIANAMENTE DNEA.						0.30	
	100	12			19		25,4	- La arena es de tamaño fino y, ocasionalmente, medio.						0.45	
								- La grava es centimétrica y milimétrica y rodada.							
								- Olor fétido.							
								- La materia orgánica está compuesta por conchas.							
26,0						SM	26,0								
27,0	60														
27,5							27,5								
28,0	80	13			13		28,1								
29,0	50														
29,4							29,4	ALUVIAL: GRAVA GRIS CON BASTANTE ARENA Y ALGO DE LIMO.							
29,5	70	14			17	GM	29,5	MEDIANAMENTE DENSA.							
30,0							30,1								

OBSERVACIONES:



SONDEO S-1

FECHA 08/04/99
A 13/04/99

COORDENADAS Y =
Z =

X =

ENSAYOS DE LABORATORIO

M E T R O S E N P R O F U N D I D A D	C O T A					DESCRIPCION	ENSAYOS DE LABORATORIO						
	RECUPERACION %	Nº DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	TOMAMUESTRAS	GOLPES / 30 cm.	CORTE DEL TERRENO	% DE FINOS	LÍMITE LÍQUIDO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	% HUMEDAD	ENSAYO VANE (kg/cm ²)	DENSIDAD SECA	OTROS ENSAYOS
30,0													
31,0	90												
32,0	80												
33,0	60												
34,0	70												
35,0	60												
36,0	80												
37,0	100												
38,0	45												
39,0	80												
40,0													

OBSERVACIONES:



SONDEO S-2

FECHA 14/04/99

COORDENADAS Y =

Z =

ENSAYOS DE LABORATORIO

M E T R O S E N P R O F U N D I D A D	RECUPERACION %	Nº DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	TOMAMUESTRAS	GOLPES / 30 cm.	CORTE DEL TERRENO	COTA	DESCRIPCION	% DE FINOS	LIMITE LIQUIDO	INDICE DE PLASTICIDAD	% HUMEDAD	ENSAYO VANE (Kg/cm ²)	DENSIDAD SECA	OTROS ENSAYOS
0,0							0.10	ASFALTO RELLENO: TODO UNO.							
1,0	70						0.50								
2,0	70						1.00	ALUVIAL: ARENA GRIS CLARA CON ALGO DE LIMO E INDICIOS DE GRAVA FLOJA. - La grava es centimétrica y rodada. - La arena es de tamaño medio. - Aparece ocasional materia orgánica.							
3,0	100	1	N.P. (14/04/99)				2.20								
4,0							2.80	ALUVIAL: LIMO GRIS OSCURO CON ALGO DE ARENA E INDICIOS DE MATERIA ORGÁNICA. MODERADAMENTE FIRME A BLANDO. - Ensayo Penetrómetro de bolsillo: P=1,5kg/cm ² . - Olor fétido. - La materia orgánica son ramitas y hojas semidescompuestas. - Ensayo Penetrómetro de bolsillo: P=1,0kg/cm ² ; P=1,5kg/cm ² .				0.23			
5,0							4.40								
6,0							4.80	ALUVIAL: ARENA GRIS OSCURA CON BASTANTE LIMO E INDICIOS DE GRAVA Y MATERIA ORGÁNICA. FLOJA. - La arena es de tamaño medio. - Olor fétido. - La grava es centimétrica y rodada. - La materia orgánica son hojas y ramas semidescompuestas.	41.9			49.8			
7,0							7.30	ALUVIAL: ARENA GRIS OSCURA CON BASTANTE GRAVA E INDICIOS DE LIMO. FLOJA. - La grava es milimétrica y ocasionalmente centimétrica, rodada. - La arena es de tamaño medio y grueso.							
8,0							7.40								
9,0							8.50	ALUVIAL: ARENA GRIS CLARA CON ALGO DE LIMO E INDICIOS DE GRAVA. FLOJA A MEDIANAMENTE DENSA. - La arena es de tamaño medio. - Se trata de una alternancia de niveles milimétricos a centimétricos de arena medianamente densa y limo moderadamente firme a firme.							
10,0							9.40								
							10.00								

