

ANEJO N°10

Túneles y obras subterráneas

ÍNDICE

1. Introducción	1	6.2.3 Cañón Plaza Rekalde	13
2. Descripción del túnel en mina proyectado	2	6.2.4 Cañón Calle Gordóniz	14
3. Descripción geológico-geotécnica	3	6.3 GALERÍAS DE VENTILACIÓN Y ASCENSORES	14
3.1 TRAMIFICACIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA	3	6.4 ENTRONQUE TÚNEL-GALERÍA – ATAQUE Y TÚNEL – GALERÍA DE VENTILACIÓN	14
3.2 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES AFECTADOS	3	7. Emboquilles	15
3.2.1 Sustrato rocoso. Limolitas calcáreas	4	7.1 BOQUILLA RAMPA DE ATAQUE BASURTUGORTA	15
3.2.2 Sustrato rocoso. Calizas urgonianas	4	7.1.1 Geometría	15
3.2.3 Sustrato rocoso. Diabasa	4	7.1.2 Paraguas de micropilotes	15
3.2.4 Cuaternario. Arcillas y limos	4	7.2 BOQUILLA RAMPA DE ATAQUE PARQUE ESKURTZE	16
3.2.5 Cuaternario. Rellenos	5	7.2.1 Geometría	16
3.3 EXCAVABILIDAD	5	7.2.2 Paraguas de micropilotes	16
4. Método constructivo	6	7.3 BOQUILLA TÚNEL EN MINA 2+450	16
5. Diseño de los sostenimientos del túnel	7	7.3.1 Geometría	16
5.1 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI	7	7.3.2 Paraguas de micropilotes	16
5.2 ESTIMACIÓN DEL SOSTENIMIENTO ETS	8	8. Revestimiento	16
5.3 ESTIMACIONES REALIZADAS	10	9. Impermeabilización y drenaje	16
5.4 SOSTENIMIENTOS DE LAS SECCIONES TIPO	10	APÉNDICE Nº 10.1: PERFIL LONGITUDINAL TÚNEL EN MINA	
5.4.1 Boquillas	10	APÉNDICE Nº 10.2: PERFILES LONGITUDINALES CAÑONES Y RAMPAS DE ACCESO	
5.4.2 Túnel	10	APÉNDICE Nº 10.3: SECCIONES DE SOSTENIMIENTO	
5.4.3 Apartaderos y galería de ventilación	11		
5.4.4 Caverna	11		
5.4.5 Frentes:	11		
5.5 ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO	11		
5.5.1 Cerchas	11		
5.5.2 Bulones	11		
5.5.3 Hormigón proyectado	12		
5.5.4 Mallazo	12		
5.5.5 Fibras de polipropileno	12		
6. Rampas de ataque, cañones y ascensores	13		
6.1 RAMPAS DE ATAQUE	13		
6.2 CAÑONES DE ACCESO A LAS ESTACIONES	13		
6.2.1 Cañón Plaza Urizar	13		
6.2.2 Cañón Plaza Eskurtze	13		

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se recoge la definición del túnel proyectado en el estudio informativo de la Línea 4 del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao.

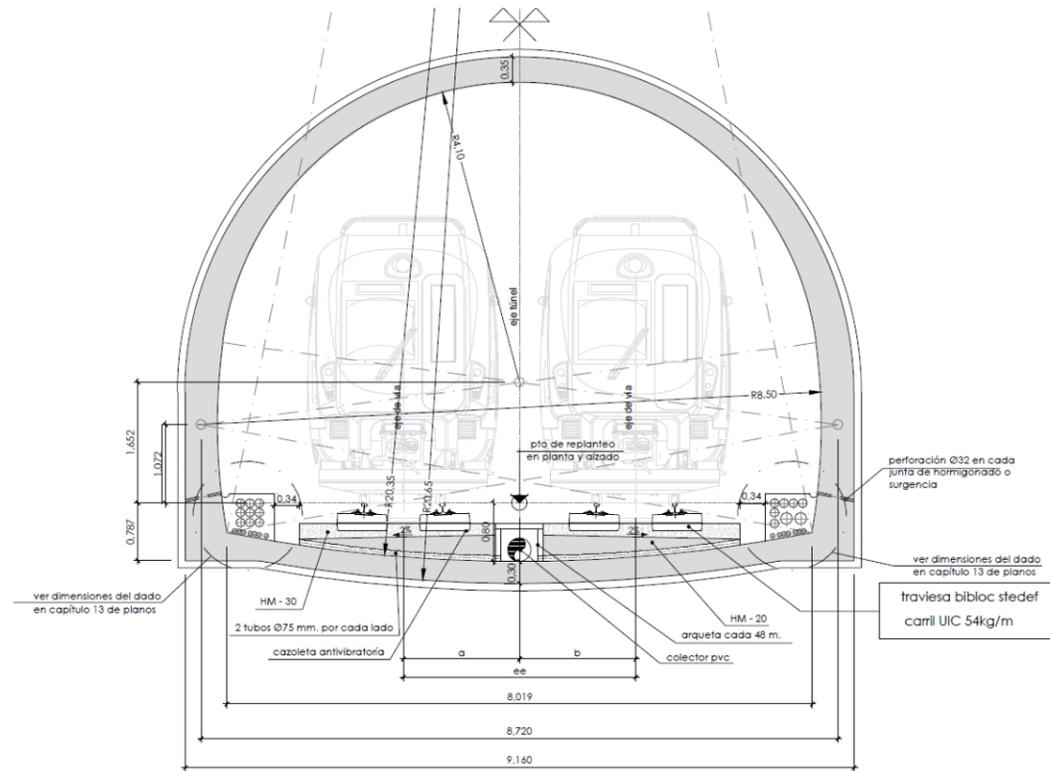
Los datos geotécnicos de partida se recogen con detalle en el Anejo de Geología y Geotecnia, y se han llevado a cabo en dos campañas geotécnicas sucesivas realizadas por FULCRUM.

En los apartados siguientes se describe la geometría del túnel, se recoge una descripción geotécnica resumida de la traza y se hacen una serie de consideraciones encaminadas a definir el método constructivo. A continuación se dimensionan los diferentes tipos de sostenimiento basándose en la clasificación geomecánica de Bieniawski . También se analizan y definen los emboquilles con los condicionantes y particularidades existentes para cada uno de ellos, posibles tratamientos especiales y por último se recogen las consideraciones relativas al revestimiento y el drenaje.

2. DESCRIPCIÓN DEL TÚNEL EN MINA PROYECTADO

El tramo proyectado en túnel se inicia en el PK 0+120 y finaliza en el PK 2+450. El tramo anterior al túnel en mina coincide con la convergencia hacia el actual túnel de FEVE. Al finalizar el túnel en mina, el trazado transcurre también en túnel artificial hasta salir a cielo abierto en el PK 2+600.

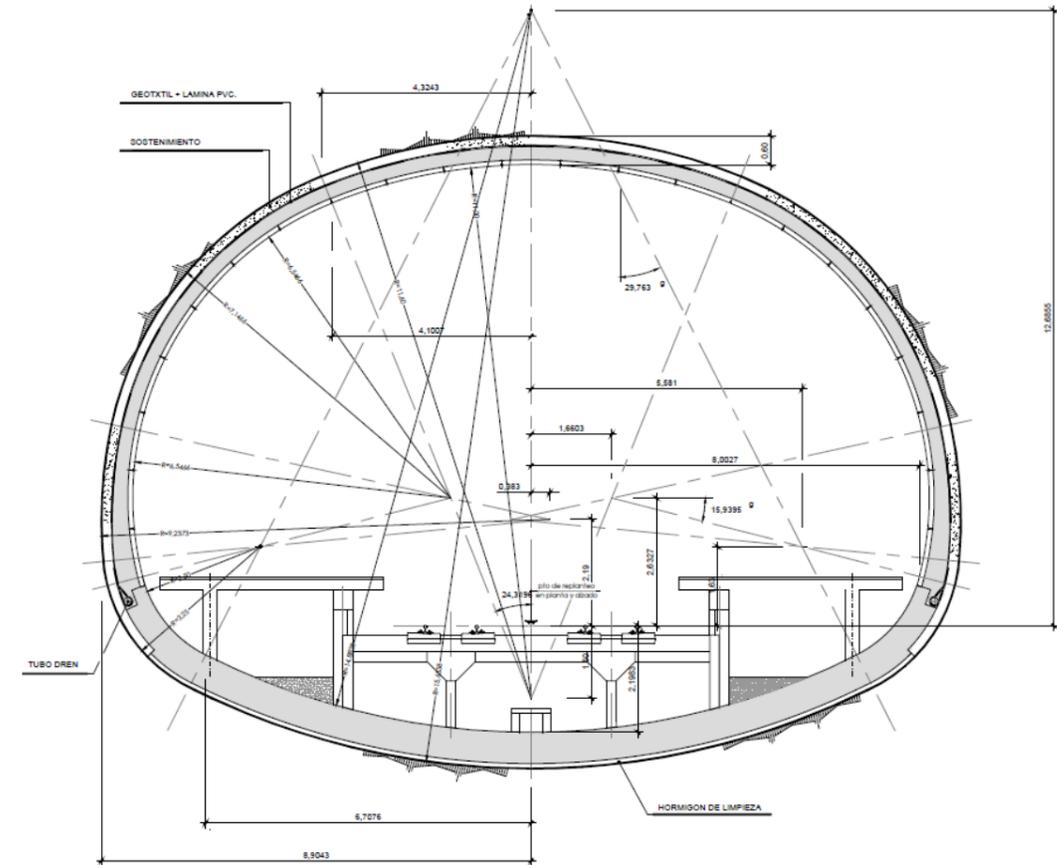
Se trata de un túnel en vía doble, con pendiente variable de hasta 45 milésimas, cuyas características geométricas se recogen en la figura siguiente:



Sección de túnel en mina

La sección geométrica para el túnel proyectado cumple con los gálibos establecidos por METRO BILBAO así como con los condicionantes para la disposición de los equipos de ventilación y otras instalaciones, y lo recogido en la instrucción para seguridad de túneles ferroviarios.

Por otra parte, se ha previsto la ejecución de dos cavernas en las zonas de estación. Las estaciones tienen una longitud de 109.4 m para ambas estaciones, con una anchura de 17.80 m.



Sección de caverna

Se ha previsto así mismo la ejecución de dos cañones de acceso por estación así como dos rampas de ataque que conectan con el túnel en línea y dos ascensores uno por estación.

3. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA

El túnel en mina proyectado se ejecutará entre el PK 0+120 y el PK 2+450, con una longitud total de 2330 m. El máximo recubrimiento será de 100 m aproximadamente y se localizará en el tramo comprendido entre el PK 1+240 y el PK 1+280.

3.1 TRAMIFICACIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA

El túnel atraviesa un macizo rocoso en el que pueden distinguirse dos litologías:

- Limolitas calcáreas
- Calizas urgonianas

Ambas litologías pertenecen al Cretácico Inferior, en concreto al complejo Urganiano (Aptiense-Albiense) y sus características se describen con detalle en el Anejo 3 Geología y Geotecnia, donde se recogen también los datos aportados por los trabajos de campo y ensayos de laboratorio realizados.

También se han detectado en la zona de estudio distintos niveles cuaternarios (rellenos y aluvial) y roca alterada, con incidencia en el diseño de las boquillas.

A continuación se recoge una descripción por tramos de las unidades geotécnicas afectadas por el trazado:

- Túnel en mina

La superficie del terreno se mantiene constante hasta el PK 0+900, en el que el túnel va ganando en montera rápidamente. En el tramo de túnel en mina se han detectado dos litologías: limolitas calcáreas y calizas urgonianas, cuyos contactos se han estimado a partir de la información disponible (la pendiente de los contactos mecánicos no se ha representado ya que no se dispone de ese dato) y a los que se ha asignado un espesor de unos 20 m. Los diferentes sondeos proporcionan información sobre la calidad y el estado del macizo rocoso, pudiendo estimarse un rango de RMR que se ha reflejado por tramos en el perfil geológico-geotécnico longitudinal.

Por otra parte, se ha detectado la existencia de tres diques de diabasa, para el que se ha procedido a una caracterización específica. Al igual que con los contactos mecánicos anteriormente citados, se ha estimado un espesor aproximado con objeto de tenerlo en cuenta en las mediciones, mientras que la orientación y la inclinación se corresponden con la estructura regional.

- Boquilla oeste y túnel artificial

En este caso la configuración del terreno y la topografía de la ladera obligan a ejecutar el tramo final del túnel con tipología de túnel artificial, situándose la boquilla este del túnel en mina en el PK 2+450 estricto para evitar la afección al terraplén del ramal de la autopista existente, intentando contar con una cobertera de roca mínima.

Sobre el sustrato rocoso ligeramente meteorizado se ha detectado una capa de sustrato rocoso altamente meteorizado de pequeño espesor (limolitas calcáreas).

3.2 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES AFECTADOS

En este punto se resumen las consideraciones recogidas en el Anejo 3 Geología y Geotecnia, en el cual se recopilan e interpretan todos los datos disponibles sobre las diferentes unidades geotécnicas presentes a lo largo de la traza del túnel.

Se han llevado a cabo diversos trabajos de campo que han consistido fundamentalmente, en la realización de sondeos mecánicos correspondientes a varias campañas, los más cercanos al trazado estudiado se resumen en la tabla siguiente:

SONDEO	LOCALIZACIÓN	CAMPAÑA
SL4-1	2+350 (PRYT)	Estudio informativo en curso (2021)
SL4-2	1+940	Estudio informativo en curso (2021)
SL4-3	0+860	Estudio informativo en curso (2021)
SL4-4	1+700	Estudio informativo en curso (2021)
SL4-5	2+400	Estudio informativo en curso (2021)
SL4-6	1+870 (PRYT)	Estudio informativo en curso (2021)
SL4-7	1+860	Estudio informativo en curso (2021)
SL4-8	1+720 (PRYT)	Estudio informativo en curso (2021)
SL4-9	1+680 (PRYT)	Estudio informativo en curso (2021)
SL4-10	1+520	Estudio informativo en curso (2021)
SM-3	0+000	Proyecto Constructivo FEVE Basurto-Aritz Tramo 2 (2007)
SI-3	0+380	Estudio informativo Línea 4 (2010)
SI-1	0+450 (PRYT)	Estudio informativo Línea 4 (2010)
S-3	0+600	Estudio geotécnico Av. Del Ferrocarril (2005)
SR-1	1+740	Estudio informativo Línea 4 (2010)
S-9	0+950 (PRYT)	Estudio geotécnico Av. Del Ferrocarril (2005)

En algunos de los sondeos se ha procedido a la realización de ensayos in situ (SPT, ensayos Lugeon, presiométricos) y se han tomado muestras para su posterior ensayo en laboratorio, cuyos resultados se recogen también en el Anejo 3 Geología y Geotecnia.

A continuación se resumen las características geotécnicas de las unidades afectadas por el trazado, y que como se ha señalado anteriormente se describen con detalle en el Anejo 3 Geología y Geotecnia:

3.2.1 SUSTRATO ROCOSO. LIMOLITAS CALCÁREAS

Es la unidad mayoritaria a lo largo del trazado y únicamente es interrumpida por la aparición de un paquete de calizas y de tres diques de diabasa de escaso espesor. Aparecen entre el inicio y el PK 1+450, entre el PK 1+800 y el PK 2+000, y entre el PK 2+120 hasta el final del trazado.

Se diferencian dos subniveles en función del grado de meteorización:

- Altamente meteorizadas: Generalmente son de color marrón y pueden describirse como material con aspecto y comportamiento de suelo arcilloso con proporción variable de limos. En este subnivel quedan englobadas las limolitas completamente meteorizadas. A partir de los golpes obtenidos en los ensayos SPT, se clasifican como materiales muy compactos a duros.
- Ligeramente meteorizadas: Presentan coloraciones grises oscuras. Ocasionalmente se ha observado alguna pasada areniscosa típica de esta Formación. En este nivel se engloban también los materiales testificados como sanos y ocasionalmente algunas franjas bastante meteorizadas. Por lo general, la calidad de la roca es buena, los valores de resistencia a compresión simple se encuentran mayoritariamente en el rango de 10 a 30 MPa y a la vista de los ensayos se trata de materiales poco abrasivos y de rozabilidad muy buena.

3.2.2 SUSTRATO ROCOSO. CALIZAS URGONIANAS

Puesto que la mayor parte del trazado discurre por zona urbana, no ha sido posible observar en superficie y a lo largo de la traza estos materiales. Esta unidad se ha detectado únicamente en varios de los sondeos realizados en el entorno de la vaguada de Rekalde. Se trata de una barra caliza que es atravesada en su muro de forma longitudinal.

Se trata calizas de color gris generalmente masivas con abundante presencia de fósiles que son típicos del Complejo Urgoniano que está englobado dentro del Cretácico Inferior.

