

---

**Anejo n.º 4. Geología y geotecnia.**



**HOJA DE CONTROL.**

<b>Proyecto</b>	<b>PROYECTO DE REHABILITACIÓN Y REFUERZO DE TÚNELES DE IRAETA Y ARROA DEL FERROCARRIL DEL UROLA</b>			<b>Nº Proyecto:</b>
<b>Documento</b>	<b>Anejo n.º 4. Geología y geotecnia.</b>			<b>22044</b>
<b>Versión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Fichero</b>	22044_AN04_geologia y geotecnia_01_v00	
<b>Versión 0</b>	<b>30/06/2023</b>	<b>Descripción</b>	Geología y geotecnia.	
			<i>Preparado</i>	<i>Revisado</i>
		<b>Nombre</b>	Egoitz Larrondo Dr. C.C. Geológicas Team Ingeniería	Gorka Uribe-Etxebarria. Dr. C.C. Geológicas Team Ingeniería
				Luisa Uriel Ing. Caminos Canales Puerto Team Ingeniería



Índice.

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
1.1. OBJETIVO Y ALCANCE .....	7
1.2. INFORMACIÓN UTILIZADA .....	7
1.3. METODOLOGÍA Y TRABAJOS REALIZADOS.....	7
<b>2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....</b>	<b>7</b>
<b>3. MARCO GEOLÓGICO.....</b>	<b>7</b>
3.1. ESTRATIGRAFIA Y LITOLOGÍA .....	7
3.2. TECTÓNICA .....	8
3.3. GEOMORFOLOGÍA.....	8
3.1. HIDROGEOLOGIA .....	8
3.2. SISMICIDAD.....	8
<b>5. RIESGOS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>10</b>
5.1. RIESGO DE DESLIZAMIENTOS Y DESPRENDIMIENTOS .....	10
5.2. RIESGO DE HUNDIMIENTOS Y SUBSIDENCIAS.....	10
<b>7. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DEL TRAZADO .....</b>	<b>11</b>
7.1. TÚNEL DE IRAETA .....	11
7.2. TÚNEL DE ARROA .....	14
<b>8. CAMPAÑA DE INVESTIGACIÓN GEOTECNICA.....</b>	<b>17</b>
8.1. SONDEOS MECÁNICOS .....	17
8.2. ENSAYOS DE CAMPO (ENsayos de PERMEABILIDAD) .....	18
8.3. ESTACIONES GEOMEcÁNICAS .....	18
8.4. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	18
8.5. CAMPAÑA GEOFISICA .....	19
8.6. INVENTARIO ESTADO DE LOS TÚNELES .....	20
<b>9. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>26</b>
9.1. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE SUELOS Y RELLENOS .....	26
9.2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA MATRIZ ROCOSA .....	26
9.3. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO .....	27
9.4. CARACTERIZACIÓN DISCONTINUIDADES .....	28
9.5. RESISTENCIA UNITARIA PARA CÁLCULO DE MICROPILOTES .....	28
9.6. AGRESIVIDAD DEL AGUA.....	28
<b>10. GEOTECNIA DE LAS OBRAS DE TIERRA.....</b>	<b>30</b>
10.1. INTRODUCCIÓN.....	30
10.2. BOCA ENTRADA IRAETA .....	30
10.3. BOCA SALIDA IRAETA .....	31
10.1. BOCA ENTRADA ARROA .....	31
10.2. BOCA SALIDA ARROA .....	32

**Figuras.**

Figura nº1. Mapa geológico del EVE 1:25.000 (Hoja 63-II Zumaia)

Figura nº2. Localización campaña geotécnica (1:1500).

Figura nº3. Perfil longitudinal escala 1:400 túnel de Iraeta.

Figura nº4. Perfil longitudinal escala 1:200 (V) 1:1000 (H) túnel de Arroa.

Figura nº5. Perfiles trasversales escala 1:300 emboquilles túnel de Iraeta.

Figura nº6. Perfiles trasversales escala 1:300 emboquilles túnel de Arroa.

**Apéndices.**

Apéndice nº1. Sondeos de reconocimiento.

Apéndice nº2. Ensayos de campo (permeabilidad).

Apéndice nº3. Estaciones geomecánicas.

Apéndice nº4. Ensayos de laboratorio.

Apéndice nº5. Campaña geofísica

## 1. INTRODUCCIÓN.

### 1.1. OBJETIVO Y ALCANCE.

El objetivo del presente Anejo es la caracterización geológico-geotécnica de los materiales que serán afectados durante los trabajos de rehabilitación y refuerzo de los túneles de Iraeta y Arroa del ferrocarril del Urola.

Se abordan los aspectos relacionados con la litología, disposición estructural, aspectos geomorfológicos generales y con incidencia en la traza, comportamiento hidrogeológico, riesgos geológicos, etc.

Se determinan los parámetros geotécnicos necesarios para el cálculo de las estructuras, rehabilitación de túneles, etc.

### 1.2. INFORMACIÓN UTILIZADA.

La información consultada para la redacción del Anejo geotécnico incluye:

- Proyecto de la Variante de Iraeta y ensanche y mejora de la carretera comarcal 6717 desde el PK43 (cantera de Cestoa) hasta el PK 39,6 (enlace de Zumaia de la Autopista A8). Diputación Foral de Gipuzkoa. Dirección de Carreteras. 1988.
- Extracto estudio informativo de la reapertura del ferrocarril del Urola en el tramo: Azpeitia-Zumaia. ETS (Consultor Fulcrum). 2009
- Proyecto de Construcción. Refuerzo y consolidación del túnel de Iraeta en la línea del ferrocarril del Urola en el tramo Azpeitia-Zumaia-Zestoa. Clave 3-BI-35/2015. Diputación Foral de Gipuzkoa. Departamento de Movilidad e infraestructuras verdes. 2015.
- Proyecto de Construcción. Apertura de la boca sur del túnel de Arroa en la línea del ferrocarril del Urola en el tramo Azpeitia-Zumaia-Zestoa. Clave 3-BI-35/2015-B. Diputación Foral de Gipuzkoa. Departamento de Movilidad e infraestructuras verdes. 2015.

### 1.3. METODOLOGÍA Y TRABAJOS REALIZADOS.

Se expone la metodología seguida para la elaboración del estudio conducente al establecimiento del modelo geológico-geotécnico conceptual.

La metodología y trabajos realizados han sido:

1. Revisión de la información previa disponible (apartado 1.2).
2. Establecimiento del marco geológico: estratigrafía, tectónica, geomorfología, sismicidad e hidrogeología.
3. Establecimiento del margen geotécnico: evaluación de riesgos, tramificación geotécnica, etc.
4. Trabajos de campo: Campaña de exploración geotécnica e inventario del estado de los túneles.
5. Análisis de resultados: Caracterización de niveles geotécnicos para el dimensionamiento de las soluciones constructivas y de rehabilitación.

## 2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA.

Los túneles de Arroa e Iraeta pertenecientes a la traza del ferrocarril del Urola entre Azpeitia y Zumaia se encuentran en el término municipal de Zestoa, provincia de Gipuzkoa.

## 3. MARCO GEOLÓGICO.

La información de consulta pertenece a la hoja 63-II Zumaia del Mapa Geológico de País Vasco. 1:25.000 EVE.

### 3.1. ESTRATIGRAFIA Y LITOLOGÍA.

En el tramo afloran materiales sedimentarios de edad Cretácico Inferior (Aptiense Sup. Albiense Medio). Son margas y limolitas calcáreas negras, denominadas como "Margas de Itziar" (Unidad de Oiz).

Estas rocas aparecen generalmente con aspecto masivo, aunque en los emboquillos de los túneles se identifica claramente la estratificación. Es frecuente la existencia de pirita diseminada en su interior, así como la presencia de nódulos subredondeados de tamaño decimétrico a métrico. Estos nódulos presentan una disyunción característica en "capas de cebolla".

A partir de la boca de salida del túnel de Arroa, se cartografiaron lutitas calcáreas negras con intercalaciones de areniscas pertenecientes a la Formación Deba de edad cretácica (Albiense Sup. Cenomaniense inf.).

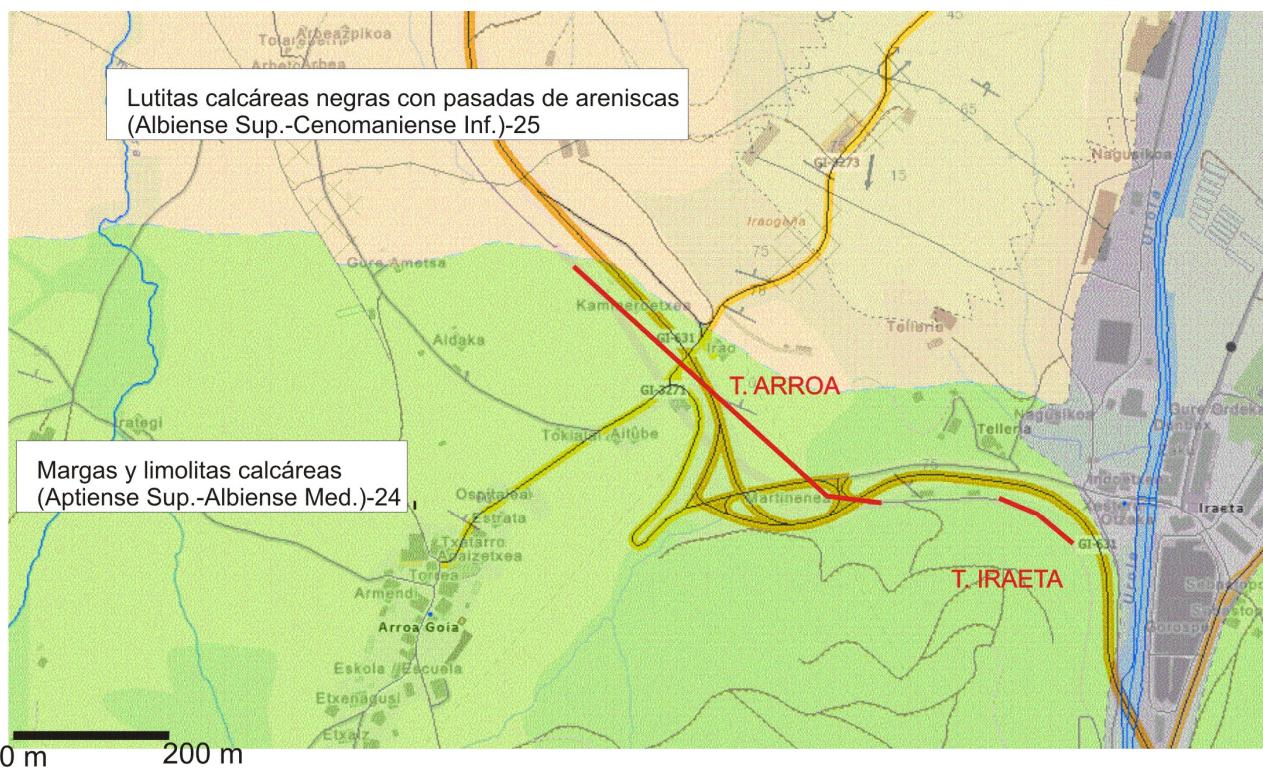


Figura. 1. Planta geológica general

### 3.2. TECTÓNICA.

La cartografía geológica no indica la presencia de fallas o pliegues de entidad en el tramo de estudio.

De manera general, los estratos buzan en dirección sur.

### 3.3. GEOMORFOLOGÍA.

Los materiales sedimentarios forman relieves suaves que se salvaron con la ejecución de los túneles de Iraeta y Arroa.

El túnel de Iraeta presenta una montera muy reducida, del orden de 10-12 m. En el túnel de Arroa las monteras son superiores, del orden de 20-25 m.

### 3.1. HIDROGEOLOGÍA.

Los túneles de Iraeta y Arroa no atraviesan ningún cauce de entidad.

Únicamente indicar la presencia de un arroyo tributario del río Urola que atraviesa el trazado entre ambos túneles.

### 3.2. SISMICIDAD.

El análisis de las acciones sísmicas a tener en cuenta dentro del área de estudio se lleva a cabo de acuerdo con las consideraciones indicadas en la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), de aplicación para todo el territorio nacional.

Esta norma define una zonificación del territorio nacional según el grado de peligrosidad sísmica, expresado en relación al valor de la gravedad, g, la aceleración sísmica básica, ab, (valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno) y el coeficiente de contribución K, que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

En la Figura siguiente se muestra la zonificación según la peligrosidad sísmica.

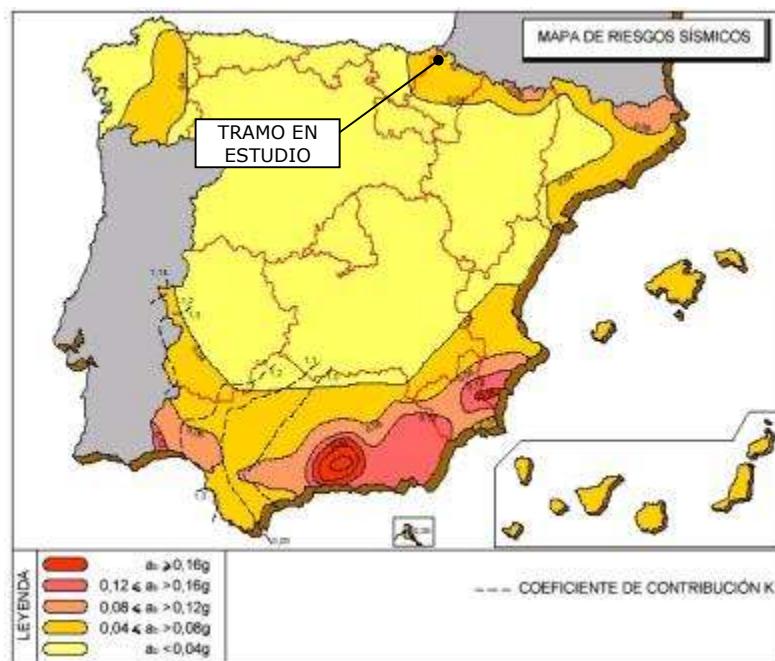


Figura. 2. Mapa de sismicidad (NCSE-02)

Según este mapa se pueden considerar tres sectores claramente diferenciados:

- Sector de Peligrosidad Sísmica Baja: Se trata de la zona de la Península Ibérica con un valor de la aceleración básica menor de 0,04 veces el valor de la gravedad, ( $ab < 0,04g$ ).
- Sector de Peligrosidad Sísmica Media: Se corresponde con el área donde son previsibles sismos con aceleraciones básicas iguales o superiores a 0,04g e inferiores a 0,12g.
- Sector de Peligrosidad Sísmica Alta: Se trata de aquellas zonas en las que se prevé un valor de la aceleración básica igual o superior a 0,12 veces la gravedad.

A los municipios de Iraeta y Arroa se les asignan en la citada Norma valores de aceleración sísmica de 0,04.

En cuanto a la aplicación de la citada Norma, se definen una serie de categorías de construcciones, en función del uso al que se destinan, de los daños que se puedan ocasionar por su destrucción e independientemente del tipo de obra de que se trate:

- Construcciones de Importancia Moderada: Aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos significativos a terceros.
- Construcciones de Importancia Normal: Aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.
- Construcciones de Importancia Especial: Aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos. En este grupo se incluyen las construcciones que así se consideren en el planeamiento urbanístico y documentos públicos análogos así como en reglamentaciones más específicas. Se incluyen en esta categoría aquellas obras cuyo servicio es necesario para prestar auxilio después de un terremoto, incluyéndose en estas, vías de acceso principales a las grandes núcleos urbanos.

En el caso que nos ocupa, los túneles de Iraeta y Arroa se clasifican como construcciones de importancia moderada.

Siguiendo los criterios de aplicación establecidos por la propia NCSE-02, la aplicación de esta norma no es obligatoria para construcciones de importancia moderada como la aquí contemplada.

## 5. RIESGOS GEOLÓGICOS.

Los procesos geodinámicos que afectan a la superficie terrestre dan lugar a movimientos del terreno de diferente magnitud y características, que pueden constituir riesgos geológicos al afectar, de forma directa o indirecta, a las infraestructuras proyectadas en tanto en cuanto que estas interaccionan con el terreno circundante.

Se describen a continuación las diferentes tipologías de los riesgos geológicos potenciales considerados en el entorno del tramo objeto de estudio, así como la peligrosidad existente para la ocurrencia de estos procesos.

### 5.1. RIESGO DE DESLIZAMIENTOS Y DESPRENDIMIENTOS.

Dentro de este tipo de riesgo geológico se incluyen los movimientos de ladera asociados a inestabilidades gravitacionales, motivados por cambios en la estructura hidrogeológica, por procesos de degradación y alteración superficial o por modificaciones artificiales de las geometrías estables de ladera.

De acuerdo con esto se considera para este riesgo una peligrosidad media en los emboquillos de entrada y salida de ambos túneles, por la presencia de rellenos en los falsos túneles y por suelos de alteración de espesor métrico.

### 5.2. RIESGO DE HUNDIMIENTOS Y SUBSIDENCIAS.

Dentro de este riesgo se encuadran los fenómenos de colapso de la sección de excavación.

De acuerdo con esto se considera para este riesgo una peligrosidad media-alta en el entronque entre el falso túnel y el túnel en mina de la boca de entrada de Arroa.

También existe riesgo de hundimiento de la clave durante las labores de consolidación de la sección de excavación. Este hundimiento podría llegar a afectar a la superficie del terreno es los tramos de cobertura reducida.

## 7. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DEL TRAZADO.

### 7.1. TÚNEL DE IRAETA

#### 7.1.1. Boca de entrada

El emboquille de entrada se encuentra excavado en trinchera. En los taludes afloran limolitas calcáreas negras; el tramo superior de los taludes son suelos coluviales y/o eluviales de espesor reducido (1-2 m).

La estructura del emboquille presenta buen estado. Tan solo una pequeña fisura entre 2 sillares en lado izquierdo.



*Figura. 3. Boca sur Iraeta (entrada)*

7.1.3. Túnel en mina

De manera general, la mampostería se encuentra en mal estado en lado izquierdo; en el lado derecho se ha realizado un gunitado de refuerzo con anclajes φ 40 mm.

Indicar la existencia de un desprendimiento de la clave aproximadamente a 30-40 m de distancia de boca de entrada con material meteorizado procedente de la zona de clave.

La montera sobre clave es reducida (inferior a 5-10 m) por lo que existe riesgo de hundimiento del terreno superior.



*Figura. 4. Desprendimiento túnel en mina (Iraeta)*

7.1.4. Boca de salida

La boca de salida presenta un muro de mampostería en lado derecho en buen estado; en lado izquierdo aflora el sustrato rocoso (limolitas calcáreas negras).

Existe un desprendimiento a 5 m de la boca, coincidiendo con el inicio del túnel en mina de la boca de salida.

Por el lado derecho de la traza discurre la carretera, aproximadamente a 15 m de distancia en planta. El talud de la carretera está excavado en roca; bulones para la contención de cuñas.

Posible afección a la carretera durante los trabajos de demolición del falso túnel.



Figura. 5. Desprendimiento y falso túnel boca salida (Iraeta)



Figura. 6. Talud rocoso carretera lado derecho

## 7.2. TÚNEL DE ARROA

### 7.2.1. Falso túnel entrada

Falso túnel ejecutado para permitir el tránsito por la carretera GI-631 superior.

El falso túnel son dovelas de hormigón. Al final del falso túnel, material acopiado coincidiendo con el emboquille de entrada del túnel en mina y el hundimiento detectado en superficie.

El tubo de abastecimiento de Añarbe discurre por hastial izquierdo del falso túnel.



Figura. 7. Falso túnel entrada (Arroa)



Figura. 8. Relleno y hundimiento final falso túnel (Arroa)

7.2.2. Comienzo túnel en mina

En superficie se ha detectado un hundimiento del terreno. Según la información obtenida a partir de fotos históricas, ese punto coincide con el inicio del túnel en mina.



Figura. 9. Inicio túnel en mina. 1956 (punto azul)



Figura. 10. Hundimiento en superficie. (Arroa)

7.2.3. Boca de salida

El estudio de fotos históricas indica que el falso túnel de salida presenta una longitud aproximada de 43-45 m.



Figura. 11. Falso túnel. 1954 (Arroa)

El estado de conservación del falso túnel es muy deficiente. Su seguridad estructural está comprometida. Por la margen izquierda (PK creciente) discurre el terraplén de la carretera GI-631.

Possible afección al pie del terraplén de la carretera durante las labores de demolición del falso túnel.



Figura. 12. Boca salida falso túnel. 2021 (Arroa)

## 8. CAMPAÑA DE INVESTIGACIÓN GEOTECNICA.

El siguiente apartado enumera los trabajos de investigación geotécnica realizados para la redacción del presente proyecto.

La campaña geotécnica incluye la ejecución de los siguientes trabajos:

- 2 sondeos mecánicos con recuperación continua de testigo: ensayos de campo y laboratorio.
- 3 estaciones geomecánicos con toma de datos estructurales en afloramientos rocosos
- Campaña geofísica compuesta por 6 perfiles de tomografía eléctrica.
- Inspección del estado de conservación e identificación de patologías en el interior de los túneles de Iraeta y Arroa.

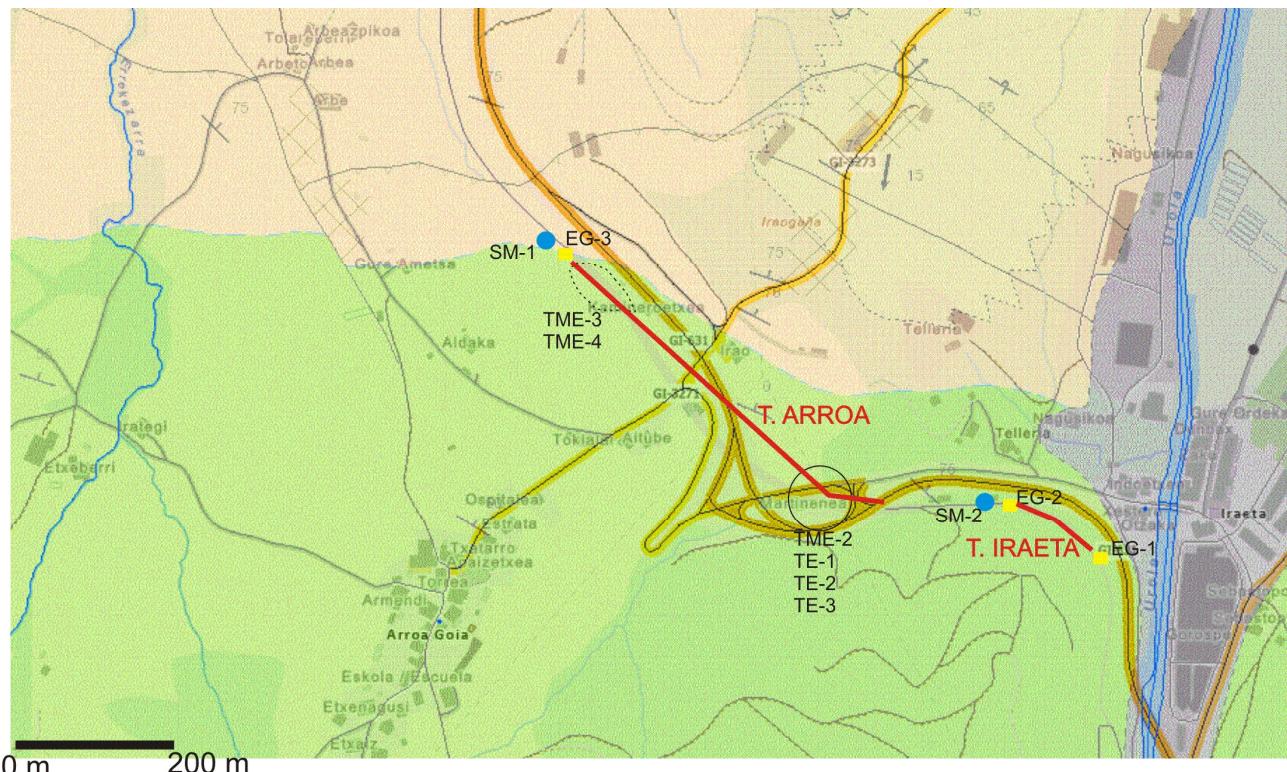


Figura. 13. Campaña geotécnica.

### 8.1. SONDEOS MECÁNICOS.

Se han realizado 2 sondeos mecánicos con recuperación continua de testigo en las bocas de salida de los túneles de Iraeta y Arroa.

El objeto de los sondeos es determinar las condiciones geotécnicas del terreno para poder dimensionar las estructuras de contención proyectadas (Apéndice nº1).

Sondeo	Coordinada X	Coordinada Y	Z	Longitud (m)/inclinación	Testigos parafinados (TP)/Muestras de agua (W)	Ensayos permeabilidad Lugeon
S-1 Arroa	559111	4789893	58 m.s.m.	10 m/vertical	5 TP	1 (prof. 5,10-10,10 m)
S-2 Iraeta	559741	4789396	47 m.s.m.	10,70 m/vertical	5 TP/ 1(W)	1 (prof. 5,70-10,70 m)

Tabla 1. Características sondeos.

## 8.2. ENSAYOS DE CAMPO (ENsayos de permeabilidad).

El ensayo Lugeon se utiliza para cuantificar la permeabilidad en macizos rocosos. El ensayo consiste en introducir agua a presión constante (hasta 10 kp/cm<sup>2</sup>) en el sondeo, midiendo las admisiones durante un periodo de 10 minutos.

La unidad de medida del ensayo es la unidad Lugeon que corresponde a una absorción de agua de un litro por metro de sondeo y por minuto, realizando el ensayo a 10 atmósferas de presión durante 10 minutos.

Se han realizado 2 ensayos de permeabilidad Lugeon. Ambos ensayos muestran resultados similares (Apéndice nº2).

Sondeo	Profundidad sup. (m)	Profundidad inf. (m)	Litología	RQD (%)	Permeabilidad (m/s)
S-1 Arroa	5,10	10,10	Limolitas calcáreas	100%	7,72*10 <sup>-6</sup> m/s
S-2 Iraeta	5,70	10,70	Lutitas negras	100%	3,85*10 <sup>-6</sup> m/s

Tabla 2. Resultados ensayos de permeabilidad Lugeon.

## 8.3. ESTACIONES GEOMECÁNICAS.

Para el análisis de estabilidad de las zonas de emboquille se han realizado un total de 3 estaciones geomecánicas (Apéndice nº3).

EG	Coordinada X	Coordinada y	E0	J1	J2	J3	RMRb	GSI
EG-1 Entrada Iraeta	559913	4789269	40/150	80/090	20/330	50/260	50	45
EG-2 Salida Iraeta	559741	4789396	50/180	80/090	80/270	-	50	45
EG-3 Salida Arroa	559219	4789699	30/130	70/350	80/310	-	43	30

Tabla 3. Estaciones geomecánicas (EG)

## 8.4. ENSAYOS DE LABORATORIO.

Se muestran los resultados de los ensayos de laboratorio realizados (Apéndice nº4).

Sondeo	TP	Profundidad sup. (m)	Profundidad inf. (m)	Litología	Compresión simple (MPa)	Módulo elasticidad (E) (MPa)	Poisson
S-1 Arroa	TP-1	1,50	2,00	lutitas calcáreas negras	23,4	2118,61	0,27
	TP-2	3,70	4,30	lutitas calcáreas negras	26,8	3038,05	0,33
	TP-3	6,00	6,25	lutitas calcáreas negras	22,0	2143,55	0,13
	TP-4	8,30	8,70	lutitas calcáreas negras	28,6	2596,63	0,06
	TP-5	9,70	10,10	lutitas calcáreas negras	15,4	2956,46	0,06
S-2 Iraeta	TP-1	1,40	1,65	Limolitas calcáreas	30,4	3824,83	0,20
	TP-2	3,40	3,65	Limolitas calcáreas	46,1	4822,36	0,18
	TP-3	5,65	6,00	Limolitas calcáreas	35,6	3735,57	0,10
	TP-4	7,75	8,00	Limolitas calcáreas	36,6	4259,15	0,13
	TP-5	10,20	10,75	Limolitas calcáreas	32,9	4653,47	0,11

Tabla 4. Resultados laboratorio, roca.

Sondeo	W	Profundidad NF	PH	CO <sub>2</sub> mg/l	NH <sub>4</sub> mg/l	Mg mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	Residuo seco mg/l
S-2 Iraeta	W-1	9,40	7,11	3	0	9	575	598

Tabla 5. Resultados laboratorio, Agua.

## 8.5. CAMPAÑA GEOFÍSICA

Las prospecciones geofísicas han consistido en perfiles de tomografía eléctrica (Apéndice nº5).

Los perfiles de tomografía eléctrica del presente contrato se han realizado en el tramo de hundimiento en la conexión entre el falso túnel y túnel en mina de Arroa (boca entrada).

Tomografía eléctrica	Localización	Longitud (m)	Disposición
TE-1	Hundimiento (FT-inicio túnel en mina Arroa)	82 m	Longitudinal FT Perpendicular túnel en mina
TE-2	Hundimiento (FT-inicio túnel en mina Arroa)	80 m	Longitudinal FT Perpendicular túnel en mina
TE-3	Hundimiento (FT-inicio túnel en mina Arroa)	60 m	Oblicuo FT

Tabla 6. Tomografías eléctricas dentro del presente contrato

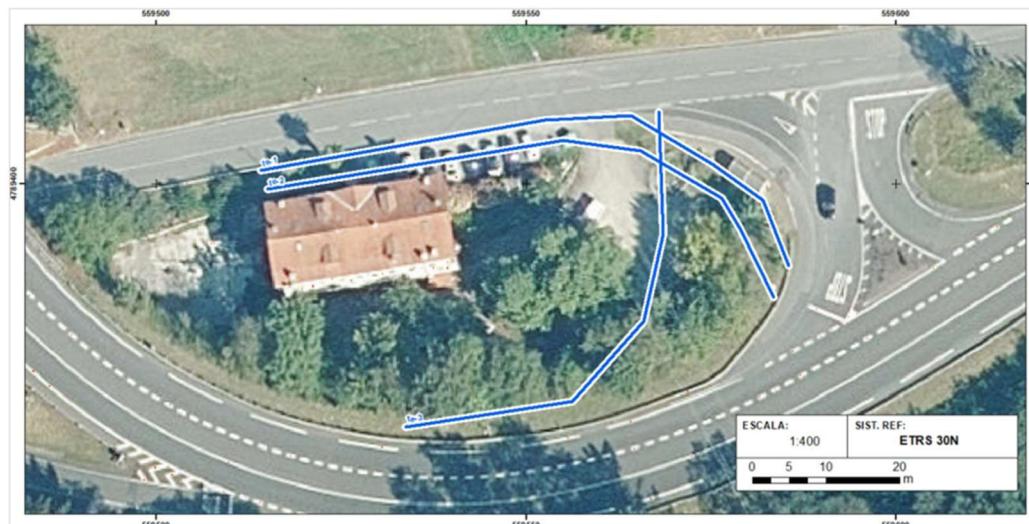


Figura. 14. Localización tomografías eléctricas (presente contrato).