OBSERVACIONES:

SONDEO S-2

FECHA 14/04/99

COORDENADAS Y =

$$Z =$$

ENSAYOS DE LABORATORIO

PROFUNDIDAD EN METROS

RECUPERACION %	Nº DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	TOMAMUESTRAS	GOLPES / 30 cm.	CORTE DEL TERRENO
10,0					
11,0	50				SM
12,0		4		53	12
13,0	50				GM
14,0	100				13
15,0	80	5		13	15
16,0	100				15
17,0	90				16
18,0	90				17
19,0					18
20,0					

COTA

DESCRIPCION

ALUVIAL: ARENA GRIS CLARA CON ALGO DE LIMO E INDICIOS DE GRAVA. FLOJA A MEDIANAMENTE DENSA.

- La grava es milimétrica y ocasionalmente centimétrica, rodada.
- Olor fétido.
- La materia orgánica está compuesta por ocasionales hojas y ramas.

ALUVIAL: GRAVA MARRÓN Y GRIS CON ALGO DE ARCILLA Y ALGO DE ARENA, DENSE.

- La grava es centimétrica y rodada, de arenisca, calizas y ofita. De tamaño medio 4-6cm y de tamaño máximo 8-10cm

ROCA: ALTERNANCIA DE CALIZAS ARCILLOSAS, CALIZAS ARENOSAS Y ARGILITAS MARRONES. GRADO IV, CON INTERCALACIONES GRADO V.

- Edad probable: Cretácico superior (Campaniense-Maastrichtiense).
- Equivalente Geomecánico: Arcilla marrón con bastante grava y algo de arena. Muy firme.

Se observa que la estructura es bastante horizontal

A 16,40 metros pasa a Grado II y color gris.
De 16,50 a 17,00 metros; Índice de fracturación F=4-16.
R.Q.D.=20%
E=15°; E=15°; J_B=80°.

De 17,00 a 18,00 metros; índice de fracturación F=16-4-16-4.
R.Q.D.=12%
E=10°; J_c=70°; J_c=80°.
E=10°; J_c=70°.
E=15°; J_c=75°.

- FIN DE SONDEO A 18,00 METROS EN ROCA. GRADO II.