Se presentan ligeramente meteorizadas. La calidad en los sondeos es excelente, y según los ensayos de laboratorio se trata de rocas duras (resistencia a compresión simple en el rango 60-110 MPa) y muy poco abrasivas.

Las calizas presentan una importante karstificación que afecta a un 20% de los sondeos en este material, bien con ausencia de material o bien por la existencia de materiales arcillosos.

3.2.3 SUSTRATO ROCOSO. DIABASA

A lo largo del trazado únicamente se ha detectado en unos de los sondeos, en concreto en el S-3 realizado por UTE Pagasarri. Cartográficamente aparecen tres filones en el desmonte de la A-8. Es posible que a lo largo de la traza aparezca alguna franja más de este tipo de materiales ya que son típicos de la Cuenca Vasco-Cantábrica. Las diabasas son rocas filonianas y pueden presentar espesores variables en cuanto a su meteorización. En concreto, en el sondeo S-3 presenta una capa de alteración de 16,90 m pasando a continuación a aparecer un paquete de aproximadamente 4m de diabasa ligeramente meteorizada. Hay que tener en cuenta que estos materiales presentan generalmente buzamientos regionales de aproximadamente 70-80° y por tanto al “cortarlos” aparecerá de nuevo la roca encajante, en este caso las lutitas calcáreas. El dique detectado se ha representado de forma estimada en el perfil longitudinal entre los PKs 1+020 y 1+140, quedando sujeta la aparición del mismo a posibles variaciones en cuanto a espesor y localización (en función del buzamiento exacto del dique).

Como se ha comentado anteriormente existe un primer subnivel de diabasa completamente a bastante meteorizada de aproximadamente 17 m de espesor que se comporta como un suelo arenoso de color amarillento con indicios de grava, denso. A continuación aparece la diabasa ligeramente meteorizada, descrita como roca de color gris blanda a bastante dura que presenta numerosas fracturas (calidad muy mala – mala).

3.2.4 CUATERNARIO. ARCILLAS Y LIMOS

Se han detectado tres niveles fundamentales dentro del conjunto aluvial, de arriba abajo son los siguientes:

3.2.4.1 ARCILLAS MARRONES

Las arcillas y limos son de color marrón con un origen aluvial. Teniendo en cuenta los ensayos SPT que se han llevado a cabo en los sondeos, se trata de materiales medianamente compactos a duros.

Se detectan en todos los sondeos realizados en esta campaña, con un desarrollo mayor en la vaguada de Rekalde.

3.2.4.2 ARCILLAS GRISES

Habitualmente definidos como limos grises presentan baja plasticidad

3.2.4.3 GRAVAS

El tramo más profundo queda representado por gravas arcillosas en la que los cantos en ocasiones se encuentran alterados.

3.2.5 CUATERNARIO. RELLENOS

Se trata principalmente de materiales arcillosos y/ limosos de color marrón entre los cuales existen paquetes con un mayor predominio de material granular. Su compacidad/densidad es muy variable. Como se puede comprobar en el Anejo 3 Geología y Geotecnia, se han diferenciado en la caracterización los rellenos correspondientes a la zona de La Peña (se estima que son rellenos procedentes de actividad minera y de obras cercanas que se han ido depositando en una antigua vaguada) y del resto de los rellenos detectados (urbanización, fundamentalmente).

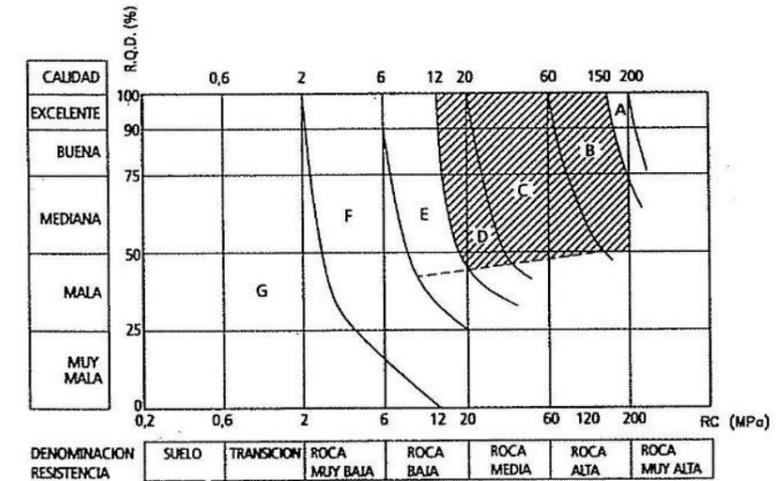
Puesto que el trazado discurre en zona urbana, los rellenos se han detectado en la totalidad de los trabajos realizados. Los mayores espesores se han encontrado en la zona del parque Eskurtze con potencias de hasta 8 m en el sondeo SL4-3 y en el sondeo SL4-1 en el antiguo acceso a Bilbao con 7.70 m.

3.3 EXCAVABILIDAD

Por las características de los materiales rocosos a atravesar, la excavación podrá llevarse a cabo mediante métodos mecánicos, concretamente mediante rozadora.

Como puede comprobarse en la figura siguiente, teniendo en cuenta los rangos de calidad de la roca (mediana-buena) y de resistencia a compresión simple (según los resultados de los ensayos de laboratorio, las limolitas calcáreas se encuentran en el rango 20 – 60 MPa de rocas de resistencia media y las calizas en el rango 40 – 120 de rocas de resistencia alta), nos encontramos en las zonas C y D, excavables con rozadoras de más de 50 t.

En las zonas más milonitizadas o de peor calidad, se estima que este método de excavación también será aplicable.



ZONA	TOPO		ROZADORA			MARTILLO	PALA
	> 25 t	< 25 t	> 80 t	50 - 80 t	< 50 t		
A	Posible ?						
B	Adecuado	Posible ?	Posible ?				
C	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado			
D	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Posible	Posible ?	*
E	Posible	Posible	Posible	Adecuado	Adecuado	Posible	Posible ?
F				Posible	Adecuado	Adecuado	Posible
G					Posible	Posible ?	Adecuado

Clasificación de los terrenos respecto a la excavación mecánica en túneles (Romana, M., 1994)

Por otra parte, las características (dimensiones) del túnel proyectado también hacen recomendable el empleo de rozadora, ya que ésta es una máquina de ataque puntual y cuerpo bajo y compacto que se puede manejar sin problemas en espacios reducidos. Además, el ciclo de trabajo es más corto que en otros métodos (no hay voladura ni fase de ventilación de los gases de la explosión) y la excavación y sostenimiento son más compatibles que en otros casos (por ejemplo con tuneladoras o voladuras). Además, la excavación es muy limpia, apenas hay sobreexcavación y se minimizan los daños al macizo en las paredes de la excavación. Son máquinas que pueden trabajar en gran variedad de terrenos, por lo que la posibilidad de que aparezcan zonas de RMR bajo en tramos puntuales del túnel queda cubierta con este método, como se ha expuesto anteriormente.

Los materiales rocosos presentes en la traza del túnel presentan, según los ensayos de laboratorio realizados, unas características de rozabilidad y abrasividad adecuadas para el empleo de rozadora:

MATERIAL ROCOSO	ASPECTO	VALOR MEDIO ENSAYOS	VALORACIÓN
LIMOLITAS	ROZABILIDAD	FSchimazek = 0,181	ROZABILIDAD MUY BUENA
	ABRASIVIDAD	ICerchar = 1.03	MUY POCO ABRASIVOS
CALIZAS	ROZABILIDAD	FSchimazek = 0,05	ROZABILIDAD MUY BUENA
	ABRASIVIDAD	ICerchar = 1.08	MUY POCO ABRASIVOS

A lo largo de la traza del túnel se han detectado dos litologías, limolitas y calizas, predominando las primeras ya que se estima que aparecerán en el 70-75% del mismo mientras que el tramo de calizas será un 25%. No obstante, como se ha expuesto anteriormente, la litología caliza es más dura con resistencias a compresión simple de la roca matriz del orden de 50 MPa, lo que condicionará la elección del tipo de rozadora (peso y potencia de corte). Otro aspecto que también habrá que tener en cuenta serán las dimensiones de la excavación a realizar (geometría de la sección tipo de túnel, cota de avance, apartaderos proyectados). La experiencia en obras realizadas en litologías de similares características, hace más recomendable el uso de rozadoras por encima de las 100t. No obstante, la elección del modelo y características de la rozadora quedarán de parte del contratista, quien tendrá en cuenta además otros criterios como la eficacia, disponibilidad, etc.

4. MÉTODO CONSTRUCTIVO

El denominado Nuevo Método Austriaco (NMA ó NATM) consiste en colocar el sostenimiento necesario para la estabilización de la cavidad. AL NMA se le describe muchas veces como una filosofía, tal vez para señalar que carece de una metodología definida. En realidad se trata de un método, sin reglas fijas, en el que se coloca un sostenimiento basado en la experiencia o en las clasificaciones geomecánicas. El comportamiento de este sostenimiento se controla mediante la toma de medidas de deformaciones para, en función de la evolución de éstas, certificar la validez del sostenimiento colocado o, por el contrario, proceder a su refuerzo.

Su aplicación práctica consiste en la aplicación inmediata de un sostenimiento flexible (por ello el NMA va indisolublemente ligado al hormigón proyectado hasta el punto de llamarle, incluso, método del hormigón proyectado) que se opone a la deformación de la sección hasta su estabilización, lo cual redundará en una optimización de los elementos de sostenimiento.

La gran ventaja del método y principal filosofía del método redundan precisamente en la consecución de la estabilización de la sección con la suficiente antelación como para evitar que la relajación de tensiones y descompresión del macizo desencadene problemas en la sección excavada cuya paliación resulta mucho más difícil una vez se han desencadenado. De este modo se intenta conseguir un equilibrio tensional entre el macizo y el sostenimiento, persiguiéndose un carácter autoportante del propio conjunto macizo-sostenimiento.

Lo atractivo del método así como el desarrollo de las clasificaciones geomecánicas, han contribuido a la popularidad y extraordinaria difusión del método que se utiliza en una extensa gama de materiales que van desde los suelos hasta las rocas duras. No obstante, no se debe considerar el empleo de este método en suelos, ya que en general va unido al empleo de grandes espesores de gunita y a un aumento y reducción del área de las secciones de excavación, confiando ya no en el equilibrio macizo-sostenimiento, sino puramente en la contención con grandes espesores de hormigón proyectado. Esta circunstancia ha llevado a relevantes fracasos constructivos, muy conocidos algunos como el caso de diversos túneles metropolitanos en suelos, por lo que actualmente está claramente desaconsejado en suelos.

Aunque no sea más que como un recordatorio, se debe señalar también que en sus orígenes, la Escuela Austriaca, de donde procede (Müller, Von Rabcewicz) fijaron una serie de condicionantes que deberían cumplirse para poder hablar propiamente de NMA. En efecto, el NMA se diseña para los grandes túneles alpinos, de gran profundidad y materiales homogéneos. Además, alguna de sus premisas (formas redondeadas, excavación a sección entera, cierre del sostenimiento en toda la sección) están muy lejos de cumplirse en muchos túneles. Sin embargo, lo sencillo de los conceptos así como su flexibilidad y adaptabilidad a muy diferentes circunstancias, justifican su utilización en otros casos diferentes a los previstos en su origen. En el caso concreto de la ciudad de Bilbao y su entorno, se cuenta con una amplia experiencia en la aplicación de este método para la ejecución de numerosos túneles (destacando los correspondientes al metro), por lo que está contrastada la eficacia del mismo y su posibilidad de aplicación para los materiales y características del túnel proyectado.

La correcta aplicación del método exige una información directa y fiable del frente mediante el examen geológico de la excavación y el control permanente de la auscultación, que proporciona datos precisos sobre el comportamiento de los sostenimientos aplicados.

5. DISEÑO DE LOS SOSTENIMIENTOS DEL TÚNEL

Las clasificaciones geomecánicas asignan a cada tipo de roca un índice numérico que cuantifica su calidad en función de una serie de parámetros. Son una herramienta de gran utilidad durante el proyecto y la construcción de las obras subterráneas.

Desde su aparición en los años 60, todas las clasificaciones geomecánicas han proporcionado en mayor o menor medida ciertos criterios sobre el tipo de sostenimiento que puede emplearse en las excavaciones subterráneas.

Aunque en los últimos años se ha puesto de manifiesto que las clasificaciones geomecánicas deben emplearse básicamente para clasificar el terreno, es posible obtener a partir de ellas una definición previa de los sostenimientos a emplear en un túnel.

En el presente apartado se utilizará el método de Bieniawski como punto de partida para establecer los sostenimientos precisos.

5.1 CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENIAWSKI

El sistema de clasificación Rock Mass Rating o RMR fue desarrollado por Z.T. Bieniawski en 1972-73 y modificada posteriormente en base a numerosos casos reales de túneles, cavernas, taludes, etc. en los años 1976, 1979 y 1989. La empleada actualmente es la clasificación actualizada en el año 1989.

Esta clasificación tiene en cuenta los siguientes parámetros geomecánicos:

- Resistencia uniaxial de la matriz rocosa.
- Grado de fracturación del macizo en términos RQD.
- Espaciado de las discontinuidades.
- Condiciones de las discontinuidades.
- Condiciones hidrogeológicas.
- Orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación.

El RMR se obtiene como suma de unas puntuaciones que corresponden a los cinco primeros parámetros, y la corrección final por orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación. Su valor oscila entre 0 para una roca muy mala y 100 para una roca de excelente calidad. Los valores para la obtención del índice RMR se recogen en las tablas siguientes:

Clasificación de Bieniawski

Parámetros de Clasificación									
1	Resistencia de la roca sana	Ensayo de carga puntual	> 100 Kp/cm ²	40 - 80 Kp/cm ²	20 - 40 Kp/cm ²	10 - 20 Kp/cm ²	Compresión simple (Kp/cm ²)		
		C. Simple	> 2.500 Kp/cm ²	1.000-2.500 Kp/cm ²	500-1.000 Kp/cm ²	250-500 Kp/cm ²	50-250	10 - 50	< 10
Valoración			15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Valoración		20	17	13	6	3		
3	Separación entre diaclasas		> 2 m	0.6 - 2 m	0.2 - 0.6 m	0.06 - 0.2 m	< 0.06 m		
	Valoración		20	15	10	8	5		
4	Estado de las diaclasas		Muy rugosas Discontinuas Sin separaciones Bordes sanos y duros	Ligeramente rugosas Abertura <1 mm Bordes duros	Ligeramente rugosas Abertura < 1 mm Bordes blandos	Espejos de falla o con relleno <5 mm o abiertas 1-5 mm Diaclasas continuas	Relleno blando > 5 mm o abertura > 5 mm Diaclasas continuas		
	Valoración		30	25	20	10	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min.	10-25 litros/min.	25-125 litros/min	> 125 litros/min.		
		Relación Presión agua-Tensión princ. mayor	0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
		Valoración	15	10	7	4	0		

Corrección por la Orientación de las Diaclasas

Dirección y Buzamiento		Muy Favorables	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy Desfavorables
Valoración para	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Clasificación

Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy Buena	Buena	Media	Mala	Muy Mala
Valoración	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20

Características

Clase	I	II	III	IV	V
Tiempo de mantenimiento y longitud	10 años con 5 m de vano	6 meses con 8 m de vano	1 semana con 5 m de vano	10 horas con 2,5 m de vano	30 min. Con 1 m de vano
Cohesión	> 4 Kp/cm ²	3 - 4 Kp/cm ²	2 - 3 Kp/cm ²	1 - 2 Kp/cm ²	< 1 Kp/cm ²
Ángulo de rozamiento	> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	15°

Orientación de las Diaclasas

Dirección Perpendicular al eje del túnel				Dirección paralela al eje del túnel		Buzamiento 0°-20° cualquier dirección
Excav. Con buzamiento		Excav. Contra buzamiento				
Buz. 45 - 90	Buz. 20 - 45	Buz. 45 - 90	Buz. 20 - 45	Buz. 45 - 90	Buz. 20 - 45	
Muy Favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy Desfavorable	Media	Desfavorable

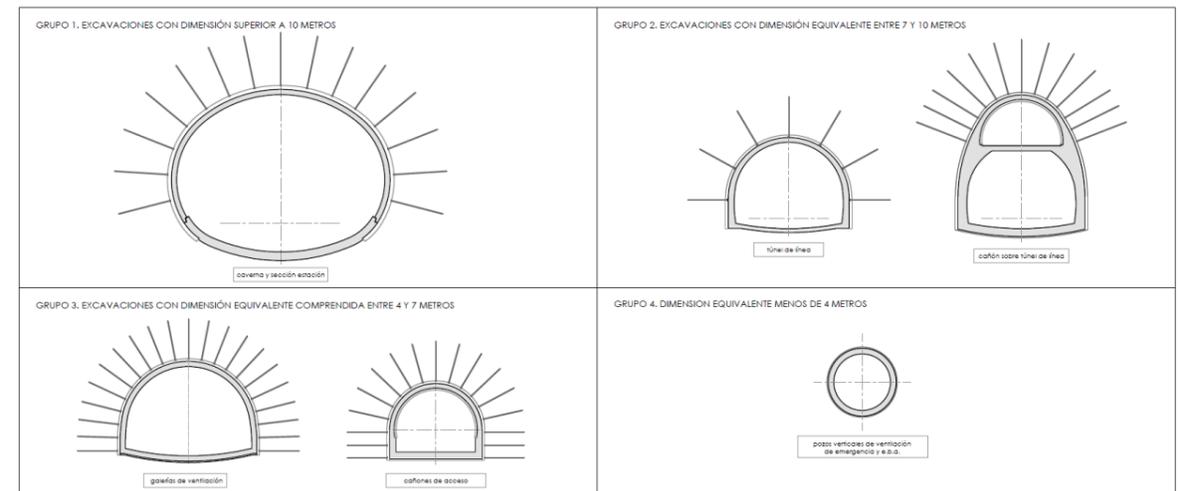
Para cada clase de roca Bieniawski propone una cuantía de sostenimiento y un método de excavación. Inicialmente, estas recomendaciones son aplicables a túneles excavados en roca con voladura, con anchura de 5 a 10 m y tensión vertical inferior a 25 MPa, que no siempre se cumplen en los túneles a ejecutar. No obstante, basándose en la experiencia de las obras desarrolladas a lo largo de los últimos años, ha podido establecerse un planteamiento de sostenimiento tomando el valor RMR como referencia para túneles con otro tipo de condiciones (dimensiones, método de excavación, etc.), como ocurre particularmente en este caso. El sostenimiento propuesto para diferentes rangos de RMR se recoge en el apartado 5.2 siguiente.