Adicionalmente se dispone de 3 perfiles de tomografía eléctrica realizados para el estudio informativo de la reapertura del ferrocarril del Urola en el tramo: Azpeitia-Zumaia. ETS (Consultor Fulcrum). 2009

Tomografía eléctrica	Localización	Longitud (m)	Disposición
TME-2	Hundimiento (FT-inicio túnel en mina Arroa)	100 m	Perpendicular túnel en mina
TME-3	FT boca salida Arroa	60 m	Oblicuo FT
TME-4	FT boca salida Arroa	60 m	Oblicuo FT

Tabla 7. Tomografías eléctricas estudio informativo

## 8.6. INVENTARIO ESTADO DE LOS TÚNELES

### 8.6.1. Túnel de Iraeta.

El inventario del estado del túnel de Iraeta se realizó el 10/03/2023.

La longitud del tramo inventariado ha sido de 50 m, desde la boca de entrada (PK 9+516) hasta el derrumbe del fondo.

El túnel presenta un revestimiento con bloques de mampostería, en hastiales, hombros y clave.

En el hastial izquierdo y clave, la mampostería se encuentra vista. El estado de conservación de la mampostería es deficiente, ya que el cemento entre mampuestos se encuentra lavado.

En el hastial derecho existe una capa de hormigón proyectado por encima de la mampostería. A partir del PK 9+550 la mampostería del lado izquierdo no existe y la capa de hormigón proyectado se encuentra directamente sobre el sustrato rocoso. El hormigón proyectado se ha reforzado con bulones ø 32 mm espaciados 2 m y longitud desconocida.

De manera general, el túnel se encuentra seco, únicamente se ha detectado pequeñas humedades y goteos procedentes de clave en el tramo final.

La patología más importante detectada es la existencia de una chimenea en clave de 2-4 m<sup>2</sup> de superficie en el PK 9+526.

A partir del PK 9+558 el túnel se encuentra derrumbado. El material identificado son bloques rocosos y suelos, por lo que probablemente el derrumbe alcance el terreno. En el hastial izquierdo se han reconocido bloques de hormigón por lo que se deduce que el tramo derrumbado corresponde al final del túnel en mina y comienzo del falso túnel de salida.



Figura. 15. Chimenea en clave (PK 9+526) y lavado de mampostería.



*Figura. 16. HMP+bulones sobre mampostería, hastial derecho.*



*Figura. 17. Desprendimiento fondo túnel.*

#### 8.6.2. Túnel de Arroa.

El inventario del estado del túnel de Iraeta se realizó el 14/04/2023.

La longitud del tramo inventariado presencialmente ha sido aproximadamente de 120 m, desde la boca de entrada (PK 9+759) hasta el derrumbe en el entroque del falso túnel con el inicio del túnel en mina (PK 9+843).

En la boca de salida el inventario presencial ha correspondido a la longitud del falso túnel hasta el derrumbe en el entronque entre el final del túnel en mina y el comienzo del falso túnel de salida.

El interior del túnel en mina se ha inspeccionado con vuelo de dron.

El falso túnel de inicio presenta un buen estado de conservación. Se trata de una estructura prefabricada de hormigón. No existen patologías de entidad que requieran su consolidación.



Figura. 18. Aspecto falso túnel entrada.



Figura. 19. Desprendimiento final falso túnel-comienzo túnel en mina (PK 9+843)

En el interior del túnel en mina (vuelo dron), el revestimiento corresponde a mampostería, que en algunos tramos ha sido sustituida por bloques de hormigón en masa.

De manera general, el estado de conservación es bueno, si bien existen tramos en los que se ha producido el lavado del cemento entre mampuestos.

También se han detectado desprendimientos procedentes de la clave que obligan a una consolidación general del tramo. Los desprendimientos más importantes detectados corresponden aproximadamente a los PK 10+100 y 10+200.

En la parte final del tramo excavado en mina, existe una acumulación importante de agua en la plataforma.



Figura. 20. Desprendimiento clave (PK 10+200)



Figura. 21. Acumulación agua en plataforma (PK 10+270)

En el entronque entre el fin del falso túnel y comienzo del túnel en mina, se ha producido un desprendimiento de la clave que alcanza el terreno superior. Este desprendimiento evita el drenaje del agua del interior del túnel y su acumulación.

Por último, el falso túnel de salida presenta un estado de conservación muy deficiente (abombamientos, fisuras entre sillares, etc.) que obliga a su demolición completa.



Figura. 22. Grietas en falso túnel de salida

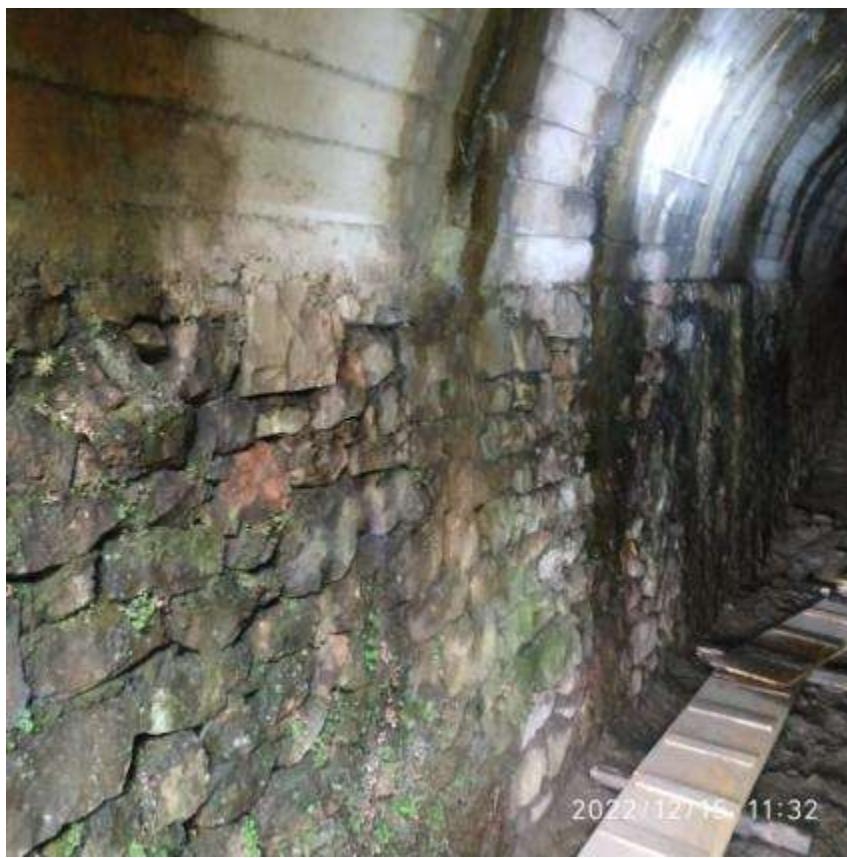


Figura. 23. Estado mampostería falso túnel salida



*Figura. 24. Desprendimiento entronque túnel en mina-falso túnel*



*Figura. 25. Hundimiento terreno superior*

## 9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 9.1. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE SUELOS Y RELLENOS

La caracterización geotécnica de los suelos y rellenos se determina a partir de referencias bibliográficas y de la experiencia disponible en la zona.

La adherencia límite de anclajes se estable según la Guía para el diseño y la ejecución de anclajes en obras de carretera.

Nivel	Densidad aparente KN/m <sup>3</sup>	Cohesión efectiva KN/m <sup>2</sup>	Rozamiento	Módulo elástico MPa	Adherencia anclajes MPa	límite
Relleno Falso túnel	15	0	30°	5	-	
Relleno terraplén	18	15	35°	20	-	
Suelo coluvial-eluvial	19	20	25°	10	0,1 MPa	
Suelos desprendimiento	18	0	25°	5	-	

Tabla 8. Caracterización geotécnica de suelos y rellenos

### 9.2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA MATRIZ ROCOSA

Ambos túneles (Arroa e Iraeta) excavan las limolitas negras del Aptiense Sup.-Albiense Medio (S-2). El sondeo S-1 ha caracterizado las limolitas calcáreas cartografiadas en el tramo siguiente a la boca de salida.

Sondeo	TP	Litología	Compresión simple (MPa)	Módulo elasticidad (E) (MPa)	Poisson
S-1 Arroa	TP-1	lutitas calcáreas negras	23,4	2118,61	0,27
	TP-2	lutitas calcáreas negras	26,8	3038,05	0,33
	TP-3	lutitas calcáreas negras	22	2143,55	0,13
	TP-4	lutitas calcáreas negras	28,6	2596,63	0,06
	TP-5	lutitas calcáreas negras	15,4	2956,46	0,06
Resultados estadísticos	Promedio	23,24	2570,66	0,17	
	Mediana	23,4	2596,63	0,13	
	Valor max	28,6	3038,05	0,33	
	Valor min	15,4	2118,61	0,06	
	Desv estandar	5,11	434,38	0,12	
S-2 Iraeta	TP-1	Limolita calcárea	30,4	3824,83	0,2
	TP-2	Limolita calcárea	46,1	4822,36	0,18
	TP-3	Limolita calcárea	35,6	3735,57	0,1
	TP-4	Limolita calcárea	36,6	4259,15	0,13
	TP-5	Limolita calcárea	32,9	4653,47	0,11
Resultados estadísticos	Promedio	36,32	4259,076	0,144	
	Mediana	35,6	4259,15	0,13	
	Valor max	46,1	4822,36	0,2	
	Valor min	30,4	3735,57	0,1	
	Desv estandar	5,98	483,60	0,04	

Tabla 9. Análisis estadístico parámetros roca intacta.

El análisis de las propiedades resistentes de la matriz rocosa indica que las lutitas calcáreas negras presentan peores parámetros resistentes que las limolitas calcáreas.

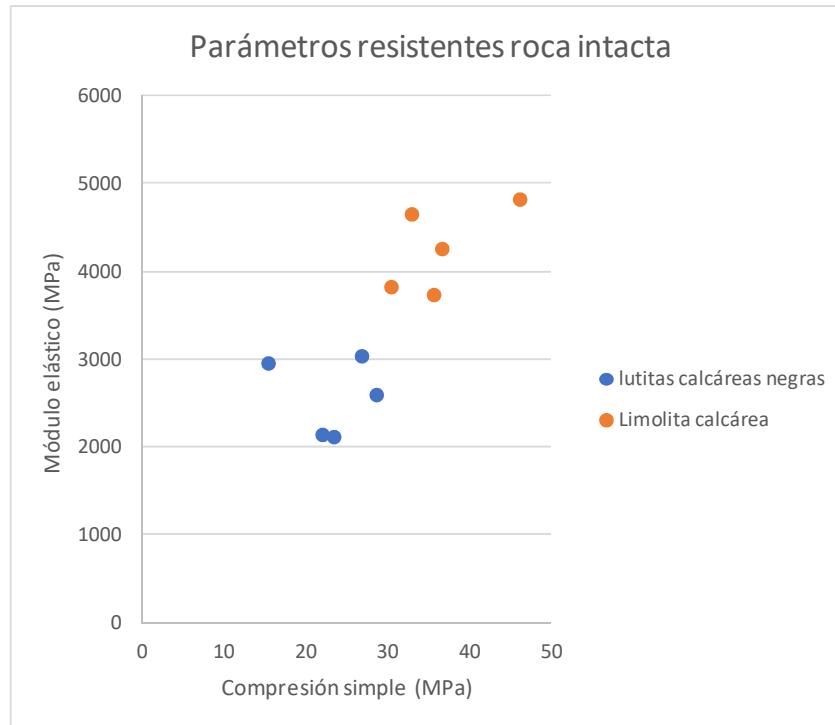


Figura. 26. Parámetros resistentes roca intacta

Para la caracterización del macizo rocoso se adopta la caracterización de las lutitas calcáreas por presentar peores parámetros resistentes.

Sustrato rocoso	Densidad aparente KN/m <sup>3</sup>	Compresión simple (MPa)	Módulo elasticidad (E) (MPa)	Poisson
Litolitas calcáreas	25	23,24	2570,66	0,17

Tabla 10. Caracterización geotécnica roca intacta

### 9.3. CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

La calidad del macizo rocoso se determina a partir de los índices RMR y GSI determinados en las estaciones geomecánicas.

Sustrato rocoso	Densidad aparente KN/m <sup>3</sup>	RMR básico	GSI	Parámetro mi
Litolitas calcáreas	25	50	45	7

Tabla 11. Caracterización macizo rocoso

El módulo elástico se determina a partir de Hoek-Diederich (2005). El resto de parámetros se obtiene de referencias bibliográficas.

La adherencia límite de anclajes se establece según la Guía para el diseño y la ejecución de anclajes en obras de carretera.

Sustrato rocoso	Densidad aparente KN/m <sup>3</sup>	Cohesión efectiva KN/m <sup>2</sup>	Rozamiento	Módulo elástico MPa	Adherencia límite anclajes MPa
Litolitas calcáreas	25	200	35°	575	1,5 MPa

Tabla 12. Caracterización geotécnica macizo rocoso

#### 9.4. CARACTERIZACIÓN DISCONTINUIDADES

La toma de datos estructurales indica que ambos túneles atraviesan un único dominio estructural, en el que los estratos lutíticos y limolíticos buzan preferentemente en dirección SSE.

EG	E0	J1	J2	J3
EG-1 Entrada Iraeta	40/150	80/090	20/330	50/260
EG-2 Salida Iraeta	50/180	80/090	80/270	-
EG-3 Salida Arroa	30/130	70/350	80/310	-

Tabla 13. Estaciones geomecánicas (EG)

Se asignan los siguientes parámetros para los planos de discontinuidad.

Nivel	Cohesión efectiva KN/m <sup>2</sup>	Rozamiento	P hidrostática sobre plano discontinuidad
Discontinuidades	0	30°	0

Tabla 14. Caracterización planos de discontinuidad

#### 9.5. RESISTENCIA UNITARIA PARA CÁLCULO DE MICROPILOTES

La resistencia unitaria por punta y fuste para el empotramiento de los micropilotes en el sustrato rocoso se determina según la Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera (Tabla 3.3).

Sustrato rocoso	Resistencia unitaria por fuste (MPa)	Resistencia unitaria por punta (MPa)
Limolitas calcáreas	5,81	1,63 MPa

Tabla 15. Empotramiento micropilotes

#### 9.6. AGRESIVIDAD DEL AGUA

Se ha tomado una muestra de agua en el sondeo S-2 que indica agresividad débil por altos contenidos en sulfatos.

Según las clases de exposición ambiental en el código estructural, se produce un ataque débil XA1, por concentraciones de sulfatos en el agua superiores a 200 mg/l.

El origen de los sulfatos probablemente sean las piritas diseminadas en las limolitas calcáreas.

Sondeo	W	Profundidad NF	PH	CO <sub>2</sub> mg/l	NH <sub>4</sub> mg/l	Mg mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	Residuo seco mg/l	Agresividad
S-2 Iraeta	W-1	9,40	7,11	3	0	9	575	598	Débil XA1 por contenido en sulfatos

Tabla 16. Resultados laboratorio, Agua.

Tabla 27.1.b Clasificación de la agresividad química

TIPO DE MEDIO AGRESIVO	PARÁMETROS	TIPO DE EXPOSICIÓN		
		XA1	XA2	XA3
		ATAQUE DÉBIL	ATAQUE MEDIO	ATAQUE FUERTE
AGUA	VALOR DEL pH, según UNE 83952	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
	CO <sub>2</sub> AGRESIVO (mg CO <sub>2</sub> / l), según UNE-EN 13577	15 - 40	40 - 100	> 100
	IÓN AMONIO (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> / l), según UNE 83954	15 - 30	30 - 60	> 60
	IÓN MAGNESIO (mg Mg <sup>2+</sup> / l), según UNE 83955	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
	IÓN SULFATO (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / l), según UNE 83956	200 - 600	600 - 3000	> 3000
	RESIDUO SECO (mg / l), según UNE 83957	75 - 150	50 - 75	< 50
SUELLO	GRADO DE ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg), según UNE-EN 16502	> 200	(*)	(*)
	IÓN SULFATO (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / kg de suelo seco), según UNE 83963	2000 - 3000	3000 - 12000	> 12000

Tabla 17. Clasificación de la agresividad química

## 10. GEOTECNIA DE LAS OBRAS DE TIERRA

### 10.1. INTRODUCCIÓN

El presente capítulo define el sostenimiento para los taludes de los emboquines de los túneles.

La información de partida son las estaciones geomecánicas realizadas en los trabajos de campo.

### 10.2. BOCA ENTRADA IRAETA

La estación geomecánica EG-1 ha identificado un sustrato rocoso compuesto por limolitas calcáreas negras (margas de Itziar-Urgoniano) muy fracturadas y ligeramente meteorizadas GM=II. Presentan la típica exfoliación en capas de cebolla producto de la meteorización y que producen el desprendimiento de numerosos bloques pero de pequeño tamaño.

Por encima existen suelos arcillosos de color marrón de naturaleza coluvial-eluvial y espesor inferior a 1 m.

La proyección esterográfica de las discontinuidades indica, que de manera general, ambos taludes (derecho e izquierdo) son cinemáticamente estables. Tan solo existen pequeñas cuñas de tamaño centimétrico.

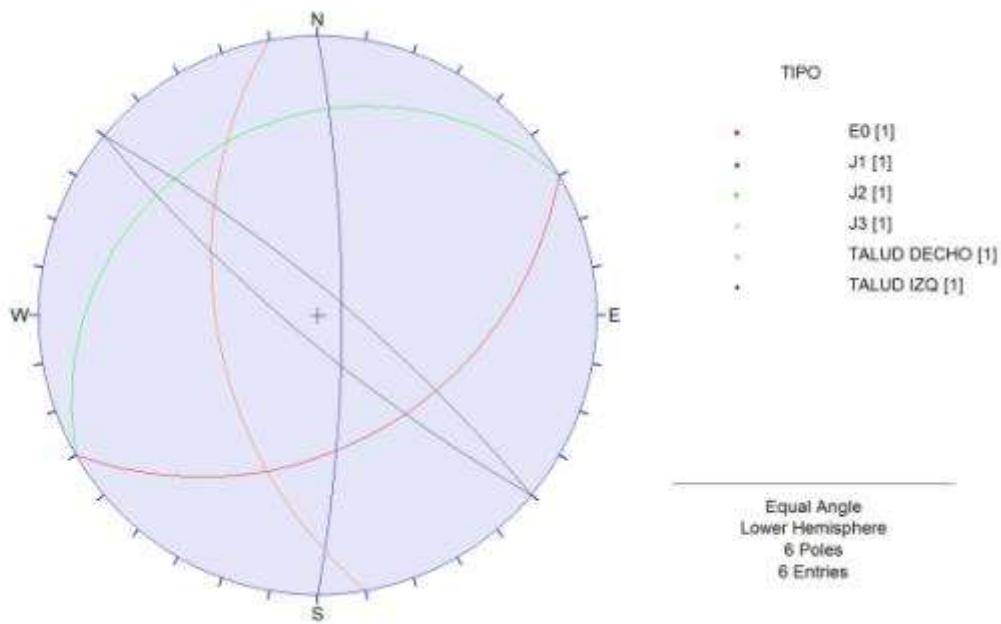


Figura. 27. Disposición estructural boca entrada túnel Iraeta.

La protección de ambos taludes se define con malla metálica de triple torsión 100x80/2,7 mm de alambre de acero galvanizado adosada a la superficie rocosa con barras Gewi  $\phi$  20 mm de 0,8 m espaciados 2x2 m. La parte superior e inferior de la malla se fija al terreno con cables de acero galvanizado de 16 mm de diámetro.

La protección se extenderá en los 10 m anteriores a la entrada del túnel en mina. En ambos taludes (derecho e izquierdo).

### 10.3. BOCA SALIDA IRAETA

La estación geomecánica EG-2 ha identificado limolitas calcáreas negras (margas de Itziar-Urgoniano) muy fracturadas y ligeramente meteorizadas GM=II. Presentan la típica exfoliación en capas de cebolla producto de la meteorización y que producen el desprendimiento de numerosos bloques pero de pequeño tamaño.

Por encima existen suelos arcillosos de color marrón de naturaleza coluvial-eluvial y espesor inferior a 1 m.

La proyección esterográfica de las discontinuidades indica, que de manera general, ambos taludes (derecho e izquierdo) son cinemáticamente estables. Tan solo existen pequeñas cuñas de tamaño centimétrico.

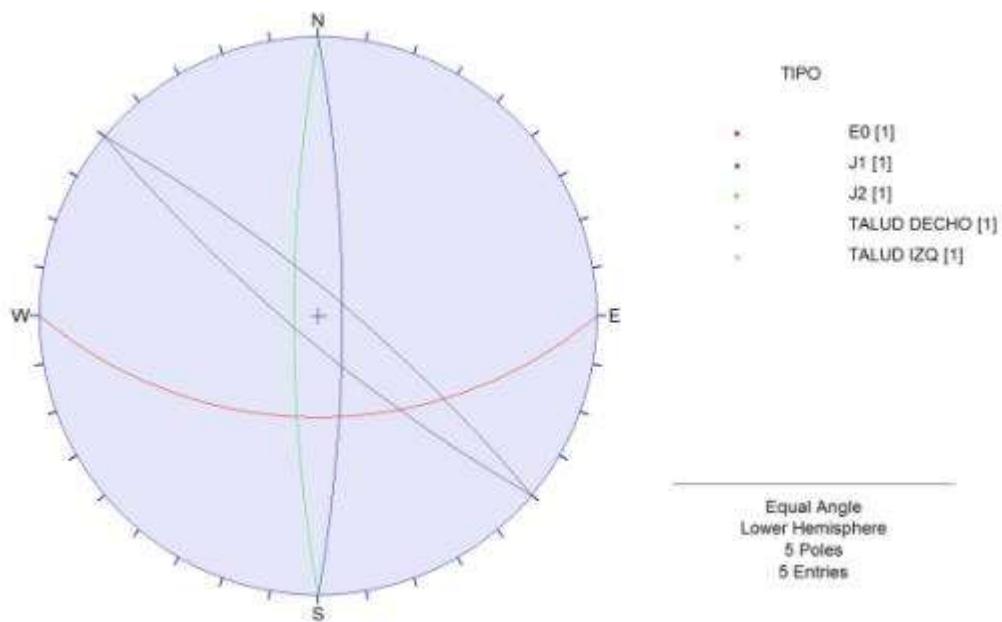


Figura. 28. Disposición estructural boca salida túnel Iraeta.

La protección de ambos taludes se define con malla metálica de triple torsión 100x80/2,7 mm de alambre de acero galvanizado adosada a la superficie rocosa con barras Gewi  $\phi$  20 mm de 0,8 m espaciados 2x2 m. La parte superior e inferior de la malla se fija al terreno con cables de acero galvanizado de 16 mm de diámetro.

El talud izquierdo alcanza una altura máxima de hasta 15 m, por lo que, sobre la malla metálica de triple torsión, se dispondrán bulones pasivos tipo Gewi 550/500 de 32 mm de diámetro y 4 m de longitud espaciados 2,0x2,0 m.

### 10.1. BOCA ENTRADA ARROA

No existen taludes en la boca de entrada al túnel de Arroa (falso túnel).

## 10.2. BOCA SALIDA ARROA

La estación geomecánica EG-3 ha identificado un sustrato rocoso compuesto por limolitas calcáreas negras (margas de Itziar-Urgoniano) muy fracturadas y meteorizadas GM=I-IVI. Los tramos menos meteorizados presentan la típica exfoliación en capas de cebolla producto de la meteorización y que producen el desprendimiento de numerosos bloques pero de pequeño tamaño. El tramo más meteorizado presenta el aspecto de una arcilla gris compacta.

La proyección esterográfica de las discontinuidades indica, que de manera general, ambos taludes (derecho e izquierdo) son cinemáticamente estables. Tan solo existen pequeñas cuñas de tamaño centimétrico.

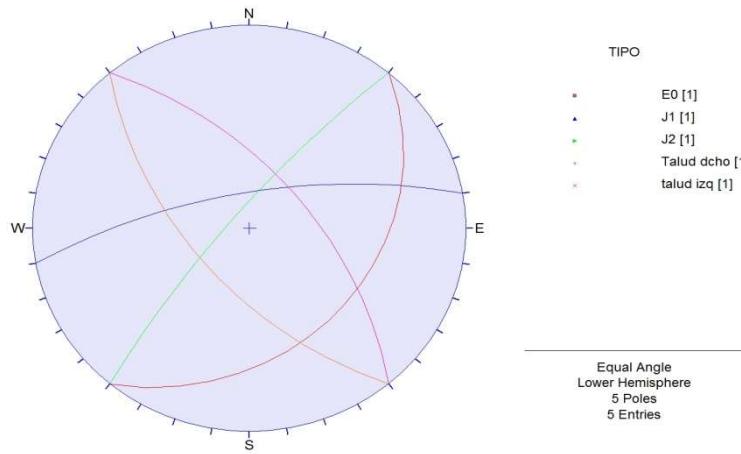


Figura. 29. Disposición estructural boca salida túnel Arroa.

La protección de ambos taludes se define con malla metálica de triple torsión 100x80/2,7 mm de alambre de acero galvanizado adosada a la superficie rocosa con barras Gewi  $\phi$  20 mm de 0,8 m espaciados 2x2 m. La parte superior e inferior de la malla se fija al terreno con cables de acero galvanizado de 16 mm de diámetro.

La protección se extenderá en los 10 m siguientes a la salida del falso túnel; en ambos taludes (derecho e izquierdo).

**Figuras.**

- Figura nº1. Mapa geológico del EVE 1:25.000.
- Figura nº2. Planta con inventario de estaciones geomecánicas.
- Figura nº3. Perfil longitudinal escala 1:1000 túnel de Iraeta.
- Figura nº4. Perfil longitudinal escala 1:1000 túnel de Arroa.
- Figura nº5. Perfil trasversal escala 1:100 emboquilles túnel de Iraeta.
- Figura nº5. Perfil trasversal escala 1:100 emboquilles túnel de Arroa.