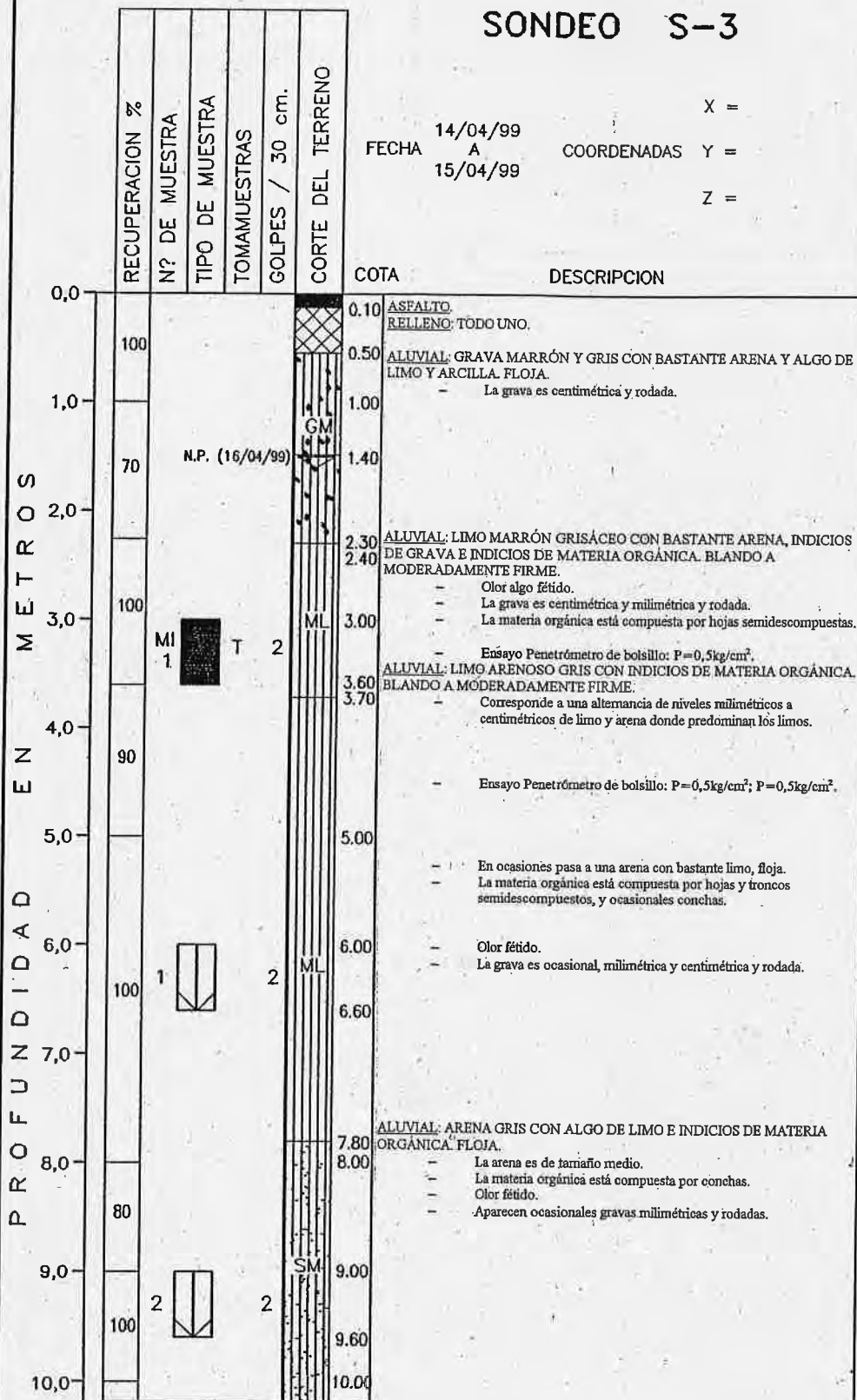
OBSERVACIONES:

SONDEO S-3

FECHA 14/04/99
A 15/04/99

COORDENADAS X =
Y =
Z =

ENSAYOS DE LABORATORIO



% DE FINOS	LIMITE LIQUIDO	INDICE DE PLASTICID.	% HUMEDAD	ENSAYO VANE (kg/cm²)	DENSIDAD SECA	OTROS ENSAYOS
				0.20		

OBSERVACIONES:

SONDEO S-3

SONDEO S-3										ENSAYOS DE LABORATORIO																															
RECUPERACION %		Nº DE MUESTRA		TIPO DE MUESTRA		TOMAMUESTRAS		GOLPES / 30 cm.		CORTE DEL TERRENO		FECHA		COORDENADAS		X =		Y =		Z =		% DE FINOS		LÍMITE LÍQUIDO		ÍNDICE DE PLASTICIDAD		% HUMEDAD		ENSAYO VANE (kg/cm ²)		DENSIDAD SECA		OTROS ENSAYOS							
COTA										DESCRIPCION																															
10,0										ALUVIAL: ARENA GRIS CON ALGO DE LIMO E INDICIOS DE MATERIA ORGÁNICA. FLOJA.																															
11,0										El tamaño de la arena disminuye en profundidad y la cantidad de limo, pero nunca superando el 20% del porcentaje en peso.																															
12,0										3																															
13,0										80																															
14,0										100																															
15,0										90																															
16,0										5																															
17,0										100																															
18,0																																									
19,0																																									
20,0																																									

OBSERVACIONES:

