

# Memoria



# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. ANTECEDENTES</b>	<b>2</b>
<b>3. OBJETO Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO</b>	<b>4</b>
<b>4. LÍNEA 5. TRAMOS</b>	<b>5</b>
4.1 TRAMIFICACIÓN DE LÍNEA 5 ESTABLECIDA EN ABRIL DE 2013	5
4.2 CRITERIOS PARA DEFINIR LA NUEVA TRAMIFICACIÓN	6
4.3 TRAMIFICACIÓN DE LÍNEA 5	6
<b>5. TRAMO 2. APERRIBAI-GALDAKAO</b>	<b>9</b>
<b>6. INFORMACIÓN DE PARTIDA</b>	<b>10</b>
6.1 TOPOGRAFÍA	10
6.2 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA	11
6.3 PLANEAMIENTO URBANÍSTICO	16
6.4 REDES DE SERVICIOS	18
6.5 OTRAS INFRAESTRUCTURAS	18
6.6 INVENTARIO DE EDIFICIOS	19
<b>7. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA</b>	<b>22</b>
7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL	22
7.2 CAMPAÑA GEOTÉCNICA	27
7.3 GEOTECNIA	39
7.4 OBRAS SUBTERRÁNEAS	49
7.5 TRAZADO	75
7.6 EXPROPIACIONES	83
7.7 REPOSICIÓN DE REDES DE SERVICIOS AFECTADOS	85
7.8 SERVICIOS AFECTADOS A REPONER POR TERCEROS	87
7.9 DRENAJE	88
7.10 SUPERESTRUCTURA DE VÍA	93
7.11 ESTACIÓN DE BENGOETXE	94
7.12 ESTACIÓN DE GALDAKAO	96
7.13 INCIDENCIA EN EL ENTORNO URBANO	102
7.14 ÁREAS DE INSTALACIONES DEL CONTRATISTA	108
7.15 OBRAS SINGULARES	111
7.16 EQUIPOS E INSTALACIONES	114

Memoria

Página i

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO

L5-AG-MN\_Memoria



7.17 CONDUCCIONES	116
7.18 INTEGRACIÓN AMBIENTAL	121
7.19 GESTIÓN DE RESIDUOS	125
<b>8. CONTRATACIÓN Y EJECUCIÓN DE LAS OBRAS</b>	<b>128</b>
8.1 CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA	128
8.2 SISTEMA DE ADJUDICACIÓN	128
8.3 REVISIÓN DE PRECIOS	128
8.4 PLAN DE OBRA Y PLAZO DE EJECUCIÓN	129
8.5 PERIODO DE GARANTÍA	130
<b>9. PRESUPUESTOS</b>	<b>131</b>
9.1 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	131
9.2 PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	131
9.3 PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN	131
<b>10. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO</b>	<b>132</b>
<b>11. CONSIDERACIONES FINALES</b>	<b>134</b>

Memoria

Página ii

L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO



## 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento aborda el Proyecto Constructivo de la Línea 5 del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao en su segundo tramo, Aperribai-Galdakao.

La nueva Línea 5 del FMB se inicia en el área de Sarratu (Basauri), en continuidad con el tramo Etxebarri-Ariz del FMB y finaliza en el Hospital de Galdakao. Se diseña para dar servicio al barrio de Sarratu de Basauri y a la población de Galdakao, último municipio circunscrito al área definida para el Bilbao Metropolitano en dirección este.

A tal efecto, la línea cuenta con un total de cinco estaciones a lo largo de su recorrido: una en el término municipal de Basauri, Intermodal de Sarratu, y cuatro en el término municipal de Galdakao, Aperribai, Bengoetxe, Galdakao y Hospital.

El presente tramo Aperribai-Galdakao se inicia en el PK 1+540, donde concluye el tramo anterior Sarratu-Aperribai, y finaliza superado el entronque del túnel de línea con la galería de emergencia de Abusu en el PK 4+340. El proyecto incluye el túnel de línea, las estaciones de Bengoetxe (en falso túnel) y de Galdakao (caverna) y las galerías de emergencia de Olabarrieta y Abusu.

En marzo de 2.021 se licita el “Servicio para la adecuación de normativa y actualización de los Proyectos Constructivos de la Línea 5 del ferrocarril metropolitano de Bilbao” en el que además de actualizar los proyectos redactados en abril de 2.013 por la UTE EPTISA-FULCRUM, se adaptan al nuevo esquema de explotación, que queda definido del siguiente modo:

- La línea se inicia como continuación de la Línea 2 del F.M.B., en el entorno de las Cocheras de Ariz en Basauri, donde se pretende asimismo completar el esquema de la red de metro en dicho municipio con la implantación de una estación de intercambio con EuskoTren en el barrio de Sarratu. Esta estación, denominada Intermodal de Sarratu, supone el fin de la línea 2 y el fin de la explotación por Metro Bilbao.
- Desde la estación de Sarratu la explotación del servicio corresponderá a EuskoTren, por lo que desde este punto la línea 5 será un ramal de la línea Bilbao/Donostia, que irá desde esta estación de intercambio con la línea 2 del FMB hasta la estación de Hospital de Galdakao, pasando por las estaciones de Aperribai, Bengoetxe y Galdakao, y que dará servicio también a los barrios de Barrios de Labeaga y Usansolo desde la estación de Hospital.

En abril de 2.021 se adjudican dichos trabajos a la UTE FULCRUM-EPTISA, firmándose el acta de inicio de los trabajos el 28 de abril de 2021. Dentro de este contrato se redacta el presente proyecto: “Proyecto Constructivo de la Línea 5 del FMB. Tramo Aperribai-Galdakao”, como actualización, en la línea indicada anteriormente, del redactado en abril de 2.013.

Memoria

Página 1

L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO



## **2. ANTECEDENTES**

Con fecha 22 de febrero de 2005, el Departamento de Transportes y Obras Públicas del Gobierno Vasco aprobó definitivamente la Modificación del Plan Territorial Sectorial de la Red Ferroviaria del País Vasco, relativa a la ordenación ferroviaria en el área del Bilbao Metropolitano.

Esta modificación recogía entre otras actuaciones la realización de un ramal del metro que diera servicio al casco urbano de Galdakao pasando por el pequeño núcleo de Aperribai.

Con fecha 11 de diciembre de 2.007, el Departamento de Transportes y Obras Públicas del Gobierno Vasco convocó Concurso Público para la contratación de la “Asistencia Técnica para la Redacción del Estudio Informativo del acceso a Galdakao del F.M.B.”, y el 29 de octubre de 2.008 mediante Resolución del Director de Servicios del Departamento de Transportes y Obras Públicas, se adjudicó el contrato a la empresa FULCRUM.

El ramal de Galdakao contemplado en el alcance del estudio informativo contratado, se basaba en el estudio de la red ferroviaria en el Bilbao Metropolitano realizado en el año 2.002. Conforme a estos estudios habían sido redactados los pliegos que regían la Asistencia Técnica para la redacción del Estudio informativo. No obstante, durante el largo proceso de licitación y adjudicación que tuvo lugar, se finalizaron diversos estudios urbanísticos y funcionales que aconsejaban ampliar el trazado hasta Usansolo, dando servicio de esta manera al Hospital comarcal existente en sus proximidades.

Estos esquemas fueron acordados (junto con otras ampliaciones del sistema metro), por los responsables del Departamento, Diputación Foral y Consorcio de Transportes de Bizkaia.

Así, se integró en el contrato de Asistencia Técnica para la Redacción del Estudio Informativo la prolongación de la línea de metro hasta Usansolo y la inclusión de dos nuevas estaciones en el trayecto (Hospital de Galdakao e Intercambio con EuskoTren en Usansolo), modificándose el nombre original del estudio por el de “Estudio Informativo de la Línea 5 del F.M.B.”

Posteriormente se realizó una división del Estudio Informativo en dos partes, en correspondencia con los tramos Ariz-Galdakao Centro y Galdakao-Usansolo de la nueva línea 5.

Mediante Resolución de 15 de abril de 2.015 de la Directora de Administración Ambiental, se ha formulado con carácter favorable la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto, estableciendo una serie de condiciones para la realización del proyecto constructivo y medidas protectoras y correctoras para su adopción durante la ejecución de las obras y la explotación del servicio.

Memoria

Página 2

L5-AG-MN\_Memoria

**PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO**



Mediante resolución del 20 de abril de 2.015, se aprueba el Expediente de Información Pública y Audiencia, y definitivamente el «Estudio Informativo de Línea 5 del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao. Tramo Ariz-Galdakao Centro».

Mediante Resolución de 20 de julio de 2016, de la Directora de Administración Ambiental se ha formulado con carácter favorable la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto de la Línea 5 del Metro de Bilbao, tramo Galdakao Centro-Hospital, estableciendo una serie de condiciones para la realización del proyecto constructivo y medidas protectoras y correctoras para su adopción durante la ejecución de las obras y la explotación del servicio.

Mediante resolución de 27 de septiembre de 2.016 se aprueba el Expediente de Información Pública y Audiencia, y definitivamente el «Estudio Informativo de Línea 5 del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao. Tramo Galdakao Centro-Hospital».