5.2 ESTIMACIÓN DEL SOSTENIMIENTO ETS

La experiencia en obras del metro de Bilbao llevó a ETS a plantear una serie de sostenimientos en función del diámetro equivalente y de la calidad de la roca (RMR Bieniawski).

Estos sostenimientos vienen definidos en la siguiente tabla, al igual que las longitudes de avance para cada una de las diferentes secciones proyectadas.

Para la definición de los sostenimientos en este proyecto se ha utilizado esta clasificación:



	SOSTENIMIENTO TIPO I RMR > 70	SOSTENIMIENTO TIPO II 70 > RMR > 55	SOSTENIMIENTO TIPO III 55 > RMR > 40	SOSTENIMIENTO TIPO IV 40 > RMR > 30	SOSTENIMIENTO TIPO V 30 > RMR > 20
GRUPO 1	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 10 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 . L = 6,0 m. Sxd = 2,5 x 2,5 m - CERCHAS TH-29 - PASE: AVANCE/DESTROZA: 5/6 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 20 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 . L = 6,0 m. Sxd = 2 x 2 m - CERCHAS TH-29 - PASE: AVANCE/DESTROZA: 4/5 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA PP = 25 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 . L = 6,0 m. Sxd = 1,5 x 1,5 m - CERCHAS TH-29 - PASE: AVANCE/DESTROZA: 3/4.5 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 30 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 . L = 6,0 m. Sxd = 1 x 1 m - CERCHAS HEB-180 c/ 1 m - PASE: AVANCE/DESTROZA: 1/2 m	
GRUPO 1R	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 25 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 . L = 6,0 m. Sxd = 2 x 2 m - PASE: AVANCE/DESTROZA: 5/6 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 30 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 . L = 6,0 m. Sxd = 1,5 x 1,5 m - PASE: AVANCE/DESTROZA: 4/5 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 30 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 . L = 6,0 m. Sxd = 1 x 1 m - PASE: AVANCE/DESTROZA: 3/4.5 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 30 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 . L = 6,0 m. Sxd = 1 x 1 m - PASE: AVANCE/DESTROZA: 1/2 m	
GRUPO 2	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 10 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 . L = 3,0 m. Sxd = 2,5 x 2,5 m - PASE: AVANCE/DESTROZA: 5/10 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 15 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 . L = 3,0 m. Sxd = 2 x 2 m. - PASE: AVANCE/DESTROZA: 4/8 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 15 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 . L = 3,0 m. Sxd = 1,5 x 1,5 m. - PASE: AVANCE/DESTROZA: 3/6 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO = 20 cm. - ARMADO: FIBRA PP O MALLAZO 6 x 150 x 150 (*) - CERCHAS TH-21 c/1,5 m. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 (***) . L = 4,0 m. Sxd = 1,5 x 1,5 m. - PASE: AVANCE/DESTROZA: 1.5/3 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO = 25 cm. - ARMADO: MALLAZO 6 x 150 x 150 - CERCHAS TH-29 c/1,0 m. - PASE: AVANCE/DESTROZA: 1/2 m - PRESOSTENIMIENTO: PARAGUAS DE MICROPILOTES OCASIONAL - AVANCE CON BULONES EN HASTIALES TIPO SWELLEX . L = 4,0 m. Sxd = 1 x 1 m. OCASIONAL (**)
GRUPO 3	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 10 cm - BULONES TIPO SWELLEX MN-16 L = 3,0 m. Sxd = 2 x 2 m. - PASE: SECCION COMPLETA: AVANCE = 4 m		- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 15 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 . L = 3,0 m. Sxd = 1,5 x 1,5 m. - PASE: SECCION COMPLETA: AVANCE = 3 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 20 cm. - CERCHAS TH-21 c/1,5 m. - PASE: SECCION COMPLETA: AVANCE = 1.5 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 25 cm. - CERCHAS HEB-140 c/1 m. - AVANCE = 1 m. Y DESTROZA Y CONTRABOVEDA - PRESOSTENIMIENTO: PARAGUAS DE MICROPILOTES OCASIONAL
GRUPO 4	ESPESOR HORMIGON PROYECTADO = 5 cm. SECCION COMPLETA				

NOTAS: (*) SE COLOCARÁ FIBRA DE PP O MALLAZO A DISCRECIÓN DE LA DIRECCIÓN DE OBRA

(**) SE COLOCARÁN LOS BULONES EN LOS HASTIALES DEL AVANCE A DISCRECIÓN DE LA DIRECCIÓN DE OBRA

(***) LOS BULONES DESCRITOS PODRÁN SER MODIFICADOS A CRITERIO DE LA DIRECCIÓN DE OBRA, LA CALIDAD DE LA ROCA Y LAS CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS

5.3 ESTIMACIONES REALIZADAS

A partir de la información que proporcionan los sondeos mecánicos y los escasos afloramientos detectados (en la zona de la boquilla Este), se han estimado rangos de RMR a la profundidad de la traza del túnel que se han extrapolado a lo largo del mismo. Esta información debe comprobarse de forma continua durante la obra, ya que será una de las pautas para confirmar la idoneidad del sostenimiento previsto en cada momento.

En la tabla siguiente se resume la tramificación del túnel en función de los valores de RMR y Q asignados, a partir de los cuales se establecen los sostenimientos de partida, que también se refleja en el perfil geológico-geotécnico longitudinal:

TRAMO (PK a PK)	H (montera, m)	RMR
0+120-0+442	30	57
0+442-0+552	25	57
0+552-1+025	30	52
1+025-1+140	50	53
1+140-1+440	60	52
1+440-1+800	30	54
1+800-2+010	35	52
2+010-2+115	40	54
2+115-2+450	50	52

Es fundamental tener en cuenta que los PK reflejados en la tabla anterior son aproximados y pueden sufrir variaciones considerables durante la obra, ya que la extrapolación de los datos geomecánicos se ha realizado con objeto de contar con una previsión razonable de la distribución de los diferentes sostenimientos a lo largo del túnel, pero no es posible conocer con exactitud la localización de cada tramo. Del mismo modo, también sería posible que apareciera alguna zona milonitizada que no es posible esperar a partir de la información disponible.

5.4 SOSTENIMIENTOS DE LAS SECCIONES TIPO

Se han diferenciado las siguientes secciones tipo.

5.4.1 BOQUILLAS

SOSTENIMIENTO BOQUILLAS
ST B
Paraguas de micropilotes $\phi 150$ (camisa de $\phi 89$ y $e = 7$ mm), cada 0,5 m. 3 paraguas sucesivos, solapados 3 m Inyección de lechada
<u>Excavación en avance:</u> Hormigón proyectado HPro-25, $e = 15$ cm con mallazo Cerchas TH-21 c/1,5 m, con bulones al pie $L = 4,0$ m Pase en avance: 1,5 m
<u>Excavación en destroza:</u> Hormigón proyectado HPro-25, $e = 15$ cm con mallazo Cerchas TH-21 c/1,5 m Pase en avance: 3 m

5.4.2 TÚNEL

	TIPO I RMR>70	TIPO II 70>RMR>55	TIPO III 55>RMR>40	TIPO IV 40>RMR>30	TIPO V 30>RMR>20
Espesor de hormigón proyectado con fibra de PP	10 cm	15 cm	15 cm	20 cm	25 cm
Tipo de bulones	SWELLEX MN16	SWELLEX MN16	SWELLEX MN16	SWELLEX MN16	SWELLEX MN16
Longitud de bulones	3m	3m	3m	4m	4m
Malla de bulones	2.5 x 2.5 m	2.0 x 2.0 m	1.5 x 1.5 m	1.5 x 1.5 m	1.0 x 1.0 m en hastiales del avance a discreción de la D.O.
Cerchas				TH-21/1.5 m	TH-29 / 1.0 m
Otros				Mallazo 150 x 150 x 6 mm	Mallazo 150 x 150 x 6 mm Paraguas de micropilotes ocasional
Longitud de pase (avance/destroza)	5 / 10 m	4 / 8 m	3 / 6 m	1.5 / 3 m	

5.4.3 APARTADEROS Y GALERÍA DE VENTILACIÓN

	TIPO I RMR>70	TIPO II 70>RMR>55	TIPO III 55>RMR>40	TIPO IV 40>RMR>30	TIPO V 30>RMR>20
Espesor de hormigón proyectado con fibra de PP	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	25 cm
Tipo de bulones	SWELLEX MN16	SWELLEX MN16	SWELLEX MN16	SWELLEX MN16	SWELLEX MN16
Longitud de bulones	3m	3m	4m	4m	4m
Malla de bulones	2.0 x 2.0 m	1.5 x 1.5 m	1.5 x 1.5 m	1.5 x 1.5 m	1.0 x 1.0 m en hastiales del avance a discreción de la D.O.
Cerchas			TH-21/1.5 m	TH-29 / 1.0 m	
Otros			Mallazo 150 x 150 x 6 mm	Mallazo 150 x 150 x 6 mm	Paraguas de micropilotes ocasional
Longitud de pase (avance/destroza)	4 m sección completa	3 m sección completa	1.5 m sección completa	1 m en avance, destroza y contrabóveda	

5.4.4 CAVERNA

	TIPO I RMR>70	TIPO II 70>RMR>55	TIPO III 55>RMR>40	TIPO IV 40>RMR>30	TIPO V 30>RMR>20
Espesor de hormigón proyectado con fibra de PP	10 cm	20 cm	25 cm	30 cm	
Tipo de bulones	SWELLEX MN16	SWELLEX MN16	SWELLEX MN16	SWELLEX MN16	
Longitud de bulones	6m	6m	6m	6m	
Malla de bulones	2.5 x 2.5 m	2.0 x 2.0 m	1.5 x 1.5 m	1.0 x 1.0 m	
Cerchas	TH-29	TH-29	TH-29	HEB-180 / 1m	
Otros					
Longitud de pase (avance/destroza)	5 / 6 m	4 / 5 m	3 / 4.5 m	1 / 2 m	

5.4.5 FRENTES:

No se contempla el sellado del frente excepto con RMR muy bajos que requieran un sostenimiento especial o por la presencia de inestabilidades en el frente.

5.5 ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO

Se ha previsto el empleo de bulones, hormigón reforzado con fibras y cerchas metálicas como elementos de sostenimiento, cuya disposición y distribución varía en las distintas secciones tipo consideradas.

5.5.1 CERCHAS

Como elementos de sostenimiento en terrenos de baja calidad se emplean cerchas de acero embebidas en el hormigón. Los perfiles más comunes son los de tipo THN y HEB.

Los primeros tienen una sección en \square que los hacen más flexibles y permiten una puesta en obra más fácil, pudiendo ser atresillonados mediante barras corrugadas de acero o ser fijados al terreno mediante bulones anclados o friccionantes.

Los perfiles HEB son más rígidos, y por tanto menos deformables, son más adecuados cuando el terreno transmite cargas muy altas, ya que se fabrican en acero de límite elástico superior al de las cerchas THN por tanto trabajan en régimen elástico sin grandes deformaciones.

Se emplearán cerchas TH-21 en las secciones tipo ST-IV y ST-B de túnel, así como en el tramo de túnel en el entorno del entronque de la galería de ventilación. En el caso de las cavernas las cerchas a utilizar son las TH-29.

5.5.2 BULONES

El bulonaje es una técnica de sostenimiento que consiste en anclar en el interior de las rocas una barra de material resistente que aporta una resistencia a tracción y confina el macizo rocoso, permitiendo aprovechar las características resistentes de las rocas.

Los bulones aportan dos efectos básicos como elementos de sostenimiento:

- El bulonado cose las juntas de la roca, impidiendo que cuñas y bloques puedan deslizarse a favor de la fractura. Generalmente la rotura de un macizo rocoso se produce siempre a favor de las juntas.
- Por otra parte, el bulonado tiene un efecto de confinamiento de la roca, actuando del mismo modo que la armadura lo hace dentro del hormigón. Gracias a este efecto se consiguen absorber las tracciones que aparecen en el terreno, e impedir la formación de zonas descomprimidas.

En la actualidad se utilizan básicamente cuatro tipos de bulones en la construcción de túneles:

- Bulones convencionales, a base de redondos corrugados, de anclaje repartido con adhesivo de resina o cemento encartuchado.
- Bulones autoperforantes
- Bulones friccionantes de expansión colocados mediante hinchado por agua a presión.
- Bulones de resina de poliéster armados con fibra de vidrio.

La elección del tipo de bulón que debe utilizarse en una obra debe estar condicionada por las exigencias que el terreno impone al bulonaje, y entre los bulones que cumplen los requisitos técnicos necesarios, se deben emplear los más económicos.

Los terrenos con un RMR superior a 35-40 no ofrecen problemas para anclar en ellos cualquier tipo de bulón. En terrenos clasificados con un RMR entre 25 y 35 la colocación de bulones anclados con resina de cemento resulta muy dificultosa y en estos terrenos los bulones tipo Swellex presentan una notable ventaja. Finalmente, en terrenos con un RMR inferior a 25 prácticamente sólo se pueden colocar bulones autoperforantes.

En este caso se ha previsto utilizar bulones tipo Swellex Mn-16 en las secciones tipo ST-I a ST-V, con diferentes separaciones, como puede verse en el cuadro anterior y en los planos

5.5.3 HORMIGÓN PROYECTADO

El hormigón proyectado es un elemento básico en los sistemas de sostenimiento flexibles que contribuye a la estabilidad de la excavación a través de dos efectos principales:

- Sella la superficie de la roca, cerrando las juntas, evitando la decompresión y la alteración de la roca. De este modo el terreno puede mantener, en una mayor medida, sus características iniciales.
- El anillo de hormigón proyectado desarrolla una resistencia y puede trabajar como lámina, resistiendo las cargas que le transmite la roca al deformarse. También resiste la carga puntual ejercida por pequeñas cuñas o bloques de roca que descansan sobre la capa de hormigón.

La relación entre la resistencia a tracción de un hormigón y su resistencia a compresión es muy baja, y también lo es la capacidad de absorber energía antes de la rotura. Estos aspectos se mejoran notablemente con la el empleo de elementos de refuerzo como son el mallazo y las fibras de acero.

5.5.4 MALLAZO

La malla electrosoldada o mallazo está formada por una parrilla de barras corrugadas unidas mediante electrosoldadura, y se utiliza como refuerzo del hormigón proyectado por su facilidad de

adaptación a la forma del túnel. La sujeción de los paños al terreno se realiza mediante las placas de los bulones o picas donde no se dispongan bulones, manteniendo al menos 20-30 cm de solape. El hormigón proyectado deberá llevarse a cabo en dos capas, colocando el mallazo entre ambas. En caso de no hacerlo así y gunitar una vez colocado el mallazo, podría haber problemas de durabilidad (corrosión del acero) y un peor comportamiento estructural (el acero no quedaría totalmente embebido en el hormigón).