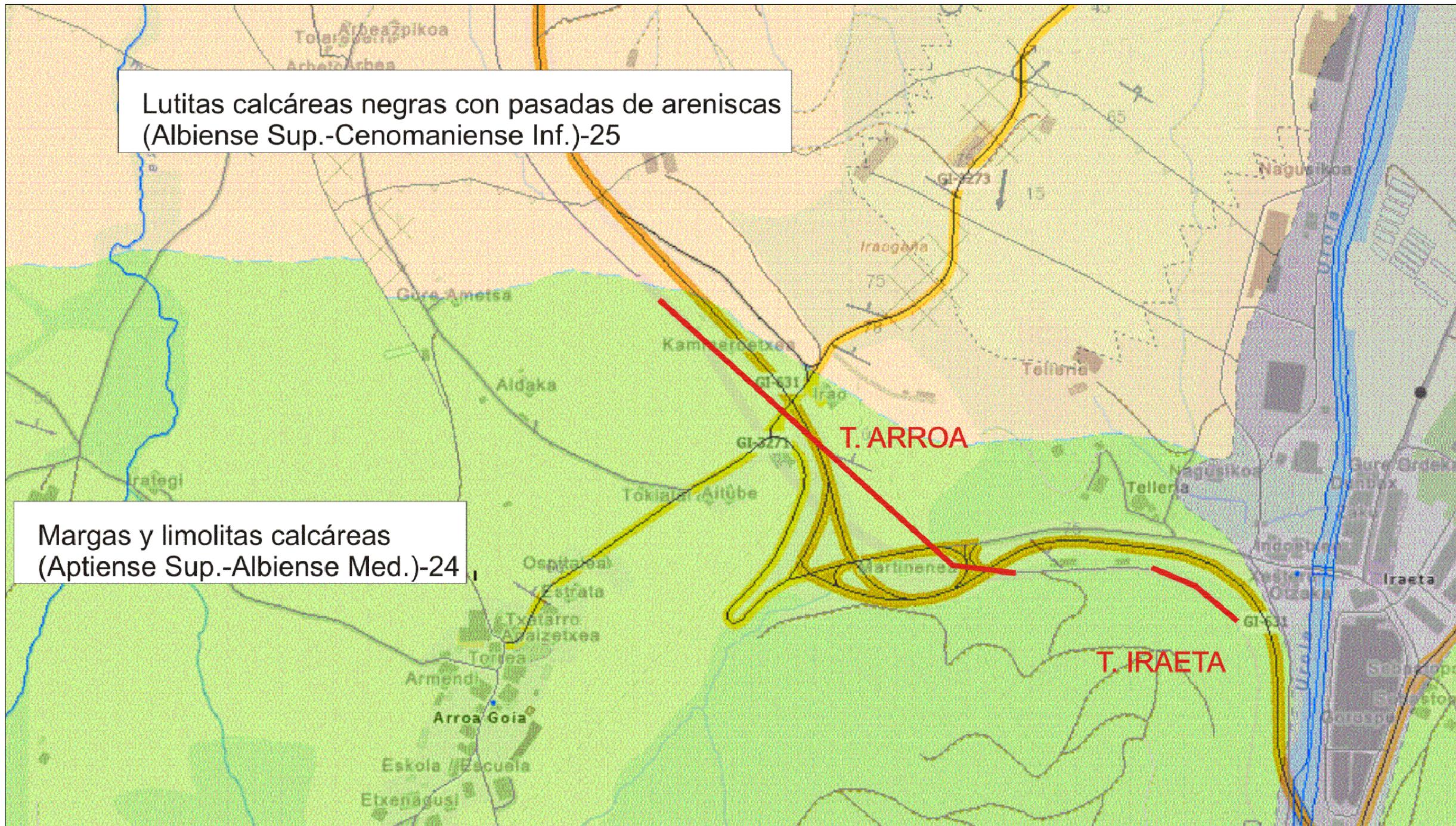
**Apéndices.**

- Apéndice nº1. Sondeos de reconocimiento.
- Apéndice nº2. Ensayos de campo (permeabilidad).
- Apéndice nº3. Estaciones geomecánicas.
- Apéndice nº4. Ensayos de laboratorio.
- Apéndice nº5. Campaña geofísica

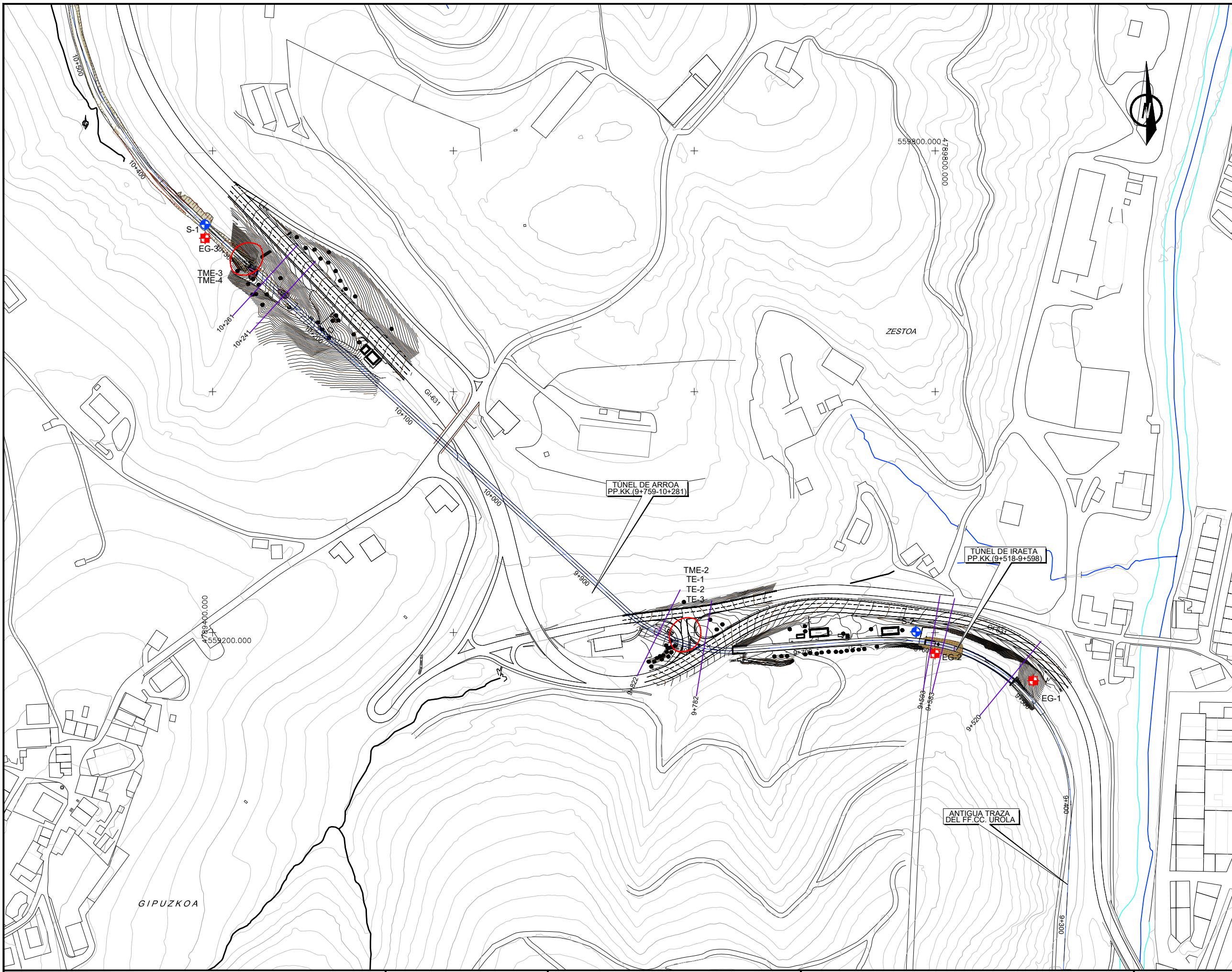


**Figuras.**





A	PRIMERA EMISION	Julio 23	TEAM	ETS	NO
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
AHOLKULARIA / CONSULTOR		INGENIERIA ingeniería CONSULTORA			
<b>team</b>   Ingeniería consultoría		INGENIERO EGILEA INGENIERO AUTOR LUISA URIEL TORRE ICCP Nº 12.418			
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR		ERREFERENTZIA REFERENCIA			
22044-AN04-FIG_1					



OHARRAK:  
NOTAS:

EL SISTEMA DE REFERENCIA TERRESTRE GEODESICO UTILIZADO EN EL PROYECTO (SRD 107/2007) ES:  
ETRS89 UTM30N (EPSG:25830)

A	PRIMERA EMISIÓN	Julio 23	TEAM	ETS.	NO.
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

BERRIKUSPENAK / REVISIONES

AHOLKULARIA / CONSULTOR	INGENIERIA EOLEA INGENIERO AUTOR <b>team</b>   Ingeniería consultoría LUISA URIEL TORRE ICCP N° 12.418
-------------------------	--

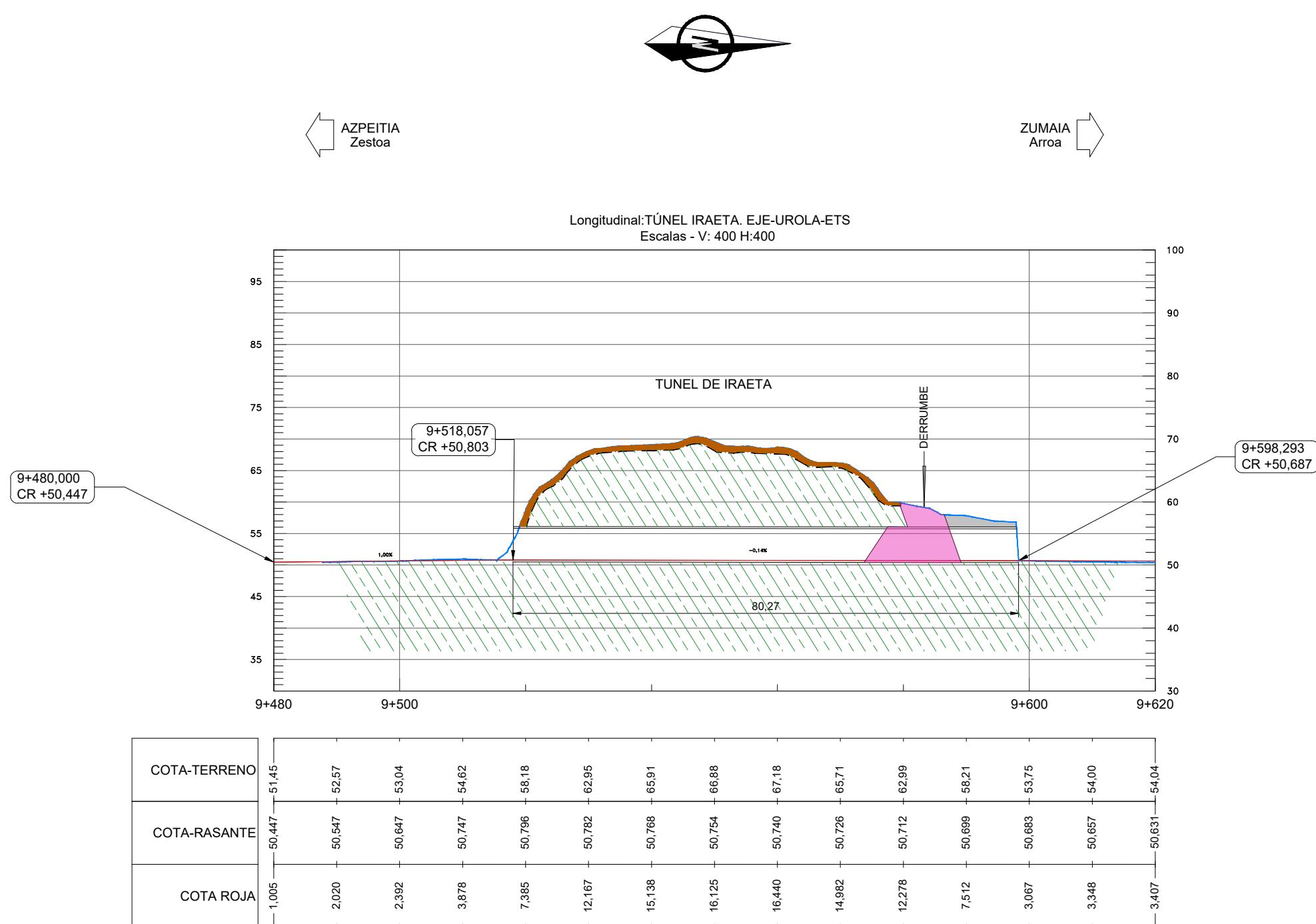
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR	ERREFERENTZIA REFERENCIA
--	-----------------------------

22044-AN04-FIG\_2



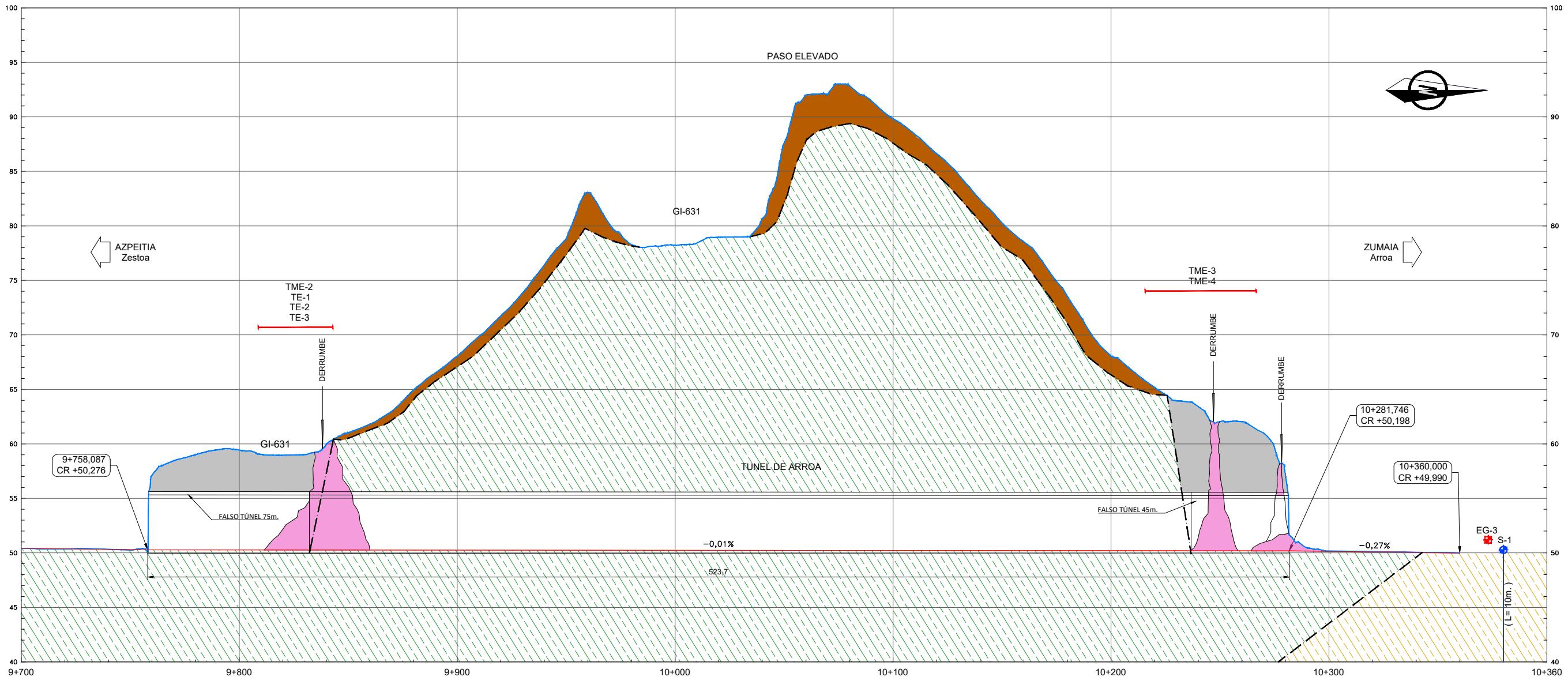
OHARRAK:  
NOTAS:

LEYENDA GEOLÓGICA	
	MATERIAL DESPRENDIDO
	RELENTO TERRAPLEN
	RELENTO FALSO TÚNEL
	SUELO ELUVIAL-COLUVIAL
	MARGAS Y LIMOLITAS CALCÁREAS (APTENSE SUPERIOR-ALBIENSE MEDIO)
	LUTITAS CALCÁREAS NEGRAS (ALBIENSE SUPERIOR-CENOMANIENSE SUPERIOR)
—	CONTACTO SUPUESTO
LEYENDA GEOTÉCNICA	
	TERRENO NATURAL
	RASANTE SOLERA FFCC UROLA
	TÚNEL FFCC UROLA
	SONDEOS
	ESTACIÓN GEOMECÁNICA
	TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA

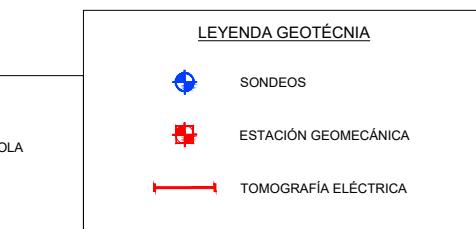
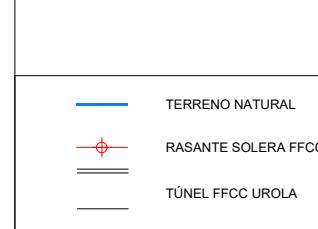


A	PRIMERA EMISIÓN	Julio 23	TEAM	ETS	NO
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
AHOKULARIA / CONSULTOR		INGENIERIA EGILEA INGENIERO AUTOR			
team   Ingeniería consultoría		LUISA URIEL TORRE ICCP N° 12.418			
AHOKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR		ERREFERENTZIA REFERENCIA			
22044-AN04-FIG_3					
PLANO ZK. / N. PLANO		AN04 F3			
ORRIA / HOJA		1 Sigue FIN			

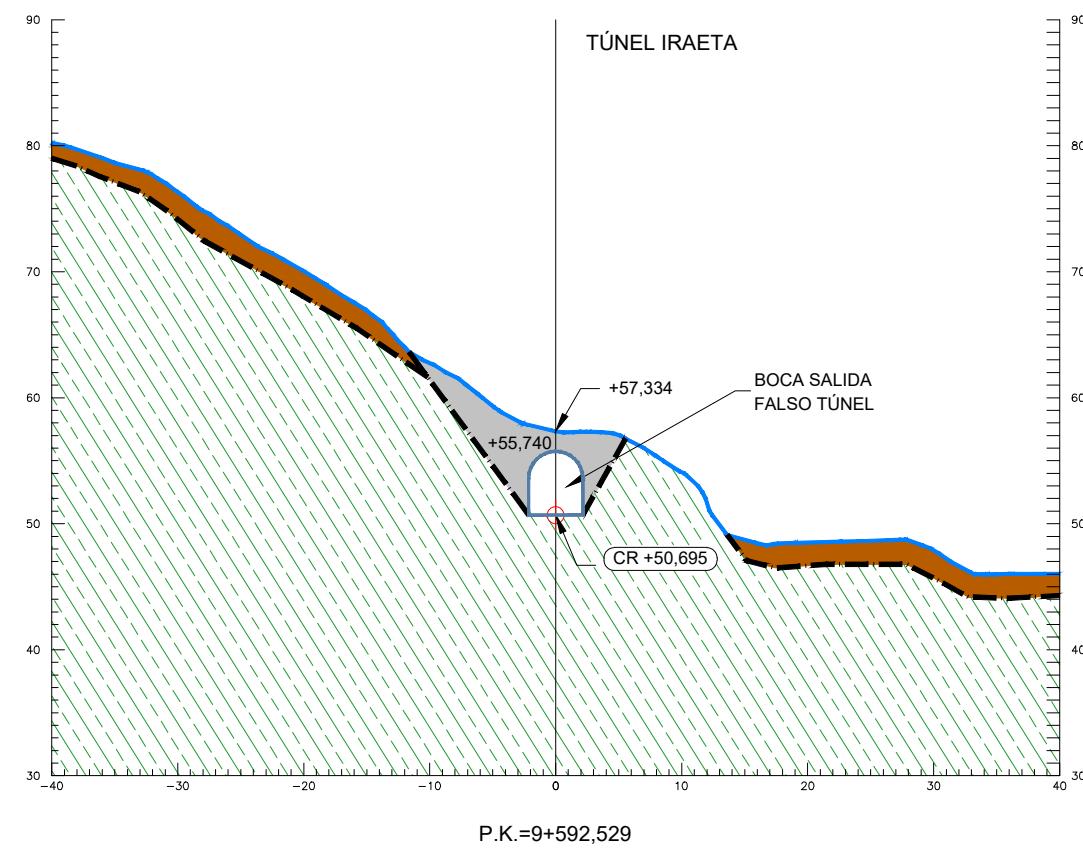
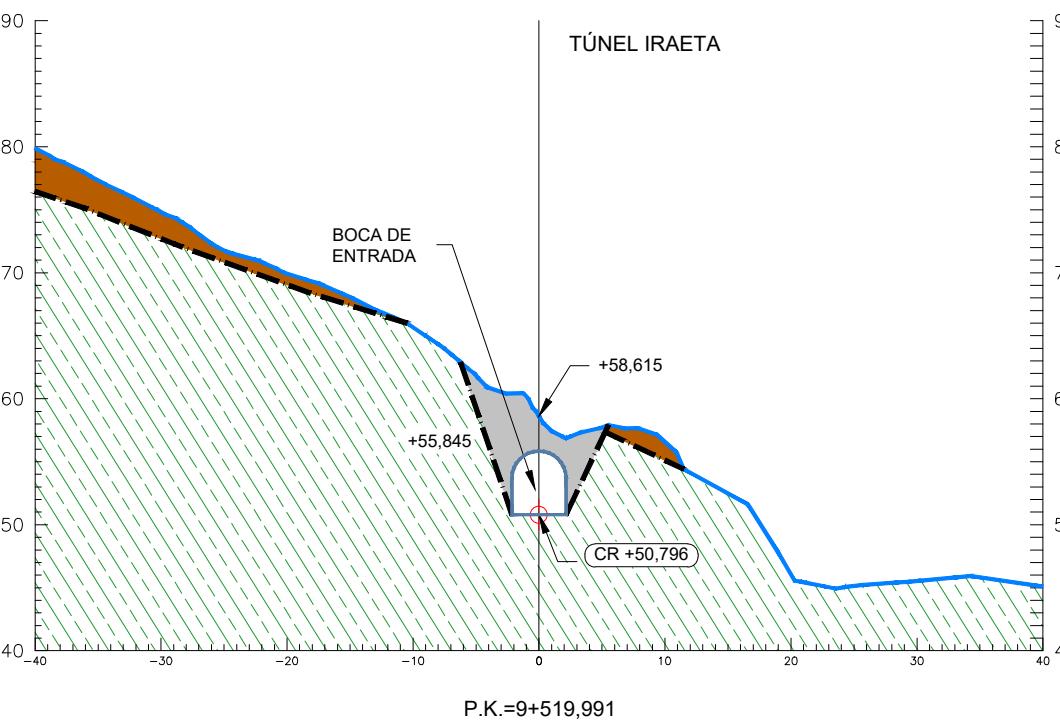
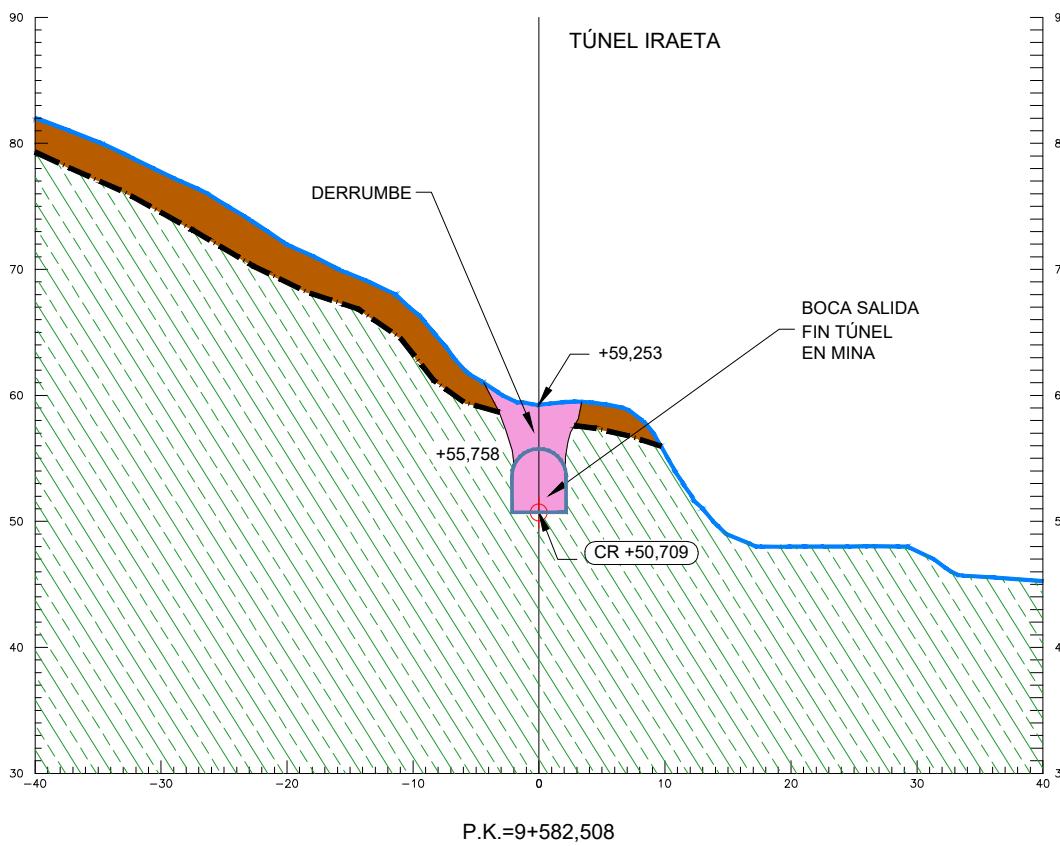




COTA-TERRENO	50.25	51.45	51.21	51.21	51.21	51.21	51.21	51.21
COTA-RASANTE	50.399	50.374	50.348	50.322	50.296	50.275	50.256	50.236
COTA ROJA	0.812	1.467	1.731	1.228	2.453	5.120	6.987	8.432



A PRIMERA EMISIÓN Julio 23 TEAM ETS NO  
REV. CLASE DE MODIFICACIÓN FECHA NOMBRE COMP. OBRA  
BERRIKUSPENAK / REVISIONES  
AHOKULARIA / CONSULTOR INGENIERIA ECLEA  
**team** | Ingeniería consultoría LUISA URIEL TORRE  
ICCP Nº 12.418  
AHOKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR ERREFERENTZIA REFERENCIA  
22044-AN04-FIG\_4



A PRIMERA EMISIÓN Julio 23 TEAM ETS NO  
REV. CLASE DE MODIFICACIÓN FECHA NOMBRE COMP. OBRA

BERRIKUSPENAK / REVISIONES

AHOKULARIA / CONSULTOR INGENIERIA EGILEA  
INGENIERO AUTOR

**team** | Ingeniería consultoría  
LUISA URIEL TORRE  
ICCP Nº 12.418

AHOKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR ERREFERENTZIA REFERENCIA

22044-AN04-FIG\_5

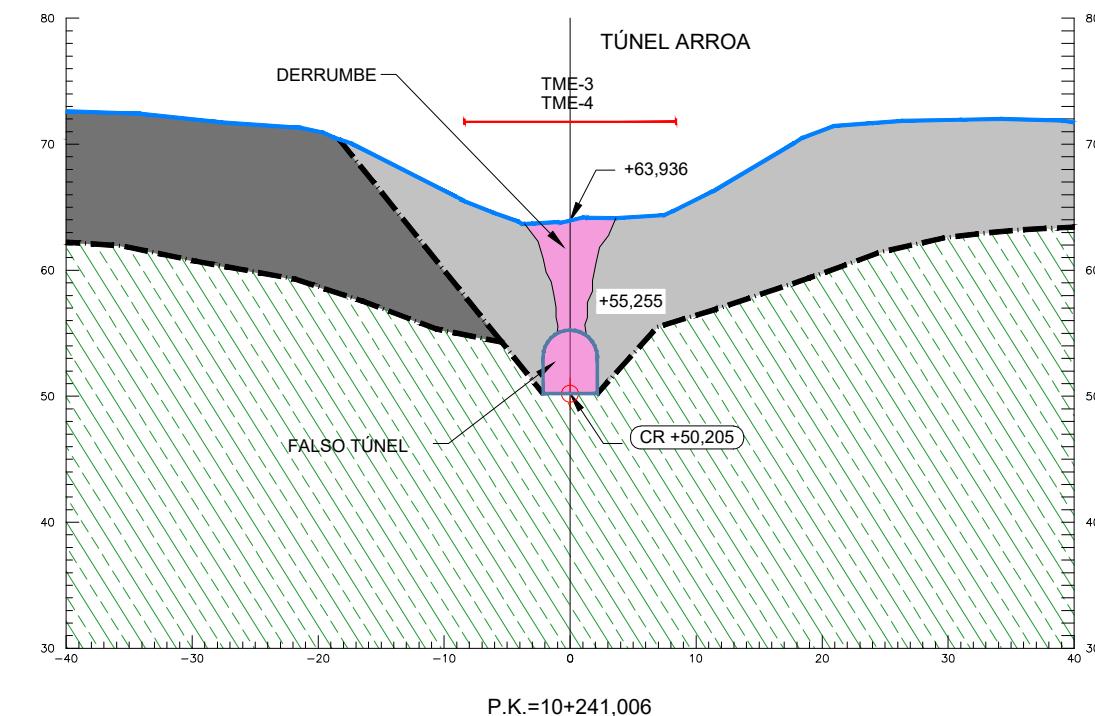
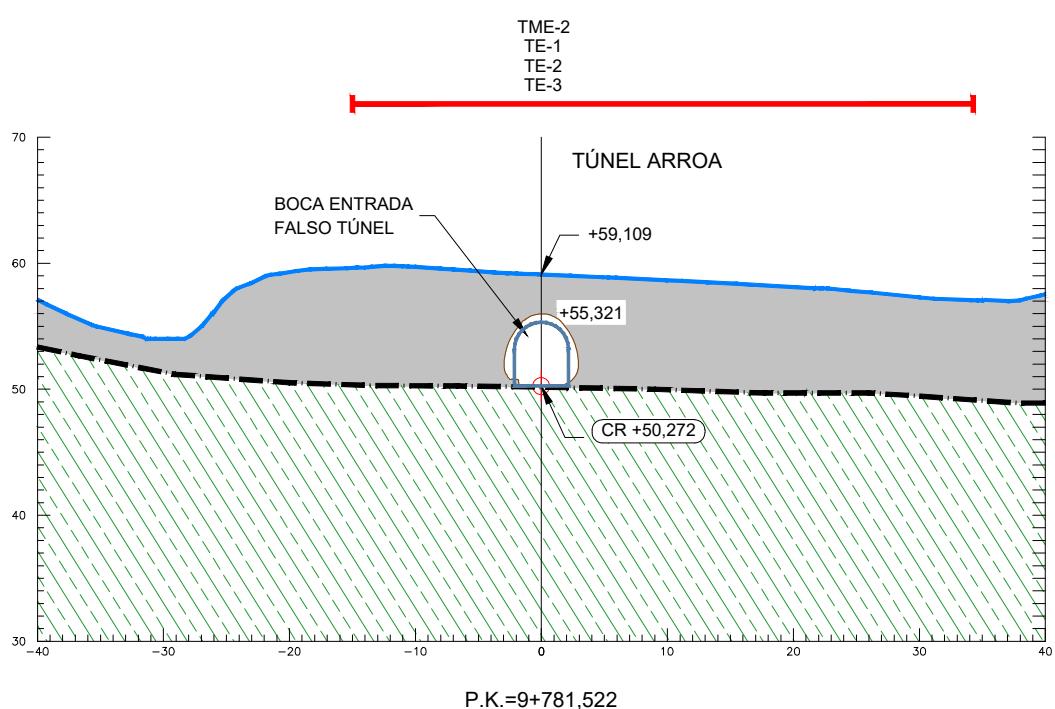
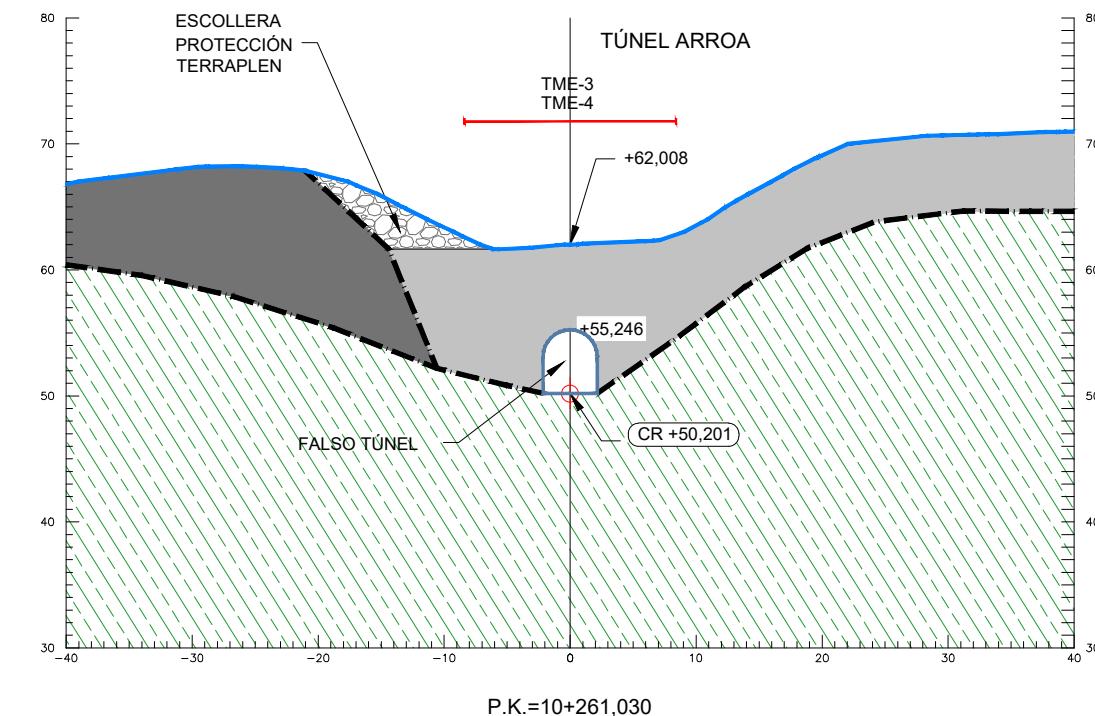
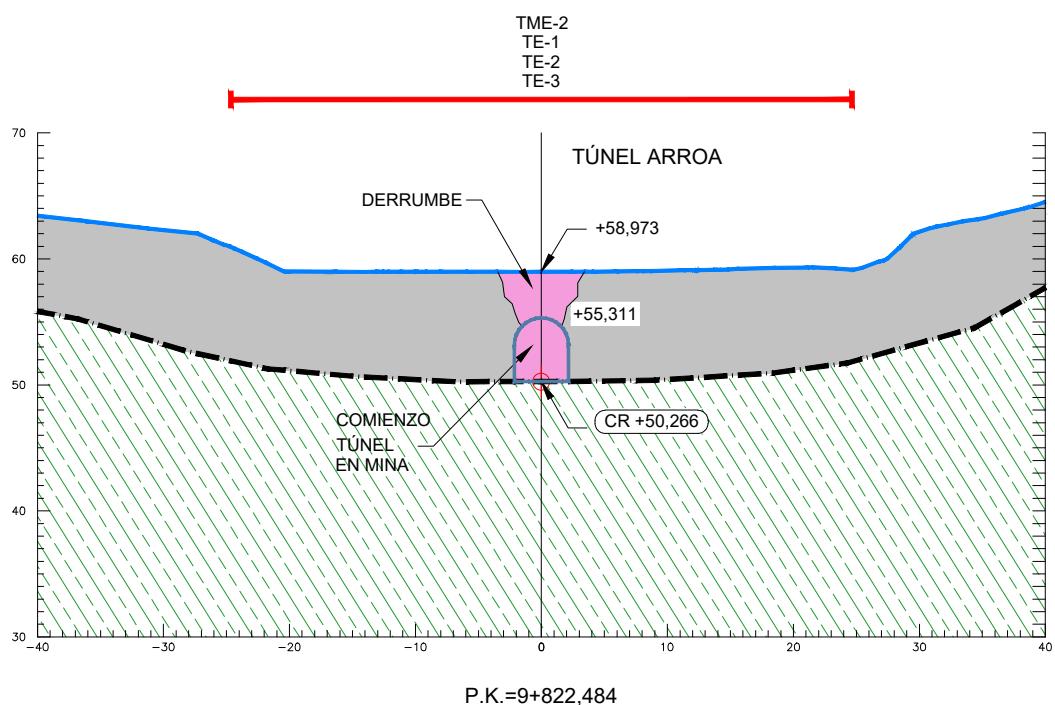
PLANO ZK. / N. PLANO  
**AN04 F5**