En marzo de 2011 se inician los trabajos de redacción de los proyectos constructivos de Línea 5, del que forma parte este proyecto que define el tramo Aperribai-Galdakao de la citada línea, finalizando su redacción en 2013. Estos proyectos se redactan con la consideración de partida de que serían explotados por el FMB.

En 2021 se actualizan dichos proyectos tanto a nivel de normativa como de aquellos aspectos ligados a la explotación, que en este caso correrá a cargo de Euskotren.

Memoria

Página 3

L5-AG-MN\_Memoria

**PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO**



### **3. OBJETO Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

El objeto del “Proyecto Constructivo de la Línea 5 del FMB. Tramo Aperribai-Galdakao” es definir, a nivel de construcción, la obra civil que es necesario llevar a cabo para la implantación de la nueva Línea 5 del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao en su segundo tramo, explotado por Euskotren, desde el barrio de Aperribai hasta el casco urbano de Galdakao.

El tramo Aperribai-Galdakao, objeto del presente Proyecto, aborda el tramo de línea que se extiende desde el testero de salida de la estación de Aperribai hasta superado el entronque del túnel de línea con la galería de emergencia de Abusu, posterior a la Estación de Galdakao. Se desarrolla dentro del término municipal de Galdakao e incluye dos estaciones: Estación de Bengoetxe y Estación de Galdakao.

El trazado adoptado para la Línea 5 en general, y para el tramo Aperribai-Galdakao en particular, se ha desarrollado tomando como punto de partida los Estudios Informativos realizados por ETS, con la Asistencia Técnica de FULCRUM, para los tramos de la Línea 5 Ariz-Galdakao Centro y Galdakao Centro-Usansolo, así como las soluciones incluidas en la propia oferta presentada por la UTE EPTISA-FULCRUM, que sirvió de base para la adjudicación de la redacción del Proyecto de Construcción de la Línea 5 del FMB.

Se desarrollan a partir de ahí diferentes soluciones tanto para el trazado de la línea como para cada una de las estaciones que se proyectan en el tramo, que han evolucionado bajo la Dirección de ETS hasta llegar al trazado finalmente adoptado que ahora se presenta, el cual se considera óptimo desde el punto de vista de la funcionalidad requerida y la población servida.

En proyectos constructivos posteriores se definirán otras actuaciones como instalaciones de electrificación, señalización y seguridad, electromecánicas y otras necesarias para la puesta en servicio de la nueva infraestructura ferroviaria.

Memoria

Página 4

L5-AG-MN\_Memoria

#### 4. LÍNEA 5. TRAMOS

La Línea 5 amplia las redes de metro existentes hasta el Hospital de Galdakao, partiendo de la Estación de Etxebarri y creando cinco nuevas estaciones. La línea tiene una longitud total en torno a los 6,6 km, optándose por dividir la misma, de cara a la redacción del proyecto constructivo, en tres tramos, el segundo de los cuales es el objeto del presente documento.

##### 4.1 TRAMIFICACIÓN DE LÍNEA 5 ESTABLECIDA EN ABRIL DE 2013

La actuación proyectada en abril de 2.013 para Línea 5 se divide en tres tramos:

- Tramo 1, Sarratu-Aperribai: se extiende desde el inicio de la Línea en las inmediaciones del Puente 3 hasta la Galería de emergencia de Olabarrieta. Incluye la Estación Intermodal de Sarratu y la Estación de Aperribai, así como las Galerías de emergencia de Ariz y Olabarrieta. El túnel en mina se ataca desde la Galería de emergencia de Ariz (el tramo Ariz-Aperribai) y desde la Galería de emergencia de Olabarrieta (el tramo Aperribai-Olabarrieta).
- Tramo 2, Aperribai-Galdakao: se extiende entre la Galería de emergencia de Olabarrieta hasta superar la Estación de Galdakao. Incluye las Estaciones de Bengoetxe y Galdakao. El único acceso o ataque para las excavaciones en mina es la Galería de Olabarrieta, compartida con el tramo 1. A partir de ahí, se excava el túnel hasta pasada la estación de Galdakao.
- Tramo 3, Galdakao-Hospital: se extiende desde el final del tramo anterior en Galdakao hasta el final de la Línea en el Barrio de Labeaga. Incluye la Estación de Hospital y las Galerías de emergencia de Abusu y Puentelatorre. Los puntos de ataque para las excavaciones en mina son en este caso la Galería de emergencia de Abusu y la Galería de emergencia de Puentelatorre.

En este diseño inicial, las galerías de emergencia son también galerías de ataque. En el caso del Tramo 2, que no cuenta con galerías de emergencia, se comparte como punto de ataque la Galería de Olabarrieta con el Tramo 1 ya que se encuentra muy cercana al límite entre ambos tramos.

En el siguiente cuadro se resume la tramificación descrita:

Tramo	Inicio	Final
1	(*)	2+020
2	2+020	4+020
3	4+020	6+270

(\*) Conexión con la línea del FMB Ariz-Basauri

Memoria

Página 5

L5-AG-MN\_Memoria

## 4.2 CRITERIOS PARA DEFINIR LA NUEVA TRAMIFICACIÓN

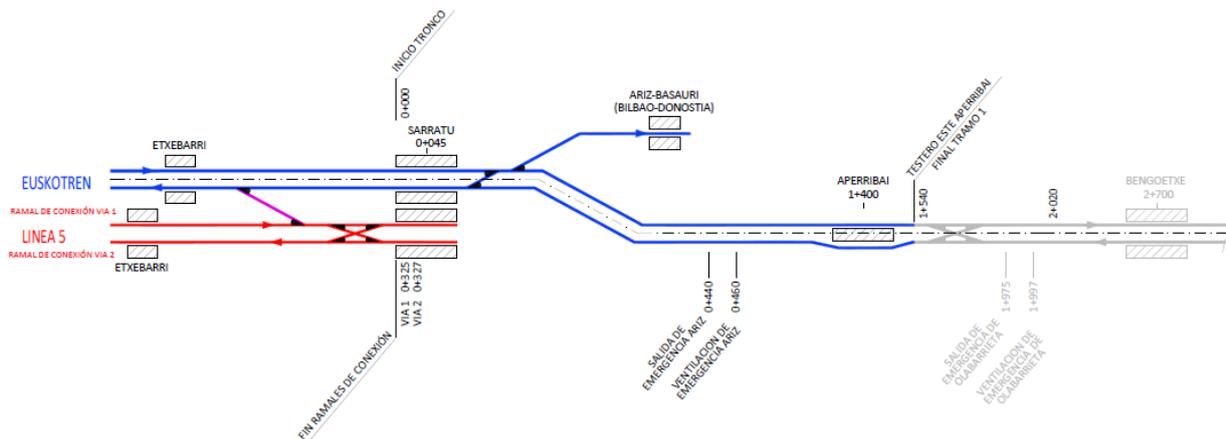
De cara a la actualización que se va a realizar se pretenden dos objetivos:

- Que cada tramo tenga sus galerías de ataque en exclusiva, sin compartir con los tramos contiguos.
- Que los presupuestos de los dos primeros tramos estén más compensados y que el presupuesto del tercer tramo, que únicamente tiene una estación, quede por debajo de la media (aproximadamente 52 millones de euros).

## 4.3 TRAMIFICACIÓN DE LÍNEA 5

A la vista de lo señalado en los apartados anteriores, se propone:

- Tramo 1, Sarratu-Aperribai: En el proyecto de abril de 2.013 el túnel de línea se atacaba desde la Galería de emergencia de Ariz (el tramo Ariz-Aperribai) y desde la Galería de emergencia de Olabarrieta (tramo Aperribai-Olabarrieta).



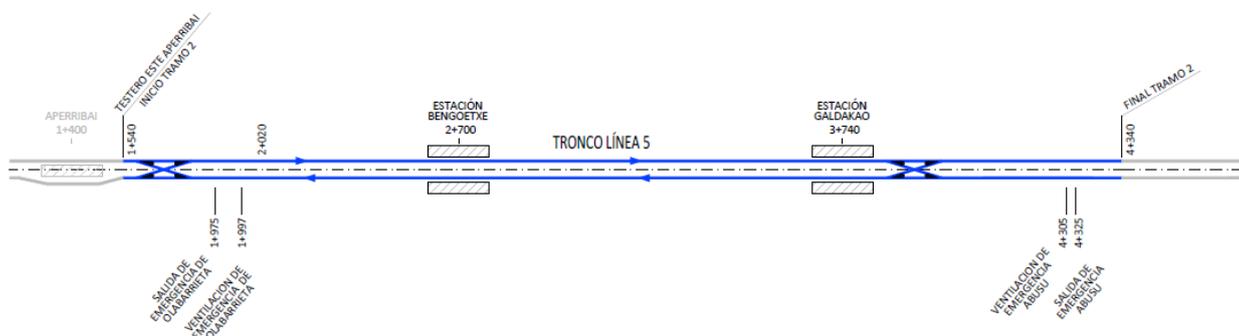
Se propone que este Tramo 1 termine en el testero este de Aperribai, de forma que el tramo de túnel de línea Aperribai-Olabarrieta y la Galería de emergencia de Olabarrieta pasan a pertenecer al Tramo 2 contiguo. Esto supone un recorte de unos 480 metros de túnel de línea en este tramo. El punto de ataque para las excavaciones en mina de este tramo será la Galería de emergencia de Ariz.