En las secciones tipo ST-IV, ST-V se dispondrá mallazo 150x150x6 mm, de acero B500T a discreción de la dirección de obra.

5.5.5 FIBRAS DE POLIPROPILENO

La presencia de fibras de polipropileno en el hormigón proyectado mejora sus propiedades mecánicas: disminuye su fragilidad, aumenta su ductilidad después de la figuración, aumenta la resistencia a la rotura y la capacidad de absorción de energía, disminuye la tendencia a las roturas por retracción, aumenta la resistencia a la aparición y propagación de grietas, aumenta la resistencia a tracción, al impacto y la cizalladura, mejora el comportamiento a flexotracción y aumenta la durabilidad.

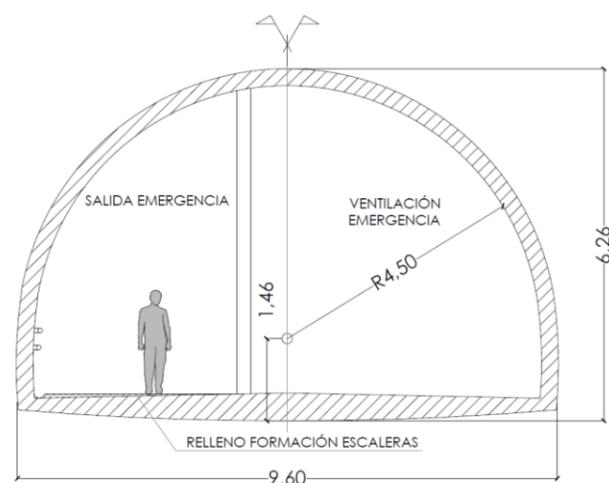
Desde el punto de vista constructivo las fibras sustituyen al mallazo tradicional al suprimir el riesgo de huecos detrás de él (por efecto de sombra o pantalla), disminuyen la cantidad de mortero y hormigón proyectado para recubrirlo totalmente y el rendimiento de colocación es superior.

La dosificación de estas fibras de polipropilano será de 4 kg/m³.

6. RAMPAS DE ATAQUE, CAÑONES Y ASCENSORES

6.1 RAMPAS DE ATAQUE

Se ha previsto la ejecución de dos rampas de ataque a lo largo del túnel excavado en mina, que se utilizarán galerías de evacuación una vez terminadas las obras. En estos apartaderos la anchura de la sección excavada es ligeramente inferior a la del túnel, con lo que se permite la retirada de la maquinaria para el desarrollo de las labores de excavación y sostenimiento durante las fases de ejecución.



Su ubicación se ha establecido intentando evitar su coincidencia en planta con edificaciones (en zona urbana se han intentado ubicar en tramos de cruce o áreas no edificadas), lo que además del emplazamiento determina en cada caso el lado (izquierdo o derecho) del túnel en el que se efectuará la sobreexcavación.

En la tabla siguiente se recoge la localización de las bocas de ataque y galerías de evacuación previstas:

BOCA DE ATAQUE	LOCALIZACIÓN (PK)	LATERAL (en sentido de avance PK)
1	0+960	Derecho
2	2+430	Izquierdo

Las galerías tienen una longitud en planta de 200 y 220 m respectivamente. La geometría de su sección tipo se ha adoptado por motivos de facilidad constructiva igual a la de la galería de ventilación.

En cuanto a los sostenimientos, se han definido los mismos cuatro tipos que para la sección de túnel. En el apartado 5.2 del presente Anejo se resumen en una tabla dichos sostenimientos.

6.2 CAÑONES DE ACCESO A LAS ESTACIONES

Cada una de las estaciones tiene dos cañones de acceso, uno en cada margen de la traza. La estación de Irala tiene acceso a través del cañón de la calle Eskurtze por margen derecha así como por el cañón de la Plaza Urizar.

La estación de Rekalde tiene un acceso a través de cañón, en la margen derecha en la plaza Rekalde y en la calle Gordóniz por su margen izquierda.

6.2.1 CAÑÓN PLAZA URIZAR

En esta zona el recubrimiento por rellenos antrópicos es inferior a los 3 m estando los depósitos aluviales ausentes. Si existe un pequeño desarrollo de la roca alterada con grado de meteorización M(V).

6.2.2 CAÑÓN PLAZA ESKURTZE

Es el mismo caso que el cañón anterior con pequeñas potencias de suelos.

6.2.3 CAÑÓN PLAZA REKALDE

Gracias a la investigación geotécnica realizada (sondeos y geofísica fundamentalmente) se tiene una idea bastante definida del contacto suelo/roca en esta zona, con un depocentro para los materiales aluviales bajo la calle Gordóniz en la que se pueden alcanzar los 23 m.

Al inicio del cañón la potencia de suelos sigue siendo considerable por lo que se opta por la ejecución una pantalla hasta el nivel de roca en los metros más superficiales.

En las proximidades de la estación se encuentra el contacto con las calizas de Arraiz por lo que es esperable la presencia de zonas karstificadas.

6.2.4 CAÑÓN CALLE GORDÓNIZ

Este cañón se encuentra situado sobre el eje de la antigua vaguada de Rekalde, con los máximos de potencia de suelos aluviales.

Debido a esta circunstancia para los primeros metros se propone ejecutar la excavación al abrigo de pantallas hasta que se produce un recubrimiento mínimo en roca.

Hacia la mitad del recorrido del cañón de acceso se produce el cambio de litología, de las lutitas calcáreas de la unidad de Yurre a las calizas de Arraiz. Es posible que se encuentren fenómenos de karstificación tales como cavidades o acumulaciones de arcillas de decalcificación.

6.3 GALERÍAS DE VENTILACIÓN Y ASCENSORES

Tanto en la caverna de Irala como en la de Rekalde se han proyectado dos galerías de ventilación en la que se instalarán dos ventiladores con los correspondientes silenciadores, y que queda comunicada con superficie mediante dos conductos cilíndricos verticales de 5,50 m de diámetro exterior, que parten de la clave de la galería y se llevarán a cabo mediante la técnica de raise-boring.

Las dimensiones en planta de las galerías de ventilación son de 9 m de ancho, orientadas ortogonalmente al eje del túnel.

Como se ha expuesto anteriormente, la geometría de la sección tipo es idéntica a la de las rampas de ataque anteriormente descritas, y también los sostenimientos tipo definidos, a excepción de las cerchas: en este caso se colocarán cerchas HEB-120 en toda la longitud de la galería, como refuerzo adicional e independientemente del sostenimiento tipo aplicado.

Estos conductos se ejecutarán mediante la técnica de raise boring, que consiste en efectuar una perforación con un vástago de pequeño diámetro y ampliar el diámetro de la misma en retroceso.

Una vez efectuada la excavación, se colocará una capa de hormigón proyectado de 5 cm de espesor en las paredes de los tubos a modo de sostenimiento primario. En función de lo que se observe durante la obra, podrá recurrirse también a un bulonado ocasional para estabilizar posibles bloques que corran el riesgo de moverse. Finalmente, se llevará a cabo el revestimiento, que consiste en una capa de hormigón en masa HM-25 de 0,30 m de espesor.

6.4 ENTRONQUE TÚNEL-GALERÍA – ATAQUE Y TÚNEL – GALERÍA DE VENTILACIÓN

El entronque de las galerías de ventilación con el túnel es un punto singular que se ha tratado de la siguiente manera:

- Geométricamente, se han previsto chaflanes a 45° para facilitar la ejecución de la excavación.
- La sección del túnel en el entronque será la correspondiente a galería.
- Se ha previsto un refuerzo del sostenimiento, como se explica a continuación.

Las intersecciones de túneles en roca dan lugar a dos circunstancias fundamentales que hacen necesario el refuerzo de los sostenimientos en ese entorno:

- La posibilidad de descalzar planos inestables de roca es mucho mayor en el diedro formado por la intersección que por uno cualquiera de los dos hastiales que lo forman.
- En un túnel, la carga que gravita sobre la bóveda es mucho menor que la presión geostática merced a la formación del arco de descarga. Sin embargo, la carga que deja de gravitar sobre el túnel se transfiere a las zonas de roca situadas a los lados de éste, que resultan así con una carga vertical superior a la geostática. Al producirse la intersección de dos túneles, se superponen estos excesos de carga al confluir los apoyos de los dos arcos de descarga. Entonces, la roca situada en la esquina recibe una carga vertical aún mayor.

Las galerías de ventilación se utilizarán como rampas de ataque durante la construcción del túnel y se ubicarán en el PK 0+960 y 2+350 aproximadamente. En esta zona, tal y como se recoge en el perfil geológico-geotécnico del túnel, se ha estimado que la calidad del macizo rocoso sea en su mayor parte media-buena, con valores de RMR entre 50 y 60 y superiores a 60. La previsión de sostenimientos tipo es la siguiente: 20% ST-I, 60% ST-II y 20% ST-III, constituyendo el 20% de sostenimiento tipo III un margen de seguridad para casos en los que el RMR sea del orden de 50 o algo inferior.

La clasificación de Bieniawski, seguida para establecer los sostenimientos tipo, no da criterios para el refuerzo en zonas de entronque, pero sí la clasificación de Barton, que recomienda lo siguiente:

- Multiplicar por 3 el número asociado a las familias de juntas J_n . Como este factor entra como denominador en la fórmula para estimar el índice Q , resulta por tanto lo mismo que multiplicar por 3 el propio índice Q .
- Reducir el factor de minoración de diámetro del túnel (ESR), que pasa de 1,3 en túneles normales a 1,0 en intersecciones. Con esto, el diámetro equivalente o la altura máxima del túnel se multiplica por 1,3 a la hora de entrar en la gráfica de sostenimientos.

Aplicando estas recomendaciones, resulta por lo pronto que los rangos de calidades bajan considerablemente:

RMR ESTIMADO EN LA ZONA DE ENTRONQUE	Q EQUIVALENTE EN LA ZONA DE ENTRONQUE	Q A CONSIDERAR CON REDUCCIÓN POR ENTRONQUE	RMR EQUIVALENTE A CONSIDERAR CON REDUCCIÓN POR ENTRONQUE
50 – 60 > 60	1,95 – 5,92 > 5,92	0,65 – 1,97 >1,97	40 - 50 >50

El sostenimiento habitualmente colocado por ETS consiste en la colocación de 4 cerchas TH-21 con bulonado en malla de 1 x 1 m de bulones tipo Swellex MN-16 y un espesor total de hormigón proyectado con fibras de polipropileno de 30 cm.

En la galería de ventilación se aplicará el refuerzo en una longitud de 9,7 m, colocando en este caso cerchas HEB-120 en lugar de TH-21. En el resto de su longitud se aplicará el sostenimiento tipo que corresponda por la calidad del macizo rocoso, añadiendo además cerchas HEB-120 cada 1,5 m como ya se ha especificado anteriormente.

7. EMBOQUILLES

Como preparación al comienzo de los trabajos de excavación en mina se efectuarán en ambas bocas labores previas, como se ha señalado anteriormente, encaminadas a proteger el progreso de los primeros metros de túnel que son siempre especialmente conflictivos. En particular, en este caso nos encontramos con la siguiente problemática o condicionantes:

- Boquilla Rampa de ataque Basurtugorta: se encuentra bajo una zona no urbanizada, en el entorno de Bilbao. El planeamiento urbano de Bilbao indica la ejecución de una variante para la actual A-8 que encaja en esta zona con dos túneles. En este estudio se respecta su actual posición encajando esta boquilla por debajo de los túneles previstos. Además en la actual carretera se encuentra soterrado el arroyo Masustegi que será necesario desviar.
- Boquilla Rampa de ataque Parque Eskurtze: se localiza en una ladera con espesor considerable de rellenos e indicios de inestabilidad. La montera es de 20 m de suelos y el emboquille se ha situado con el condicionante de no afectar al terraplén del ramal de salida de la autopista existente.
- Boquilla Túnel en Mina PK 2+450. Presenta complejidad para su realización puesto que se ejecutará en la proximidad de las actuales vías en servicio. La montera de suelos es escasa en esta zona.

7.1 BOQUILLA RAMPA DE ATAQUE BASURTUGORTA

7.1.1 GEOMETRÍA

Como puede comprobarse en el perfil geológico-geotécnico longitudinal, la montera en el PK 0+030 en el que se localiza la boquilla es de unos 7 m. El terreno está constituido por suelos eluviales de no más de 1.50 m de potencia. El sustrato rocoso en su parte superior aparece algo meteorizado (2 m) y por último se encontrará el sustrato rocoso ligeramente meteorizado (M(II)) a la cota de la clave del túnel o incluso ligeramente por debajo de la misma. Hay que señalar no obstante, que se estima que el perfil de la roca grado II ascenderá en los primeros metros del túnel en mina y que se contará con una montera en roca competente de varios metros.

7.1.2 PARAGUAS DE MICROPILOTES

Como refuerzo, se ha previsto la ejecución de una sección tipo V con presostenimiento de un paraguas de micropilotes y cerchas TH-21 cada metro.

7.2 BOQUILLA RAMPA DE ATAQUE PARQUE ESKURTZE

7.2.1 GEOMETRÍA

En este caso, la montera en la zona de la boquilla es de 22 m con los primeros 12 en suelos, siendo necesario llevar a cabo una excavación entre pantallas de pilotes frontal y laterales, acodadas mediante varios niveles de losas de hormigón armado para alcanzar la cota del túnel y llevar a cabo el tratamiento de la boquilla.

7.2.2 PARAGUAS DE MICROPILOTES

Se trata de micropilotes de 150 mm de diámetro de perforación, con camisa de acero de 89 mm de diámetro y 7 mm de espesor, que se dispondrán cada 0,50 m (distancia entre centros). Se dispondrán micropilotes de 11 m de longitud. Los micropilotes se llevarán a cabo en un arco de 130° y con una ligera inclinación longitudinal (1,5°) hacia arriba en sentido longitudinal. La tanda exterior constará de micropilotes de inyección repetitiva, mientras que las dos restantes (interiores) serán de micropilotes de inyección única.

7.3 BOQUILLA TÚNEL EN MINA 2+450

7.3.1 GEOMETRÍA

En este caso, la montera en la zona de la boquilla es de 12 m en roca, posteriormente, se continuará con túnel artificial durante 100 m hasta salir las vías a cielo abierto, una vez repuestas las tierras de la ladera.

7.3.2 PARAGUAS DE MICROPILOTES

Se trata de micropilotes de 150 mm de diámetro de perforación, con camisa de acero de 89 mm de diámetro y 7 mm de espesor, que se dispondrán cada 0,50 m (distancia entre centros). Se dispondrán tres tandas de micropilotes de 15 m de longitud con 3 m de solape entre ellas. Los micropilotes se llevarán a cabo en un arco de 130° y con una ligera inclinación longitudinal (1,5°) hacia arriba en sentido longitudinal. La tanda exterior constará de micropilotes de inyección repetitiva, mientras que las dos restantes (interiores) serán de micropilotes de inyección única.

8. REVESTIMIENTO

Se ha previsto un revestimiento continuo de hormigón en masa HM-25 de 30 cm de espesor.

El revestimiento de un túnel tiene una función estructural fundamental ya que garantiza su estabilidad a largo plazo, en la hipótesis de pérdida total de eficacia de los elementos metálicos de sostenimiento por fluencia y/o corrosión.

Consecuentemente su ejecución deberá ser extremadamente cuidadosa en cuanto a la calidad y continuidad de los citados elementos, evitándose la formación de juntas con una disposición y calidad que disminuyan la capacidad estructural.

9. IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE

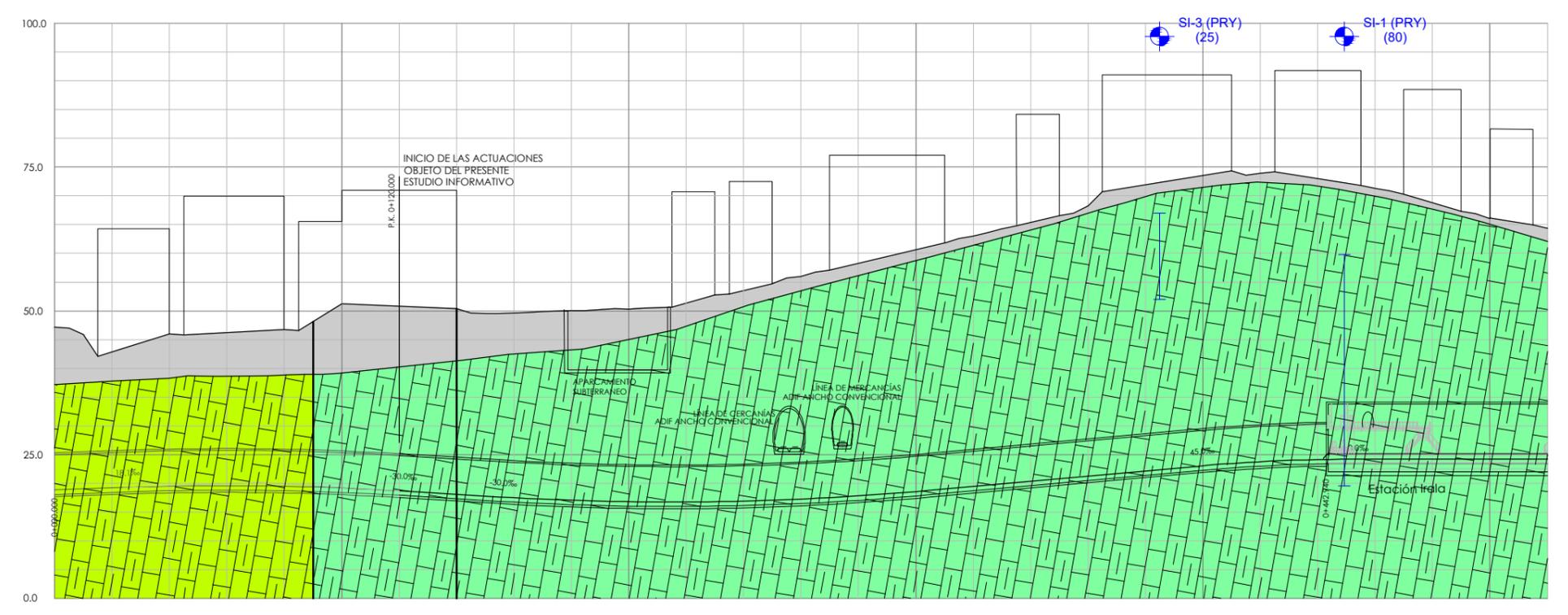
Para proteger el revestimiento de la acción de las aguas subterráneas y para evitar goteos sobre la plataforma, se dispondrá un sistema de impermeabilización en los cañones y zonas de instalaciones así como en las cavernas de estación.

APÉNDICE N°10.1

Perfil longitudinal túnel en mina

- OHARRAK :
NOTAS :
- Rellenos antrópicos
 - Cuaternario aluvial
 - Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas (unidad de Yurre)
 - Lutitas calcáreas con pasadas areniscas (unidad de Oiz)
 - Calizas en bancos métricos con rudistas y corales
 - Areniscas de grano fino y muy fino limolitas calcáreas
 - Filones de cuarzo
 - Diques de rocas subvolcánica

- SL4- Sondeo campaña E. I. 2021
- S* - Otros sondeos
- HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)
- MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

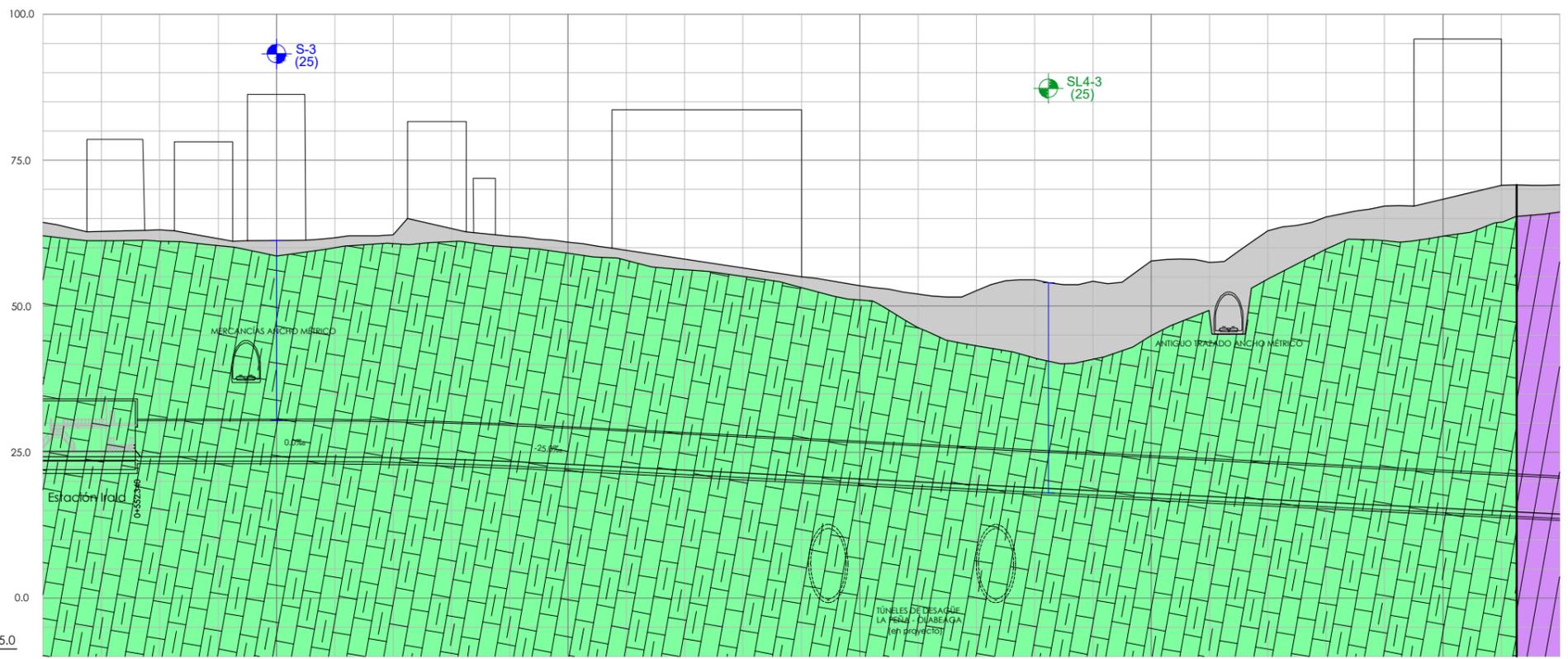


P.K.	0+000	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+520.000
COTAS BASANTE	18.944	19.205	17.055	16.910	20.399	23.058	24.200
COTAS TERRENO	47.177	49.843	50.029	71.154	80.763	91.054	84.380

TRAMO
LITOLOGÍA
RCS (MPa)
RMR
GEOMETRIA SECCIÓN
EXCAVACIÓN
L. AVANZE
SOSTENIMIENTO
OBSERVACIONES

I INICIO - ESTACIÓN DE IRALA		II ESTACIÓN DE IRALA	
LUTITAS CALCAREAS CON PASADAS ARENISCOSAS			
22.80 MPa			
57		57	
TUNEL EN MINA		CAVERNA	
ROZADORA			
3/2m			
90%ST II 10& ST III		90%ST II 10& ST III	

A	PROYECTO	Nov-21			
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
AHOLKULARIA / CONSULTOR			INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR		
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
A10-01h01-06GEOL					



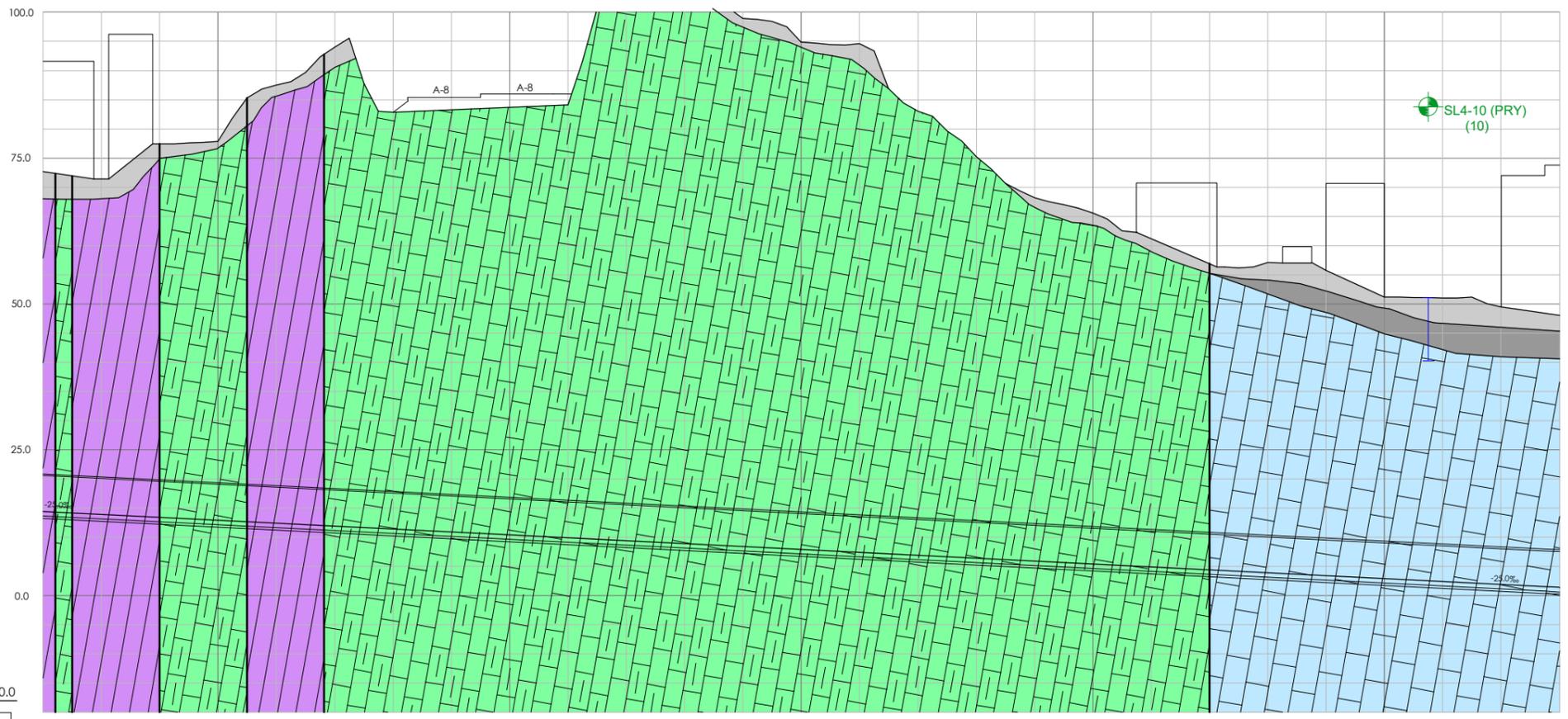
- OHARRAK :**
NOTAS :
- Rellenos antrópicos
 - Cuaternario aluvial
 - Lutitas calcáreas con pasadas areniscas (unidad de Yurre)
 - Lutitas calcáreas con pasadas areniscas (unidad de Oiz)
 - Calizas en bancos métricos con rudistas y corales
 - Areniscas de grano fino y muy fino limolitas calcáreas
 - Filones de cuarzo
 - Diques de rocas subvolcanica
- SL4- Sondeo campaña E. I. 2021
● S* - Otros sondeos
● HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)
● MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

P.K.	COTAS BASANTE	COTAS TERRENO
24.200	64.380	
24.200	77.287	
24.200	63.040	
24.200	77.466	
24.200	86.267	
24.167	61.737	
24.024	62.203	
23.766	81.463	
23.394	61.984	
22.916	60.975	
22.416	83.245	
21.916	81.139	
21.416	81.148	
20.916	55.039	
20.416	53.507	
19.916	52.104	
19.416	52.682	
18.916	54.533	
18.416	54.294	
17.916	57.748	
17.416	57.522	
16.916	62.892	
16.416	65.241	
15.916	67.120	
15.416	93.997	
14.916	70.695	
14.416	70.739	

TRAMO
LITOLOGÍA
RCS (MPa)
RMR
GEOMETRIA SECCIÓN
EXCAVACIÓN
L. AVANZE
SOSTENIMIENTO
OBSERVACIONES

EST. DE IRALA	0+600	0+700	0+800	0+900	1+000
LITOLOGÍA	LUTITAS CALCÁREAS CON PASADAS ARENISCOSAS				
RCS (MPa)	22.80				
RMR	57				
GEOMETRIA SECCIÓN	CAVERNA				
EXCAVACIÓN	TUNEL EN MINA				
L. AVANZE	ROZADORA				
SOSTENIMIENTO	3/2 m				
OBSERVACIONES	90%ST II 10%ST III				

REV.	PROYECTO	Nov-21		
	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP. OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES				
AHOLKULARIA / CONSULTOR		INGENIARI EGILEA / INGENIERO AUTOR		
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA / REFERENCIA CONSULTOR		ERREFERENTZIA / REFERENCIA		
A10-01h01-06GEOL				



- OHARRAK :**
NOTAS :
- Rellenos antrópicos
 - Cuaternario aluvial
 - Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas (unidad de Yurre)
 - Lutitas calcáreas con pasadas areniscas (unidad de Oiz)
 - Calizas en bancos métricos con rudistas y corales
 - Areniscas de grano fino y muy fino limolitas calcáreas
 - Filones de cuarzo
 - Diques de rocas subvolcanica
- SL4- Sondeo campaña E. I. 2021
● S* - Otros sondeos
● HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)
● MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

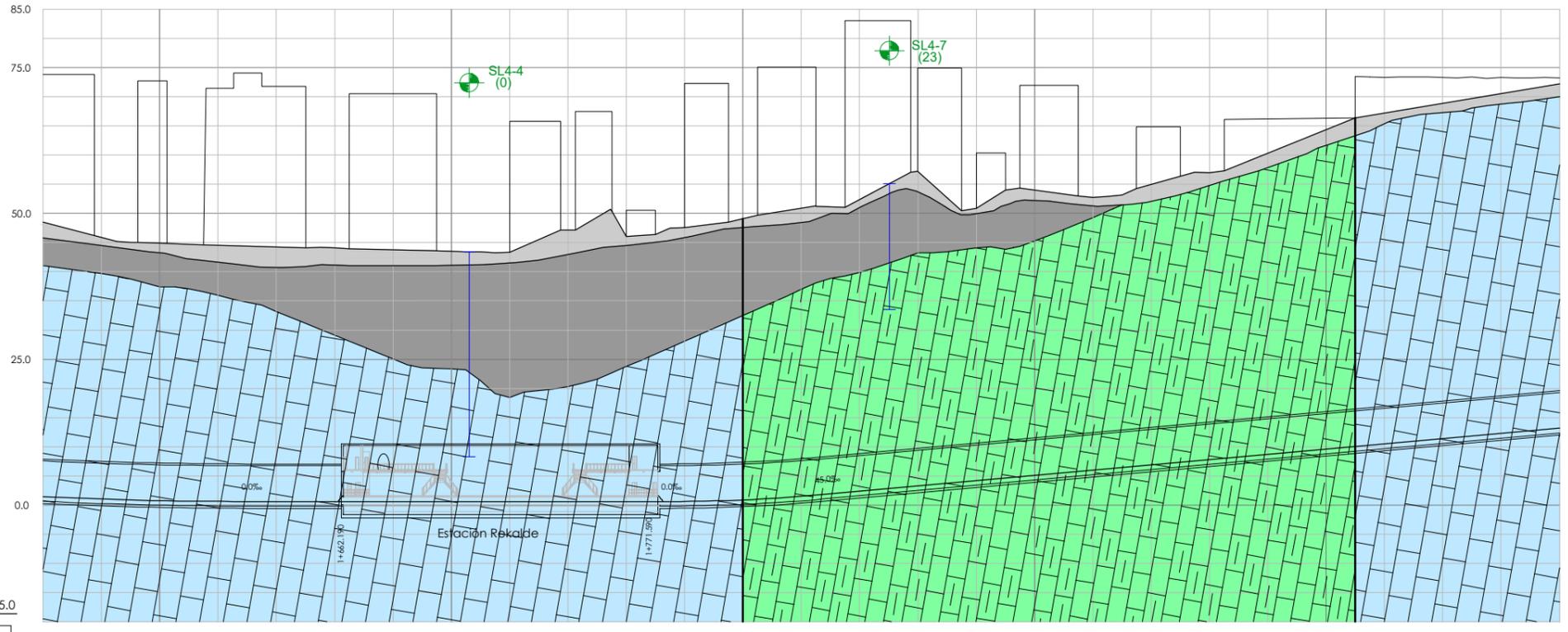
P.K.	14.416	13.916	13.416	12.916	12.416	11.916	11.416	10.916	9.916	9.416	8.916	8.416	7.916	7.416	6.916	6.416	5.916	5.416	4.916	4.416	3.916	3.416	2.916	2.416	1.916	1.420
COTAS	70.759	71.398	77.449	77.889	87.487	94.068	82.836	85.288	84.128	108.076	105.193	98.902	94.835	94.652	83.031	75.226	68.162	65.612	70.749	69.952	57.063	55.768	51.178	51.012	49.515	73.600
BASANTE																										
TERRENO																										