ORRIA / HOJA

1 Sigue FIN

OHARRAK:  
NOTAS:

LEYENDA GEOLÓGICA	
	MATERIAL DESPRENDIDO
	RELLENO TERRAPLEN
	RELLENO FALSO TÚNEL
	SUELO ELUVIAL-COLUVIAL
	MARGAS Y LIMOLITAS CALCÁREAS (APTENSE SUPERIOR-ALBIENSE MEDIO)
	LUTITAS CALCÁREAS NEGRAS (ALBIENSE SUPERIOR-CENOMANIENSE SUPERIOR)
	CONTACTO SUPUESTO
	TERRENO NATURAL
	RASANTE SOLERA FFCC UROLA
	TÚNEL FFCC UROLA
LEYENDA GEOTÉCNICA	
	SONDEOS
	ESTACIÓN GEOMECÁNICA
	TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA



A	PRIMERA EMISIÓN	Julio 23	TEAM	ETS	NO
REV.	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

BERRIKUSPENAK / REVISIONES

AHOKULARIA / CONSULTOR	INGENIERI EOLEA INGENIERO AUTOR
<b>team</b>   Ingeniería consultoría	LUISA URIEL TORRE ICCP N° 12.418

AHOKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR	ERREFERENTZIA REFERENCIA
---	-----------------------------

22044-AN04-FIG\_6

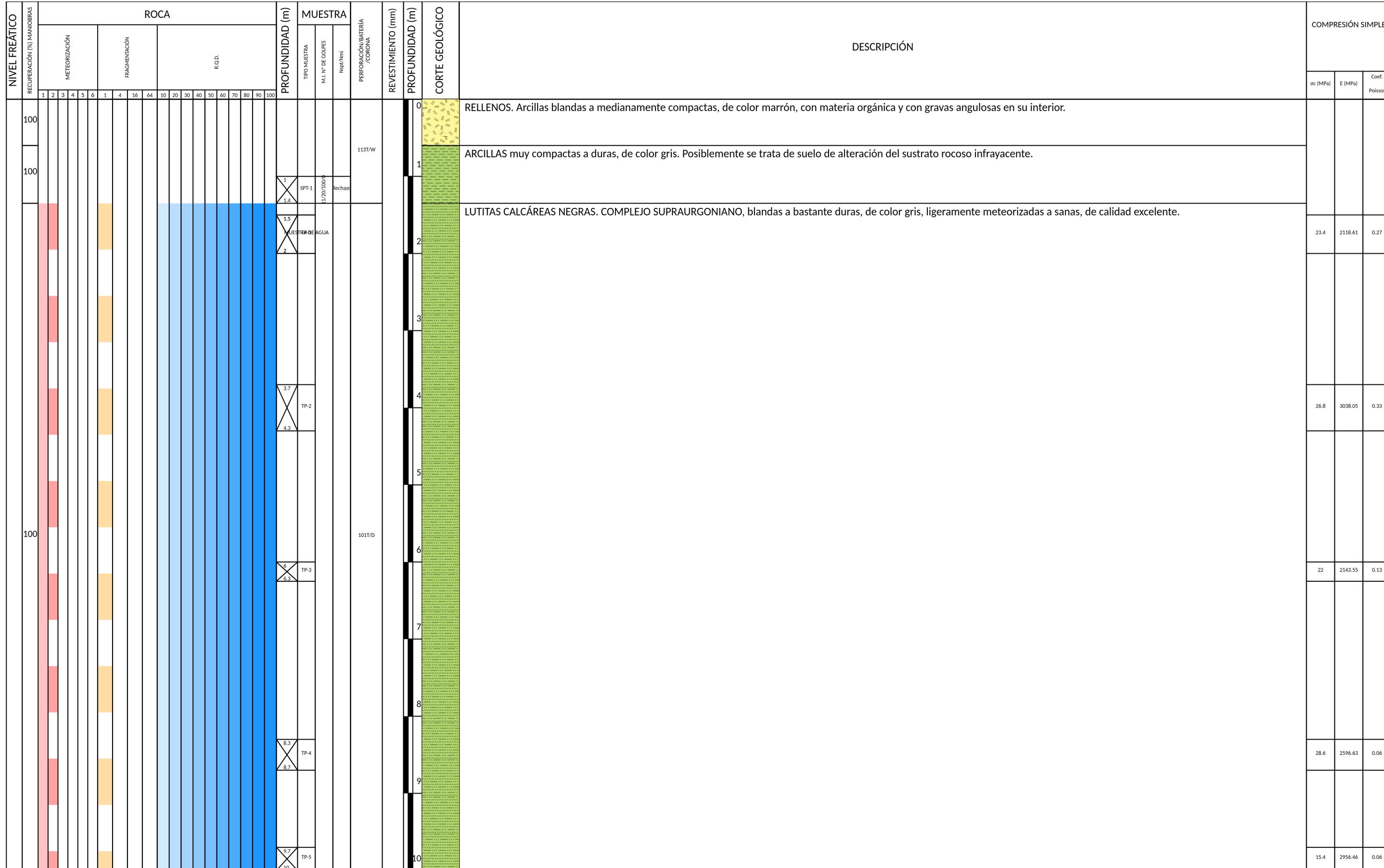
## Apéndices.



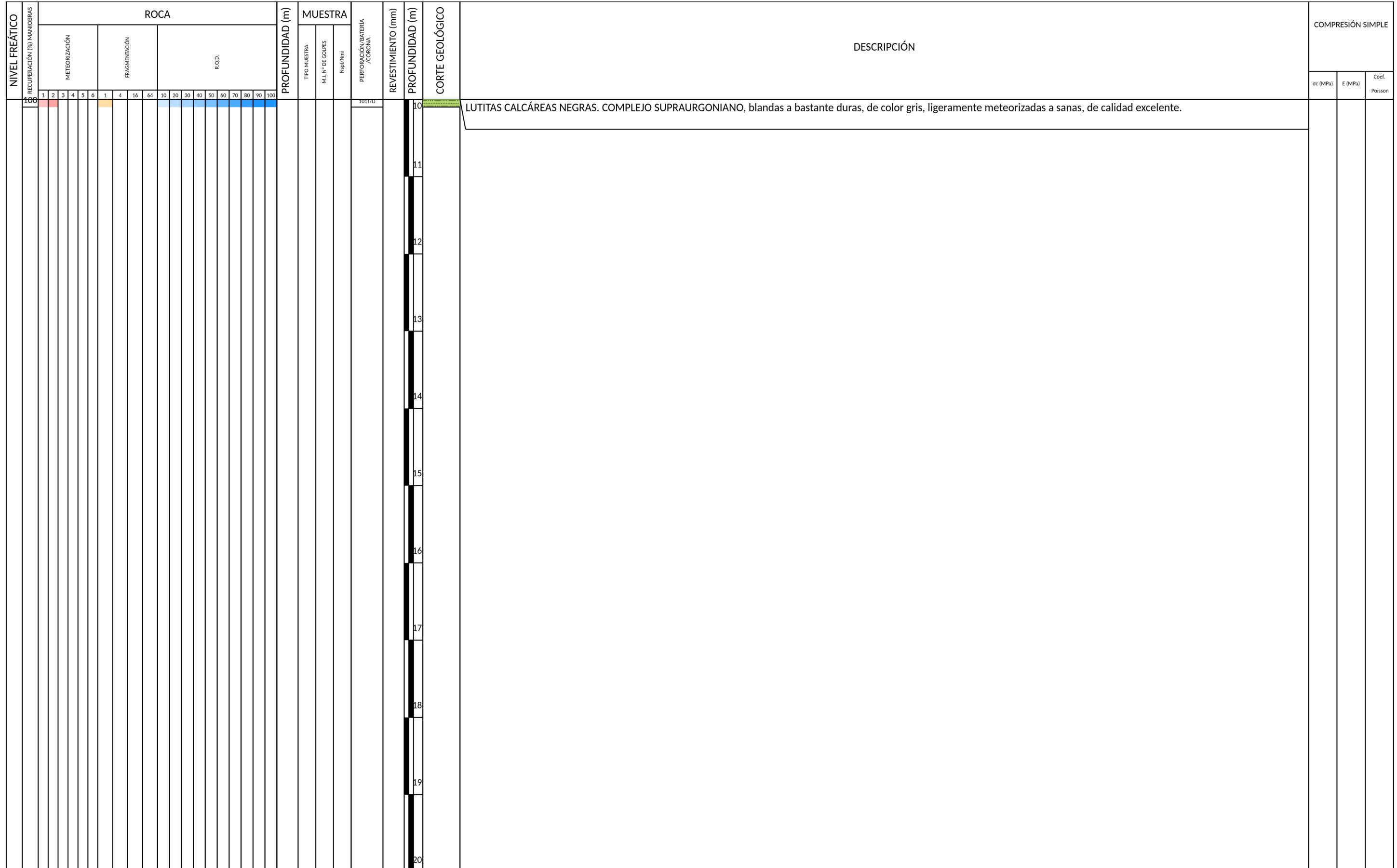
**Apéndice nº1. Sondeos de reconocimiento.**



MARCO GEODÉSICO:	X: 559111	SONDA TIPO:	TECOINSA TP-50	SONDISTA	 	CLIENTE	SOLICITANTE:	OBRA: SONDEOS MECANICOS			
	Y: 4789893	EMPRESA DE SONDEOS: INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA LUR S.L.				SANTIAGO					
	Z: 0					GEÓLOGO:					
	I: 0					DANIEL	REVISADO:				
	AZ: 0	MÉTODO DE PERFORACIÓN: ROTACIÓN				CLAVE:					
							FECHA	INICIO: 22/02/2023	SONDEO: S-1 ARROA		
								FIN: 22/02/2023			
									HOJA 1 de 4		

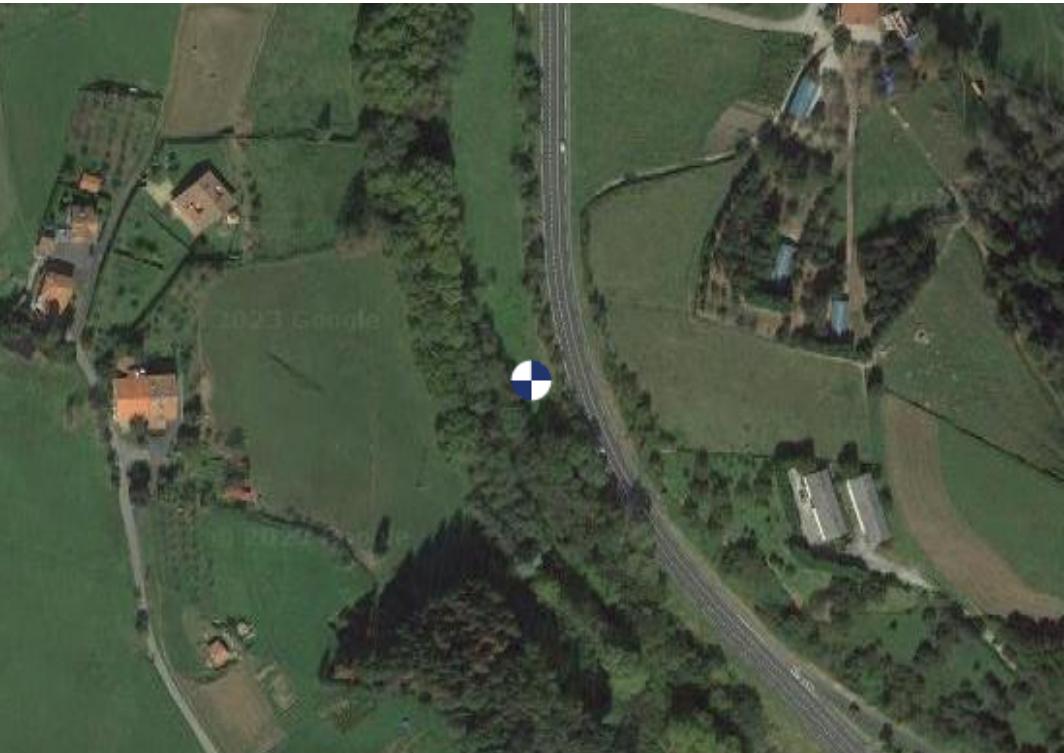


MARCO GEODÉSICO:	X: 559111	SONDA TIPO: TECOINSA TP-50	SONDISTA SANTIAGO GEÓLOGO: DANIEL	CLIENTE team group engineering consulting SOLICITANTE: <b>et</b> euskal trenbide sareoa REVISADO: CLAVE: INGE LUR	FECHA INICIO: 22/02/2023 FIN: 22/02/2023	OBRA: SONDEOS MECÁNICOS SONDEO: S-1 ARROA			
	Y: 4789893	EMPRESA DE SONDEOS: INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA LUR S.L.							
	Z: 0	MÉTODO DE PERFORACIÓN: ROTACIÓN							
	I: 0	AZ: 0							



B: Batería sencilla T: Batería doble	D: Diamante W: Widia	S.P.T.: Ensayo de Penetración Estándar M.I.: Muestra Inalterada	R: Rechazo S.P.T. y M.I. T.P.: Testigo parafinado	M.W.: Muestra de agua	RC: Arcilla LIM: Limo	AR: Arena GR: Grava	LL: Límite Líquid LP: Límite Plástico	IP: Índice de Plasticidad S.U.C.S.: Clasificación de Suelos	c: Cohesión Ø: Ángulo de rozamiento	TRIAX: Triaxia CD: Corte directo	SO <sub>4</sub> : Sulfatos CO <sub>3</sub> : Carbonatos	F-GTC-01 B
---	-------------------------	--	--	-----------------------	--------------------------	------------------------	--	--	--	-------------------------------------	--	------------

MARCO GEODÉSICO:	X: 559111	SONDA TIPO:	TECOINSA TP-50	SONDISTA	CLIENTE	SOLICITANTE:	OBRA: SONDEOS MECÁNICOS
	Y: 4789893	EMPRESA DE SONDEOS:	INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA LUR S.L.	SANTIAGO GEÓLOGO: DANIEL	team group   engineering consulting	eTS euskal trenbide sarea	
I: 0	MÉTODO DE PERFORACIÓN:	ROTACIÓN	CLAVE:	REVISADO:	FECHA	INICIO: 22/02/2023	SONDEO: S-1 ARROA
AZ:			INGE LUR		FIN: 22/02/2023		HOJA 3 de 4



SITUACIÓN



Emplazamiento



Caja 1 Profundidad: 0-1.5m.



Caja 2 Profundidad: 1.5-3.7m.

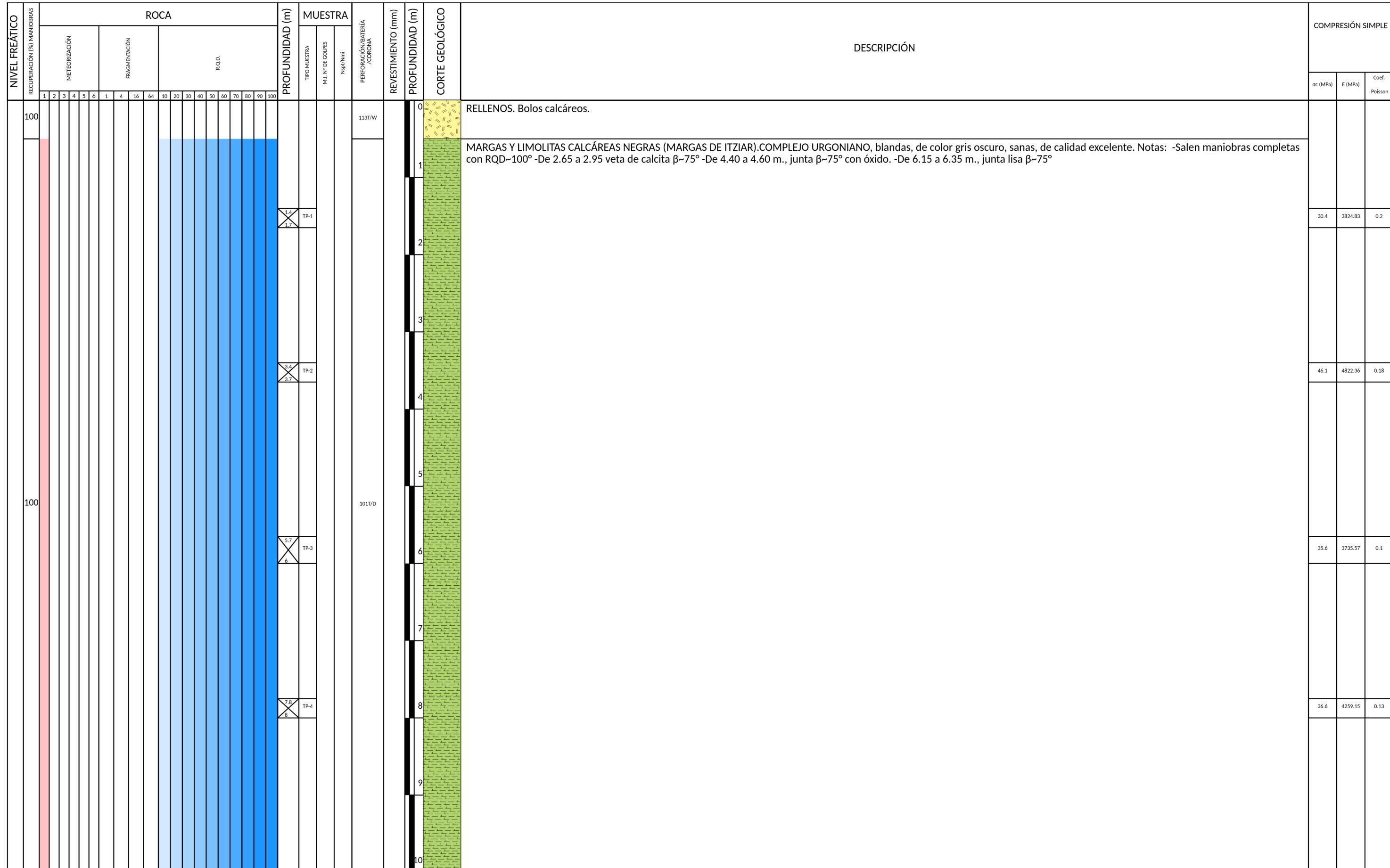
B: Batería sencilla	D: Diamante	S.P.T.: Ensayo de Penetración Estándar	R: Rechazo S.P.T. y M.I.	M.W.: Muestra de agua	RC: Arcilla	AR: Areno	LL: Límite Líquid	IP: Índice de Plasticidad	c: Cohesión	TRIAX: Triaxia	SO <sub>4</sub> Sulfatos
T: Batería doble	W: Widia	M.I.: Muestra Inalterada	T.P.: Testigo parafinado	LIM: Limo	GR: Grava	LP: Límite Plástico	S.U.C.S.: Clasificación de Suelos	Ø: Ángulo de rozamiento	CD: Corte directo	CO <sub>3</sub> : Carbonatos	F-GTC-01 B

MARCO GEODÉSICO:	X: 559111	SONDA TIPO:	TECOINSA TP-50	SONDISTA	CLIENTE	SOLICITANTE:	FECHA	INICIO: 22/02/2023	FIN: 22/02/2023	OBRA: SONDEOS MECÁNICOS
	Y: 4789893	EMPRESA DE SONDEOS:	INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA LUR S.L.	SANTIAGO	team group   engineering consulting	euskal trenbide sarea				

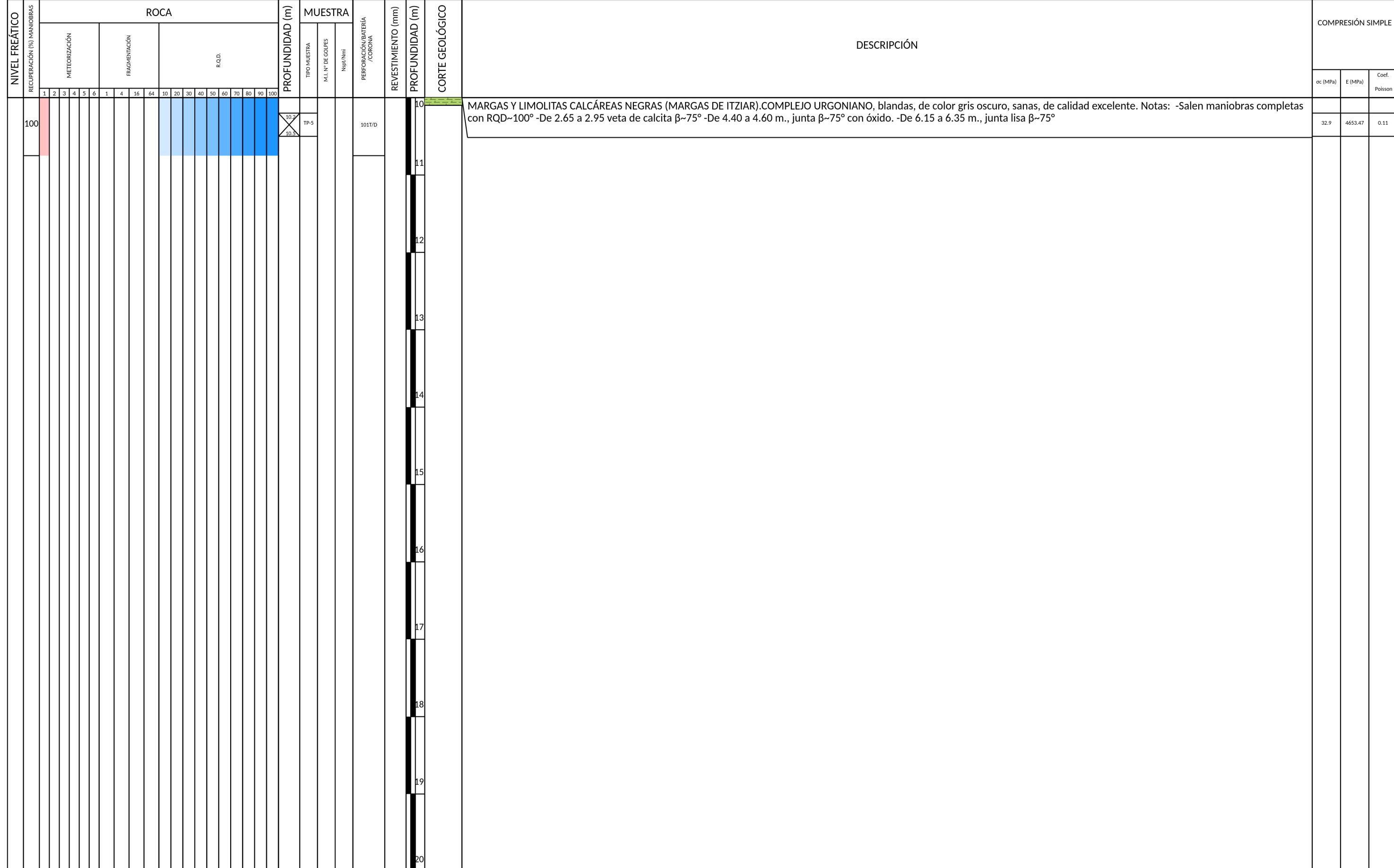


B: Batería sencilla	D: Diamante	S.P.T.: Ensayo de Penetración Estándar	R: Rechazo S.P.T. y M.I.	M.W.: Muestra de agua	RC: Arcilla	AR: Areno	LL: Límite Líquid	IP: Índice de Plasticidad	c: Cohesión	TRIAX: Triaxia	SO <sub>4</sub> Sulfatos
T: Batería doble	W: Widia	M.I.: Muestra Inalterada	T.P.: Testigo parafinado		LIM: Limo	GR: Grava	LP: Límite Plástico	S.U.C.S.: Clasificación de Suelos	Ø: Ángulo de rozamiento	CD: Corte directo	CO <sub>3</sub> : Carbonatos

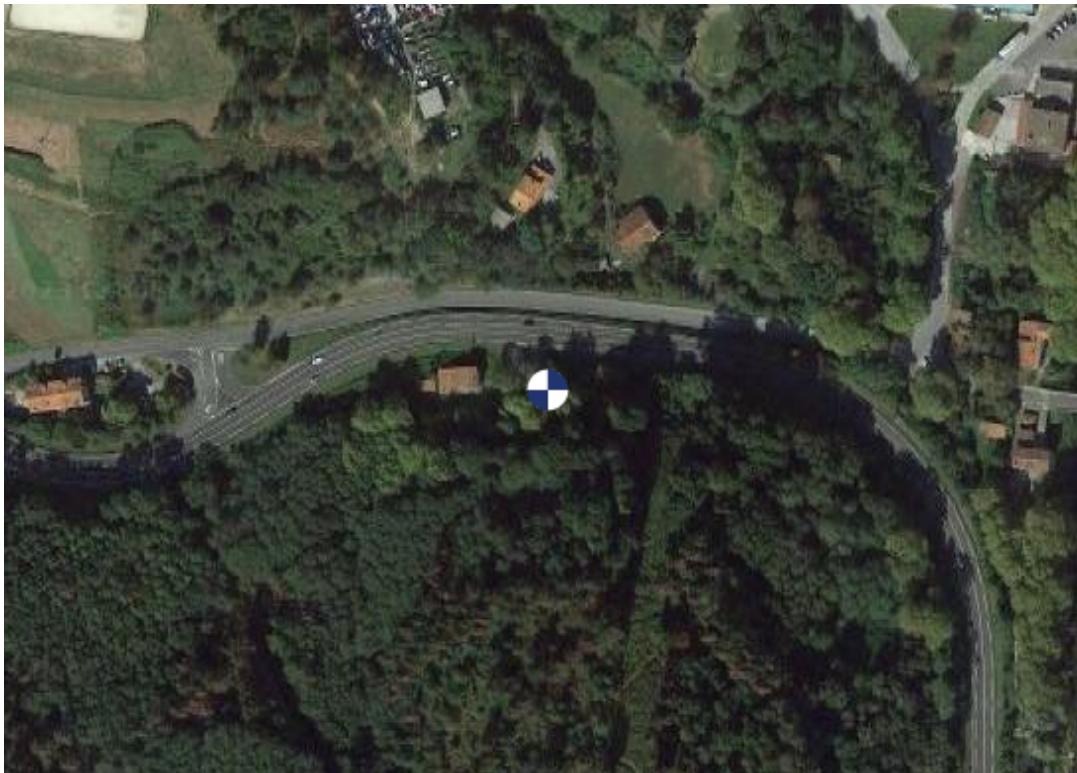
MARCO GEODÉSICO:	X: 559741.6	SONDA TIPO:	TECOINSA TP-50	SONDISTA	CLIENTE	SOLICITANTE:    	OBRA: SONDEOS MECÁNICOS		
	Y: 4789395.7			SANTIAGO					
	Z: 0	EMPRESA DE SONDEOS:	INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA LUR S.L.		GEÓLOGO:				
	I: 0	MÉTODO DE PERFORACIÓN:	ROTACIÓN	DANIEL	CLAVE:				
	AZ: 0				REVISADO:				
					DINGE LUR				
						FECHA	INICIO: 16/02/2023 FIN: 17/02/2023	SONDEO: S-1 IRAETA	HOJA 1 de 4



MARCO GEODÉSICO:	X: 559741.6	SONDA TIPO:	TECOINSA TP-50	SONDISTA	CLIENTE	SOLICITANTE:    	OBRA: SONDEOS MECÁNICOS
	Y: 4789395.7			SANTIAGO			
	Z: 0	EMPRESA DE SONDEOS:	INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA LUR S.L.				
	I: 0	MÉTODO DE PERFORACIÓN:	ROTACIÓN	GEÓLOGO:			
	AZ: 0			DANIEL	CLAVE: 		
					REVISADO:		



MARCO GEODÉSICO:	X: 559741.6	SONDA TIPO:	TECOINSA TP-50	SONDISTA	CLIENTE	SOLICITANTE:	OBRA: SONDEOS MECÁNICOS	
	Y: 4789395.7	EMPRESA DE SONDEOS:	INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA LUR S.L.	SANTIAGO GEÓLOGO: DANIEL	team group   engineering consulting CLAVE: INGE LUR	euskal trenbide sareo		
I: 0	MÉTODO DE PERFORACIÓN:	ROTACIÓN	REVISADO:	FECHA	INICIO: 16/02/2023	FIN: 17/02/2023	SONDEO: S-1 IRAETA	HOJA 3 de 4
AZ:								



SITUACIÓN



Emplazamiento



Caja 1 Profundidad: 0-2.25m.