- Tramo 2, Aperribai-Galdakao: En este tramo el único acceso previsto era la galería de Olabarrieta, compartida con el Tramo 1, y desde esta galería se excavaba el túnel hasta pasada la estación de Galdakao (final previsto en el PK 4+020). Ya en el programa de trabajos se

Memoria

Página 6

contemplaba la posibilidad de incluir un segundo frente, incorporando la galería de ataque de Abusu a este tramo.

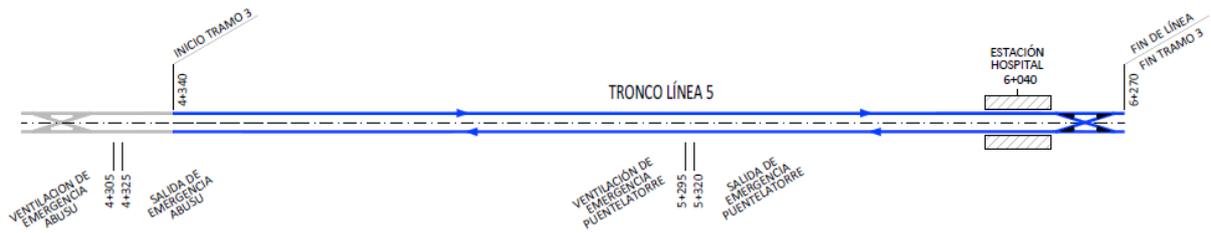


En la nueva tramificación propuesta se sigue dicho planteamiento y se contempla la reubicación de la Galería de emergencia de Abusu y su inclusión en el Tramo 2. Se desplaza hacia la estación de Galdakao, separándola lo máximo posible de la Galería de emergencia de Puentelatorre (se traslada desde el PK 4+425 hasta el PK 4+320 aproximadamente).

De esta forma, el Tramo 2 tendrá dos puntos de ataque: la Galería de emergencia de Olabarrieta y la Galería de emergencia de Abusu:

- Desde la galería de Olabarrieta se excavarán 1.013,00 metros de túnel de línea:
  - 460 metros hacia Aperribai de túnel de línea
  - 573 metros hacia Bengoetxe de túnel de línea
- Desde la Galería de Abusu (reubicada en el PK 4+320) se excavarán 1.566,00 en dirección oeste, hasta el testero este de la estación de Bengoetxe (2+759), incluyendo la estación de Galdakao (3+664 a 3+783).
- Tramo 3, Galdakao-Hospital: En el proyecto de abril de 2013 el túnel de línea se atacaba desde la Galería de emergencia de Abusu y desde la Galería de emergencia de Puentelatorre.

Con la tramificación propuesta, este tramo se acorta y la Galería de emergencia de Abusu pasa a formar parte del Tramo 2 anterior.



Se prevé excavar con dos equipos:

- Desde la Galería de Puentelatorre (PK 5+320) hasta el final del tramo anterior (PK 4+340), es decir 980 ml de túnel de línea.
- Desde esta galería hacia la estación de Hospital y hasta el final del tramo, es decir 950 ml de túnel, incluida la estación de Hospital.

En la tabla siguiente se resumen los PKs de inicio y final de los tres tramos correspondientes a esta propuesta:

Tramo	Inicio	Final
1	(*)	1+540
2	1+540	4+340
3	4+340	6+270

(\*) Conexión con la línea del FMB Ariz-Basauri

Memoria

Página 8

L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO

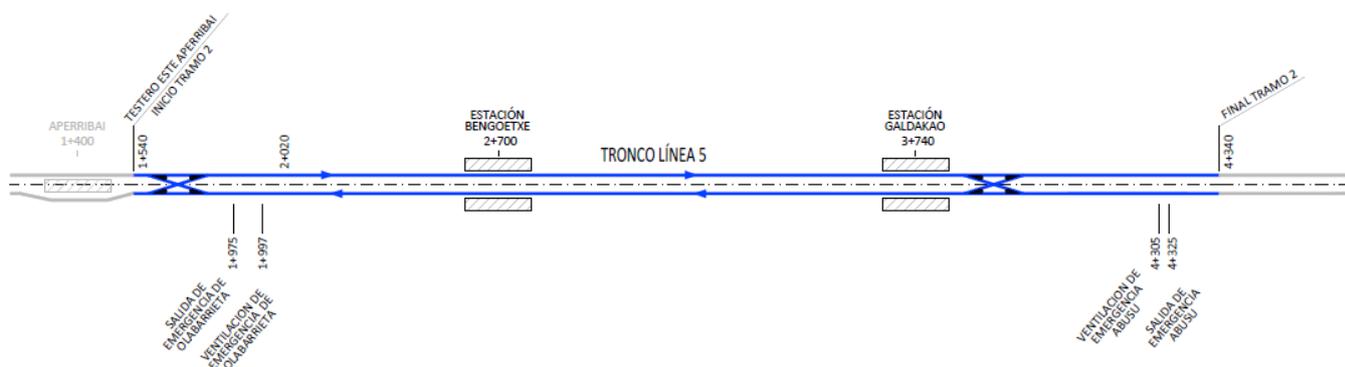


## 5. TRAMO 2. APERRIBAI-GALDAKAO

Este tramo se extiende entre los PK 1+540 y 4+340 del túnel de línea, definido por el eje “Tronco Línea 5”. Tiene por tanto una longitud de 2,8 km.

El túnel de línea se ve interrumpido en dos puntos que coinciden con las dos estaciones del tramo, Bengoetxe y Galdakao. La Estación de Bengoetxe se desarrolla en falso túnel, mientras que la de Galdakao se implanta en la “caverna tipo” de estación del FMB.

A continuación se muestra el esquema funcional al que obedece este tramo de la Línea 5:



Los hitos principales vienen definidos por los siguientes PK:

HITO	PK	EJE
Inicio Tramo 2	1+540,000	Tronco Línea 5
Salida de emergencia Olabarrieta	1+975,004	Tronco Línea 5
Ventilación de emergencia Olabarrieta	1+997,003	Tronco Línea 5
Inicio falso túnel Bengoetxe	2+572,983	Tronco Línea 5
Inicio anden Bengoetxe	2+648,606	Tronco Línea 5
Final anden Bengoetxe	2+738,655	Tronco Línea 5
Final falso túnel Bengoetxe	2+759,198	Tronco Línea 5
Testero Oeste Estación de Galdakao	3+684,300	Tronco Línea 5
Inicio anden Galdakao	3+694,150	Tronco Línea 5
Final Anden Galdakao	3+783,000	Tronco Línea 5
Testero este Estación de Galdakao	3+793,700	Tronco Línea 5
Ventilación de emergencia de Abusu	4+305,006	Tronco Línea 5
Salida de emergencia Abusu	4+325,202	Tronco Línea 5
Fin Tramo 2	4+340,000	Tronco Línea 5

Memoria

Página 9

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO

L5-AG-MN\_Memoria

## 6. INFORMACIÓN DE PARTIDA

A continuación se describe la información básica a partir de la cual se ha elaborado el presente Proyecto.

### 6.1 TOPOGRAFÍA

El Proyecto se desarrolla en terrenos pertenecientes al término municipal de Galdakao, existiendo cartografía disponible a diferentes escalas de la zona de actuación: cartografía de la DFB (1:5000, 1:1000 y 1:500), del Gobierno Vasco y municipal.

Se han realizado además distintos trabajos topográficos en el ámbito del proyecto, al objeto de disponer levantamientos taquimétricos de las zonas donde se desarrollan obras en superficie. Estos trabajos, realizados en distintas fases, han sido desarrollados por la empresa TOPART y van destinados fundamentalmente a:

- Enlazar la topografía recogida en el proyecto con las bases propias de ETS disponibles a lo largo del corredor que ocupará la futura Línea 5.
- Obtener una representación gráfica fidedigna del terreno, que permita una correcta definición de todas las obras incluidas en el proyecto.
- Reflejar en detalle las redes de servicios existentes en el entorno de las obras, de cara a garantizar la detección de todas las posibles interferencias.

Dentro de los trabajos de elaboración del presente Proyecto de Construcción, se incluye la realización del levantamiento topográfico a escala 1/500 en las siguientes zonas:

- Galería de Emergencia de Olabarrieta: Se ha realizado el levantamiento taquimétrico de parte del área de propiedad pública ocupada por las obras en esta zona. No existe, hasta el momento, autorización para proceder al levantamiento taquimétrico de las áreas de propiedad privada que se verán afectadas por las obras, al haberse opuesto el propietario al levantamiento de las mismas.
- Estación de Bengoetxe: Se ha realizado el levantamiento taquimétrico de toda el área que se verá ocupada por el falso túnel que da cabida a la Estación, así como los tramos de los viales anexos entre los cuales se desarrolla la obra (Calle Sexta Barrenetxea y carretera N-634).
- Estación de Galdakao: Se ha realizado el levantamiento taquimétrico del entorno urbano de la Estación de Galdakao, abarcando ampliamente toda el área en que se prevé realizar obras en superficie.

Memoria

Página 10

L5-AG-MN\_Memoria

- Galería de emergencia de Abusu: Se ha realizado el levantamiento taquimétrico del área ocupada por las obras en superficie correspondientes al emboquille de esta galería de emergencia.