TRAMO					LUTITAS CALCÁREAS CON PASADAS DE ARENISCA												CALIZAS		
LITOLÓGIA	R.S.V.	L.C.	R.S.V.																
RCS (MPa)	>40	22.80	>40		22.80												52		
RMR	54	54	54		52												54 (LOCALMENTE 0)		
GEOMETRIA SECCIÓN	TUNEL EN MINA																		
EXCAVACIÓN	ROZADORA																		
L. AVANZE	3/2 m																		
SOSTENIMIENTO	80%ST II 20%ST III												3/2/0.5 m						70%ST II 10%ST III 20%S.E.
OBSERVACIONES	ABUNDANTE KARSTIFICACIÓN																		

A	PROYECTO	Nov-21			
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
AHOLKULARIA / CONSULTOR			INGENIARI EGILEA		
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA			ERREFERENTZIA		
REFERENCIA CONSULTOR			REFERENCIA		
A10-01h01-06GEOL					

- OHARRAK :
NOTAS :
- Rellenos antrópicos
 - Cuaternario aluvial
 - Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas (unidad de Yurre)
 - Lutitas calcáreas con pasadas areniscas (unidad de Oiz)
 - Calizas en bancos métricos con rudistas y corales
 - Areniscas de grano fino y muy fino limolitas calcáreas
 - Filones de cuarzo
 - Diques de rocas subvolcanica

- SL4- Sondeo campaña E. I. 2021
- S* - Otros sondeos
- HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)
- MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)



P.K.	1+600	1+700	1+800	1+900	2+000
COTAS BASANTE	73.800	72.685	70.548	68.183	66.156
COTAS TERRENO	73.800	72.685	70.548	68.183	66.156

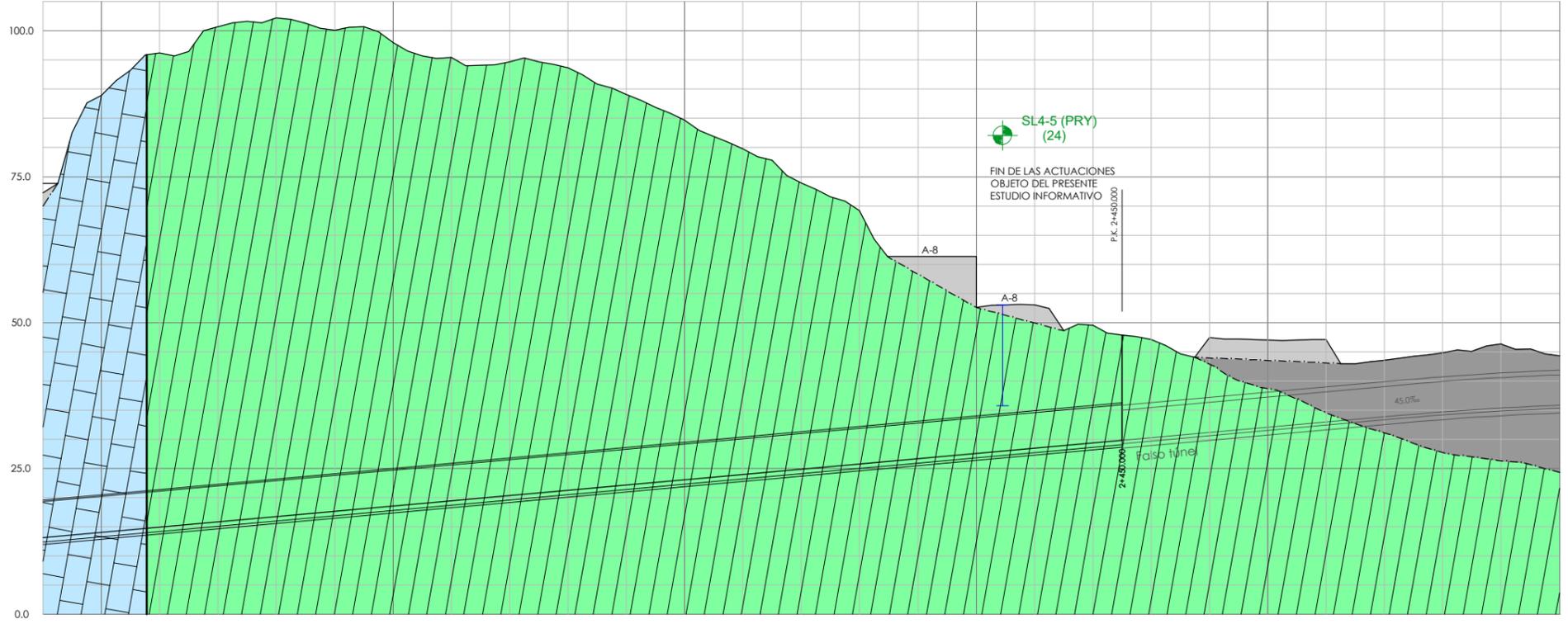
TRAMO	IRALA - REKALDE	ESTACIÓN REKALDE	REKALDE - FIN
LITOLOGÍA	CALIZAS		LUTITAS CALCÁREAS CON PASADAS ARENISCOSAS
RCS (MPa)	52		22.8
RMR	54 (LOCALMENTE 0)		52
GEOMETRIA SECCIÓN	TUNEL EN MINA	CAVERNA	TUNEL EN MINA
EXCAVACIÓN	ROZADORA		
L. AVANZE	3/2/0.5 m		3/2/ m
SOSTENIMIENTO	70%ST II 10%ST III 20% S.E.		80%ST II 20%ST III
OBSERVACIONES	ABUNDANTE KARSTIFICACIÓN		ABUNDANTE KARSTIFICACIÓN

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO	Nov-21			

BERRIKUSPENAK / REVISIONES

AHOLKULARIA / CONSULTOR	INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR
	IGNACIO CRESPO FIDALGO I.C.P. COLEG. Nº 11.138

AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR	ERREFERENTZIA REFERENCIA
	A10-01h01-06GEOL



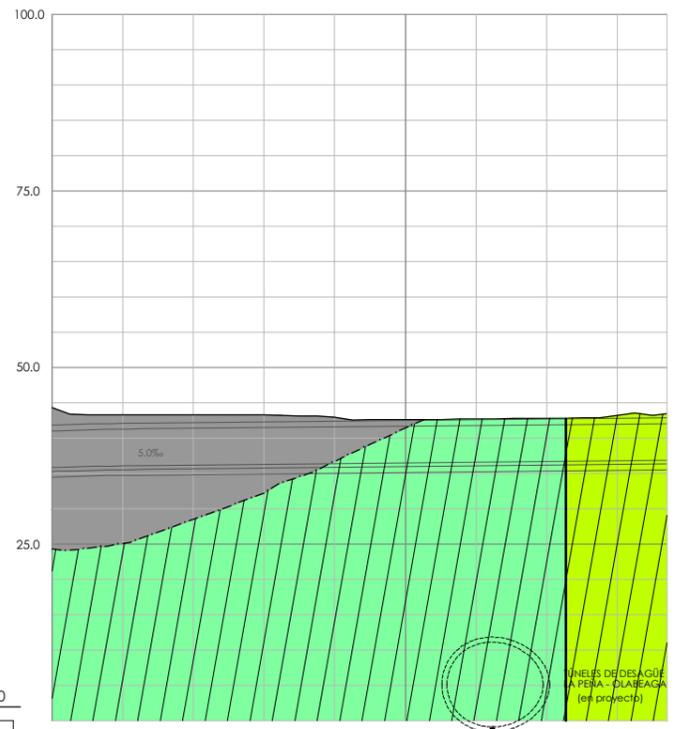
- OHARRAK :
NOTAS :
- Rellenos antrópicos
 - Cuaternario aluvial
 - Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas (unidad de Yurre)
 - Lutitas calcáreas con pasadas areniscas (unidad de Oiz)
 - Calizas en bancos métricos con rudistas y corales
 - Areniscas de grano fino y muy fino limolitas calcáreas
 - Filones de cuarzo
 - Diques de rocas subvolcanica

- SL4- Sondeo campaña E. I. 2021
- S* - Otros sondeos
- HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)
- MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

P.K.	COTAS	
	BASANTE	TERRENO
13.151	73.179	
14.051	88.895	
14.951	96.244	
15.851	100.682	
16.751	102.228	
17.651	100.116	
18.551	97.998	
19.451	95.424	
20.351	94.671	
21.251	93.641	
22.151	89.139	
23.051	84.689	
23.951	79.749	
24.851	73.952	
25.751	69.171	
26.651	61.291	
27.551	52.577	
28.451	53.034	
29.351	49.558	
30.251	47.079	
31.151	47.442	
32.051	47.015	
32.951	47.117	
33.851	43.574	
34.703	44.835	
35.565	46.294	
35.828	44.319	

TRAMO	REKALDE - FIN	
LITOLÓGIA	CALIZAS	LUTITAS CALCÁREAS CON PASADAS ARENISCOSAS
RCS (MPa)	52	22.8
RMR	54 (LOCALMENTE 0)	52
GEOMETRIA SECCIÓN	TUNEL EN MINA	
EXCAVACIÓN	ROZADORA	
L. AVANZE	3/2/0.5 m	3/2/ m
SOSTENIMIENTO	70%ST III 10%ST III 20% S.E	80%ST II 20%ST III
OBSERVACIONES	ABUNDANTE KARSTIFICACION	

A	PROYECTO	Nov-21			
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
AHOLKULARIA / CONSULTOR			INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR		
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
A10-01h01-06GEOL					



P.K.	2+600	2+700	2+774.128
COTAS	35.928	36.090	36.400
BASANTE	44.319	43.329	43.010
TERRENO	44.319	43.301	42.028
	36.300	36.600	36.800
	43.280	42.336	43.222
	43.010	42.168	43.449

TRAMO
LITOLOGÍA
RCS (MPa)
RMR
GEOMETRIA SECCIÓN
EXCAVACIÓN
L. AVANZE
SOSTENIMIENTO
OBSERVACIONES

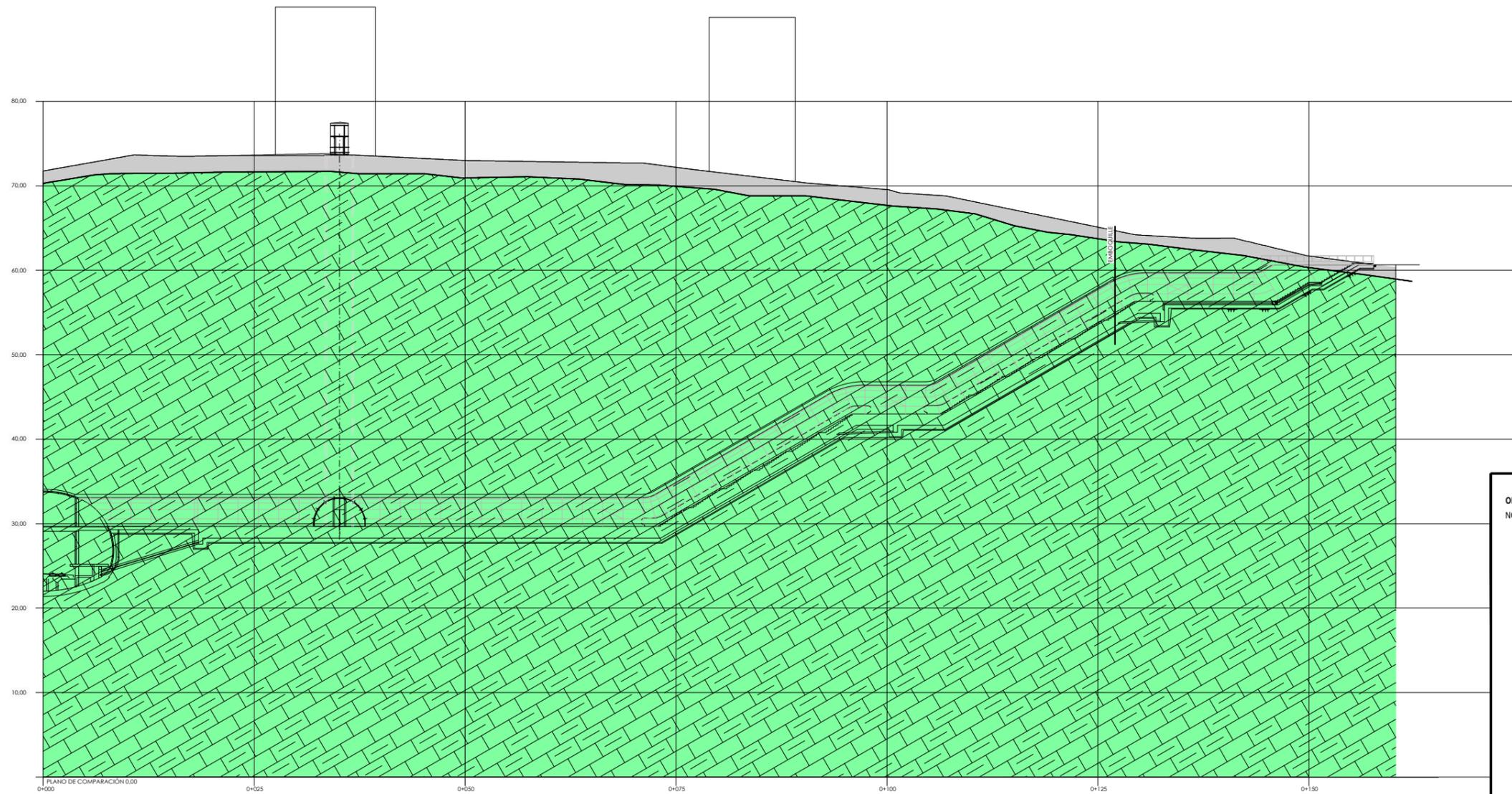
- OHARRAK :
NOTAS :
- Rellenos antrópicos
 - Cuaternario aluvial
 - Lufitas calcáreas con pasadas de areniscas (unidad de Yurre)
 - Lufitas calcáreas con pasadas areniscas (unidad de Oiz)
 - Calizas en bancos métricos con rudistas y corales
 - Areniscas de grano fino y muy fino limolitas calcáreas
 - Filones de cuarzo
 - Diques de rocas subvolcanica

- SL4- Sondeo campaña E. I. 2021
- S* - Otros sondeos
- HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)
- MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

A	PROYECTO	Nov-21			
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
AHOLKULARIA / CONSULTOR			INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR		
IGNACIO CRESPO FIDALGO I.C.C.P. COLEG. Nº 11.138					
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
A10-01h01-06GEOL					

APÉNDICE N°10.2

Perfiles longitudinales cañones y rampas de acceso

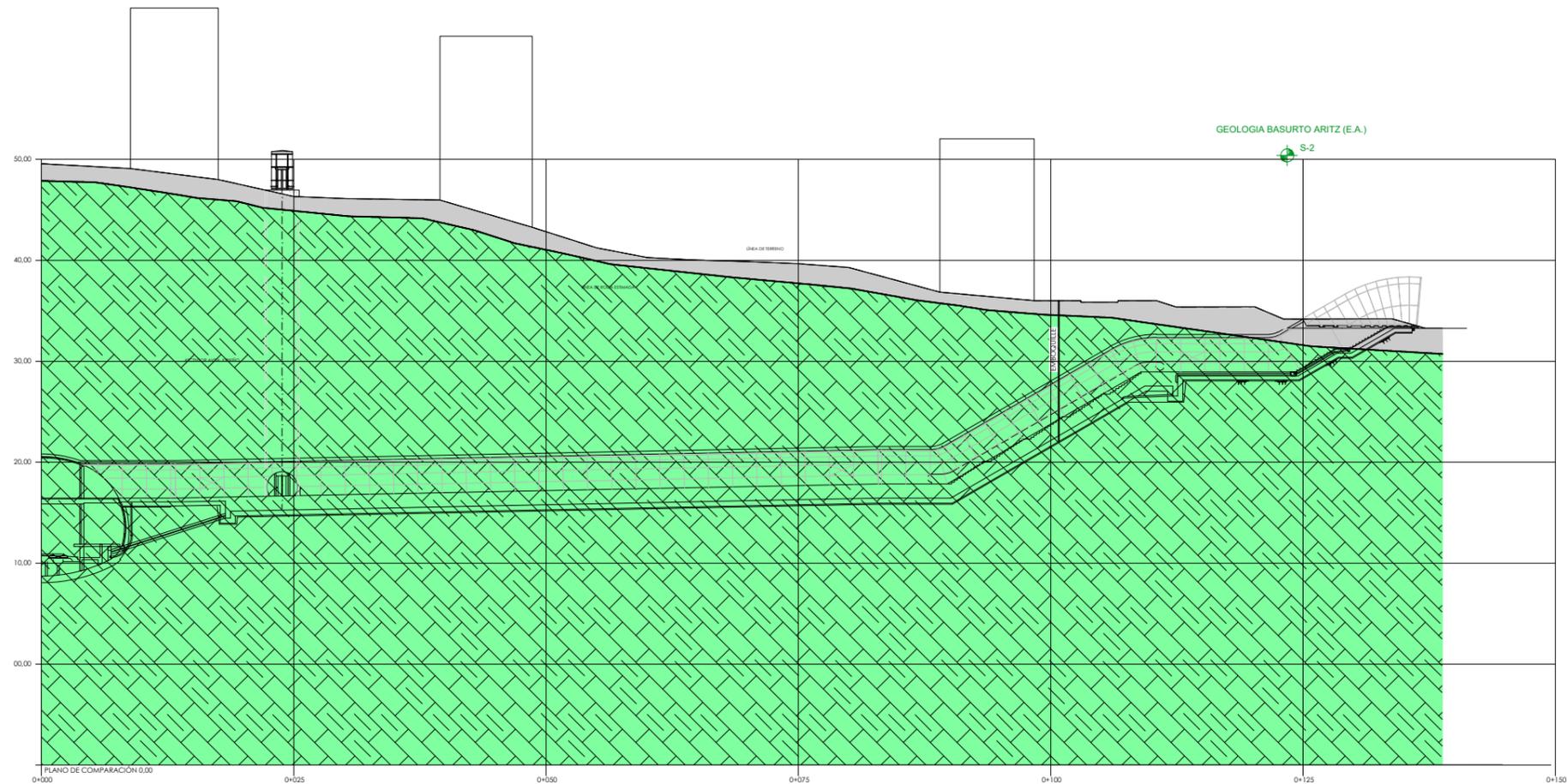


- OHARRAK :**
NOTAS :
- Rellenos antrópicos
 - Cuaternario aluvial
 - Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas (unidad de Yurre)
 - Lutitas calcáreas con pasadas areniscas (unidad de Oiz)
 - Calizas en bancos métricos con rudistas y corales
 - Areniscas de grano fino y muy fino limolitas calcáreas
 - Filones de cuarzo
 - Diques de rocas subvolcánica