Caja 2 Profundidad: 2.25-4.4m.

B: Batería sencilla	D: Diamante	S.P.T.: Ensayo de Penetración Estándar	R: Rechazo S.P.T. y M.I.	M.W.: Muestra de agua	RC: Arcilla	AR: Areno	LL: Límite Líquid	IP: Índice de Plasticidad	c: Cohesión	TRIAX: Triaxia	SO <sub>4</sub> Sulfatos
T: Batería doble	W: Widia	M.I.: Muestra Inalterada	T.P.: Testigo parafinado		LIM: Limo	GR: Grava	LP: Límite Plástico	S.U.C.S.: Clasificación de Suelos	Ø: Ángulo de rozamiento	CD: Corte directo	CO <sub>3</sub> : Carbonatos

MARCO GEODÉSICO:	X: 559741.6 Y: 4789395.7 Z: 0 I: 0 AZ:	SONDA TIPO: TECOINSA TP-50 EMPRESA DE SONDEOS: INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA LUR S.L. MÉTODO DE PERFORACIÓN: ROTACIÓN	SONDISTA: SANTIAGO GEÓLOGO: DANIEL	CLIENTE: team group engineering consulting CLAVE: INGE LUR	SOLICITANTE: euskal trenbide sarea	FECHA: 16/02/2023 INICIO: 16/02/2023 FIN: 17/02/2023	OBRA: SONDEOS MECÁNICOS SONDEO: S-1 IRAETA	HOJA 4 de 4
------------------	--	--	---------------------------------------	---	------------------------------------	--	---	-------------



Caja 3 Profundidad: 4.4-6.35m.



Caja 4 Profundidad: 6.35-8m.



Caja 5 Profundidad: 8-10.75m.

B: Batería sencilla  
T: Batería doble

D: Diamante  
W: Widia

S.P.T.: Ensayo de Penetración Estándar  
M.I.: Muestra Inalterada

R: Rechazo S.P.T. y M.I.  
T.P.: Testigo parafinado

M.W.: Muestra de agua

RC: Arcilla  
LIM: Limo

AR: Arena  
GR: Grava

LL: Límite Líquid  
LP: Límite Plástico

IP: Índice de Plasticidad  
S.U.C.S.: Clasificación de Suelos

c: Cohesión  
Ø: Ángulo de rozamiento

TRIAX: Triaxia  
CD: Corte directo

SO<sub>4</sub> Sulfatos  
CO<sub>3</sub>: Carbonatos

F-GTC-01 B

**Apéndice n º2. Ensayos de campo (permeabilidad).**



## ENSAYO DE PERMEABILIDAD LUGEON

PROYECTO:	RECONOCIMIENTO GEOTECNICO TUNELES UROLA				
SONDEO:	SM-1 TUNEL ARROA		PRUEBA N°:	1	FECHA:
MATERIAL ENSAYADO:	LUTITAS CALCAREAS NEGRAS				
TRAMO ENSAYADO	DE:	5,10	m	A:	10,10 m

**Datos referentes al sondeo:**

Z: Altura del manómetro desde la cota del terreno	1,0	m
D: Diámetro del tramo ensayado	101	mm
F: Profundidad del nivel freático desde cota de terreno	25,0	m
h: Presión del agua desde el manómetro hasta el nivel freático, si es superior al tramo ensayado o hasta el punto medio de este	0,86	kp/cm <sup>2</sup>
L: Longitud del tramo ensayado	5,0	m

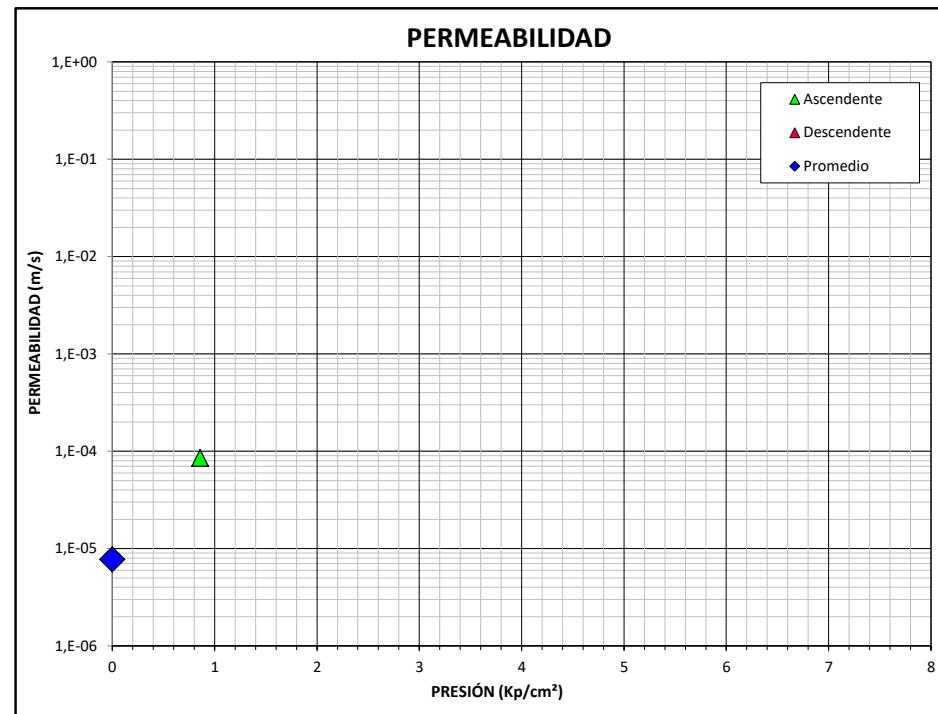
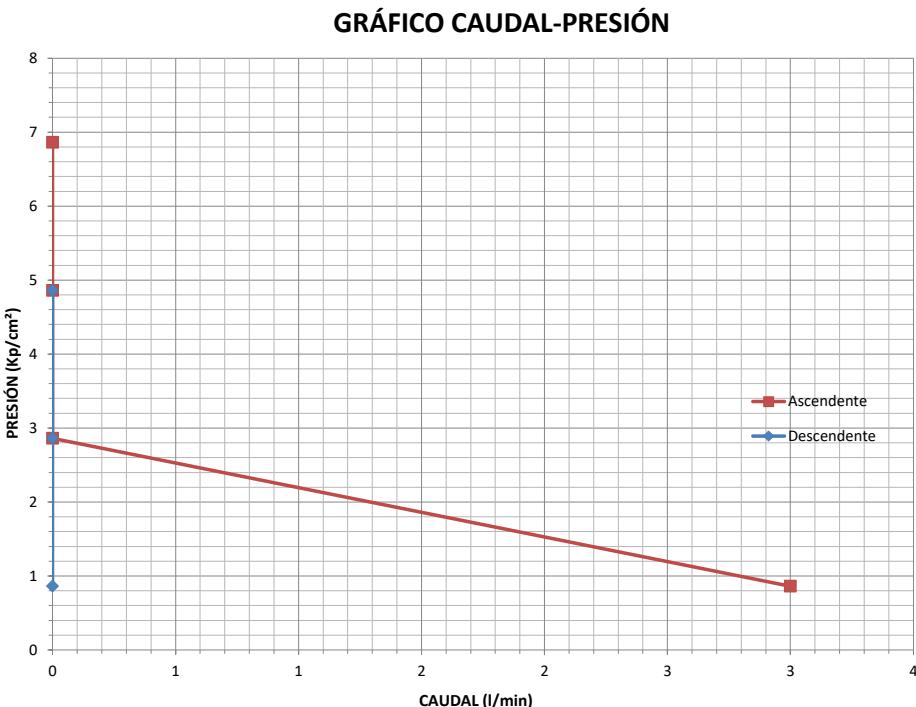
**DATOS DE CAMPO**

Estadio	P: Presión del manómetro	V: Volumen de agua introducido en el sondeo	t: Tiempo de duración del ensayo
1	0,0 kp/cm <sup>2</sup>	30 litros	10 min
2	2,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min
3	4,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min
4	6,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min
5	8,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min
6	10,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min
7	8,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min
8	6,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min
9	4,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min
10	2,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min
11	0,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min

Estadio	H	(kp/cm <sup>2</sup> )	Q	(l/min)	K (m/s)	Uni. LUGEON
1	H1	0,86	Q1	3,00	8,50E-05	7,0
2	H2	2,86	Q2	0,00	0,00E+00	0,0
3	H3	4,86	Q3	0,00	0,00E+00	0,0
4	H4	6,86	Q4	0,00	0,00E+00	0,0
5	H5	8,86	Q5	0,00	0,00E+00	0,0
6	H6	10,86	Q6	0,00	0,00E+00	0,0
7	H7	8,86	Q7	0,00	0,00E+00	0,0
8	H8	6,86	Q8	0,00	0,00E+00	0,0
9	H9	4,86	Q9	0,00	0,00E+00	0,0
10	H10	2,86	Q10	0,00	0,00E+00	0,0
11	H11	0,86	Q11	0,00	0,00E+00	0,0

OBSERVACIONES:

	K promedio	7,72E-06	m/s
		7,72E-08	cm/s



## ENSAYO DE PERMEABILIDAD LUGEON

PROYECTO:	RECONOCIMIENTO GEOTECNICO TUNELES UROLA				
SONDEO:	SM-1 TUNEL IRAETA		PRUEBA N°:	1	FECHA:
MATERIAL ENSAYADO:	MARGAS Y LIMOLITAS CALCAREAS				
TRAMO ENSAYADO	DE:	5,70	m	A:	10,70 m

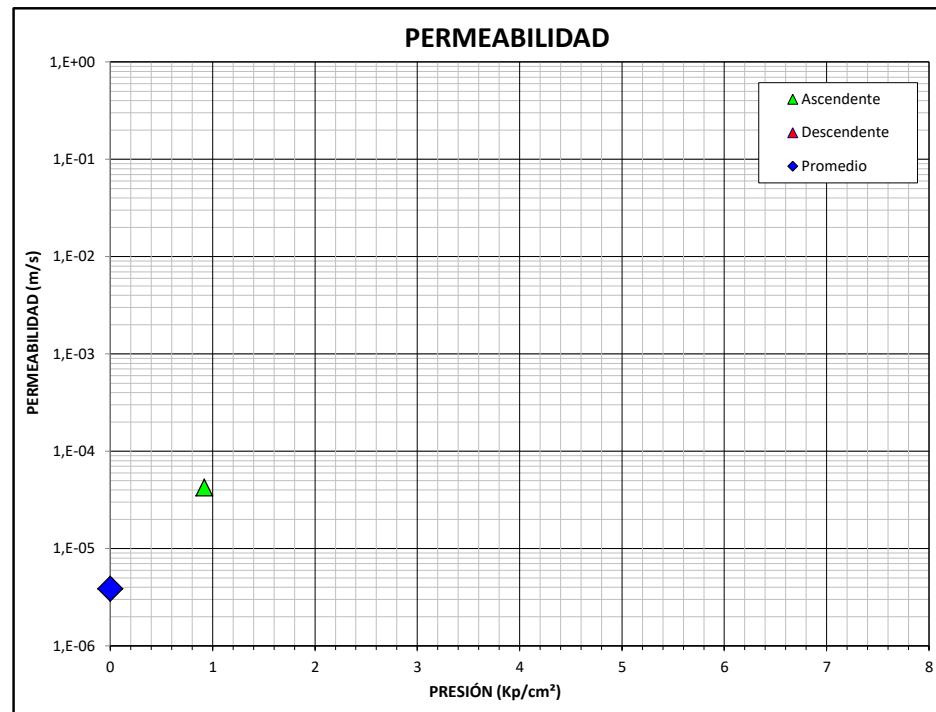
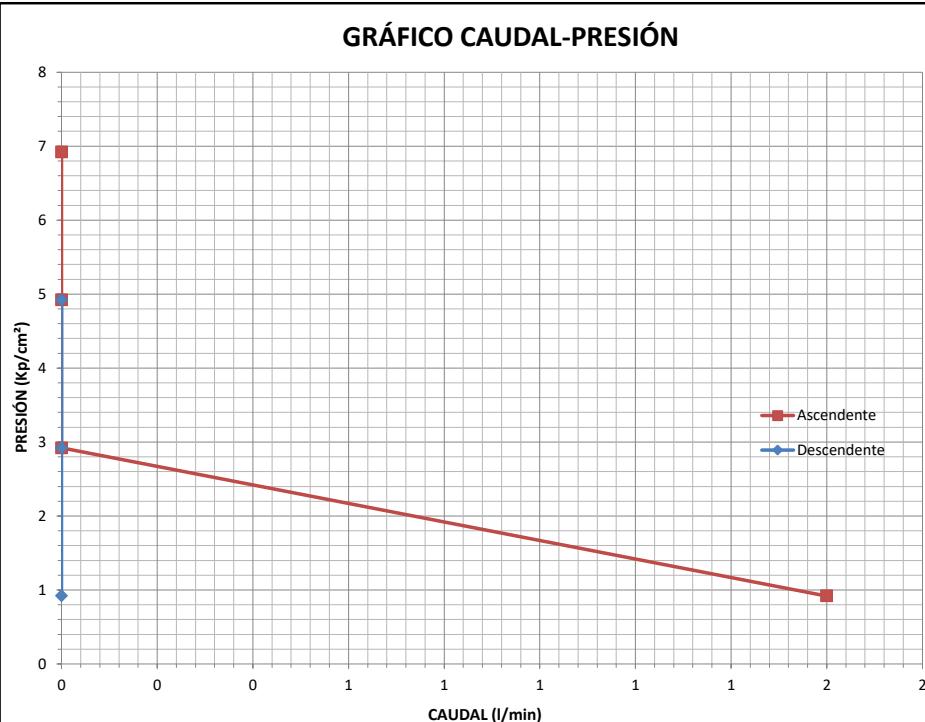
**Datos referentes al sondeo:**

Z: Altura del manómetro desde la cota del terreno	1,0	m
D: Diámetro del tramo ensayado	101	mm
F: Profundidad del nivel freático desde cota de terreno	25,0	m
h: Presión del agua desde el manómetro hasta el nivel freático, si es superior al tramo ensayado o hasta el punto medio de este	0,92	kp/cm <sup>2</sup>
L: Longitud del tramo ensayado	5,0	m

**DATOS DE CAMPO**

Estadio	P: Presión del manómetro	V: Volumen de agua introducido en el sondeo	t: Tiempo de duración del ensayo
1	0,0 kp/cm <sup>2</sup>	16 litros	10 min
2	2,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min
3	4,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min
4	6,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min
5	8,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min
6	10,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min
7	8,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min
8	6,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min
9	4,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min
10	2,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min
11	0,0 kp/cm <sup>2</sup>	0 litros	10 min

Estadio	H	(kp/cm <sup>2</sup> )	Q	(l/min)	K (m/s)	Uni. LUGEON
1	H1	0,92	Q1	1,60	4,24E-05	3,5
2	H2	2,92	Q2	0,00	0,00E+00	0,0
3	H3	4,92	Q3	0,00	0,00E+00	0,0
4	H4	6,92	Q4	0,00	0,00E+00	0,0
5	H5	8,92	Q5	0,00	0,00E+00	0,0
6	H6	10,92	Q6	0,00	0,00E+00	0,0
7	H7	8,92	Q7	0,00	0,00E+00	0,0
8	H8	6,92	Q8	0,00	0,00E+00	0,0
9	H9	4,92	Q9	0,00	0,00E+00	0,0
10	H10	2,92	Q10	0,00	0,00E+00	0,0
11	H11	0,92	Q11	0,00	0,00E+00	0,0
<b>OBSERVACIONES:</b>			<b>K promedio</b>	<b>3,85E-06</b>	<b>m/s</b>	
				<b>3,85E-08</b>	<b>cm/s</b>	



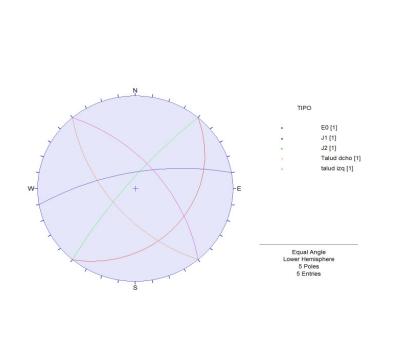
**Apéndice n.º 3. Estaciones geomecánicas.**



CLASIFICACIONES GEOMEcÁNICAS			Q BARTON			ORIENTACIÓN PROMEDIO DISCONTINUIDADES		
INDICE RMR	DATO	Valoración		DATO	VALORACIÓN	TIPO PLANO	BUZAMIENTO	DIRECCION BUZAMIENTO
Estado	Resistencia	25	2	RQD		E0	40	150
	RQD	20%	4	Jn		J1	80	90
	Espaciado	0,02-0,06	8	Jr		J2	20	330
	Longitud (m)	<1 m	6	Ja		J3	50	260
	Rugosidad	Ondulada	1	Jw		J4		
	Apertura (mm)	0,1-1mm	5	SRF				
	Relleno	No	6					
	Alteración	Mod. alterada	3					
	Agua	Seco	15,0					
	Orientación	x						

Limolitas calcáreas negras (margas de Itziar-Urgoniano) muy fracturadas y ligeramente meteorizadas GM=II. Presentan la tipica exfoliación en capas de cebolla producto de la meteorización y que producen el desprendimiento de numerosos bloques pero de pequeño tamaño

CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS			ORIENTACIÓN PROMEDIO DISCONTINUIDADES					
INDICE RMR	DATO	Valoración	Q BARTON	DATO	VALORACIÓN	TIPO PLANO	BUZAMIENTO	DIRECCION BUZAMIENTO
Estado	Resistencia	25	RQD			E0	50	180
	RQD	20%	Jn			J1	80	90
	Espaciado	0,02-0,06	Jr			J2	80	270
	Longitud (m)	<1 m	Ja			J3		
	Rugosidad	Ondulada	Jw			J4		
	Apertura (mm)	0,1-1mm	SRF					
	Relleno	No						
	Alteración	Mod. alterada						
	Agua	Seco						
	Orientación	x						
RMR BÁSICO RMRb			ÍNDICE Q DE BARTON (2000)			#DIV/0!		
50			ÍNDICE GSI (MARINOS Y HOEK,2000)			45		

DATOS GENERALES																																																																																									
<b>PROYECTO:</b>	Expediente P200023298; Servicio para la redacción del proyecto de rehabilitación y refuerzo de los túneles de Iraeta y Arroa del ferrocarril de Urola																																																																																								
<b>CLAVE:</b>	22-044-ETS UROLA																																																																																								
<b>LOCALIZACIÓN</b>	BOCA SALIDA ARROA																																																																																								
<b>FECHA:</b>	19/04/2023																																																																																								
<b>COORDENADAS UTM:</b>	X 559219	Y 4789699	X 60																																																																																						
<b>CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS</b> HÚMEDO																																																																																									
Índice RMR (Bieniawski, 1989):																																																																																									
<b>CARACTERIZACIÓN DE LA ROCA MATERIZ</b>																																																																																									
<b>LITOLOGIA:</b> CALIZAS CON INTERCALACIONES DE MARGOCALIZAS																																																																																									
<b>METEORIZACIÓN (ISRM, 1981):</b> I																																																																																									
<b>RESISTENCIA (ISRM 1981):</b> 25-50 MPa																																																																																									
Fotografía del macizo.																																																																																									
 <p>2023/4/19 08:47</p>																																																																																									
Fotografía de detalle (incluir escala).																																																																																									
 <p>2023/4/19 09:45</p>																																																																																									
 <p>Escal Angle Locus Angle 5 Fores 5 Entris</p> <p>TIPO EO [1] J1 [1] J2 [1] Talud dcha [1] Talud Izq [1]</p>																																																																																									
Proyección estereográfica de discontinuidades y del talud.																																																																																									
<b>LEYENDA</b> <table border="1"> <tr> <td><b>Tipo de plano (1)</b></td> <td><b>Rellenos (2)</b></td> <td><b>Litología (3)</b></td> <td colspan="7">Resistencia a partir de índices de campo (ISRM, 1981) (4)</td> </tr> <tr> <td>E Estratificación</td> <td>C Arcillas y limo</td> <td>Ox Óxidos</td> <td>Pz Pizarras</td> <td>Es Esquistos</td> <td colspan="7"></td> </tr> <tr> <td>S Esquistosidad</td> <td>S Arenas</td> <td>Q Cuarzo</td> <td>Gw Grauwacas</td> <td>Bc Biocalcareitas</td> <td colspan="7"></td> </tr> <tr> <td>J Juntas</td> <td>G Gravas</td> <td>Cc Carbonatos</td> <td>Ar Areniscas</td> <td>Gr Rocas graníticas</td> <td colspan="7"></td> </tr> <tr> <td>F Fallas</td> <td>B Brechas</td> <td>F Feldespatos</td> <td>Cz Calizas</td> <td>V Rocas básicas</td> <td colspan="7"></td> </tr> <tr> <td>B Bandeado</td> <td>M Milonitas</td> <td>Ma Miner. Arcilla</td> <td>Ma Mármoles</td> <td colspan="7"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Mg Margas</td> <td colspan="7"></td> </tr> </table>										<b>Tipo de plano (1)</b>	<b>Rellenos (2)</b>	<b>Litología (3)</b>	Resistencia a partir de índices de campo (ISRM, 1981) (4)							E Estratificación	C Arcillas y limo	Ox Óxidos	Pz Pizarras	Es Esquistos								S Esquistosidad	S Arenas	Q Cuarzo	Gw Grauwacas	Bc Biocalcareitas								J Juntas	G Gravas	Cc Carbonatos	Ar Areniscas	Gr Rocas graníticas								F Fallas	B Brechas	F Feldespatos	Cz Calizas	V Rocas básicas								B Bandeado	M Milonitas	Ma Miner. Arcilla	Ma Mármoles											Mg Margas							
<b>Tipo de plano (1)</b>	<b>Rellenos (2)</b>	<b>Litología (3)</b>	Resistencia a partir de índices de campo (ISRM, 1981) (4)																																																																																						
E Estratificación	C Arcillas y limo	Ox Óxidos	Pz Pizarras	Es Esquistos																																																																																					
S Esquistosidad	S Arenas	Q Cuarzo	Gw Grauwacas	Bc Biocalcareitas																																																																																					
J Juntas	G Gravas	Cc Carbonatos	Ar Areniscas	Gr Rocas graníticas																																																																																					
F Fallas	B Brechas	F Feldespatos	Cz Calizas	V Rocas básicas																																																																																					
B Bandeado	M Milonitas	Ma Miner. Arcilla	Ma Mármoles																																																																																						
			Mg Margas																																																																																						
<b>METEORIZACIÓN (ISRM, 1981)</b> <b>RESISTENCIA (MPa) (ISRM, 1981) (4)</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Fresca</th> <th rowspan="2">Lig. Meteorizada</th> <th rowspan="2">Mod. Meteorizada</th> <th rowspan="2">Altamente Meteorizada</th> <th rowspan="2">Completamente Meteor.</th> <th rowspan="2">Suelo residual</th> <th colspan="2">Extrem. Blanda</th> <th colspan="2">Muy blanda</th> <th colspan="2">Blanda</th> <th colspan="2">Moder Dura</th> <th colspan="2">Dura</th> <th colspan="2">Muy Dura</th> <th colspan="2">Extrem Dura</th> </tr> <tr> <th>0.25-1,0</th> <th>1,0-5,0</th> <th>5,0-25</th> <th>25-50</th> <th>50-100</th> <th>100-250</th> <th>&gt;250</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>II</td> <td>III</td> <td>IV</td> <td>V</td> <td>VI</td> <td>R0</td> <td>R1</td> <td>R2</td> <td>R3</td> <td>R4</td> <td>R5</td> <td>R6</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Fresca	Lig. Meteorizada	Mod. Meteorizada	Altamente Meteorizada	Completamente Meteor.	Suelo residual	Extrem. Blanda		Muy blanda		Blanda		Moder Dura		Dura		Muy Dura		Extrem Dura		0.25-1,0	1,0-5,0	5,0-25	25-50	50-100	100-250	>250	I	II	III	IV	V	VI	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6																																								
Fresca	Lig. Meteorizada	Mod. Meteorizada	Altamente Meteorizada	Completamente Meteor.	Suelo residual	Extrem. Blanda		Muy blanda								Blanda		Moder Dura		Dura		Muy Dura		Extrem Dura																																																																	
						0.25-1,0	1,0-5,0	5,0-25	25-50	50-100	100-250	>250																																																																													
I	II	III	IV	V	VI	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6																																																																													
Resistencia a partir de índices de campo (ISRM, 1981) (4) <table border="1"> <tr> <td>R0 Se puede marcar con la uña.</td> <td>R1 Al golpear con la punta del martillo la roca se desmienza.</td> <td>R2 Al golpear con la punta del martillo se producen ligeras marcas.</td> <td>R3 Con un golpe fuerte de martillo puede fracturarse.</td> <td>R4 Se requiere más de un golpe del martillo para fracturarla.</td> <td>R5 Se requiere muchos golpes del martillo para fracturarla.</td> <td>R6 Al golpear con el martillo sólo saltan esquirlas.</td> <td>S1 El puño penetra fácilmente varios cm.</td> <td>S2 El dedo penetra fácilmente varios cm.</td> <td>S3 Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo.</td> <td>S4 Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.</td> <td>S5 Con cierta presión suele marcarse con la uña.</td> <td>S6 Se marca con dificultad al presionar con la uña.</td> </tr> </table>										R0 Se puede marcar con la uña.	R1 Al golpear con la punta del martillo la roca se desmienza.	R2 Al golpear con la punta del martillo se producen ligeras marcas.	R3 Con un golpe fuerte de martillo puede fracturarse.	R4 Se requiere más de un golpe del martillo para fracturarla.	R5 Se requiere muchos golpes del martillo para fracturarla.	R6 Al golpear con el martillo sólo saltan esquirlas.	S1 El puño penetra fácilmente varios cm.	S2 El dedo penetra fácilmente varios cm.	S3 Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo.	S4 Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.	S5 Con cierta presión suele marcarse con la uña.	S6 Se marca con dificultad al presionar con la uña.																																																																			
R0 Se puede marcar con la uña.	R1 Al golpear con la punta del martillo la roca se desmienza.	R2 Al golpear con la punta del martillo se producen ligeras marcas.	R3 Con un golpe fuerte de martillo puede fracturarse.	R4 Se requiere más de un golpe del martillo para fracturarla.	R5 Se requiere muchos golpes del martillo para fracturarla.	R6 Al golpear con el martillo sólo saltan esquirlas.	S1 El puño penetra fácilmente varios cm.	S2 El dedo penetra fácilmente varios cm.	S3 Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo.	S4 Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.	S5 Con cierta presión suele marcarse con la uña.	S6 Se marca con dificultad al presionar con la uña.																																																																													

CLASIFICACIONES GEOMEcÁNICAS			ORIENTACIÓN PROMEDIO DISCONTINUIDADES					
INDICE RMR	DATO	Valoración	Q BARTON	DATO	VALORACIÓN	TIPO PLANO	BUZAMIENTO	DIRECCION BUZAMIENTO
Estado	Resistencia	5	RQD			E0	30	130
	RQD	0%	Jn			J1	70	350
	Espaciado	0,02-0,06	Jr			J2	80	310
	Longitud (m)	<1 m	Ja			J3		
	Rugosidad	Ondulada	Jw			J4		
	Apertura (mm)	0,1-1mm	SRF					
	Relleno	No						
	Alteración	mUY. alterada						
	Agua	Húmedo						
	Orientación	x						
RMR BÁSICO RMRb			ÍNDICE Q DE BARTON (2000)			#DIV/0!		
43			ÍNDICE GSI (MARINOS Y HOEK,2000)			30		

**Apéndice nº4. Ensayos de laboratorio.**





Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4025	1771	86311	S .2023/465	15/03/2023

## ACTA DE RESULTADOS

### DESTINATARIO

R-08-8

Instrumentación Geotécnica Lur, S.L. (INGELUR)  
C/Luisene II.  
Polígono Industrial Belako II, nave A16, 48100-Mungia, Bizkaia  
ESB95736245

CLIENTE / OBRA / EXP.: 1605 / 5661/ 100896

1605: Instrumentación Geotécnica Lur, S.L. (INGELUR), C/Luisene II.  
Polígono Industrial Belako II, nave A16, 48100-Mungia, Bizkaia  
ESB95736245

Ensayos varios de geotecnia.  
Varias

### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S-1, TP (De 10,20 a 10,75 m)

PROCEDENCIA: Túnel Iraeta

FECHA DE MUESTREO: 13/03/2023

### ENSAYOS REALIZADOS

Determinación de la resistencia a la compresión uniaxial, módulo de elasticidad (Young) y del coeficiente de Poisson de una muestra de roca. Según UNE 22950-3:1990.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L .