Los trabajos topográficos desarrollados se presentan ampliamente en el Anejo nº2, Cartografía y Topografía, en el que se recoge el levantamiento topográfico realizado en 2011 para la redacción de los proyectos de Línea 5 realizados en el año 2013, y la actualización realizada en el año 2021 en aquellas zonas en las que ha sido necesario.

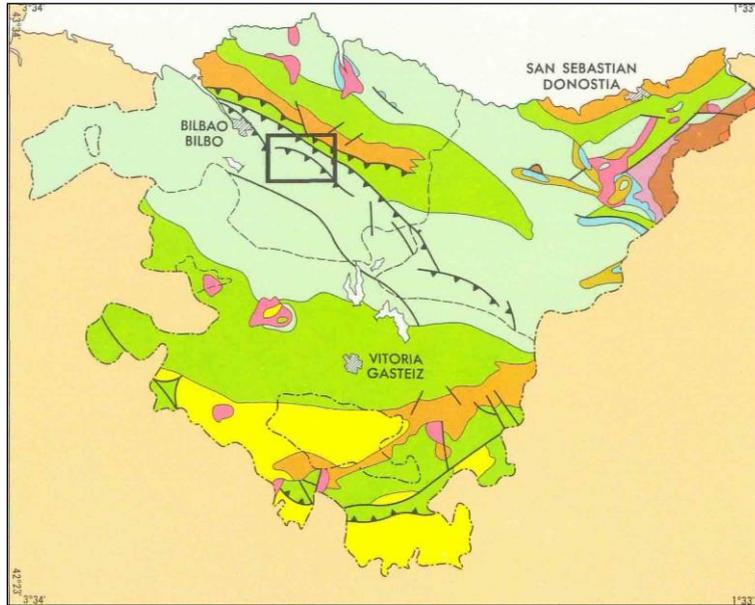
Además, en esta actualización, se modifica el sistema de referencia pasando de coordenadas UTM ED-50 a coordenadas UTM ETRS-89. Esta transformación afecta a las coordenadas x e y, manteniendo la nivelación con el mismo sistema de referencia empleado en el levantamiento de 2011: Red de Nivelación de Alta Precisión del Gobierno Vasco.

## 6.2 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

En el Anejo nº 5, Geología y Geotecnia, se han analizado desde un punto de vista geológico y geotécnico las obras proyectadas, determinando las condiciones del terreno y las recomendaciones relativas tanto a las obras de tierra como a la cimentación de las estructuras proyectadas. A continuación se describen las condiciones geológicas y geotécnicas del terreno.

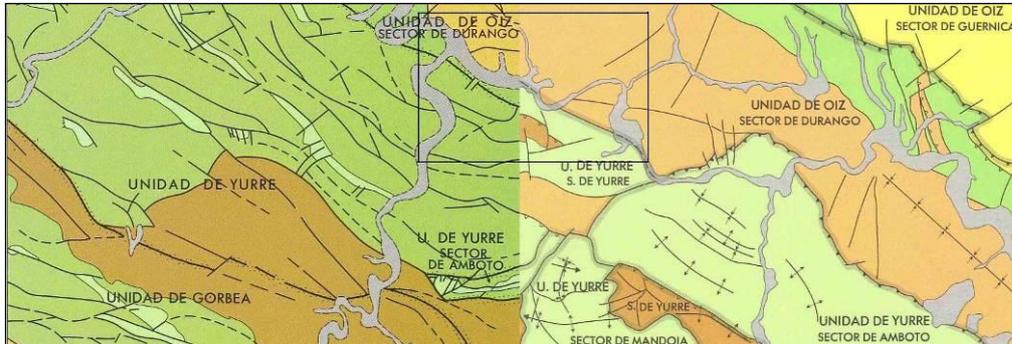
### 6.2.1 MARCO GEOLÓGICO GENERAL

El área estudiada se encuadra en las estribaciones occidentales de los Pirineos, dentro de la cuenca Cuenca Vasco – Cantábrica, la cual a su vez se articula en cuatro dominios estructurales. La zona estudiada se ubica en el flanco norte del Anticlinorio de Bilbao, uno de los cuatro elementos que integran el Arco Vasco. Los materiales y los accidentes tectónicos en esta zona se estructuran según la directriz ONO – ESE, que es concordante con la orientación de las estructuras más importantes del Arco Vasco.



Encuadre geológico general. (Mapa del EVE, escala 1:1.000.000).

El corredor estudiado discurre sobre materiales pertenecientes al Complejo Supraurgoniano del Cretácico inferior (Unidad de Oiz, Sector Durango, que se encuentran parcialmente tapizados por depósitos cuaternarios de origen antropogénico, aluvial debido a la actividad fluvial y origen coluvial debido a movimientos gravitacionales).



Esquema geológico regional (Mapa del EVE, escala 1:100.000)

### 6.2.2 CARTOGRAFÍA. ESTRATIGRAFÍA Y LITOLOGÍA

Se ha realizado una cartografía geológica de detalle a escala 1:2000 en una banda de 250 m a cada lado del eje, en la que se señalan las diferentes formaciones observadas, los afloramientos existentes y los diferentes accidentes tectónicos interpretados (contactos litológicos, pliegues, fallas...), así como los cursos de agua más importantes.

Memoria

Página 12

La descripción litológica de cada una de las unidades afectadas por el corredor del proyecto, de más antiguo a más moderno, son las siguientes:

#### 6.2.2.1 COMPLEJO URGONIANO (ALBIENSE)

- Margas, Margocalizas y Calcarenitas de grano fino (CU-1). Este tramo se compone fundamentalmente de margas y margocalizas gris-azuladas, a veces con nódulos calizos o piritosos, estratificadas en bancos decimétricos.
- Limolitas, Margas y Areniscas (CU-2). Representa el tránsito entre los sistemas carbonatado y terrígeno en el sector occidental del Anticlinorio de Bilbao. Por tanto es un término mixto de tránsito entre las margas urgonianas (formación anterior) y la base de la formación siguiente, Argilitas y/o limolitas con pasadas de arenisca.

#### 6.2.2.2 COMPLEJO SUPRAURGONIANO (ALBIENSE SUPERIOR) FLYSCH NEGRO

- Lutitas calcáreas negras (argilitas y/o limolitas), pasadas de Areniscas (CS-4). Con este término se representan aquellos tramos en los que existe un claro predominio de los materiales lutíticos (argilitas y/o limolitas) sobre los arenosos, areniscas. Las lutitas, que aparecen en niveles centi-decimétricos, alternan o incluyen estratos, generalmente poco potentes (centimétricos) de arenisca en una proporción menor o igual al 20%.
- Alternancia de Areniscas silíceas y Lutitas (CS-5). Se trata de los materiales observados desde la estación de Bengoetxe hasta el final del trazado. Término que muestra un porcentaje similar de lutitas y areniscas, siendo la combinación litológica más frecuente del complejo Supraurgoniano.

#### 6.2.2.3 FILONES DE CUARZO Y ZONAS SILICIFICADAS (D-7)

Puntualmente se ha observado en el extremo Oeste de la zona de Aperribai un potente afloramiento de cuarzo con abundantes mineralizaciones de hierro (reflejado en la cartografía geológico-geotécnica. Plano5).

#### 6.2.2.4 DEPÓSITO ALUVIAL (Q<sub>AL</sub>)

Los depósitos aluviales del área de estudio están asociados al río Ibaizábal y Nervión en su margen derecha y se encuentran mayoritariamente cubiertos por los rellenos de los polígonos industriales circundantes, por la explanada de la actual N-634 y la autopista A-8. Están integrados por niveles de suelos de granulometría muy variada, desde materiales cohesivos (arcillas y limos) hasta materiales mucho más granulares (arenas, gravas y bolos).

#### 6.2.2.5 DEPÓSITO DE TERRAZA (QT)

Coincidiendo con zonas elevadas topográficamente y afectadas por una antigua acción fluvial, se han cartografiado varias áreas donde existen materiales constituidos mayoritariamente por bolos y

Memoria

Página 13

L5-AG-MN\_Memoria

gravas redondeadas englobadas en una matriz arenosa y limosa en proporción variable. La potencia de estos depósitos es variable, siendo frecuentes las ocasiones en las que no llega al metro.

Se observan en el entorno de Bengoetxe, centro urbano de Galdakao (zona alta), apoyados sobre el macizo rocoso de la unidad CS-5.

#### 6.2.2.6 DEPÓSITOS ANTROPOGÉNICOS

El corredor estudiado atraviesa zonas urbanas e infraestructuras en gran parte de su recorrido, sin embargo a excepción de la estación de Bengoetxe que se va realizar en falso túnel, el resto del trazado lo hace de manera soterrada, por lo que la afección a dichos rellenos será escasa. Por tanto, solo habrá que tener en cuenta las afecciones de estos materiales para esta primera estación y en los accesos propuestos a la estación de Galdakao.

En el caso de la estación de Galdakao, los rellenos existentes, en realidad son los propios de una zona totalmente urbanizada, ya que se sitúa en el centro de la ciudad (edificios, sótanos, conducciones existentes...).

Una zona a tener en cuenta también sería el emboquille de la boca de salida de emergencia de Abusu, donde según el sondeo SM-28 existe un potente nivel de rellenos de naturaleza heterogénea.