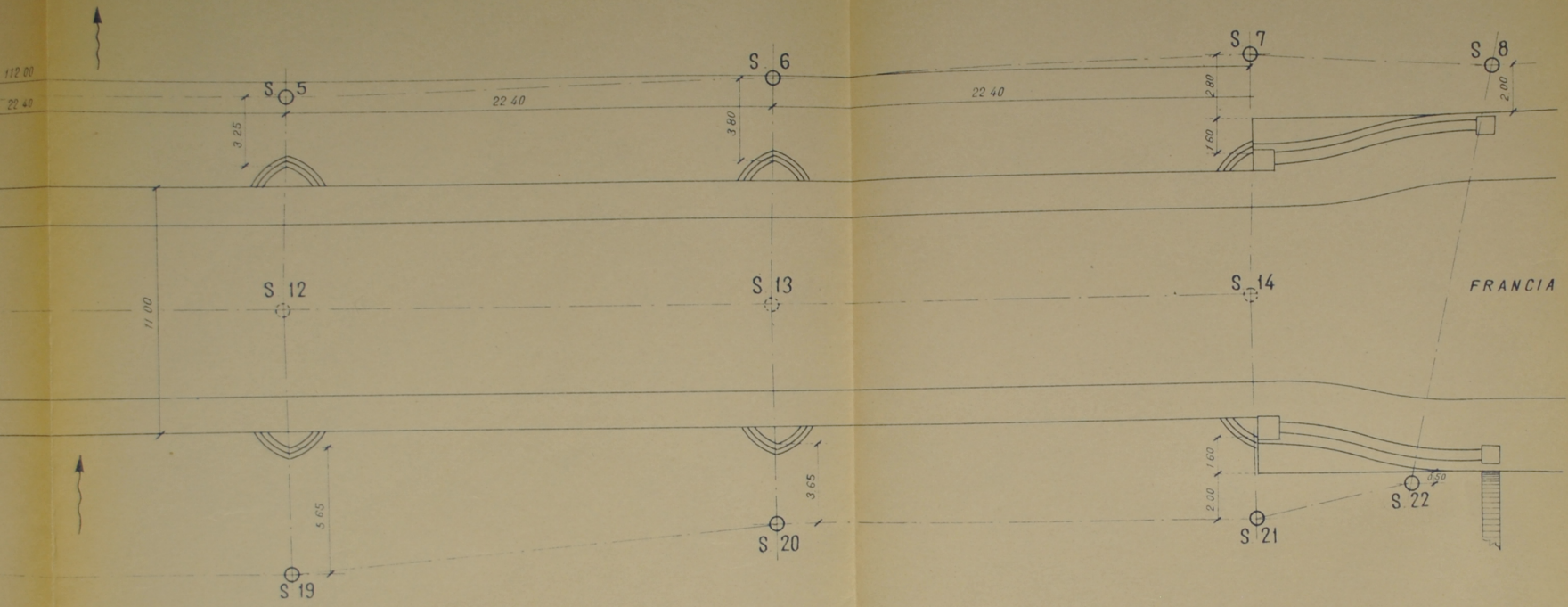
SONDEO S-3

ENSAYOS DE LABORATORIO	
% DE FINOS	
LIMITE LIQUIDO	
INDICE DE PLASTICID.	
% HUMEDAD	
ENSAYO VANE (Kg/cm ²)	0,37 0,34 0,25 0,25 0,35 0,30 0,22 0,3 0,40 0,45 0,40 0,65
DENSIDAD SECA	
OTROS ENSAYOS	