TRAMO
LITOLÓGIA
RCS (MPa)
RMR
GEOMETRIA SECCIÓN
EXCAVACIÓN
L. AVANZE
SOSTENIMIENTO
OBSERVACIONES

CAÑÓN C/ JUAN DE GARAY	
LUTITAS CALCÁREAS CON PASADAS ARENISCOSAS	
22.80	
57	
CAÑÓN DE ACCESO A ESTACIÓN	
ROZADORA	
3m	
TIPO III	

A	PROYECTO	Nov-21			
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
AHOLKULARIA / CONSULTOR			INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR		
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
A10-02h01GEOL					



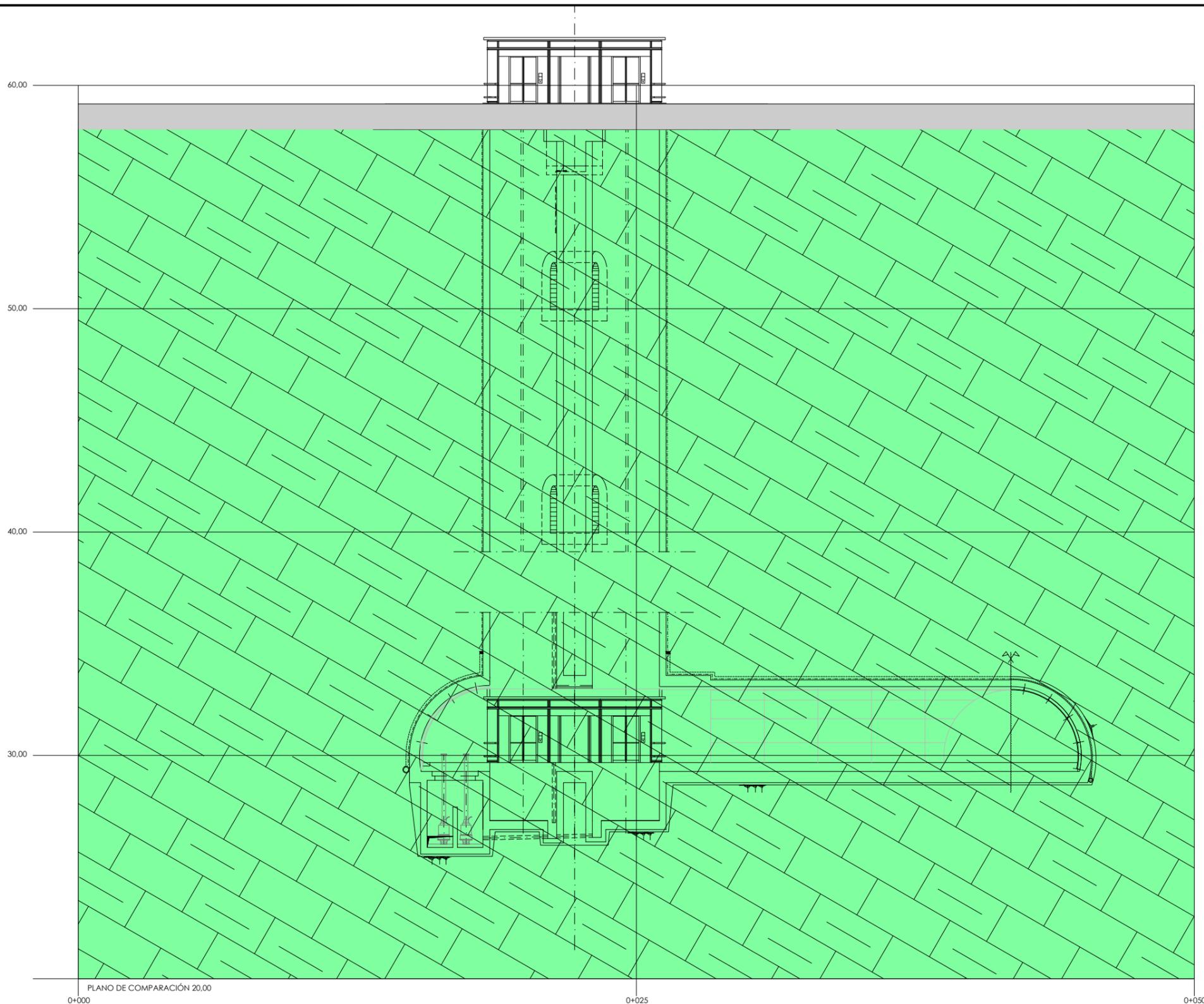
OHARRAK :
NOTAS :

- Rellenos antrópicos
- Cuaternario aluvial
- Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas (unidad de Yurre)
- Lutitas calcáreas con pasadas areniscas (unidad de Oliz)
- Calizas en bancos métricos con rudistas y corales
- Areniscas de grano fino y muy fino limolitas calcáreas
- Filones de cuarzo
- Diques de rocas subvolcánica

TRAMO
LITOLOGÍA
RCS (MPa)
RMR
GEOMETRIA SECCIÓN
EXCAVACIÓN
L. AVANZE
SOSTENIMIENTO
OBSERVACIONES

CAÑÓN PLAZA ESKURTZE
LUTITAS CALCÁREAS CON PASADAS ARENISCOSAS
22.80
57
CAÑÓN DE ACCESO A ESTACIÓN
ROZADORA
3m
TIPO III

A	PROYECTO	Nov-21			
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
AHOLKULARIA / CONSULTOR			INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR		
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
A10-02h02GEOL					

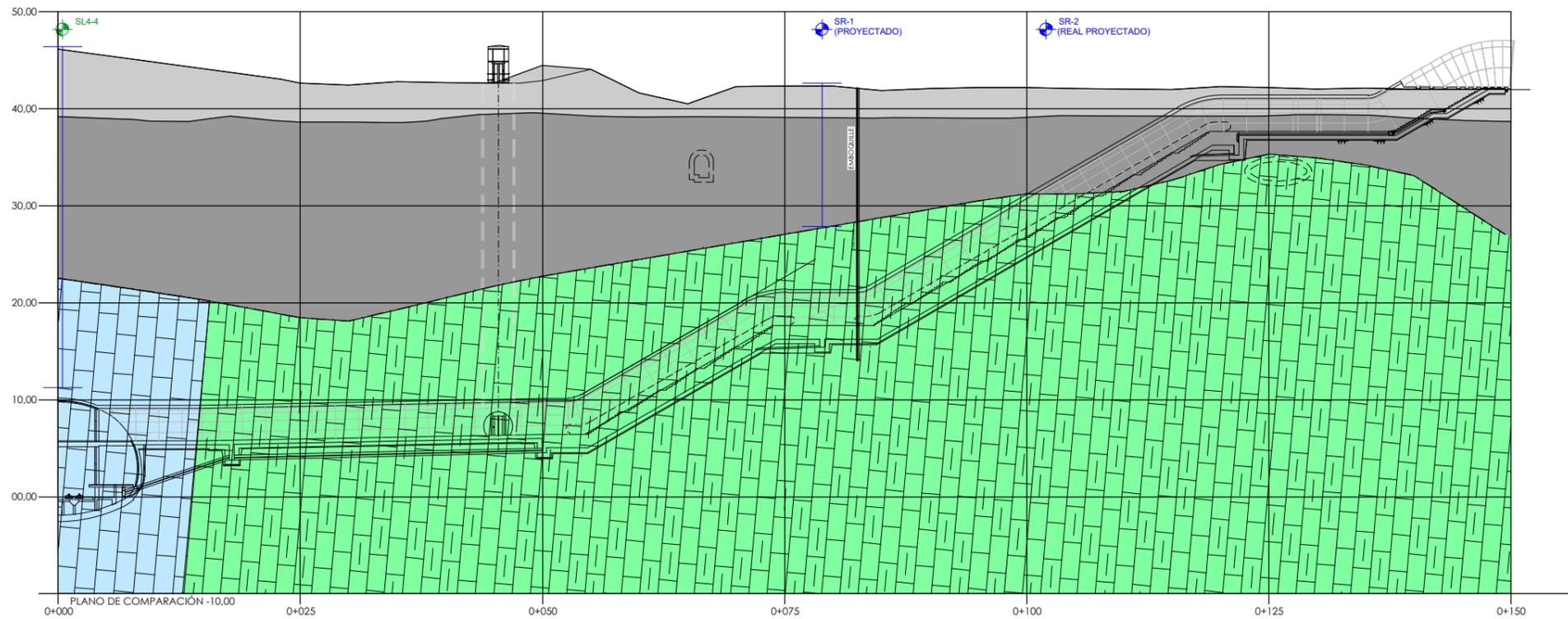


- OHARRAK :**
NOTAS :
- Rellenos antrópicos
 - Cuaternario aluvial
 - Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas (unidad de Yurre)
 - Lutitas calcáreas con pasadas areniscas (unidad de Oiz)
 - Calizas en bancos métricos con rudistas y corales
 - Areniscas de grano fino y muy fino limolitas calcáreas
 - Filones de cuarzo
 - Diques de rocas subvolcanica

PLANO DE COMPARACIÓN 20.00
0+000 0+025 0+050

TRAMO	BATERIA DE ASCENSORES AVDA. BERGARA
LITOLOGÍA	LUTITAS CALCÁREAS CON PASADAS ARENISCOSAS
RCS (MPa)	22.80
RMR	57
GEOMETRIA SECCIÓN	POZO VERTICAL
EXCAVACIÓN	PERFORACIÓN VERTICAL
L. AVANZE	3m
SOSTENIMIENTO	TIPO III
OBSERVACIONES	

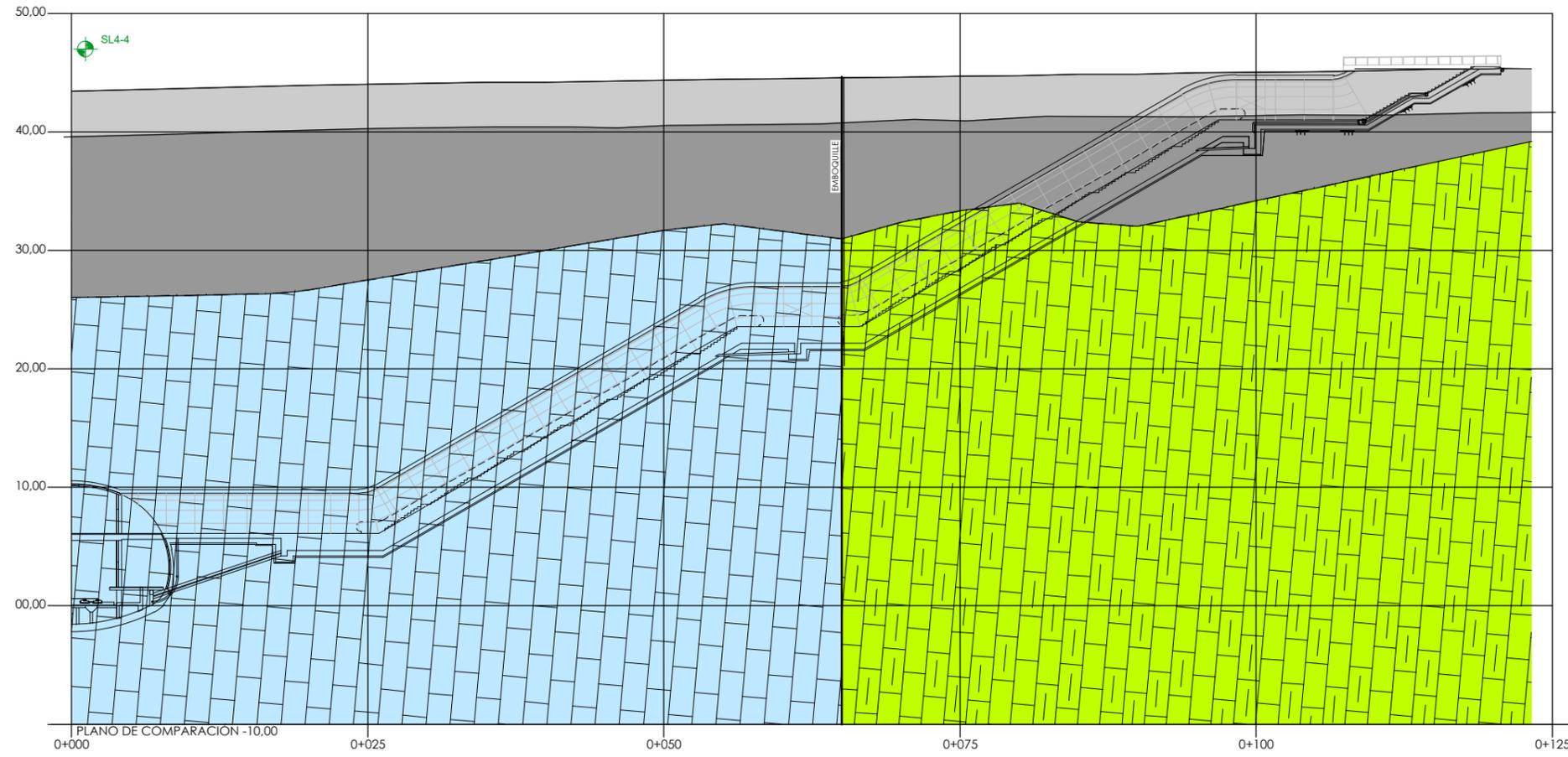
A	PROYECTO	Nov-21			
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
AHOLKULARIA / CONSULTOR 			INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR IGNACIO CRESPO FIDALGO I.C.C.P. COLEG. Nº 11.138		
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
A10-02h03GEOL					



- OHARRAK :**
NOTAS :
- Rellenos antrópicos
 - Cuaternario aluvial
 - Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas (unidad de Yurre)
 - Lutitas calcáreas con pasadas areniscas (unidad de Oiz)
 - Calizas en bancos métricos con rudistas y corales
 - Areniscas de grano fino y muy fino limolitas calcáreas
 - Filones de cuarzo
 - Diques de rocas subvolcanica

TRAMO	CAÑÓN PLAZA REKALDE		
LITOLÓGIA	CALIZAS	LUTITAS CALCÁREAS CON PASADAS ARENISCOSAS	ALUVIAL CUATERNARIO
RCS (MPa)	52	22.80	
RMR	54	40	
GEOMETRIA SECCIÓN	CAÑÓN ACCESO A ESTACIÓN		PANTALLAS
EXCAVACIÓN	TUNEL EN MINA		CONVENCIONAL ENTRE PANTALLAS DE PILOTESS
L. AVANZE	2 m	1 m	
SOSTENIMIENTO	70% SIII	30% S IV	SECCIÓN TIPO SV
OBSERVACIONES			

A	PROYECTO	Nov-21			
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
AHOLKULARIA / CONSULTOR		INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR			
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR		ERREFERENTZIA REFERENCIA			
A10-02h04GEOL					