En la cartografía geológica-geotécnica, se han señalado diferentes rellenos dependiendo del grado de compactación y tratamiento de estos depósitos.

- Rellenos sin compactar (R<sub>A</sub>). Depósitos de tierras de origen variado, procedentes probablemente de los excedentes de tierras de obras próximas, formados por restos de escombros sin compactar y cantos angulosos de las formaciones rocosas del entorno muy alterados. En la zona de Akerribai, en el inicio del trazado en túnel de este tramo, se ha detectado una acumulación de rellenos sin compactar.
- Rellenos Compactados (R<sub>c</sub>). Son aquéllos que conforman los viales urbanos, la plataforma de la actual N-634 y la autopista A-8. Se prevé que se traten de rellenos de tipo todo-uno o suelos seleccionados, adecuadamente puestos en obra y compactados, ya que no muestran patologías significativas en esta zona.
- Rellenos medio urbano (R<sub>v</sub>). Son aquellos que conforman el resto del medio urbano general, todo tipo de edificaciones, y construcciones, plazas, etc. En todos los trabajos realizados para el Proyecto Constructivo se ha encontrado este nivel con espesores muy variables.

Memoria

Página 14

L5-AG-MN\_Memoria

### 6.2.3 GEOMORFOLOGÍA

El relieve en esta zona viene condicionado primeramente por la litología y estructura geológica. Estos factores junto a la existencia de un importante curso fluvial, como es el río Ibaizábal y a la actividad antrópica han marcado la geomorfología de todo el entorno del futuro trazado.

Las cotas de la zona oscilan entre la +40 y la +90. El relieve en el principio del tramo se presenta como una ladera en cuyas cotas más bajas transcurren la carretera N-634 y la autopista A-8. Avanzando en el sentido de los PK, se alternan zonas más llanas con una serie de elevaciones, éstas últimas son debido a una componente silíceica mayor (resaltes con predominio de areniscas sobre las lutitas).

Atendiendo al elevado grado de modificación antrópica propia del medio urbano y la construcción de diversas infraestructuras, la valoración de la calidad geomorfológica del medio en el ámbito de estudio se considera BAJA.

### 6.2.4 HIDROGEOLOGÍA

El área de estudio se sitúa a cierta distancia del cauce del río Ibaizábal. Por otra parte, las formaciones rocosas en las que se encuadra el ámbito de estudio no presentan antecedentes de interés hidrogeológico importantes, sin embargo la presencia de areniscas en paquetes o estratos de entidad métrica en la formación CS-4 del Complejo Supraurgoniano y sobre todo en la CS-5, donde el porcentaje de paquetes de areniscas y su espesor es más elevado, hace prever que puedan darse fenómenos de circulación de agua subterránea a través de las mismas, debido a su alta permeabilidad.

### 6.2.5 TECTÓNICA GENERAL

Estructuralmente, la zona de estudio se engloba dentro del Sector de Durango, enmarcado en la Unidad de Oiz. La principal estructura de la Unidad de Oiz, aparte de sus accidentes limitantes, es el Sinclinorio de Bizkaia, plegamiento de directriz NO-SE situado en la franja centro-meridional de esta región estructural.

### 6.2.6 ESTRUCTURA PARTICULAR DEL TRAMO ESTUDIADO. DOMINIOS ESTRUCTURALES

El medio geológico y las formaciones atravesadas por el trazado, pueden sectorizarse o compartimentarse en diferentes dominios estructurales o tramos que deben considerarse homogéneos, ya que la orientación de la estratificación y litoclasas asociadas o condiciones de fracturación observadas son prácticamente iguales, dándose variaciones aceptables y tratables desde el punto de vista estadístico mediante la proyección estereográfica.

Memoria

Página 15

L5-AG-MN\_Memoria

Para establecer estos dominios se ha tenido en cuenta la estructura y litología observada en las inmediaciones del trazado a través de la cartografía, validando y computando los datos más fiables y representativos del conjunto de cada sector. Los límites de estos dominios están constituidos por fracturas, ejes de pliegues o contactos litológicos que se reflejan tanto en la cartografía geológica-geotécnica como en el perfil longitudinal. A lo largo del trazado, estos contactos, fallas o cambios de orientación de la estratificación se localizan en planta a la altura de los siguientes puntos:

PK 1+780 Falla/Cont. Mecánico

PK 2+000 Contacto litológico

PK 2+340 Falla/Cont. Mecánico

PK 2+540 Contacto litológico

PK 2+840 Falla/Cont. Mecánico

PK 2+960 Falla/Cont. Mecánico

PK 3+040 Falla/Cont. Mecánico

PK 3+200 Falla/Cont. Mecánico

PK 3+380 Falla/Cont. Mecánico

PK 3+460 Falla/Cont. Mecánico

PK 4+120 Falla/Cont. Mecánico

### 6.2.7 SISMICIDAD

De acuerdo con los criterios de aplicación de la “Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02)” Real Decreto 997/2002 de 30 de agosto, no es obligatorio tener en cuenta este aspecto, ya que toda la provincia de Bizkaia queda por debajo del límite de 0,04 para el cociente  $a_b/g$ , tal como se representa en el Mapa de Peligrosidad Sísmica de España.

### 6.3 PLANEAMIENTO URBANÍSTICO

La actuación contemplada en este proyecto supone la implantación de infraestructuras en superficie, por lo que debe realizarse teniendo en cuenta las previsiones recogidas en los instrumentos de planeamiento municipal vigentes en la zona, intentando que no se planteen incompatibilidades entre dichas previsiones y las ocupaciones recogidas en el Proyecto.

Se ha de considerar además la posible existencia de planeamientos pertenecientes a otros organismos que pudieran afectar a la zona objeto del proyecto.

Memoria

Página 16

L5-AG-MN\_Memoria

En el Anejo nº3 se recogen los distintos planeamientos y se analiza detalladamente la relación de los mismos con las obras proyectadas en el presente documento.

### 6.3.1 PLANEAMIENTO MUNICIPAL

El planeamiento urbanístico supone un condicionante de primer orden por la necesidad de coordinar la solución adoptada con las previsiones del mismo, marcando la necesidad de recurrir a secciones soterradas en la línea a su paso por sectores con futuros desarrollos urbanísticos, evitando así el efecto barrera que supondría la infraestructura para el futuro uso de dichos suelos.

El Planeamiento también ha influido en la determinación de alternativas y, especialmente, en el emplazamiento elegido para las estaciones, cuya ubicación tiene además en cuenta las previsiones de aumento de población asociadas a los nuevos o futuros desarrollos urbanísticos.

En el Tramo Aperribai Galdakao únicamente se ejecutan obras en superficie en los núcleos de Bengoetxe y el centro de Galdakao, por lo que las interferencias que se describan serán las correspondientes a éstos, perteneciente ambos al Término Municipal de Galdakao. Para la coordinación del trazado con el planeamiento vigente se ha contado con la información de Udalplan y la facilitada por el propio Ayuntamiento.

En principio sólo las zonas en que el proyecto implica obras en superficie o a poca profundidad son objeto de estudio desde el punto de vista de la interferencia con el planeamiento. La estación de Bengoetxe se construirá a cielo abierto, por lo que su ejecución supondrá una interferencia con el planeamiento de la zona, no así la de Galdakao Centro, que se ejecutará en caverna, debiendo contemplarse únicamente la afección de los cubículos de acceso a la misma y las obras de ventilación.

En el Anejo nº3, se señalan las interferencias con el planeamiento, presentando el Planeamiento vigente y su superposición con las obras proyectadas en el presente documento.

Lo más destacable es la interferencia en el barrio de Bengoetxe de la ejecución a cielo abierto de la Estación con el sector UE-BE-2 (y puntualmente con el sector UE-BE-3). Cabe mencionar que, en respuesta a la alegación presentada por el Ayuntamiento de Galdakao en relación a esta afección, se ha realizado una propuesta de reordenación de la edificación en el sector, de manera que resulte compatible con la nueva estación propuesta, que se adjunta en el Apéndice 3.3 del Anejo nº 3.

### 6.3.2 OTROS PLANEAMIENTOS

Se han analizado otros proyectos y obras que, con carácter supramunicipal, están previstos o se llevan a cabo en el área de estudio, y que deben compatibilizarse con la implantación de la Línea 5 del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao. Ninguna de las infraestructuras previstas en la zona afecta al tramo Aperribai-Galdakao.

Memoria

Página 17

L5-AG-MN\_Memoria

## 6.4 REDES DE SERVICIOS

Para la localización e identificación de los servicios susceptibles de ser afectados por las obras objeto del presente proyecto, se ha partido de la información facilitada por los organismos y compañías propietarias de servicios en la zona. Previamente, se había contactado con la empresa INKOLAN, obteniendo inventario y planos de los servicios existentes.

Para comprobar in situ la información recibida se han realizado visitas a campo y el levantamiento topográfico de las arquetas y postes presentes en toda la zona.

En el Anejo nº 11 se describen las principales características de las redes que se pueden ver afectadas por las obras, a excepción de los servicios “a reponer por terceros” que quedan recogidos en el Anejo nº12, y que hacen referencia a las redes pertenecientes a compañías de electricidad, telecomunicaciones y gas, cuya reposición habrá de ser realizada por los titulares de los mismos.