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4025	1771	86311	S .2023/465	15/03/2023

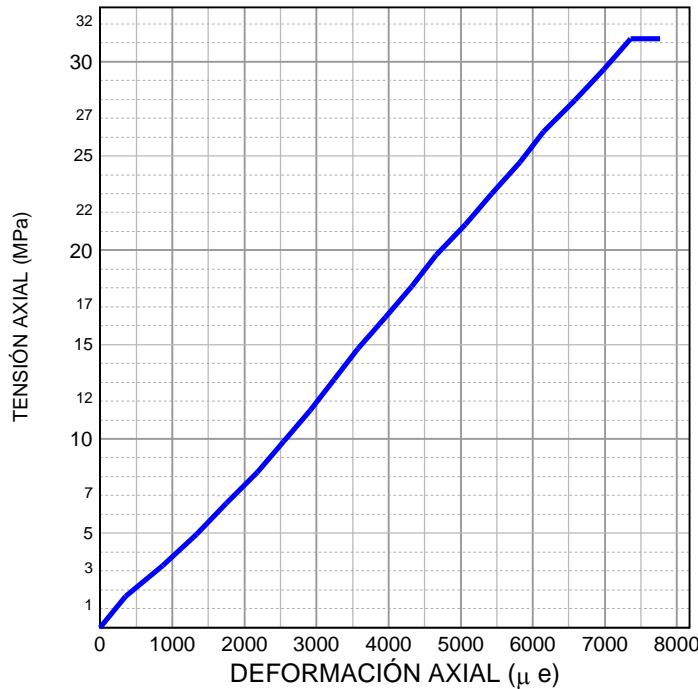
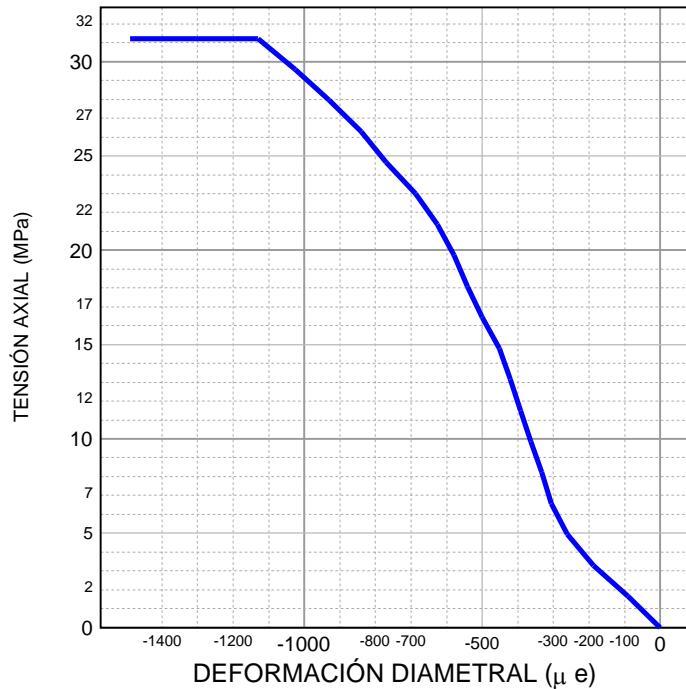
R-08-8

## COMPRESIÓN UNIAXIAL, MÓDULO DE YOUNG Y COEFICIENTE DE POISSON EN ROCA. Según norma UNE 22-950-90 Parte 3.

## DATOS DE LA PROBETA

Orientación del eje de carga	Aspecto masivo	
Número de probetas ensayadas	1 (testigo de sondeo facilitado por el cliente)	
Diámetro	mm	83,4
Altura	mm	221,8
Forma de rotura	Según eje de carga	
Desviaciones respecto a la Norma	No	
RESULTADOS DE ENSAYO		
Resistencia a compresión uniaxial	MPa	32,9
Módulo medio de Young	MPa	4653,47
Coeficiente de Poisson		0,11

Observaciones: 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup> = 10.2 kg/cm<sup>2</sup>



## OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4026	1772	86311	S .2023/465	15/03/2023

## ACTA DE RESULTADOS

### DESTINATARIO

R-08-8

Instrumentación Geotécnica Lur, S.L. (INGELUR)  
C/Luisene II.  
Polígono Industrial Belako II, nave A16, 48100-Mungia, Bizkaia  
ESB95736245

CLIENTE / OBRA / EXP.: 1605 / 5661/ 100896

1605: Instrumentación Geotécnica Lur, S.L. (INGELUR), C/Luisene II.  
Polígono Industrial Belako II, nave A16, 48100-Mungia, Bizkaia  
ESB95736245

Ensayos varios de geotecnia.  
Varias

### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S-1, TP (De 3,70 a 4,30 m)

PROCEDENCIA: Túnel Arroa

FECHA DE MUESTREO: 13/03/2023

### ENSAYOS REALIZADOS

Determinación de la resistencia a la compresión uniaxial, módulo de elasticidad (Young) y del coeficiente de Poisson de una muestra de roca. Según UNE 22950-3:1990.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L .

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4026	1772	86311	S.2023/465	15/03/2023

R-08-8

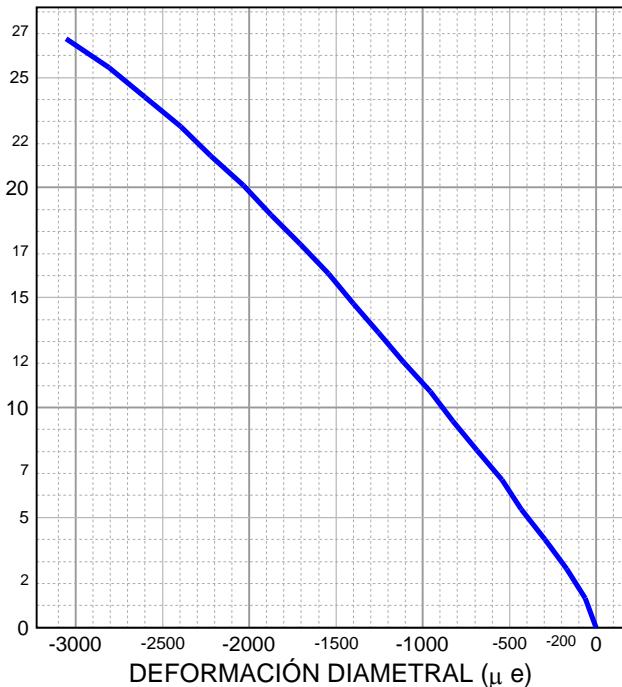
## COMPRESIÓN UNIAXIAL, MÓDULO DE YOUNG Y COEFICIENTE DE POISSON EN ROCA. Según norma UNE 22-950-90 Parte 3.

## DATOS DE LA PROBETA

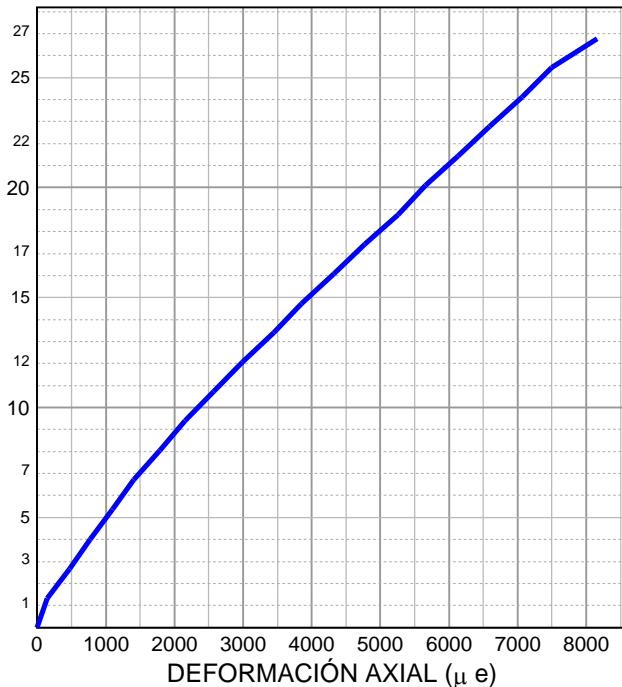
Orientación del eje de carga	Aspecto masivo	
Número de probetas ensayadas	1 (testigo de sondeo facilitado por el cliente)	
Diámetro	mm	83,3
Altura	mm	217,2
Forma de rotura	Según eje de carga	
Desviaciones respecto a la Norma	No	
RESULTADOS DE ENSAYO		
Resistencia a compresión uniaxial	MPa	26,8
Módulo medio de Young	MPa	3038,05
Coeficiente de Poisson		0,33

Observaciones: 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup> = 10.2 kg/cm<sup>2</sup>

TENSIÓN AXIAL (MPa)



TENSIÓN AXIAL (MPa)



## OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

  
 Raúl Alonso Fernández  
 Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

  
 Laudelino Orviz González  
 Ingeniero T. Industrial



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4027	1773	86311	S .2023/465	15/03/2023

## ACTA DE RESULTADOS

### DESTINATARIO

R-08-8

CLIENTE / OBRA / EXP.: 1605 / 5661/ 100896

1605: Instrumentación Geotécnica Lur, S.L. (INGELUR), C/Luisene II.  
Polígono Industrial Belako II, nave A16, 48100-Mungia, Bizkaia  
ESB95736245

Ensayos varios de geotecnia.  
Varias

### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S-1, TP (De 1,50 a 2,00 m)

PROCEDENCIA: Túnel Arroa

FECHA DE MUESTREO: 13/03/2023

### ENSAYOS REALIZADOS

Determinación de la resistencia a la compresión uniaxial, módulo de elasticidad (Young) y del coeficiente de Poisson de una muestra de roca. Según UNE 22950-3:1990.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L .

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4027	1773	86311	S.2023/465	15/03/2023

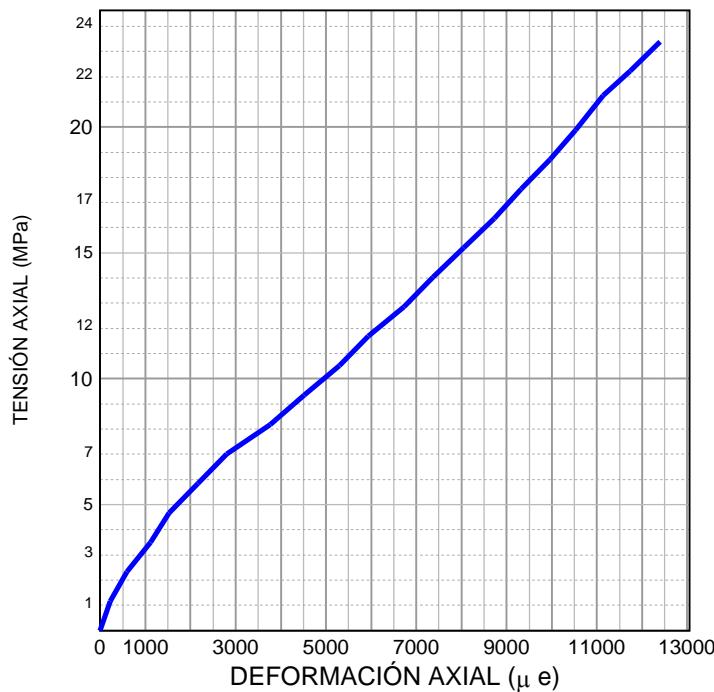
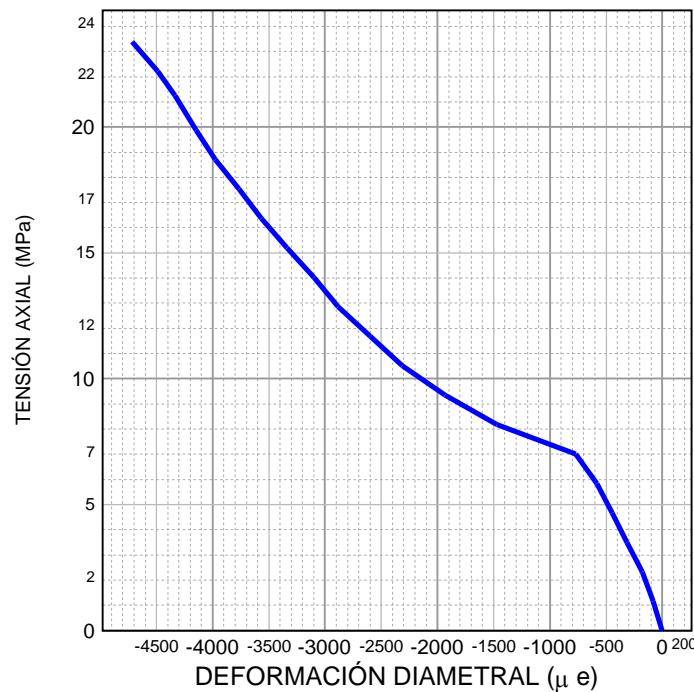
R-08-8

## COMPRESIÓN UNIAXIAL, MÓDULO DE YOUNG Y COEFICIENTE DE POISSON EN ROCA. Según norma UNE 22-950-90 Parte 3.

## DATOS DE LA PROBETA

Orientación del eje de carga	Aspecto masivo	
Número de probetas ensayadas	1 (testigo de sondeo facilitado por el cliente)	
Diámetro	mm	83,4
Altura	mm	223,6
Forma de rotura	Según eje de carga	
Desviaciones respecto a la Norma	No	
RESULTADOS DE ENSAYO		
Resistencia a compresión uniaxial	MPa	23,4
Módulo medio de Young	MPa	2118,61
Coeficiente de Poisson		0,27

Observaciones: 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup> = 10.2 kg/cm<sup>2</sup>



## OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

  
 Raúl Alonso Fernández  
 Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

  
 Laudelino Orviz González  
 Ingeniero T. Industrial



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4028	1774	86311	S .2023/465	15/03/2023

## ACTA DE RESULTADOS

### DESTINATARIO

R-08-8

Instrumentación Geotécnica Lur, S.L. (INGELUR)  
C/Luisene II.  
Polígono Industrial Belako II, nave A16, 48100-Mungia, Bizkaia  
ESB95736245

CLIENTE / OBRA / EXP.: 1605 / 5661/ 100896

1605: Instrumentación Geotécnica Lur, S.L. (INGELUR), C/Luisene II.  
Polígono Industrial Belako II, nave A16, 48100-Mungia, Bizkaia  
ESB95736245

Ensayos varios de geotecnia.  
Varias

### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S-1, TP (De 5,65 a 6,00 m)

PROCEDENCIA: Túnel Iraeta

FECHA DE MUESTREO: 13/03/2023

### ENSAYOS REALIZADOS

Determinación de la resistencia a la compresión uniaxial, módulo de elasticidad (Young) y del coeficiente de Poisson de una muestra de roca. Según UNE 22950-3:1990.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L .

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4028	1774	86311	S.2023/465	15/03/2023

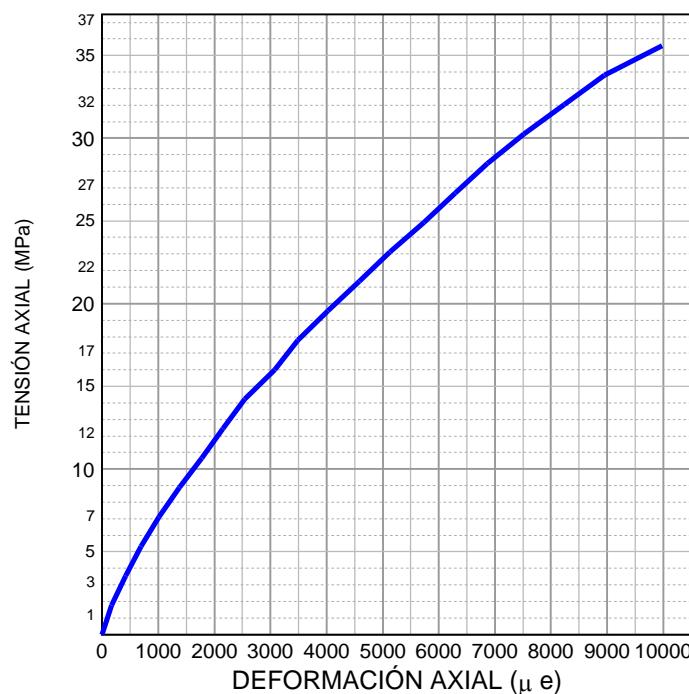
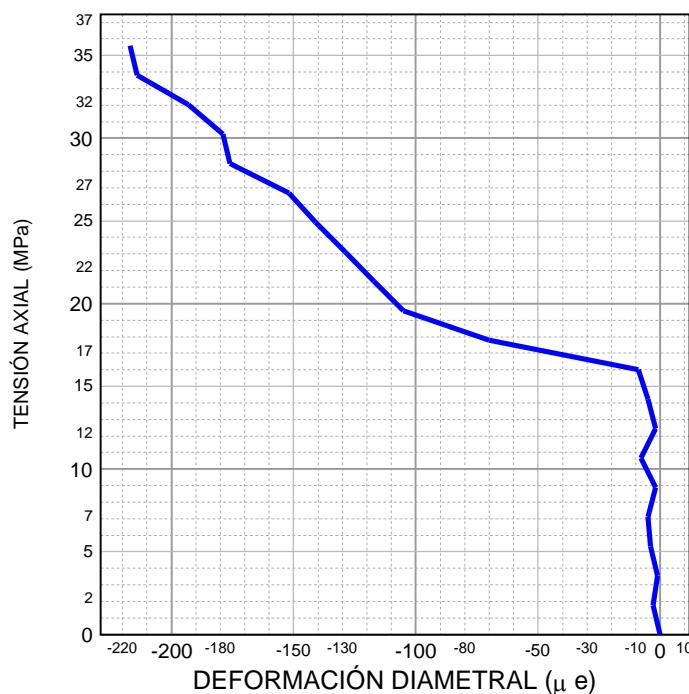
R-08-8

## COMPRESIÓN UNIAXIAL, MÓDULO DE YOUNG Y COEFICIENTE DE POISSON EN ROCA. Según norma UNE 22-950-90 Parte 3.

## DATOS DE LA PROBETA

Orientación del eje de carga	Aspecto masivo	
Número de probetas ensayadas	1 (testigo de sondeo facilitado por el cliente)	
Diámetro	mm	83,4
Altura	mm	223,6
Forma de rotura	Según eje de carga	
Desviaciones respecto a la Norma	No	
RESULTADOS DE ENSAYO		
Resistencia a compresión uniaxial	MPa	35,6
Módulo medio de Young	MPa	3735,57
Coeficiente de Poisson		0,10

Observaciones: 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup> = 10.2 kg/cm<sup>2</sup>.



## OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA



Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO



Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4029	1775	86311	S .2023/465	16/03/2023

## ACTA DE RESULTADOS

### DESTINATARIO

R-08-8

Instrumentación Geotécnica Lur, S.L. (INGELUR)  
C/Luisene II.  
Polígono Industrial Belako II, nave A16  
48100-Mungia  
Bizkaia

CLIENTE / OBRA / EXP.: 1605 / 5661/ 100896

1605: Instrumentación Geotécnica Lur, S.L. (INGELUR), C/Luisene II.  
Polígono Industrial Belako II, nave A16, 48100-Mungia, Bizkaia  
ESB95736245

Ensayos varios de geotecnia.  
Varias

### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S-1, TP (De 9,70 a 10,10 m)

PROCEDENCIA: Túnel Arroa

FECHA DE MUESTREO: 13/03/2023

### ENSAYOS REALIZADOS

Determinación de la resistencia a la compresión uniaxial, módulo de elasticidad (Young) y del coeficiente de Poisson de una muestra de roca. Según UNE 22950-3:1990.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L .

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4029	1775	86311	S.2023/465	16/03/2023

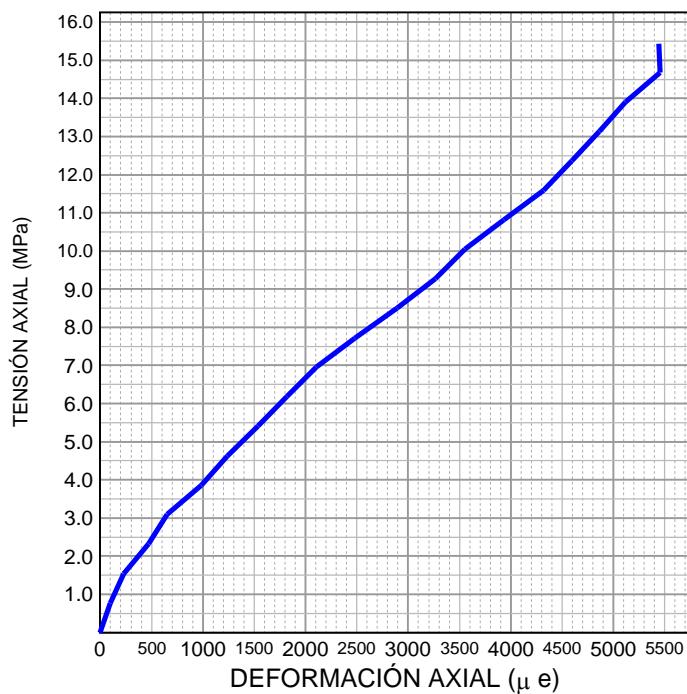
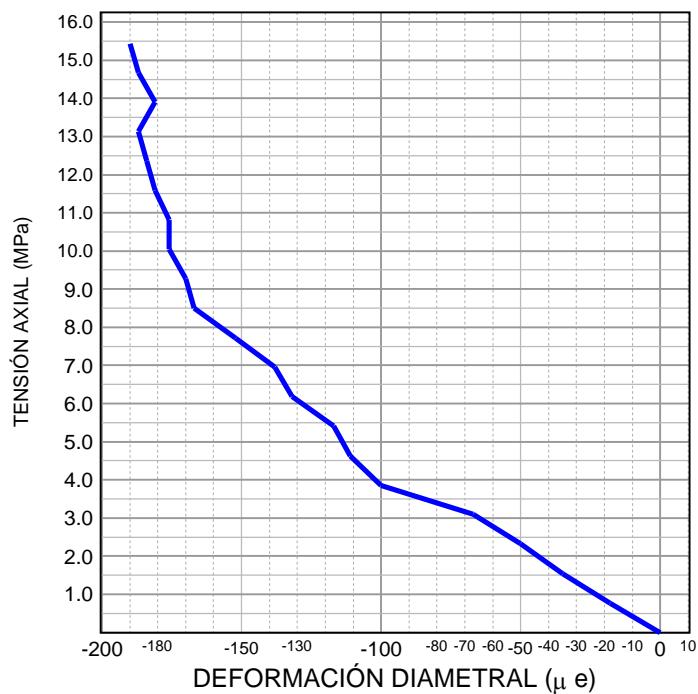
R-08-8

## COMPRESIÓN UNIAXIAL, MÓDULO DE YOUNG Y COEFICIENTE DE POISSON EN ROCA. Según norma UNE 22-950-90 Parte 3.

## DATOS DE LA PROBETA

Orientación del eje de carga	Aspecto masivo	
Número de probetas ensayadas	1 (testigo de sondeo facilitado por el cliente)	
Diámetro	mm	83,4
Altura	mm	197,0
Forma de rotura	Plano a 30º con eje de carga	
Desviaciones respecto a la Norma	Altura/diámetro < 2,5	
RESULTADOS DE ENSAYO		
Resistencia a compresión uniaxial	MPa	15,4
Módulo medio de Young	MPa	2956,46
Coeficiente de Poisson		0,06

Observaciones: 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup> = 10.2 kg/cm<sup>2</sup> // TÚNEL ARROA, S-1, TP (De 9,70 a 10,10 m)



## OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4030	1776	86311	S .2023/465	16/03/2023

## ACTA DE RESULTADOS

### DESTINATARIO

R-08-8

Instrumentación Geotécnica Lur, S.L. (INGELUR)  
C/Luisene II.  
Polígono Industrial Belako II, nave A16, 48100-Mungia, Bizkaia  
ESB95736245

CLIENTE / OBRA / EXP.: 1605 / 5661/ 100896

1605: Instrumentación Geotécnica Lur, S.L. (INGELUR), C/Luisene II.  
Polígono Industrial Belako II, nave A16, 48100-Mungia, Bizkaia  
ESB95736245

Ensayos varios de geotecnia.  
Varias

### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S-1, TP (De 8,30 a 8,70 m)

PROCEDENCIA: Túnel Arroa

FECHA DE MUESTREO: 13/03/2023

### ENSAYOS REALIZADOS

Determinación de la resistencia a la compresión uniaxial, módulo de elasticidad (Young) y del coeficiente de Poisson de una muestra de roca. Según UNE 22950-3:1990.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L .

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4030	1776	86311	S.2023/465	16/03/2023

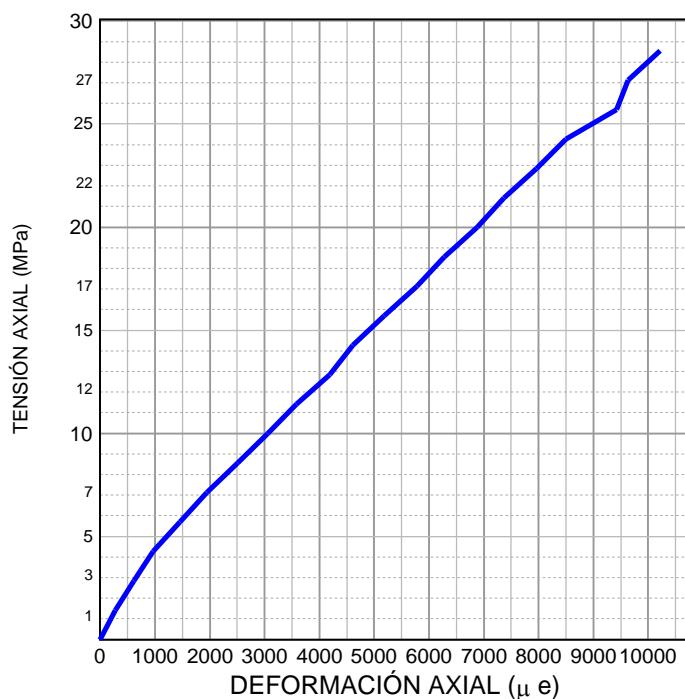
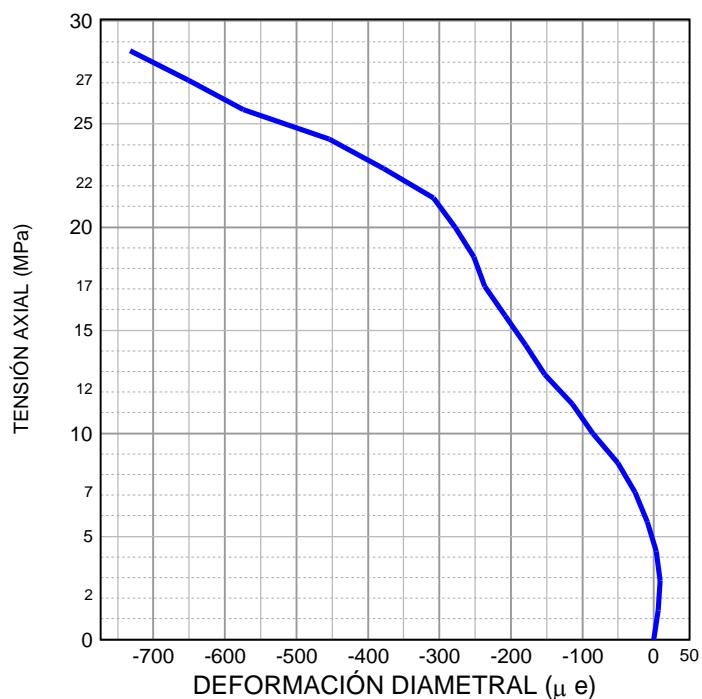
R-08-8

## COMPRESIÓN UNIAXIAL, MÓDULO DE YOUNG Y COEFICIENTE DE POISSON EN ROCA. Según norma UNE 22-950-90 Parte 3.

## DATOS DE LA PROBETA

Orientación del eje de carga	Aspecto masivo	
Número de probetas ensayadas	1 (testigo de sondeo facilitado por el cliente)	
Diámetro	mm	83,3
Altura	mm	214,3
Forma de rotura	Según eje de carga	
Desviaciones respecto a la Norma	No	
RESULTADOS DE ENSAYO		
Resistencia a compresión uniaxial	MPa	28,6
Módulo medio de Young	MPa	2596,63
Coeficiente de Poisson		0,06

Observaciones: 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup> = 10.2 kg/cm<sup>2</sup>// TÚNEL ARROA, S-1, TP (De 8,30 a 8,70 m)



## OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4202	1777	86311	S .2023/465	20/03/2023

## ACTA DE RESULTADOS

### DESTINATARIO

R-08-8

Instrumentación Geotécnica Lur, S.L. (INGELUR)  
C/Luisene II.  
Polígono Industrial Belako II, nave A16, 48100-Mungia, Bizkaia  
ESB95736245

CLIENTE / OBRA / EXP.: 1605 / 5661/ 100896

1605: Instrumentación Geotécnica Lur, S.L. (INGELUR), C/Luisene II.  
Polígono Industrial Belako II, nave A16, 48100-Mungia, Bizkaia  
ESB95736245

Ensayos varios de geotecnia.  
Varias

### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S-1, TP (De 3,40 a 3,65 m)

PROCEDENCIA: Túnel Iraeta

FECHA DE MUESTREO: 13/03/2023

### ENSAYOS REALIZADOS

Determinación de la resistencia a la compresión uniaxial, módulo de elasticidad (Young) y del coeficiente de Poisson de una muestra de roca. Según UNE 22950-3:1990.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L .