OHARRAK :
NOTAS :

- Rellenos antrópicos
- Cuaternario aluvial
- Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas (unidad de Yurre)
- Lutitas calcáreas con pasadas areniscas (unidad de Oiz)
- Calizas en bancos métricos con rudistas y corales
- Areniscas de grano fino y muy fino limolitas calcáreas
- Filones de cuarzo
- Diques de rocas subvolcanica

REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
A	PROYECTO	Nov-21			

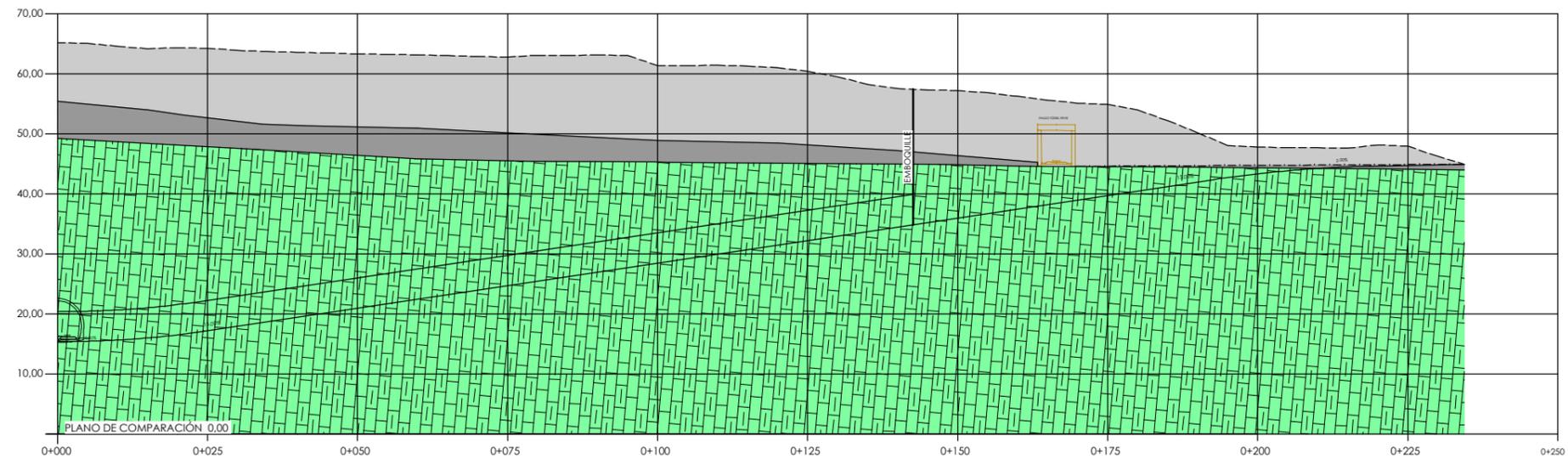
BERRIKUSPENAK / REVISIONES

AHOLKULARIA / CONSULTOR	INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR	ERREFERENTZIA REFERENCIA
	A10-02h05GEOL

TRAMO
LITOLOGÍA
RCS (MPa)
RMR
GEOMETRIA SECCIÓN
EXCAVACIÓN
L. AVANZE
SOSTENIMIENTO
OBSERVACIONES

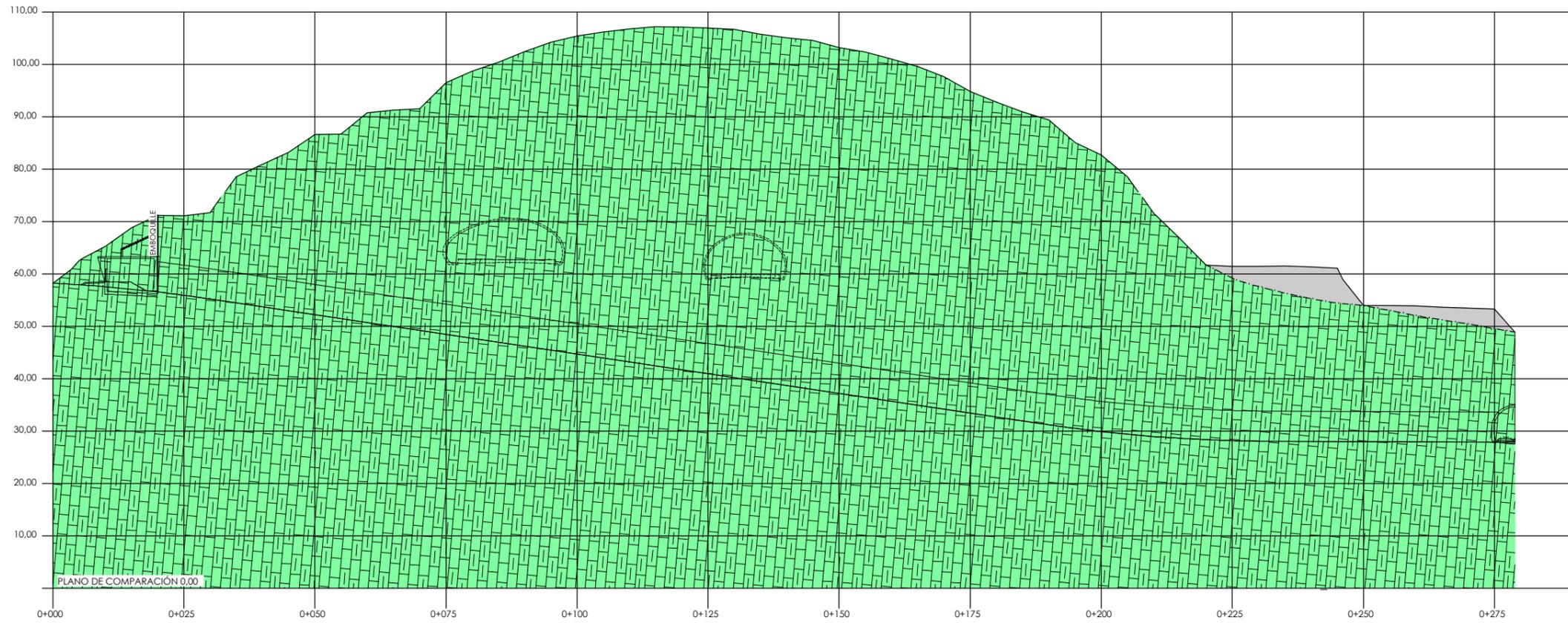
CAÑÓN CALLE GORDONIZ			
	CALIZAS	L.C.A.	ALUVIAL CUATERNARIO
	52		
	54		
	CAÑÓN DE ACCESO A ESTACIÓN		PANTALLAS
	ROZADORA		CONVENCIONAL ENTRE PANTALLAS DE PILOTES
	2 m		
	70% SII 10% SIII 20% SECCIÓN ESPECIAL		
	KARSTIFICACIÓN IMPORTANTE		

- OHARRAK :
NOTAS :
-  Rellenos antrópicos
 -  Cuaternario aluvial
 -  Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas (unidad de Yurre)
 -  Lutitas calcáreas con pasadas areniscas (unidad de Oiz)
 -  Calizas en bancos métricos con rudistas y corales
 -  Areniscas de grano fino y muy fino limolitas calcáreas
 -  Filones de cuarzo
 -  Diques de rocas subvolcanica



TRAMO	RAMPA DE ATAQUE PARQUE ESKURTZE
LITOLÓGIA	LUTITAS CALCÁREAS CON PASADAS DE ARENISCAS
RCS (MPa)	22.80
RMR	50
GEOMETRIA SECCIÓN	TUNEL EN MINA
EXCAVACIÓN	ROZADORA
L. AVANZE	3 m
SOSTENIMIENTO	80% SII 20% SIII
OBSERVACIONES	

REV.	PROYECTO	Nov-21			
	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
AHOLKULARIA / CONSULTOR			INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR		
					
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
A10-02h06GEOL					



- OHARRAK :
NOTAS :
- Rellenos antrópicos
 - Cuaternario aluvial
 - Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas (unidad de Yurre)
 - Lutitas calcáreas con pasadas areniscas (unidad de Oiz)
 - Calizas en bancos métricos con rudistas y corales
 - Areniscas de grano fino y muy fino limolitas calcáreas
 - Filones de cuarzo
 - Diques de rocas subvolcanica

TRAMO
LITOLÓGIA
RCS (MPa)
RMR
GEOMETRIA SECCIÓN
EXCAVACIÓN
L. AVANZE
SOSTENIMIENTO
OBSERVACIONES

RAMPA DE ATAQUE BASURTUGORTA	
LUTITAS CALCÁREAS CON PASADAS DE ARENISCAS	
22.80	
52	
TUNEL EN MINA	
ROZADORA	
3 m	
80% SII 20% SIII	

REV.	PROYECTO	Nov-21			
	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
AHOLKULARIA / CONSULTOR			INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR		
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
A10-02h07GEOL					

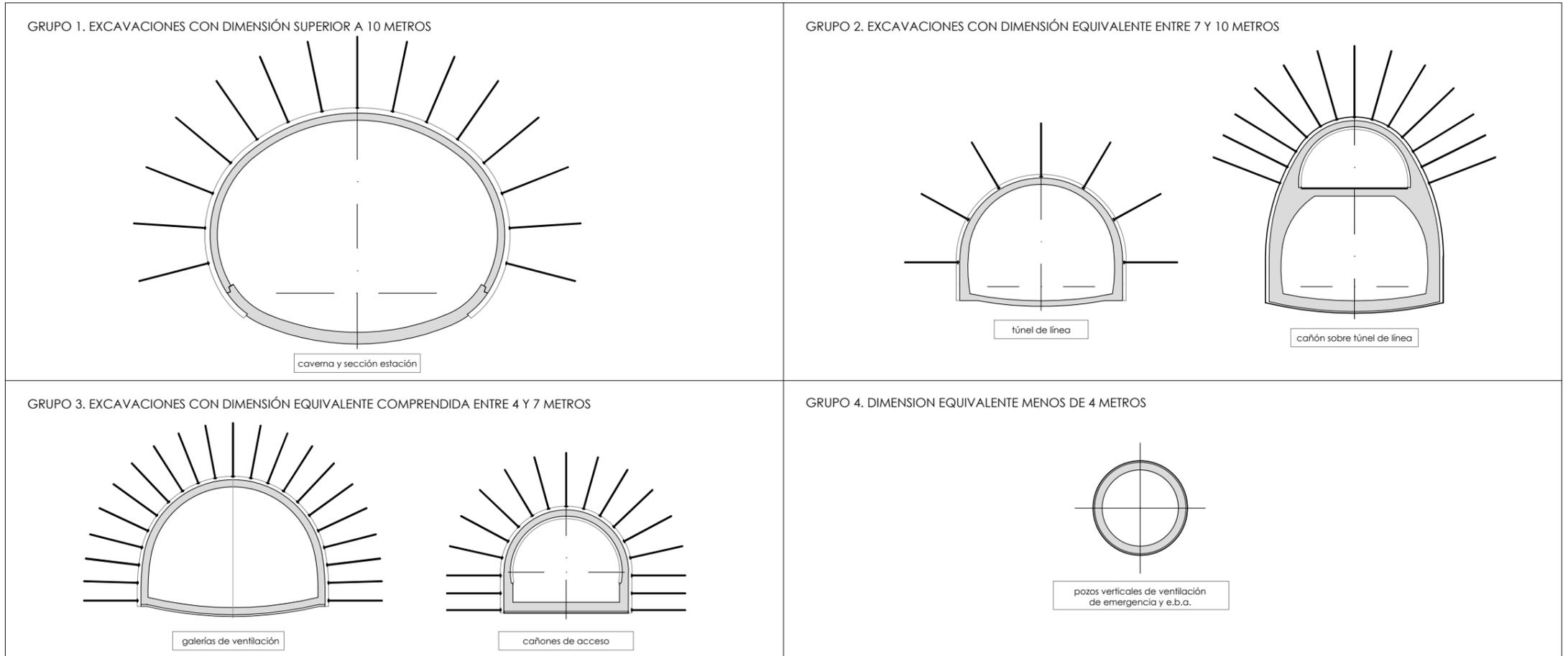
APÉNDICE N°10.3

Secciones de sostenimiento

	SOSTENIMIENTO TIPO I RMR > 70	SOSTENIMIENTO TIPO II 70 > RMR > 55	SOSTENIMIENTO TIPO III 55 > RMR > 40	SOSTENIMIENTO TIPO IV 40 > RMR > 30	SOSTENIMIENTO TIPO V 30 > RMR > 20
GRUPO 1	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 10 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 L = 6,0 m. Sxd = 2,5 x 2,5 m - CERCHAS TH-29 - PASE: AVANCE/DESTROZA: 5/6 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 20 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 L = 6,0 m. Sxd = 2 x 2 m - CERCHAS TH-29 - PASE: AVANCE/DESTROZA: 4/5 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 25 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 L = 6,0 m. Sxd = 1,5 x 1,5 m - CERCHAS TH-29 - PASE: AVANCE/DESTROZA: 3/4,5 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 30 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 L = 6,0 m. Sxd = 1 x 1 m - CERCHAS HEB-180 c/1 m - PASE: AVANCE/DESTROZA: 1/2 m	
GRUPO 1R	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 25 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 L = 6,0 m. Sxd = 2 x 2 m - PASE: AVANCE/DESTROZA: 5/6 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 30 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 L = 6,0 m. Sxd = 1,5 x 1,5 m - PASE: AVANCE/DESTROZA: 4/5 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 30 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 L = 6,0 m. Sxd = 1 x 1 m - PASE: AVANCE/DESTROZA: 3/4,5 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 30 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 L = 6,0 m. Sxd = 1 x 1 m - PASE: AVANCE/DESTROZA: 1/2 m	
GRUPO 2	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 10 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 L = 3,0 m. Sxd = 2,5 x 2,5 m - PASE: AVANCE/DESTROZA: 5/10 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 15 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 L = 3,0 m. Sxd = 2 x 2 m - PASE: AVANCE/DESTROZA: 4/8 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 15 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 L = 3,0 m. Sxd = 1,5 x 1,5 m - PASE: AVANCE/DESTROZA: 3/6 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO = 20 cm. - ARMADO: FIBRA PP O MALLAZO 6 x 150 x 150 - CERCHAS TH-21 c/1,5 m. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 (***) L = 4,0 m. Sxd = 1,5 x 1,5 m. - PASE: AVANCE/DESTROZA: 15/3 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO = 25 cm. - ARMADO: MALLAZO 6 x 150 x 150 - CERCHAS TH-29 c/1,0 m. - PASE: AVANCE/DESTROZA: 1/2 m - PRESOSTENIMIENTO: PARAGUAS DE MICROPILOTES OCASIONAL - AVANCE CON BULONES EN HASTIALES TIPO SWELLEX L = 4,0 m. Sxd = 1 x 1 m. OCASIONAL (**)
GRUPO 3	FIBRA DE PP = 10 cm. - PASE: SECCION COMPLETA: AVANCE = 4 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON PP = 15 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN-16 L = 3,0 m. Sxd = 2 x 2 m.	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 15 cm. - BULONES TIPO SWELLEX MN16 L = 3,0 m. Sxd = 1,5 x 1,5 m. - PASE: SECCION COMPLETA: AVANCE = 3 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 20 cm. - CERCHAS TH-21 c/1,5 m. - PASE: SECCION COMPLETA: AVANCE = 1,5 m	- ESPESOR HORMIGON PROYECTADO CON FIBRA DE PP = 25 cm. - CERCHAS HEB-140 c/1 m. - AVANCE = 1 m. Y DESTROZA Y CONTRABOVEDA - PRESOSTENIMIENTO: PARAGUAS DE MICROPILOTES OCASIONAL
GRUPO 4	ESPESOR HORMIGON PROYECTADO = 5 cm. SECCION COMPLETA				

OHARRAK:
NOTAS:

NOTAS: (*) SE COLOCARÁ FIBRA DE PP O MALLAZO A DISCRECIÓN DE LA DIRECCIÓN DE OBRA
 (***) SE COLOCARÁN LOS BULONES EN LOS HASTIALES DEL AVANCE A DISCRECIÓN DE LA DIRECCIÓN DE OBRA
 (***) LOS BULONES DESCRITOS PODRÁN SER MODIFICADOS A CRITERIO DE LA DIRECCIÓN DE OBRA, LA CALIDAD DE LA ROCA Y LAS CARACTERÍSTICAS GEOMECÁNICAS



A	PROYECTO	Nov-21			
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
AHOLKULARIA / CONSULTOR		INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR			
Turnkey & Engineering		IGNACIO CRESPO FIALGO I.C.C.P. COLEG. Nº 11.138			
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR		ERREFERENTZIA REFERENCIA			
A10-03h01GEOL					