RECUPERACION %	Nº DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	TOMAMUESTRAS	GOLPES / 30 cm.	CORTE DEL TERRENO	COTA	DESCRIPCION
						20.0	ALUVIAL: LIMO GRIS OSCURO CON INDICIOS A ALGO DE ARENA E INDICIOS DE MATERIA ORGÁNICA. MODERADAMENTE FIRME.
						21.0	Ensayo Penetrómetro de bolsillo: $P=1,0\text{kg/cm}^2$.
						21.5	Ensayo Penetrómetro de bolsillo: $P=1,0\text{kg/cm}^2$.
						22.0	Aparecen muy ocasionales gravas centimétricas y rodadas.
						23.0	A partir de 21,50 metros, la arena pasa a algo.
						24.0	Ensayo Penetrómetro de bolsillo: $P=0,75\text{kg/cm}^2$.
						25.0	Ensayo Penetrómetro de bolsillo: $P=0,75\text{kg/cm}^2$.
						26.0	Ensayo Penetrómetro de bolsillo: $P=1,0\text{kg/cm}^2$.
						26.2	Ensayo Penetrómetro de bolsillo: $P=1,0\text{kg/cm}^2$.
						26.4	Ensayo Penetrómetro de bolsillo: $P=0,5\text{kg/cm}^2$.
						27.0	Ensayo Penetrómetro de bolsillo: $P=0,75\text{kg/cm}^2$.
						28.0	Ensayo Penetrómetro de bolsillo: $P=1,5\text{kg/cm}^2$.
						28.4	Ensayo Penetrómetro de bolsillo: $P=1,25\text{kg/cm}^2$.
						29.0	Ensayo Penetrómetro de bolsillo: $P=1,25\text{kg/cm}^2$.
						30.0	A 25,80 metros pasa a firme.
						30.0	Ensayo Penetrómetro de bolsillo: $P=1,75\text{kg/cm}^2$.
						30.0	ALUVIAL: GRAVA GRIS CON BASTANTE ARENA E INDICIOS A ALGO DE LIMO. DENSA.
						30.0	La grava es milimétrica y centimétrica y rodada.
						30.0	El tamaño medio de grano es de 2-4cm.
						30.0	El tamaño máximo de grano es de 6cm.
						30.0	ROCA: ALTERNANCIA DE CALIZAS ARCILLOSAS, CALIZAS ARENOSAS Y ARGILITAS MARRÓN VERDOSAS Y GRISES. GRADO III-IV.
						30.0	A 28,70 metros pasa a Grado II y color gris.
						30.0	Edad probable: Cretácico superior (Campaniense-Maastrichtiense).
						30.0	Índice de fracturación: $F=16-4-4-16-4-4$
						30.0	$E=15^\circ$; $J_c=80^\circ$
						30.0	R.Q.D.=25%
						30.0	Los estratos son de espesor centimétrico a decimétrico.
						30.0	$E=10^\circ$; $J_c=75^\circ$; $J_b=80^\circ$; $E=15^\circ$; $E=10^\circ$; $J_c=75^\circ$.
						30.0	Aparecen ocasionales pátinas de oxidación entre las discontinuidades.
						30.0	- FIN DE SONDEO A 30.00 METROS EN ROCA. GRADO II.

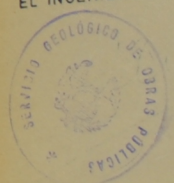
OBSERVACIONES:

APENDICE 1F. SONDEOS CAMPAÑA 1963



MADRID, 31 DE EN
EL INGENIERO E

EXAMINADO:
EL INGENIERO DIRECTOR



SONDEO N° 1

PERFIL AGUAS ABAJO
Estribo español izquierdo

Mes	Día	AVANCE		Descenso del agua durante la noche en el interior del taladro	Longitud de testigo ex- trado	SECCION VERTICAL DEL TERRENO POR EL EJE DEL TALADRO Representación gráfica	NATURALEZA DEL TERRENO	Espesor de las diversas capas de terreno atravesado MTS	OBSERVACIONES
		En el día	Total						
			0.00						
N o v i e m b r e	17	5.55			1.10		Gravas y arena	7.40	
			5.55						
	18	3.05			0.65	7.40			
			8.60						
	20	3.50			0.55	10.00	Arenas limosas pardas	4.80	
			12.10						
	21	2.45			2.30	13.40	Arcillas ocre con gravas	1.20	
			14.55						
	22	2.15			1.20	15.90	Arcillas ocre	2.50	
			16.70						
	23	2.70			1.30	16.80	Marga caliza gris	0.90	
			19.40			19.40	Caliza gris	2.60	