Una vez analizada la información obtenida, se ha concluido que los servicios afectados en el área de actuación son los que se indican a continuación: Abastecimiento municipal, Alumbrado, Saneamiento (red de fecales y pluviales) municipal, Bizkaibus, Iberdrola y Telefónica.

## 6.5 OTRAS INFRAESTRUCTURAS

Las principales infraestructuras presentes en el área de estudio que han influido en el diseño de la solución propuesta en el presente proyecto constructivo son:

### 6.5.1 CARRETERA N-634

La carretera N-634 es un eje este-oeste que discurre por la margen derecha del río Ibaizábal rodeando por el sur el núcleo de Galdakao, y continuando posteriormente por la margen derecha del Nervión-Ibaizábal una vez que dichos ríos se han unido.

El trazado de la línea 5 cruza bajo la carretera N-634 en dos ocasiones: entrada al barrio de Aperribai y salida del núcleo de Galdakao, quedando ambos puntos de cruce fuera del Tramo Aperribai-Galdakao objeto del presente proyecto.

### 6.5.2 AUTOPISTA A-8

La Autopista A-8, es un eje este-oeste que bordea por el norte el Barrio de Bengoetxe y el núcleo urbano de Galdakao. El único punto en que el trazado de la Línea 5 se solapa en planta con la autopista se produce pasada la Galería de emergencia de Olabarrieta, entre los PK 2+200 y 2+300 del túnel de línea. El paso bajo la autovía A-8 supone pues un condicionante para el encaje del perfil longitudinal por la necesidad de mantener la rasante suficientemente profunda como para asegurar que la construcción del túnel en mina no interferirá con dicha carretera.

Memoria

Página 18

L5-AG-MN\_Memoria

La coincidencia de ambos trazados se ha solventado sin interferencia alguna, gracias a que el trazado de la línea entre los Barrios de Aperribai y Bengoetxe discurre en túnel en mina con profundidad suficiente para evitar interferencias con la infraestructura ubicada en la superficie.

### 6.5.3 POZO DEL INTERCEPTOR DEL CONSORCIO

De entre los servicios existentes en el área de estudio, se ha considerado únicamente como condicionante en el diseño del trazado el interceptor del Nervión – Ibaizábal, propiedad del Consorcio de Aguas.

Se trata de un colector de hormigón de  $\varnothing$  1.200 mm hincado en roca que discurre soterrado a cierta profundidad, y que cuenta con pozos de gran tamaño. Dicha conducción discurre en todo el tramo objeto de proyecto en paralelo al cauce de los ríos Nervión e Ibaizábal, bien por su margen derecha, bien por la izquierda. La identificación de su situación y la de sus pozos, ha sido tenida en cuenta a la hora de optimizar el encaje de trazado de la solución adoptada, evitándose interferencias con los mismos.

En el tramo que nos ocupa, el interceptor, y más concretamente uno de sus pozos ubicados al Norte de la N-634, a la altura de la Travesía Zuatzurre (PK 3+120 del túnel de línea), ha condicionado el trazado en planta de la Línea 5 entre la Estación de Bengoetxe y el propio interceptor, evitando la coincidencia del pozo con el túnel de línea.

## 6.6 INVENTARIO DE EDIFICIOS

La implantación de una infraestructura de transporte de las características del ferrocarril metropolitano origina una serie de interferencias con el entorno urbano en el que se establece. Las interferencias se derivan tanto del trazado subterráneo como de las obras en superficie que implica su ejecución.

En el barrio de Aperribai, por donde transcurre en mina la primera parte de este tramo hasta la galería de emergencia de Olabarrieta, se observan edificaciones unifamiliares de escasa altura todas ellas sin sótanos, igual que en el contorno de influencia en las proximidades de la boquilla de Galería de emergencia de Olabarrieta.

Entre la Galería de emergencia de Olabarrieta y el paso del túnel proyectado bajo la A-8 no hay edificaciones. A continuación y hasta la estación de Bengoetxe, el trazado transcurre bajo una zona de poca densidad edificatoria, con algunos bloques sin sótanos y viviendas unifamiliares.

En el entorno de la estación de Bengoetxe (PK 2+573 a PK 2+579), que se ejecutará a cielo abierto excavando entre pantallas, se encuentra el edificio de la escuela de hostelería.

Memoria

Página 19

L5-AG-MN\_Memoria

A la altura del PK 3+200 se localiza una nueva zona de afección de edificaciones en superficie. Esta zona se encuentra ya en el casco urbano de Galdakao y las edificaciones inventariadas en las calles Ibaizabal y Oizmendi son bloques de viviendas de entre 5 y 11 plantas sin sótanos y un parking subterráneo. En las inmediaciones de la estación en caverna de Galdakao hay una masiva presencia de edificaciones de muy distintas características. Se observan edificaciones pequeñas de tres o cuatro alturas sin sótanos y otras de grandes dimensiones que contemplan hasta 8 alturas y sótanos que en algún caso llegan a tener tres niveles subterráneos. También se incluye en el inventario la haurreskola que se ha edificado recientemente en la Plaza Lehendakari Aguirre, de una planta y sin sótanos.

El tramo final entre el casco urbano de Galdakao y el entronque con la Galería de emergencia de Abusu (PK 4+340) se caracteriza por la presencia de numerosos bloques de viviendas de 2 a 4 alturas, un parking subterráneo y el Ayuntamiento de Galdakao, que debido a la profundidad a la que discurre el trazado en este tramo no están dentro de la zona de influencia establecida.

En el entorno del emboquille de la Galería de emergencia de Abusu se encuentra el edificio de la estación de bomberos, dentro de la zona de afección.

Debido a las afecciones que la implantación de la línea pudiera originar en el entorno urbano, y en especial en los edificios de viviendas, naves industriales y garajes subterráneos que se encuentran en las proximidades del trazado, se ha realizado un inventario de éstos con el fin de determinar si alguno de ellos presenta alguna característica que lo haga especialmente vulnerable a las obras a ejecutar. El objetivo es determinar la situación de cada uno de ellos con respecto a la traza y tener constancia de sus características, sobre todo en lo referente a las plantas de sótanos, por su implicación en el encaje y en la definición de las obras subterráneas a realizar.

La información contenida en dicho inventario se obtuvo in situ mediante una campaña de visitas a campo en la que se reconocieron todos los edificios cercanos a la traza (visitas que incluyeron el acceso a los sótanos siempre que fue posible). Este inventario, que se incluye en el Anejo nº 14 Incidencia en el Entorno Urbano, recoge las características más significativas de cada uno de los edificios analizados:

- Dirección
- Municipio donde se sitúa
- Número de Plantas
- Uso general del edificio
- Número de sótanos
- Uso sótanos

Memoria

Página 20

L5-AG-MN\_Memoria

- Altura de sótanos
- Foto del edificio.

Para la realización de dicho inventario se establece una zona de influencia en torno a la traza de la nueva línea que se puede resumir de la siguiente manera:

- En planta, en la zona de túnel en mina: dos diámetros a cada lado del eje del trazado
- En planta, en la zona de estación: dos diámetros desde la cara exterior de la estación
- En alzado, dos diámetros de roca sana por encima de la clave del revestimiento

Del análisis de la información recogida en este inventario se deducen una serie de posibles interacciones con las obras a realizar que se han tenido en cuenta a la hora de proyectar los distintos elementos de que consta la obra.

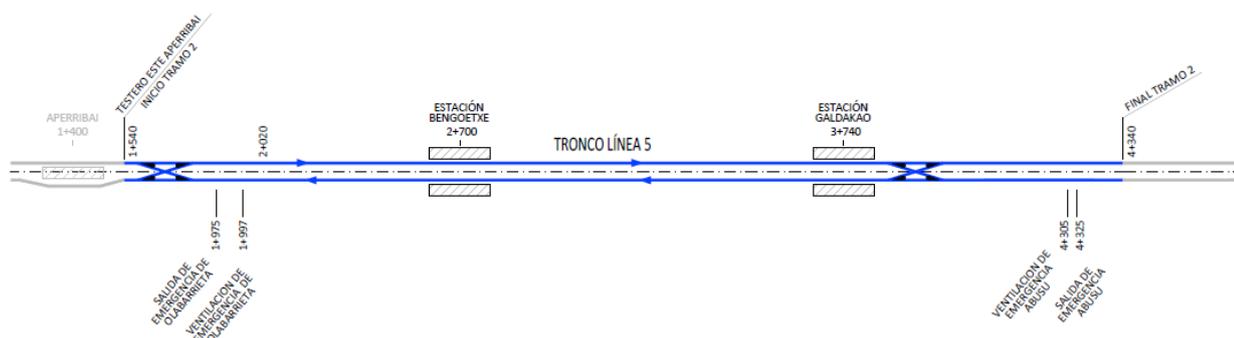
## 7. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

### 7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Las principales obras contempladas en el presente proyecto constructivo del tramo Aperribai-Galdakao de la Línea 5 del FMB son las siguientes:

- Plataforma y superestructura de vía de la Línea 5 del FMB entre el PK 1+540 y el PK 4+340 del túnel de línea
- Estación en falso túnel de Bengoetxe
- Estación en caverna de Galdakao
- Galería de ventilación y de emergencia de Olabarrieta
- Galería de ventilación y de emergencia de Abusu

El tramo tiene una longitud total de 2,8 km y cuenta con dos estaciones separadas entre sí del orden de un kilómetro.