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4202	1777	86311	S.2023/465	20/03/2023

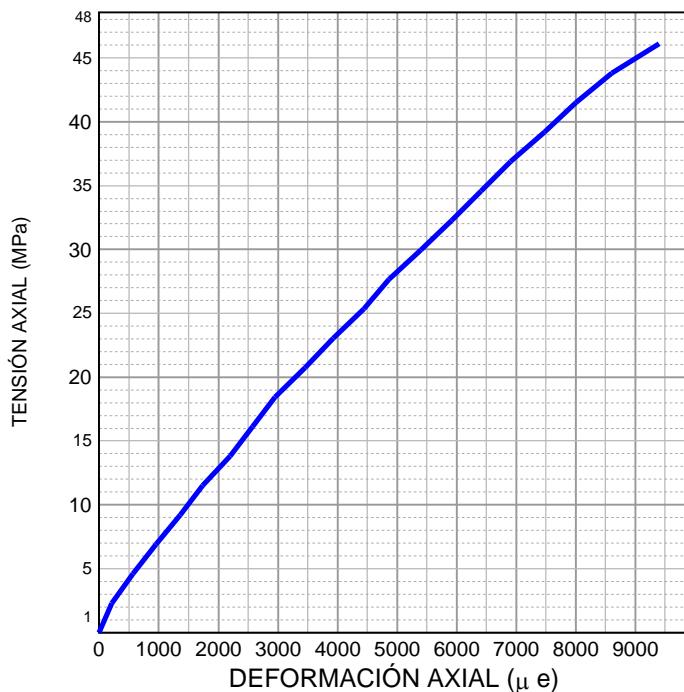
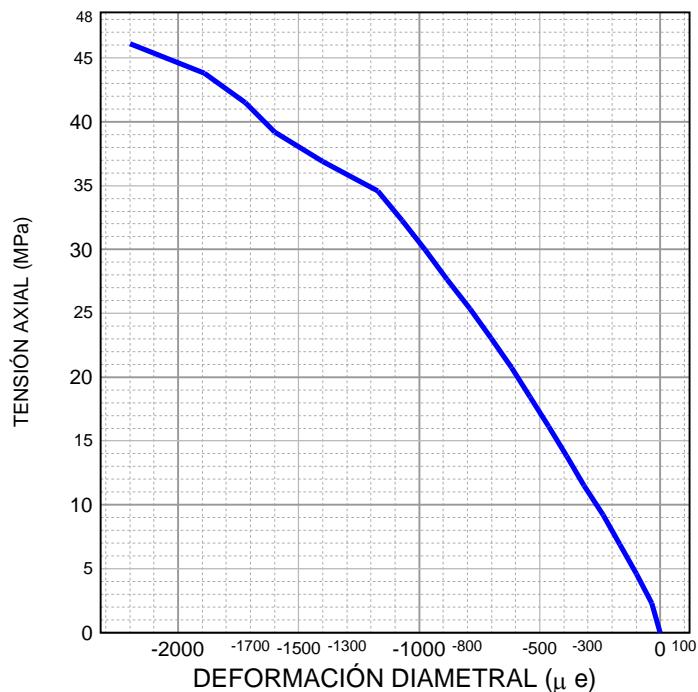
R-08-8

## COMPRESIÓN UNIAXIAL, MÓDULO DE YOUNG Y COEFICIENTE DE POISSON EN ROCA. Según norma UNE 22-950-90 Parte 3.

## DATOS DE LA PROBETA

Orientación del eje de carga	Aspecto masivo	
Número de probetas ensayadas	1 (testigo de sondeo facilitado por el cliente)	
Diámetro	mm	83,4
Altura	mm	215,5
Forma de rotura	Según eje de carga	
Desviaciones respecto a la Norma	No	
RESULTADOS DE ENSAYO		
Resistencia a compresión uniaxial	MPa	46,1
Módulo medio de Young	MPa	4822,36
Coeficiente de Poisson		0,18

Observaciones: 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup> = 10.2 kg/cm<sup>2</sup>



## OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA



Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO



Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4239	1778	86311	S .2023/465	20/03/2023

## ACTA DE RESULTADOS

### DESTINATARIO

R-08-8

Instrumentación Geotécnica Lur, S.L. (INGELUR)  
C/Luisene II.  
Polígono Industrial Belako II, nave A16, 48100-Mungia, Bizkaia  
ESB95736245

CLIENTE / OBRA / EXP.: 1605 / 5661/ 100896

1605: Instrumentación Geotécnica Lur, S.L. (INGELUR), C/Luisene II.  
Polígono Industrial Belako II, nave A16, 48100-Mungia, Bizkaia  
ESB95736245

Ensayos varios de geotecnia.  
Varias

### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S-1, TP (De 7,75 a 8,00 m)

PROCEDENCIA: Túnel Iraeta

FECHA DE MUESTREO: 13/03/2023

### ENSAYOS REALIZADOS

Determinación de la resistencia a la compresión uniaxial, módulo de elasticidad (Young) y del coeficiente de Poisson de una muestra de roca. Según UNE 22950-3:1990.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L .

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4239	1778	86311	S.2023/465	20/03/2023

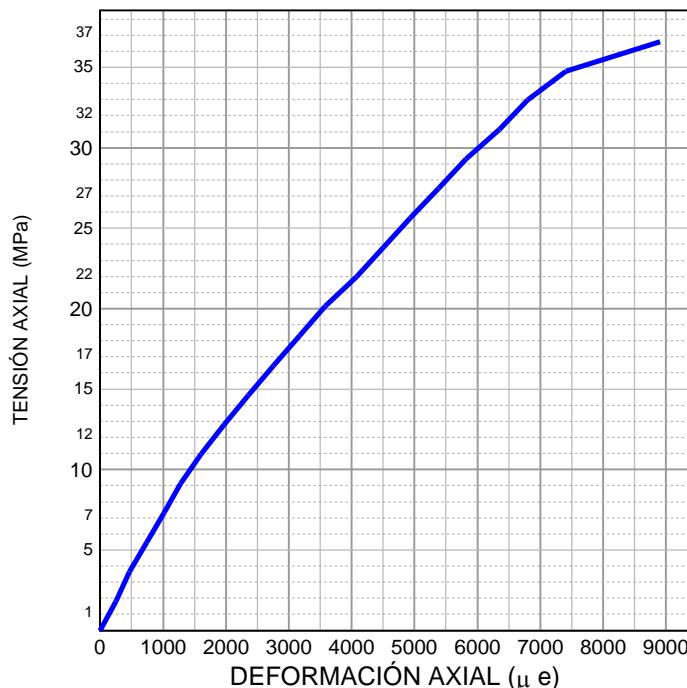
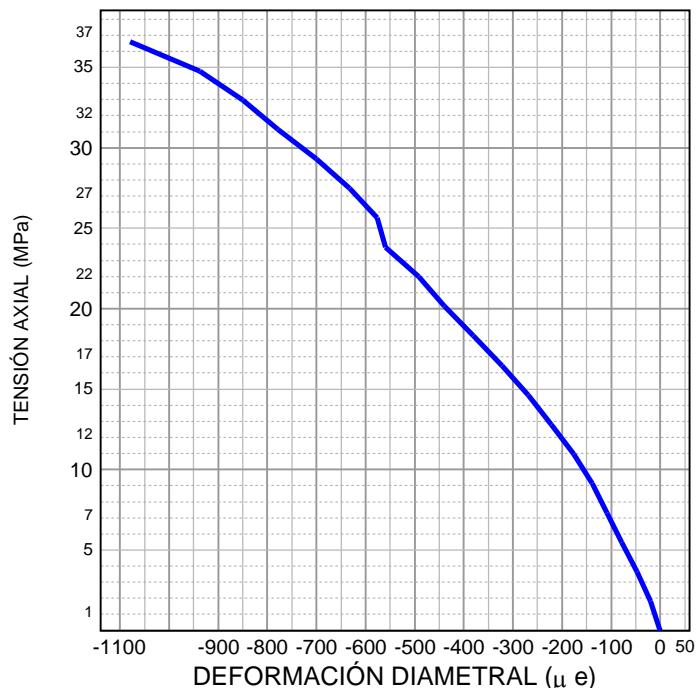
R-08-8

## COMPRESIÓN UNIAXIAL, MÓDULO DE YOUNG Y COEFICIENTE DE POISSON EN ROCA. Según norma UNE 22-950-90 Parte 3.

## DATOS DE LA PROBETA

Orientación del eje de carga	Aspecto masivo	
Número de probetas ensayadas	1 (testigo de sondeo facilitado por el cliente)	
Diámetro	mm	83,4
Altura	mm	213,0
Forma de rotura	Según eje de carga	
Desviaciones respecto a la Norma	No	
RESULTADOS DE ENSAYO		
Resistencia a compresión uniaxial	MPa	36,6
Módulo medio de Young	MPa	4259,15
Coeficiente de Poisson		0,13

Observaciones: 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup> = 10.2 kg/cm<sup>2</sup>



## OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA

Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO

Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4240	1779	86311	S .2023/465	20/03/2023

## ACTA DE RESULTADOS

### DESTINATARIO

R-08-8

Instrumentación Geotécnica Lur, S.L. (INGELUR)  
C/Luisene II.  
Polígono Industrial Belako II, nave A16, 48100-Mungia, Bizkaia  
ESB95736245

CLIENTE / OBRA / EXP.: 1605 / 5661/ 100896

1605: Instrumentación Geotécnica Lur, S.L. (INGELUR), C/Luisene II.  
Polígono Industrial Belako II, nave A16, 48100-Mungia, Bizkaia  
ESB95736245

Ensayos varios de geotecnia.  
Varias

### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S-1, TP (De 1,40 a 1,65 m)

PROCEDENCIA: Túnel Iraeta

FECHA DE MUESTREO: 13/03/2023

### ENSAYOS REALIZADOS

Determinación de la resistencia a la compresión uniaxial, módulo de elasticidad (Young) y del coeficiente de Poisson de una muestra de roca. Según UNE 22950-3:1990.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L .

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4240	1779	86311	S.2023/465	20/03/2023

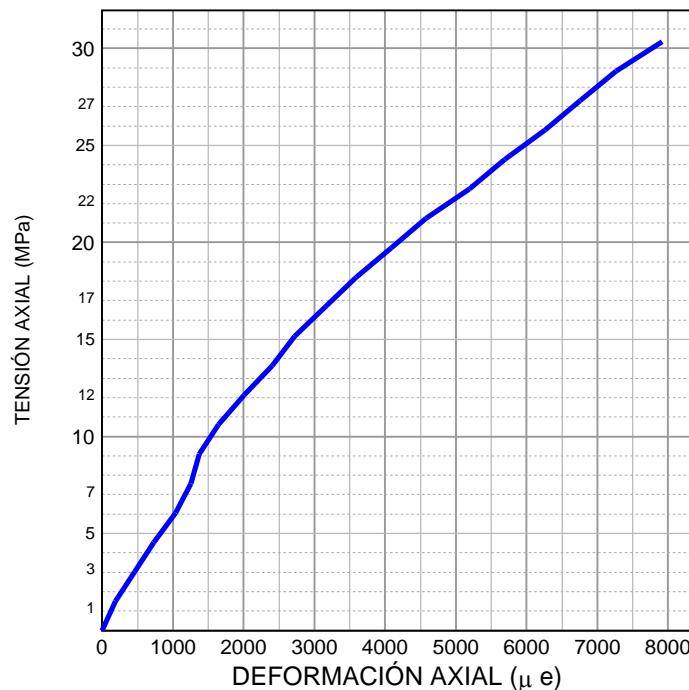
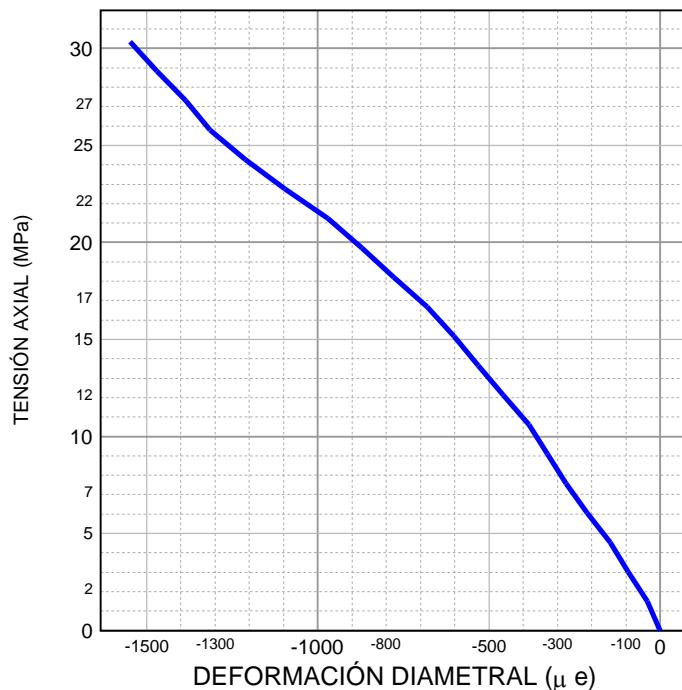
R-08-8

## COMPRESIÓN UNIAXIAL, MÓDULO DE YOUNG Y COEFICIENTE DE POISSON EN ROCA. Según norma UNE 22-950-90 Parte 3.

## DATOS DE LA PROBETA

Orientación del eje de carga	Aspecto masivo	
Número de probetas ensayadas	1 (testigo de sondeo facilitado por el cliente)	
Diámetro	mm	83,2
Altura	mm	208,0
Forma de rotura	Según eje de carga	
Desviaciones respecto a la Norma	No	
RESULTADOS DE ENSAYO		
Resistencia a compresión uniaxial	MPa	30,4
Módulo medio de Young	MPa	3824,83
Coeficiente de Poisson		0,20

Observaciones: 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup> = 10.2 kg/cm<sup>2</sup>// TÚNEL IRAETA S-1, TP (De 1,40 a 1,65 m)



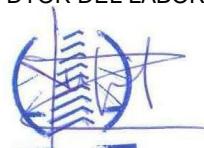
## OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA



Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO



Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4241	1780	86311	S .2023/465	20/03/2023

## ACTA DE RESULTADOS

### DESTINATARIO

R-08-8

CLIENTE / OBRA / EXP.: 1605 / 5661/ 100896

1605: Instrumentación Geotécnica Lur, S.L. (INGELUR), C/Luisene II.  
Polígono Industrial Belako II, nave A16, 48100-Mungia, Bizkaia  
ESB95736245

Ensayos varios de geotecnia.  
Varias

### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S-1, TP (De 6,00 a 6,25 m)

PROCEDENCIA: Túnel Arroa

FECHA DE MUESTREO: 13/03/2023

### ENSAYOS REALIZADOS

Determinación de la resistencia a la compresión uniaxial, módulo de elasticidad (Young) y del coeficiente de Poisson de una muestra de roca. Según UNE 22950-3:1990.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L .

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4241	1780	86311	S.2023/465	20/03/2023

R-08-8

## COMPRESIÓN UNIAXIAL, MÓDULO DE YOUNG Y COEFICIENTE DE POISSON EN ROCA. Según norma UNE 22-950-90 Parte 3.

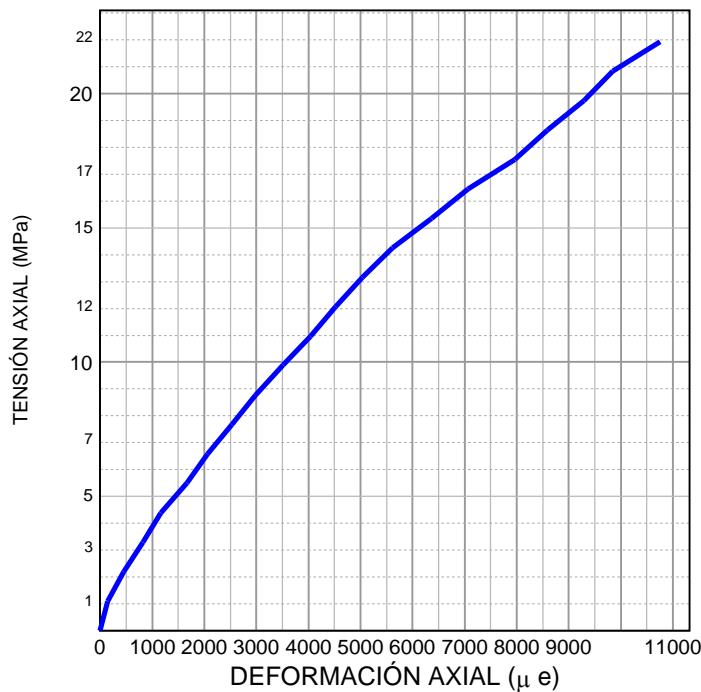
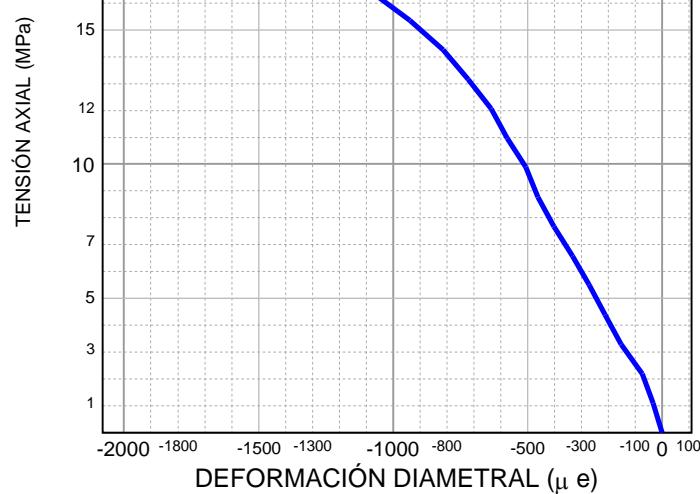
## DATOS DE LA PROBETA

Orientación del eje de carga	Aspecto masivo
Número de probetas ensayadas	1 (testigo de sondeo facilitado por el cliente)
Diámetro mm	82,6
Altura mm	189,2
Forma de rotura	Según eje de carga
Desviaciones respecto a la Norma	Altura/diámetro < 2,5

## RESULTADOS DE ENSAYO

Resistencia a compresión uniaxial MPa	<b>22,0</b>
Módulo medio de Young MPa	<b>2143,55</b>
Coeficiente de Poisson	<b>0,13</b>

**Observaciones:** 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup> = 10.2 kg/cm<sup>2</sup>/TÚNEL ARROA S-1, TP (De 6,00 a 6,25 m)



## OBSERVACIONES:

RESP. TÉCNICO DE ÁREA



Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO



Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4620	1794	86494	AG.2023/28	26/03/2023

## ACTA DE RESULTADOS

### DESTINATARIO

R-08-8

CLIENTE / OBRA / EXP.: 1605 / 5661/ 100896

1605: Instrumentación Geotécnica Lur, S.L. (INGELUR), C/Luisene II.  
Polígono Industrial Belako II, nave A16, 48100-Mungia, Bizkaia  
ESB95736245

Ensayos varios de geotecnia.  
Varias

### DATOS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA: S-2. Agua

PROCEDENCIA: RECONOCIMIENTO GEOTECNICO TÚNELES UROLA

FECHA DE MUESTREO: 23/03/2023

### ENSAYOS REALIZADOS

Análisis químico de aguas para determinar su agresividad hacia el hormigón, realizando los ensayos según normas UNE 83,952, UNE-EN 13,577, UNE 83,954, UNE 83,955, UNE 83,956 y UNE 83,957. Clasificación del conjunto según Código Estructural.

Los ensayos comprendidos en este informe se han realizado según la normativa correspondiente y a nuestro leal saber y entender, directamente sobre los materiales ensayados y/o sobre las muestras tomadas 'in situ' o remitidas al laboratorio, sin más responsabilidad que la derivada de la correcta utilización de las técnicas y la aplicación de los procedimientos apropiados. Los resultados del presente informe se refieren exclusivamente a la muestra, producto o material indicado en el apartado correspondiente.

Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción parcial o total está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación o reproducción sin el consentimiento previo de Laboratorio Asturiano de Control Técnico , S.A.L .

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se informa que los datos personales facilitados por usted en el presente formulario, serán incorporados a un fichero titularidad de LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) cuya finalidad es el mantenimiento, gestión y prestación de los servicios solicitados a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC), así como el mantenimiento de comunicaciones de carácter informativo. Por último, se le informa de que le asisten los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación, que podrá ejercitar mediante petición escrita gratuita dirigida a LABORATORIO ASTURIANO DE CONTROL TECNICO S.A.L. (LACOTEC) POLIGONO DE ASIPO, PARCELA Nº 3, NAVE 1 CAYES - LLANERA - 33428 (ASTURIAS), a la atención del Responsable del Tratamiento.

**LABORATORIO AST. DE CONTROL TECNICO, S.A.L.**

CL "A" .Parcela 3, Nave 1  
33428.Llanera(Asturias)  
laboratorio@lacotec.es  
T.985,26,63,75 / F. 985,73,35,35



Nº ACTA	ACTA DE OBRA Nº	Nº ALBARAN	Nº REGISTRO	FECHA DE ACTA
2023/4620	1794	86494	AG.2023/28	26/03/2023

R-08-8

AGRESIVIDAD DE UN AGUA HACIA EL HORMIGÓN. Según Código Estructural y Normas UNE		
VALOR DEL pH (UNE 83,952)		
pH		7,11
CO <sub>2</sub> AGRESIVO (UNE-EN 13,577)		
CO <sub>2</sub> agresivo	mg/l	3
IÓN AMONIO (UNE 83,954)		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0
IÓN MAGNESIO (UNE 83,955)		
Mg <sup>2+</sup>	mg/l	9
IÓN SULFATO (UNE 83,956)		
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	575
RESIDUO SECO (UNE 83,957)		
Residuo seco	mg/l	598

EVALUACIÓN DEL CONJUNTO		
Grado de agresividad		DÉBIL

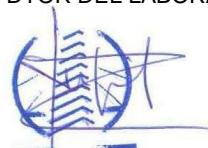
**OBSERVACIONES:**

RESP. TÉCNICO DE ÁREA



Raúl Alonso Fernández  
Geólogo

Vº Bº DTOR DEL LABORATORIO



Laudelino Orviz González  
Ingeniero T. Industrial

#### **Apéndice nº5. Campaña geofísica**





**ESTUDIO GEOFÍSICO  
EN ZUMAIA (GUIPUZKOA)**

team | engineering  
CLIENTE: g r o u p consulting

---

DEPARTAMENTO: **GEOLOGÍA Y GEOTECNIA**

Trabajo **L010\_2023**

Fecha **Marzo de 2023**

Informe: **1**

## **ÍNDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>TÉCNICA GEOFÍSICA EMPLEADA – TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA.....</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>TRABAJOS REALIZADOS.....</b>	<b>4</b>
4.1	CONTROL DE CALIDAD.....	5
4.2	INTERPRETACIÓN.....	5
<b>5</b>	<b>RESULTADOS OBTENIDOS.....</b>	<b>5</b>
5.1	TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA .....	5
5.1.1	PERFIL TE-1 .....	5
5.1.2	PERFIL TE-2 .....	7
5.1.3	PERFIL TE-3 .....	8
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>10</b>

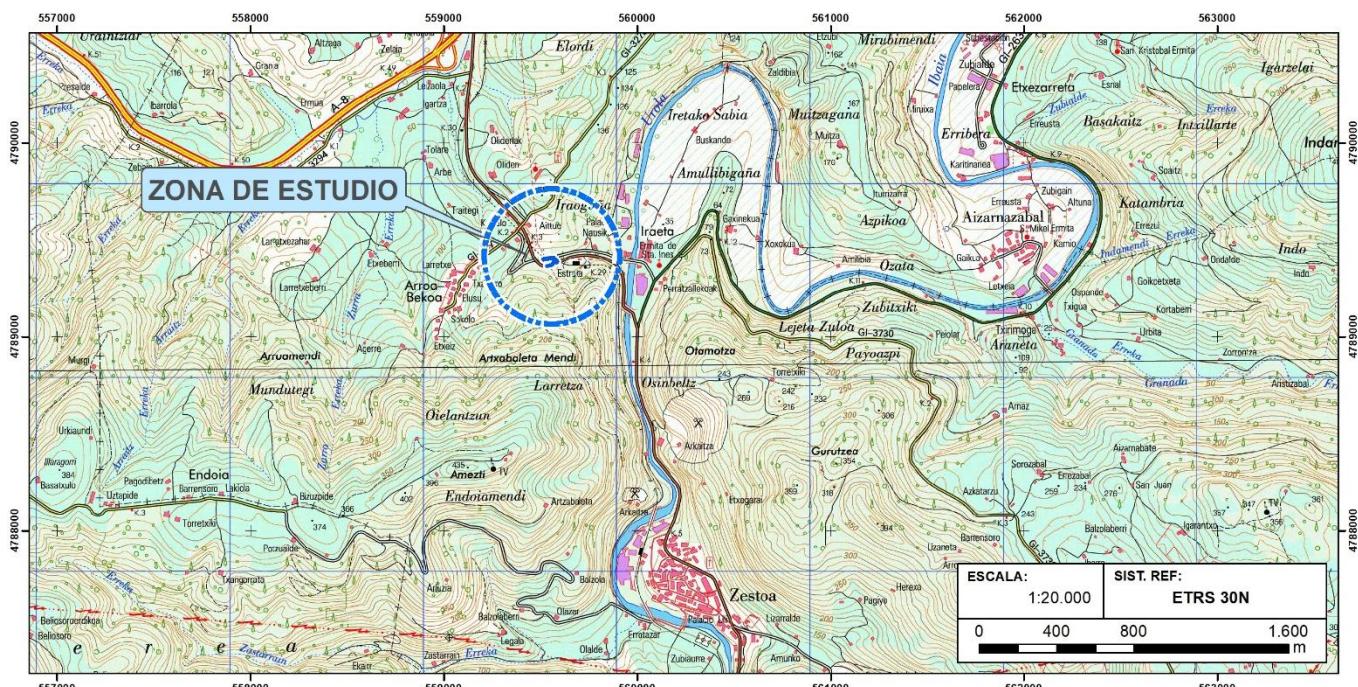
## **ANEXOS**

### **ANEXO 1. PERFILES DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA**

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente informe se realiza a petición de TEAM para realizar un reconocimiento geofísico en el marco de la construcción de un carril / vía ciclista.

En la zona de estudio ha aparecido una zona de colapso superficial que se cree puede tener relación con una estructura subterránea del Túnel en mina.



**Figura 1. Plano de situación de la zona de estudio (ETRS-30N).**

Los trabajos se han llevado a cabo el día 9 de marzo de 2.023.

## 2 OBJETIVOS

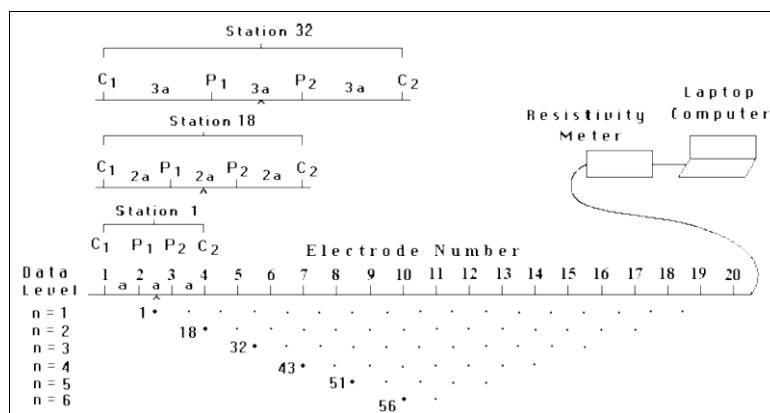
El objetivo principal del estudio geofísico realizado ha sido obtener la estructura geológica del terreno, y en detalle:

- ☒ Determinación de la posición y estructura de los diferentes materiales que conforman el subsuelo en la zona de estudio.
- ☒ Localización de zonas de alteración relacionables con la potencial presencia de zonas lavadas, esponjadas o cavidades en el subsuelo.

## 3 TÉCNICA GEOFÍSICA EMPLEADA – TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA

El método de la tomografía eléctrica (TE), en dos dimensiones, es una técnica de investigación geoeléctrica de caracterización del subsuelo. El sistema mide la resistividad aparente (RA) a partir de un dispositivo tetraelectrónico determinado, inyectando corriente con una intensidad conocida en dos electrodos denominados A y B y registrando automáticamente la diferencia de potencial entre los otros dos electrodos denominados M y N. El equipo varía automáticamente las distancias entre los pares de electrodos obteniendo la resistividad aparente en múltiples posiciones y niveles (n).

Estos datos se tratan posteriormente por medio de algoritmos matemáticos de inversión obteniendo una imagen de resistividades y profundidades reales del subsuelo, la cual es objeto de interpretación identificando las diversas litologías y estructura del subsuelo.