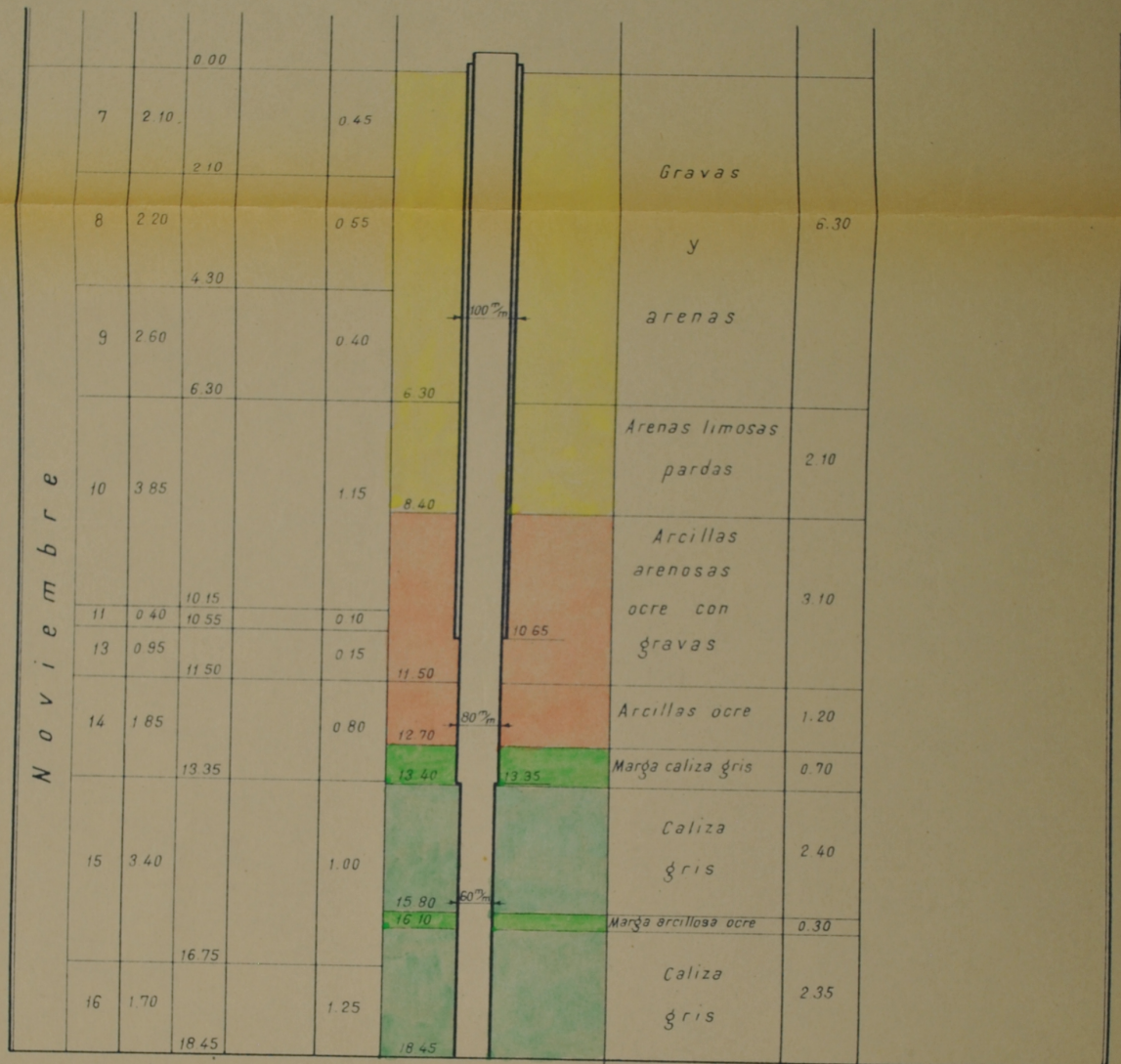
SONDEO N° 2

Estribo español izquierdo

			19 40			19 40			caliza gris	2 60	
--	--	--	-------	--	--	-------	--	--	-------------	------	--