La primera se ubica en el barrio de Bengoetxe y pretende dar servicio al propio barrio, tanto a las edificaciones existentes como a las previstas por el planeamiento municipal, y al polígono industrial separado del barrio por la carretera N-634. La segunda estación se define dentro del centro urbano de Galdakao y está llamada a ser la estación de referencia para la población del centro urbano del municipio.

Para la definición de las obras a desarrollar para la implantación de la Línea 5 se ha utilizado el eje de la doble vía, denominado "Tronco Línea 5". En la tabla djunta se muestran los hitos más significativos del tramo con sus correspondientes PKs de referencia:

Memoria

Página 22

Hito	PK	Eje
Inicio Tramo 2	1.540,000	Tronco Línea 5
Salida de emergencia Olabarrieta	1.975,004	Tronco Línea 5
Ventilación de emergencia Olabarrieta	1.997,003	Tronco Línea 5
Inicio FT Bengoetxe	2.572,983	Tronco Línea 5
Inicio anden Bengoetxe	2.648,606	Tronco Línea 5
Final anden Bengoetxe	2.738,655	Tronco Línea 5
Final FT Bengoetxe	2.759,198	Tronco Línea 5
Testero Oeste Estación de Galdakao	3.684,300	Tronco Línea 5
Inicio anden Galdakao	3.694,150	Tronco Línea 5
Final Anden Galdakao	3.783,000	Tronco Línea 5
Testero Este Estación de Galdakao	3.793,700	Tronco Línea 5
Ventilación de emergencia de Abusu	4.305,006	Tronco Línea 5
Salida de emergencia Abusu	4.325,202	Tronco Línea 5
Fin Tramo 2	4.340,000	Tronco Línea 5

De acuerdo con los criterios establecidos por ETS, en cuanto a interdistancia entre salidas de emergencia, al ser la distancia entre las salidas más próximas entre sí de ambas estaciones inferior a 1.000 m, no se precisa ninguna salida de emergencia intermedia.

El PK de final del tramo se establece en el PK 4+340, superado el entronque con la Galería de emergencia de Abusu. Tras la Estación de Galdakao se ha previsto una doble diagonal posterior, lo que permitirá articular los tráficos de la línea.

A continuación se describe en detalle el tramo objeto de proyecto.

#### **TÚNEL DE LÍNEA APERRIBAI - OLABARRIETA**

El trazado entre la estación de Aperribai (del tramo anterior Sarratu-Aperribai) y la estación de Bengoetxe se desarrolla íntegramente en túnel en mina, desde el PK 1+540 al 2+570 aproximadamente, no existiendo a priori condicionantes al trazado del mismo, tanto en planta como en alzado, a parte de la necesidad, dada su longitud superior a 1000 m, de implantar una salida de emergencia intermedia, así como de cruzar bajo la autopista A-8 con la suficiente tapada para no afectar a la misma.

La obra singular requerida se ubica en el barrio de Olabarrieta, a la altura de los PKs 1+975 y 1+997 del túnel de línea, e incorpora galería peatonal de emergencia y ventilación de emergencia. La configuración de la galería de emergencia, así como la ubicación de la misma, permiten utilizarla como punto de ataque del túnel de línea.

Memoria

Página 23

L5-AG-MN\_Memoria

El trazado en planta de este tramo viene definido por las alineaciones necesarias para la implantación de las estaciones de Aperribai y Bengoetxe. El trazado en alzado entre Aperribai y Bengoetxe se desarrolla como una sucesión de acuerdos verticales, que marcan dos puntos bajos entre las estaciones y la Galería de emergencia de Olabarrieta y un punto alto intermedio, coincidiendo con ésta, que permite acercar la salida a la superficie reduciendo así el recorrido y la inclinación del trayecto de evacuación.

### **TÚNEL DE LÍNEA OLABARRIETA-BENGOETXE**

Una vez superada la conexión entre el túnel de línea y la cámara de la ventilación de emergencia de Olabarrieta, el trazado del túnel describe un punto alto, fruto de la necesidad de aproximarse lo más posible a superficie coincidiendo con la salida de emergencia, reduciendo así la distancia entre el túnel y la superficie.

Al igual que en el tramo anterior, el trazado en planta de este tramo viene definido por las alineaciones necesarias para la implantación de las estaciones de Aperribai y Bengoetxe. En la Estación de Aperribai la alineación viene totalmente condicionada por las especiales características físicas del barrio y los serios condicionantes a que se enfrenta la implantación de la estación. En el caso de la estación de Bengoetxe, el emplazamiento y orientación de la misma están condicionados fundamentalmente por las edificaciones existentes en la zona y el desarrollo urbanístico previsto en superficie en el planeamiento municipal de Galdakao. Es por ello que la solución finalmente definida para la estación ha sido consensuada con los responsables de los servicios municipales de urbanismo, ajustándose a una nueva ordenación que cuenta con el visto bueno del Ayuntamiento.

Por lo que se refiere al trazado en alzado, entre la galería de emergencia y la estación de Bengoetxe el trazado desarrolla un gran acuerdo cóncavo, cuya zona baja coincide con el paso del túnel de línea bajo la Autopista A-8 y los edificios del barrio de Bengoetxe ubicados al sureste de la autopista. El acuerdo cóncavo posee tangentes de entrada y salida de 50 milésimas de inclinación, lo que permite conseguir tapada suficiente sin necesidad de forzar el perfil longitudinal.

### **ESTACIÓN DE BENGOETXE**

El encaje de la estación de Bengoetxe ha constituido un condicionante de primer orden para el encaje del trazado de la nueva línea del FMB, tanto por la necesidad de encontrar un espacio suficientemente grande y sin edificar, en el que poder realizar la construcción soterrada de los andenes, como por la dificultad de materializar los emboquilles de entrada y salida de la sección de túnel en mina, sin implicar la afección a edificios existentes.

El principal condicionante para la implantación de la propia estación radica en la necesidad de diseñarla en falso túnel, con la suficiente cercanía por tanto a la superficie, en un barrio con

Memoria

Página 24

L5-AG-MN\_Memoria

edificaciones en altura y con previsión de desarrollo de nuevas urbanizaciones, tratando de minimizar las interferencias tanto con las edificaciones existentes como con las previstas en la zona.

Así, se plantea una estación en la parte baja del barrio, entre la calle Sixta Barrenetxea y la calle Ibaizábal (carretera N-634), que pretende dar servicio tanto al barrio de Bengoetxe como al polígono industrial ubicado inmediatamente al sur de la carretera N-634.

La estación proyectada quedaría mayoritariamente dentro de la unidad de actuación UE-BE-2 y puntualmente en la UE-BE-3, clasificadas en el planeamiento urbanístico como suelo residencial urbano. De cara a solucionar la interferencia existente entre el planeamiento municipal vigente y la nueva infraestructura ferroviaria, y viabilizar así el presente proyecto constructivo, se han establecido los pertinentes contactos con los responsables municipales, de cara a compatibilizar las nuevas urbanizaciones con la presencia de la estación de metro. La solución propuesta para la estación en el presente proyecto ha sido coordinada con los responsables municipales.

La estación de Bengoetxe se diseña con una tipología de estación con vestíbulo en superficie, a cabalgavía sobre andenes soterrados. El tramo de andenes se desarrolla íntegramente en recta y rasante horizontal. La cota de la rasante viene determinada por el estudio geotécnico realizado, habiéndose rebajado a la 34,5 m para asegurar una tapada suficiente en los tramos adyacentes al falso túnel.

El resultado es una estación de considerable longitud (andenes del PK 2+648,606 al PK 2+738,655) y a bastante profundidad respecto a las cotas previstas para la urbanización a desarrollar en superficie, lo que da lugar a una diferencia de cota entre el vestíbulo de estación y el edículo de acceso a la misma de 9 m.

El acceso al vestíbulo se realiza por el extremo oeste de la misma, existiendo además un ascensor de acceso a vestíbulo para usuarios de movilidad reducida en ese mismo extremo, en torno al PK 2+635. En el testero opuesto, finalizado el andén, el falso túnel da cabida a una salida de emergencia. El gran “cajón” alberga además un considerable número de cuartos técnicos en ambos extremos de los andenes.

### **TÚNEL DE LÍNEA BENGOETXE-GALDAKAO**

El trazado entre las Estaciones de Bengoetxe y Galdakao se desarrolla en túnel en mina íntegramente, desde el testero este de la Estación de Bengoetxe (PK 2+759,198) hasta la propia caverna de estación en Galdakao (PK 3+684,300).

En lo que al trazado en planta se refiere, este tramo está condicionado por la presencia del Río Ibaizábal, y de la propia carretera N-634 en paralelo a éste, al sur de ambas estaciones. El curso

Memoria

Página 25

L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO



del río describe, a unos 300 metros de la estación de Bengoetxe, un meandro que lo desplaza hacia el norte y que impide diseñar un trazado directo entre ambas estaciones.

A esto hay que añadir, la presencia del Interceptor Nervión-Ibaizábal del Consorcio de Aguas, que posee un pozo de considerables dimensiones inmediatamente al norte del río y de la carretera, coincidiendo con la zona más al norte del meandro, pozo éste que permite el cruce del interceptor bajo el río y la carretera.