**Figura 2. Esquema de adquisición de datos 2D mediante tomografía eléctrica.**

El contraste de resistividades obtenido permite la diferenciación de los materiales del subsuelo en función de su comportamiento eléctrico, es decir, en función de su valor de resistividad ya que esta depende principalmente de los siguientes factores:

- ☒ Proporción de volumen de poros frente a volumen total de la roca. Inicialmente, a mayor porosidad, menor resistividad en caso de que la porosidad esté rellena (agua, arcilla, etc.). En caso de poros vacíos (relleno de aire), se producirá un incremento de la resistividad debido al carácter dieléctrico del aire.
- ☒ Disposición geométrica de los poros (factor de formación). A mayor conexión de poros menor resistividad ya que la movilidad de fluidos y de iones es más fácil.
- ☒ Proporción de poros llenos de agua frente a poros vacíos. A mayor proporción de poros llenos de agua, la resistividad disminuye al permitir el agua la circulación de la corriente eléctrica al contrario que el aire (dieléctrico).
- ☒ De la resistividad o conductividad del agua o fluido que se encuentre llenando los poros. A mayor conductividad del agua, como en el caso del agua marina, menor resistividad de la formación que la contiene.

La selección y empleo de la técnica de Tomografía Eléctrica para la realización de los trabajos responde a los siguientes factores:

- ☒ Permite la obtención de secciones bidimensionales precisas de resistividad del subsuelo que habilitan la determinación de la posición de los límites y estructura de los materiales.
- ☒ Se trata de una técnica no invasiva que permiten la realización de trabajos en cualquier terreno, ambiente o instalación.

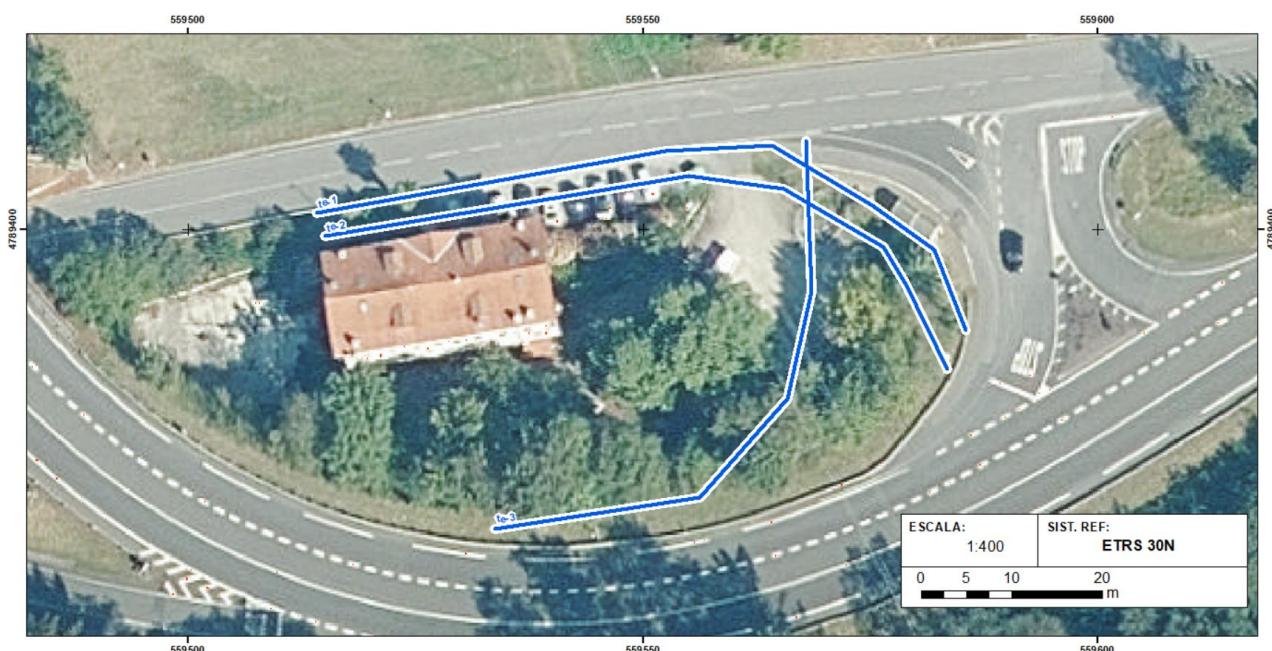
## 4 TRABAJOS REALIZADOS

Los trabajos realizados han sido los siguientes:

- ❖ Tres perfiles de investigación de tomografía eléctrica totalizando 222 m (82 m en TE-1, 80 m en TE-2 y 60 m en TE-3) empleando una manguera de 48 electrodos con separación de 2 m y dispositivo de registro Polo – Dipolo.



**Figura 3. Imágenes tomadas durante la realización de los trabajos de investigación.**



**Figura 4. Plano de situación de los perfiles de investigación realizados (ETRS89 30N).**

## 4.1 CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad establecido por los procedimientos de trabajo internos de Técnicas Geofísicas cuenta con dos vertientes:

- ❖ Descarga diaria de los datos de campo y almacenamiento de los mismos en múltiples unidades de memoria (unidades externas y PC), de manera que se minimice la posible pérdida de datos.
- ❖ Preprocesado diario de los datos obtenidos en campo, permitiendo, en caso de que la calidad de los mismos no sea aceptable, la repetición de los trabajos.

## 4.2 INTERPRETACIÓN

La interpretación se realiza empleando la información disponible analizada previamente. Se emplean los datos litológicos y estructurales de la zona de estudio, con objeto de correlacionarlos con los resultados obtenidos en los diferentes perfiles de investigación teniendo en cuenta las particularidades del dispositivo de registro.

# 5 RESULTADOS OBTENIDOS

Se muestran a continuación los resultados obtenidos por cada uno de los perfiles de investigación, prestando especial interés, a la definición de posibles zonas de anomalía geoeléctrica relacionables con la presencia de zonas lavadas y/o cavidades en el subsuelo.

## 5.1 TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA

### 5.1.1 PERFIL TE-1

El perfil de investigación TE-1 cruza la zona con deformaciones superficiales con el objeto de analizar la posible extensión de las mismas y su relación con la estructura del subsuelo.

El perfil presenta un modelo geoeléctrico con las siguientes características:

- ❖ Se observa un modelo geoeléctrico tricapa:
  - Capa aflorante de resistividad variable correspondiente a rellenos.

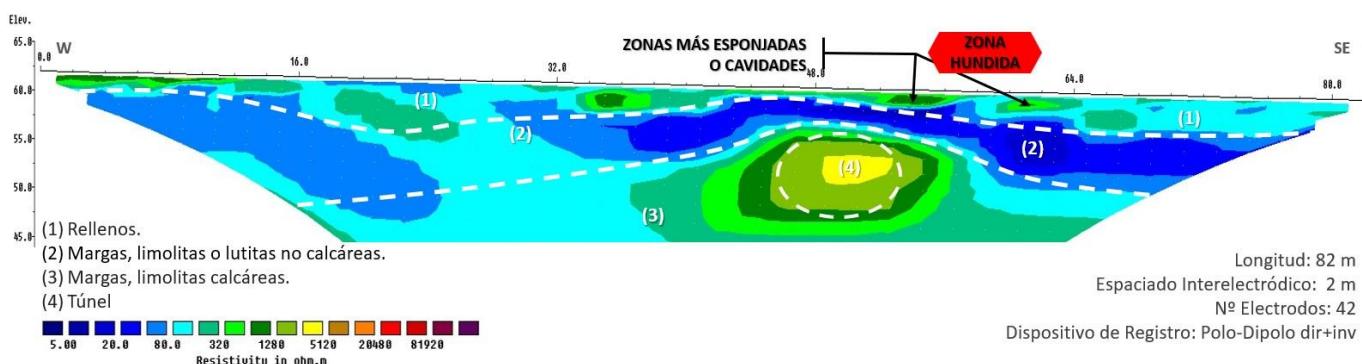
- Capa intermedia, también de resistividad variable, y con una potencia que oscila entre los 5 y 15 m. Esta capa está formada por margas, limolitas, o lutitas no calcáreas, donde los tramos más conductores se relacionan con una mayor presencia de limolitas.
  - Sustrato heterogéneo compuesto por margas y limolitas calcáreas.
- ☞ Se define una anomalía fuertemente resistiva debajo de la zona con deformaciones superficiales que corresponde al túnel de la Mina de Arroa (4).
- ☞ En la capa superficial de rellenos, se observan algunas zonas anómalamente resistivas que son susceptibles de ser relacionadas con la presencia de lavados y esponjamientos del terreno, situándose entre los metros 50 y 64 del perfil.



**Figura 5. Perfil de tomografía eléctrica TE-1.**

Se ha procedido a realizar un reprocesado del perfil de cara a enfatizar los valores resistivos susceptibles de ser relacionados con la presencia de huecos, ya sean generados por zonas esponjadas o por grandes huecos como sería el caso del túnel. La elevada resistividad, del todo anómala que se observa en este tipo de zonas se debe a la presencia de aire, el cual se comporta como un material dieléctrico.

Podemos ver como las zonas más resitivas corresponden a la parte superficial entre los metros 50 y 64 del perfil, correspondiente a zonas lavadas / esponjamientos relacionados con los hundimientos, y, sobre todo, con el túnel de Arroa. En este caso, la morfología de la anomalía causada por el túnel parece indicar que la traza del perfil respecto al túnel es tendente a la ortogonalidad.



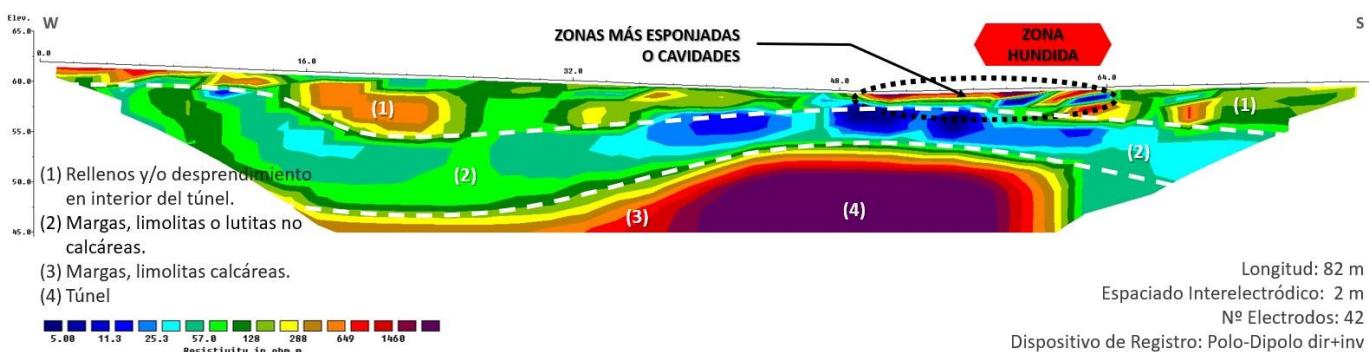
**Figura 6. Perfil reprocesado de tomografía eléctrica TE-1.**

### 5.1.2 PERFIL TE-2

El perfil de investigación TE-2 cruza, al igual que el perfil anterior, la zona con deformaciones superficiales situándose de manera paralela a este.

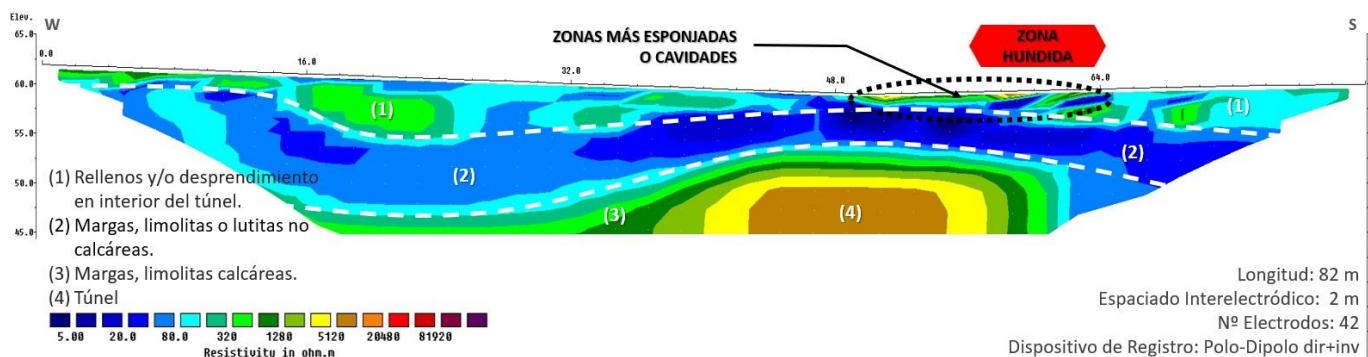
El perfil presenta un modelo geoeléctrico con las siguientes características:

- ☒ Se define un modelo geoeléctrico tricapa en el que se diferencian una capa aflorante correspondiente a rellenos, capa intermedia de potencia variable de margas, limolitas, o lutitas no calcáreas y un sustrato heterogéneo formado por margas y limolitas calcáreas.
- ☒ Se observa una zona anómalamente resistiva susceptible de ser relacionada con la presencia de lavados y esponjamientos del terreno, situándose entre los metros 49 y 64 del perfil.



**Figura 7. Perfil de tomografía eléctrica TE-2.**

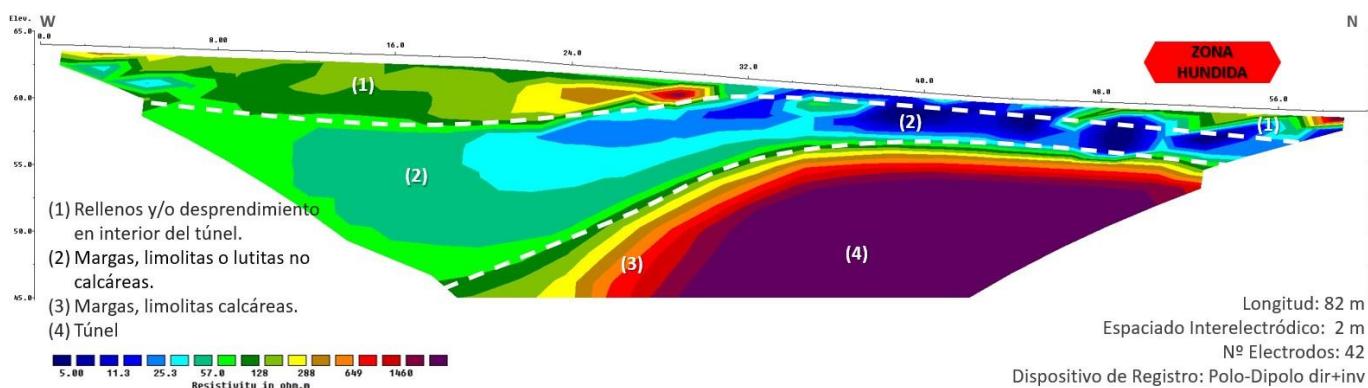
En el caso del reprocesado del perfil, se observan valores elevados relacionables con la presencia de lavados y esponjamientos del terreno, situándose entre los metros 49 y 64 del perfil. En el caso del túnel de Arroa, la anomalía que se observa es de mayor amplitud que en el perfil anterior, pudiendo deberse a que la traza del perfil es oblicua al trazado del mismo. Este tipo de trazados no perpendiculares suele generar artefactos de procesado que impiden la correcta delimitación del cuerpo anómalo, en este caso, el túnel.



**Figura 8. Perfil reprocesado de tomografía eléctrica TE-2.**

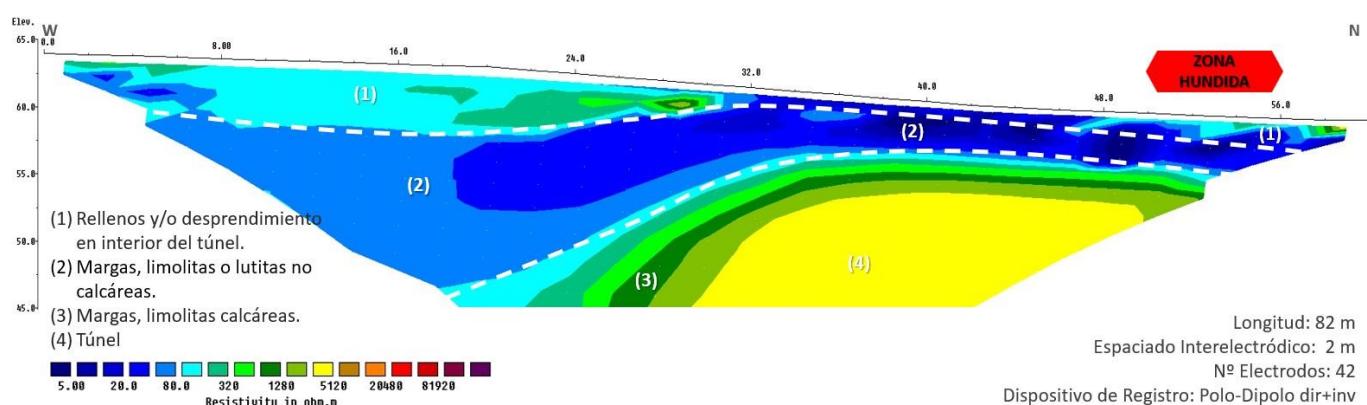
### 5.1.3 PERFIL TE-3

El modelo geoeléctrico correspondiente al perfil TE-3 intersecta la zona deformada en su extremo norte. No se observa con claridad la presencia de materiales fuertemente resistivos susceptibles de ser relacionados con la presencia de materiales lavados y esponjamientos del terreno o al menos, si los hay, son de mucha menor entidad que lo observado en los perfiles anteriores.



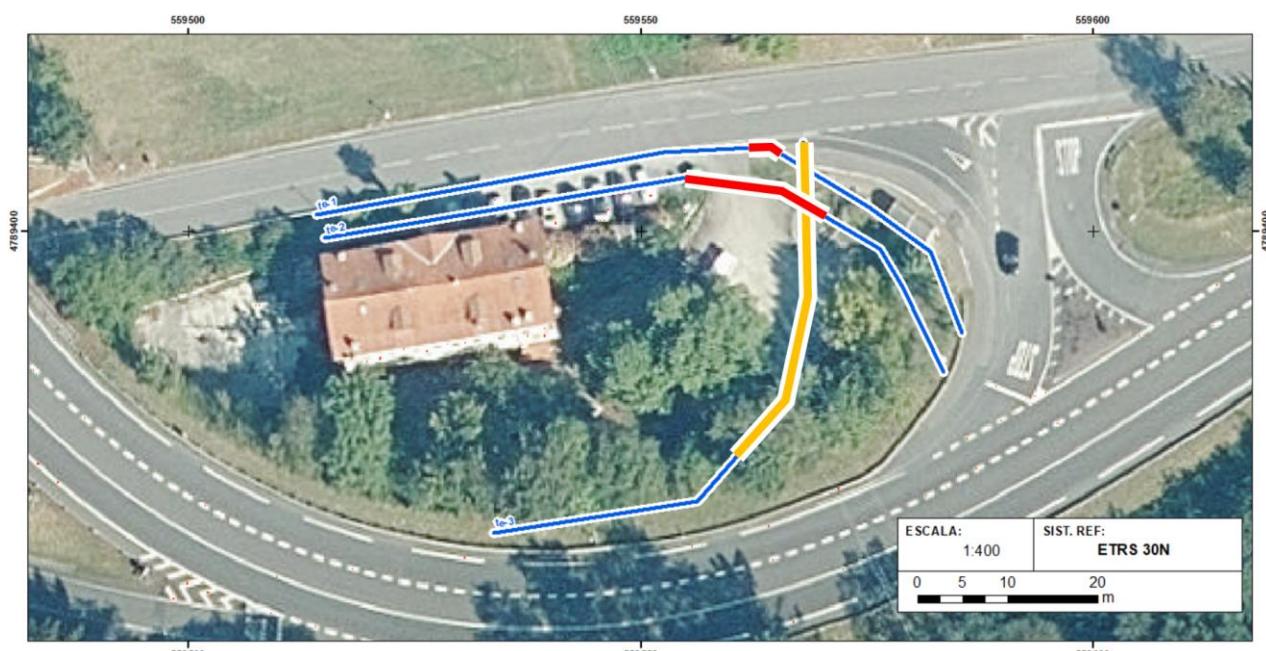
**Figura 9. Perfil de tomografía eléctrica TE-3.**

El reprocesado del perfil muestra valores algo menos resistivos que en los dos perfiles anteriores siendo, aun así, anómalos en la zona supuesta de paso del túnel de Arroa. En este caso, es dudoso que el perfil intersecte realmente su trazado, teniendo en cuenta los valores obtenidos y comparándolos con los perfiles anteriores (TE-1 y TE-2). El perfil pone de manifiesto una anomalía reflejo de la presencia del túnel en las inmediaciones de la traza del mismo.



**Figura 10.** Perfil reprocesado de tomografía eléctrica TE-3.

Podemos situar en planta la posición de las anomalías resistivas relacionadas con la potencial presencia del túnel de Arroa. En la figura inferior se muestra en rojo la posición de las anomalías debidas al túnel en los perfiles TE-1 y TE-2, y en naranja la determinada para el TE-3



**Figura 11.** Plano de situación de las anomalías resistivas relacionadas con la potencial presencia del túnel de Arroa.

## 6 CONCLUSIONES

El estudio geofísico realizado permite la obtención de las siguientes conclusiones:

- ❖ Los perfiles geoeléctricos muestran zonas anómalamente resitivas susceptibles de ser relacionadas con la presencia de lavados y esponjamientos del terreno.
- ❖ Estas zonas anómalas se encuentran en las inmediaciones de la zona deformada en el terreno, así como sobre la vertical del túnel de la Mina Arroa.
- ❖ El perfil TE-1 parece haber intersectado la traza del túnel de manera perpendicular. En el caso del perfil TE-2, la traza del perfil parece intersectarlo de manera oblicua mientras que el perfil TE-3 no parece discurrir sobre la traza del mismo obteniéndose un reflejo que indica la presencia cercana del mismo.

### INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA LUR S.L.

En Mungia, a 16 de mayo de 2023

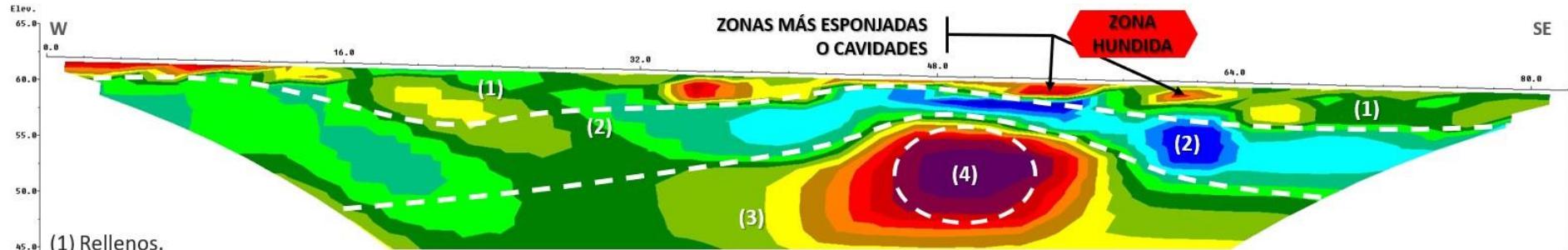


**Aitor Duo Etxebarria**  
Ldo. Ciencias Geológicas  
Nº colegiado: 2.968



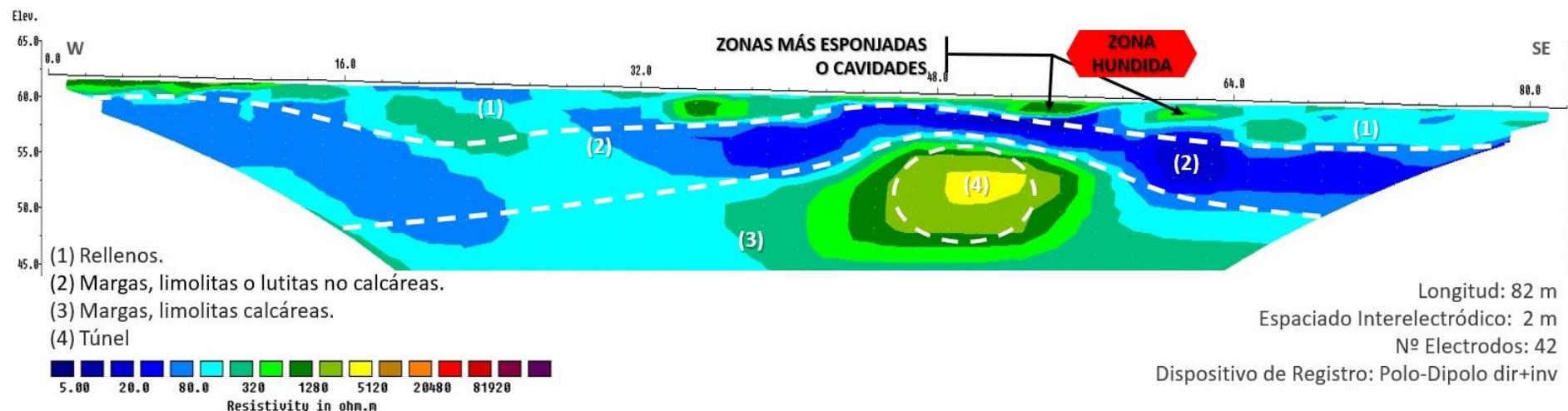
**Javier Carrasco García**  
Ingeniero técnico de Minas  
**TECNICAS GEOFÍSICAS S.L.**

## **ANEXO 1. PERFILES DE TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA**



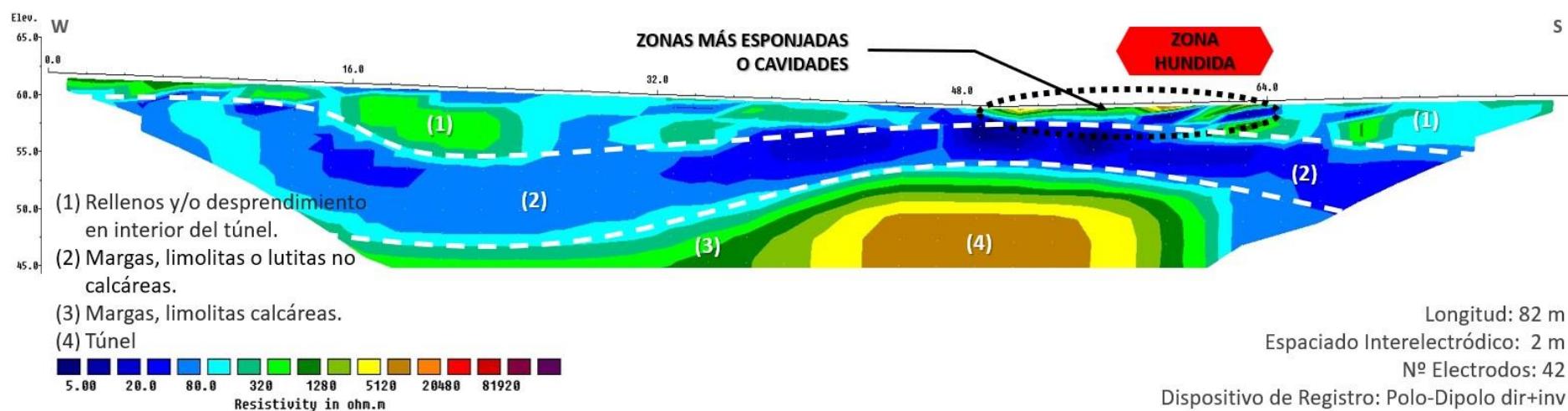
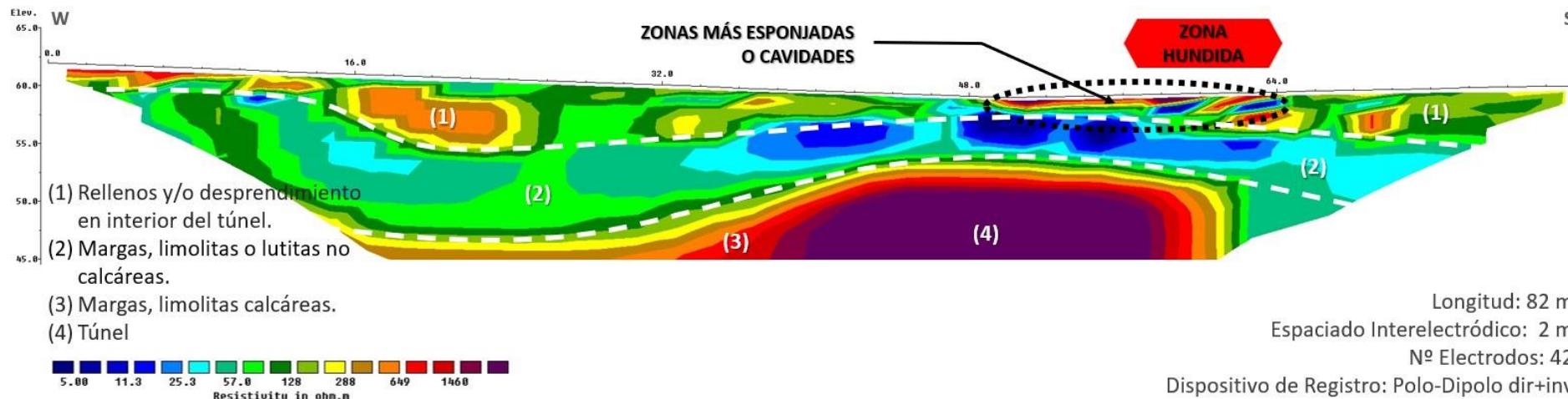
Longitud: 82 m  
Espaciado Interelectrónico: 2 m  
Nº Electrodos: 42  
Dispositivo de Registro: Polo-Dipolo dir+inv

Perfil TE-1



Longitud: 82 m  
Espaciado Interelectrónico: 2 m  
Nº Electrodos: 42  
Dispositivo de Registro: Polo-Dipolo dir+inv

Perfil TE-1 reprocesado



Perfil TE-2 reprocesado