SONDEO N° 2

Estribo español izquierdo



SONDEO N° 3

1ª Pila



SONDEO N° 4

2ª Pila

29	1	10 25	1 15	60%	Caliza gris sana	2 05
30	1 00	11 25	0 60	11 25		

SONDEO N° 4

2ª Pila

Diciembre		0.00					
	1	1.70	0.50				
		1.70					
	2	2.80	0.70				
		4.50		4.50	4.50	Gravas y arenas	4.50
				5.50		Arenas limosas ocre	1.00
	4	4.25		7.10	80%	Limos fangosos pardos	1.60
		8.75		8.40		Arcillas arenosas ocre	1.30
	5	1.10	1.10	9.80	9.85	Arcillas ocre	1.40
		9.85		10.00		Caliza fisurada gris	0.20
	6	0.70					
		10.55					
	7	1.30	0.50		60%	Caliza gris sana	1.85
		11.85		11.85			

SONDEO N° 5

3ª Pila

Diciembre		0.00					
	11	3.70	0.70				
		3.70		3.70	100%	Gravas y arenas	3.70
	12	2.95	1.40			Arenas limosas ocre	2.80
		6.65		6.50	6.60		
	13	1.55	0.75	8.10	80%	Arcillas ocre con gravas	1.60
		8.15		8.50	8.45	Marca caliza gris	0.40
	14	1.60	0.90	9.30		Caliza gris fisurada	0.80
		9.75			60%		
	15	1.50	0.90			Caliza gris sana	1.95
		11.25		11.25			

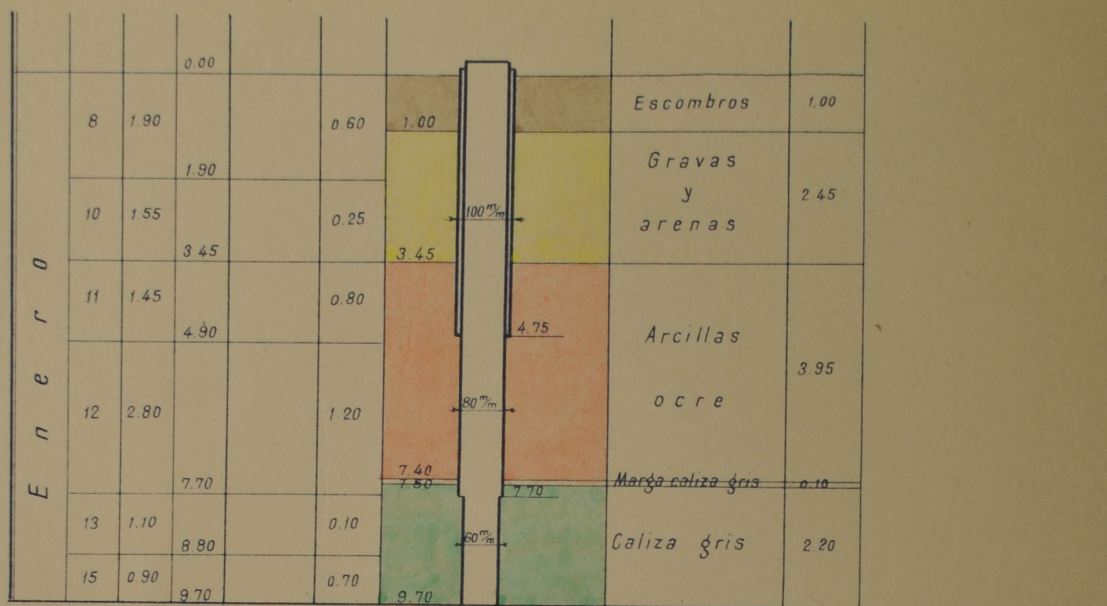
SONDEO N° 6

4ª Pila

Diciembre		0.00					
	16	3.65	1.70				
		3.65		2.20	100%	Gravas y arenas	2.20
	18	1.85			3.80	Arenas limosas ocre	3.10
		5.50		5.30	5.30	Marca caliza gris	0.20
	19	2.10	1.50		60%	Caliza gris	2.10
		7.60		7.60			

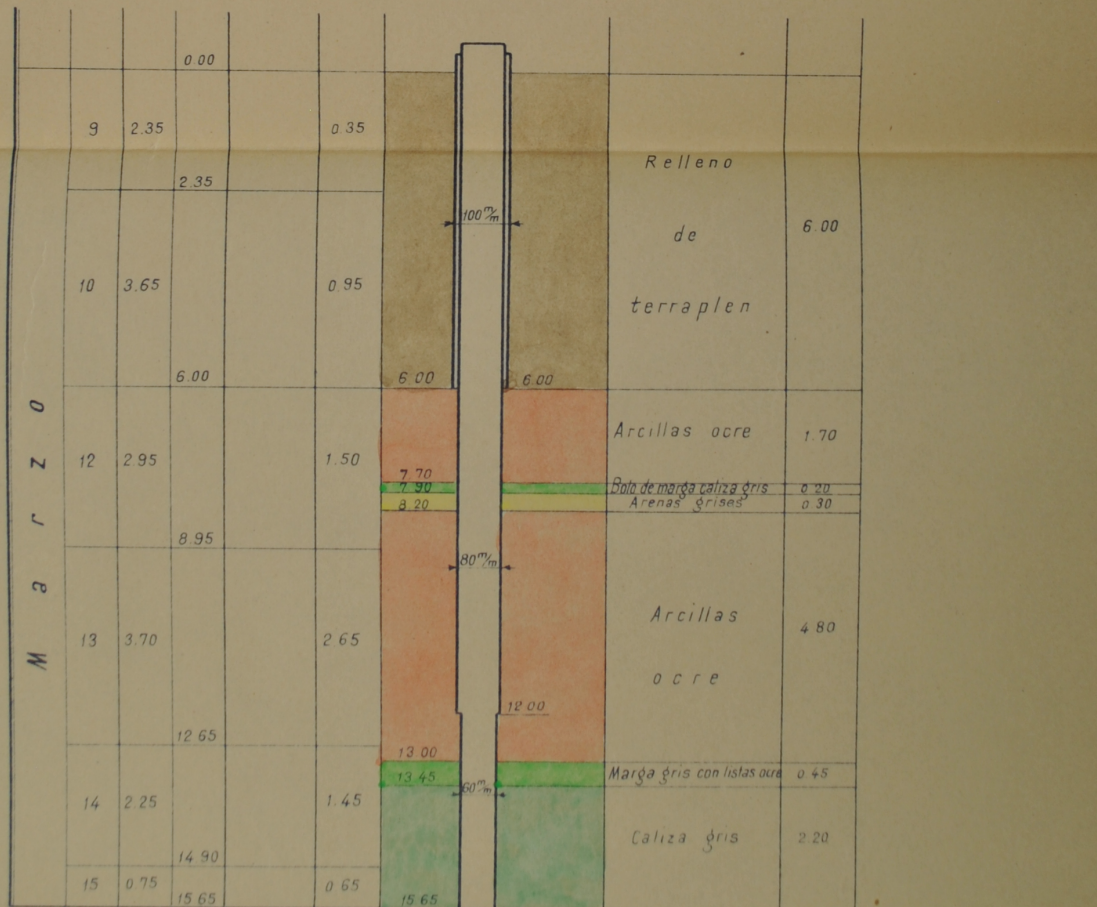
SONDEO N.º 7

Estribo francés derecho



SONDEO N.º 8

Estribo francés derecho



SONDEO N.º 9

PERFIL POR EL EJE DEL PUENTE
Eje estribo español