Esto obliga a diseñar un trazado sinuoso que bordea por el norte estos tres condicionantes, evitando el cruce bajo el cauce que obligaría a un subfluvial adicional y la interferencia con el pozo del Consorcio, y que exige salir desde la Estación de Bengoetxe girando en planta hacia el Norte, esquivando el trazado del río y alejándolo del Interceptor del Consorcio de Aguas.

Superada esta curva, el túnel retoma su trazado en dirección a la Plaza Roja mediante una curva de sentido contrario a la anterior que permite devolver el trazado en dirección al núcleo urbano de Galdakao, guardando una prudente distancia con el pozo del consorcio.

Llegados ya al centro urbano de Galdakao, el trazado describe un último giro en planta, de sentido contrario al anterior, que le permite evitar el nuevo aparcamiento subterráneo construido en las inmediaciones de Plaza Roja y enlazar la alineación de dirección Oeste-Este de la caverna de la Estación de Galdakao.

Por lo que respecta al perfil longitudinal del tramo Aperribai-Galdakao, éste no tiene ningún condicionante singular, por lo que describe un gran acuerdo cóncavo con pendiente de salida de 50 milésimas tras la Estación de Bengoetxe y pendiente de llegada a las inmediaciones de la Estación de Galdakao de 10 milésimas, unidas ambas por una parábola de parámetro  $K_v=3.000$  m.

### **ESTACIÓN DE GALDAKAO**

Esta estación se ubica en el centro de Galdakao, en las inmediaciones de la Plaza Roja, y está diseñada para dar servicio a la población del núcleo urbano de la localidad. Su situación en un entorno urbano consolidado obliga a plantear una estación en caverna.

La ubicación de los accesos peatonales a la misma está basada en el análisis de población servida e isócronas desarrollado en el Estudio Informativo previo, que establecía que los accesos a la misma se realizarían desde la Plaza Roja y la Avenida Juan Bautista Uriarte.

El trazado de la línea al paso por la caverna de estación ha venido condicionado por dos aspectos fundamentales: La necesidad de optimizar los cañones que conectan los accesos desde superficie con la caverna y la presencia de los sótanos ubicados en el entorno de la estación, en especial, los bloques de viviendas ubicados entre Plaza Roja y la Avenida Juan Bautista Uriarte y los dos nuevos aparcamientos subterráneos construidos recientemente en Galdakao.

Memoria

Página 26

L5-AG-MN\_Memoria

La caverna de la estación queda situada bajo la Plaza Roja y, parcialmente, bajo el edificio ubicado inmediatamente al sur de ésta, que cuenta con tres plantas de sótanos, habiéndose comprobado que la distancia entre clave de caverna y la cota estimada pésima de cimentación de dicho edificio es suficiente para asegurar la viabilidad de su construcción en condiciones de seguridad para dicho edificio.

Se han diseñado tres accesos peatonales a la Estación, dos cañones y un ascensor para usuarios de movilidad reducida. El acceso principal a la estación es por el cañón que sale a superficie en el cruce de las calles Juan Bautista Uriarte y Euskadi, desde el que se accede al vestíbulo principal de la estación, ubicado en el extremo oeste de la misma. Este vestíbulo cuenta con un segundo acceso desde el ascensor ubicado en la propia Calle Euskadi, frente a Plaza Roja y junto al nuevo aparcamiento subterráneo.

Un segundo cañón accede por testero a la mezzanina ubicada en el extremo este de la estación desde la zona alta de la Calle Bernart Etxepare, dando acceso así a las zonas más altas del núcleo urbano.

### **GALDAKAO - FIN DE TRAMO**

En el PK 3+793,000 la sección caverna da paso de nuevo a la sección de túnel en línea, el tramo recto en rasante horizontal en que se apoya la caverna de la estación se prolonga unos 90 metros más con el fin de dejar instalada una doble diagonal, que permite articular las circulaciones entre Vía 1 y Vía 2.

A continuación, el trazado gira hacia el sur buscando un trazado lo más directo posible hacia el entorno del Hospital de Galdakao, con curva circular de radio 250 metros y su clotoide, que sirve de transición a una recta en la que finaliza el presente tramo (PK 4+340) y que continúa en el tramo siguiente Galdakao-Hospital.

La obra singular de Abusu entronca con el túnel de línea dentro de esta misma recta, ente los PKs 4+305 y 4+325. Esta obra singular incorpora una salida de emergencia y una ventilación de emergencia, que salen a superficie en la zona de Abusu, a escasos metros de la N-634.

El perfil longitudinal del túnel de línea se desarrolla hasta este punto con una ligera inclinación de 3 milésimas, se busca con ello favorecer el recorrido de emergencia de Abusu, de manera que la diferencia de cota a superar en caso de emergencia sea la mínima posible.

## **7.2 CAMPAÑA GEOTÉCNICA**

En el Anejo nº5 de Geología y Geotecnia se recogen con detalle los datos de partida o información geotécnica preliminar correspondiente al Estudio Informativo de este, los datos facilitados por el

Memoria

Página 27

L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO



Ayuntamiento de Galdakao, así como todos los trabajos realizados para el presente Proyecto de Construcción (trabajos de campo y ensayos de laboratorio).

### 7.2.1 SONDEOS MECÁNICOS

Se han realizado para el estudio de este tramo un total de diecisiete (17) sondeos mecánicos para el Proyecto Constructivo y tres (3) en el Estudio Informativo.

#### Sondeos proyecto constructivo

OBJETIVO	SONDEO	LONG	X	Y	Z
Túnel-boquilla	SM-11	36,40	510.588,882	4.787.093,859	54,26
Túnel	SM-12	42,50	510.809,579	4.786.960,174	56,62
Túnel	SM-13	60,20	511.020,105	4.786.900,114	89,70
Túnel	SM-14	34,40	511.295,443	4.786.819,725	45,48
Pantalla-emboquille	SM-15	21,05	511.536,961	4.786.724,750	49,26
Falso túnel-Bengoetxe	SM-16	55,00	511.629,464	4.786.678,201	51,10
Falso túnel-Bengoetxe	SM-17	51,20	511.686,588	4.786.642,408	51,60
Túnel	SM-18	65,70	511.880,819	4.786.606,866	63,00
Túnel	SM-19	35,00	512.124,989	4.786.622,682	43,21
Túnel-conducto ventilación	SM-20	39,20	512.515,169	4.786.461,746	44,72
Ascensor de acceso a la estación	SM-21	42,00	512.604,847	4.786.499,608	47,64
Cañón de acceso a la estación	SM-22	15,00	512.620,566	4.786.435,381	46,66
Cañón de acceso a la estación	SM-23	15,20	512.694,295	4.786.573,391	49,98
Pozo para el EBA	SM-24	39,00	512.719,906	4.786.471,217	49,63
Túnel	SM-25	49,35	512.929,212	4.786.484,777	55,05
Túnel de línea PK 4+310	SM-26	70,20	513.171,644	4.786.347,206	74,33
Salida de emergencia Abusu (boquilla)	SM-28	22,05	513.493,938	4.786.398,401	63,00

#### Sondeos estudio informativo

OBJETIVO	SONDEO	LONG.	INICIO	FIN	EMPRESA	MÁQUINA
Túnel	S-5	23,30	07/05/09	12/05/09	SAIA TEK	FRASTE ML-50
Túnel	S-11	28,90	09/03/10	10/03/10	GABINETE GEOTÉCNICO	TP-50
Túnel-Estación	S-12	33,70	10/03/10	16/03/10	GABINETE GEOTÉCNICO	TP-50

Memoria

Página 28

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO

L5-AG-MN\_Memoria



7.2.1.1 ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA STANDARD (SPT)

Ensayos de penetración dinámica standard (SPT) del Proyecto Constructivo

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	MATERIAL	NSPT
SM-11	2,00-2,60	Rellenos	29
SM-11	3,60-4,20	Rellenos	20
SM-11	5,00-5,60	Rellenos	19
SM-11	7,20-7,80	Rellenos	6
SM-12	2,00-2,60	Lutitas G:IV	38
SM-13	1,80-2,15	Areniscas y lutitas G:IV	Rechazo
SM-14	2,00-2,60	Sustrato rocoso G:V	11
SM-14	4,00-4,25	Sustrato rocoso G:IV	Rechazo
SM-15	3,00-3,60	Arcillas limosas con trazas de gravillas	6
SM-16	2,40-3,00	Arcillas limosas	22
SM-16	4,95-5,40	Bolos y gravas	32
SM-19	2,00-2,60	Bolos y gravas	20
SM-19	4,00-4,60	Bolos y gravas	43
SM-20	3,00-3,15	Bolos y gravas	Rechazo
SM-21	3,00-3,60	Bolos y gravas	8
SM-21	4,80-5,40	Bolos y gravas	19
SM-21	7,20-7,64	Bolos y gravas/Sustrato rocoso G:V	Rechazo
SM-22	2,00-2,60	Relleno/Arcillas arenosas con gravas	11
SM-23	3,60-4,20	Limos arenosos	14
SM-23	6,00-6,60	Bolos y gravas	26
SM-24	2,40-3,00	Rellenos	6
SM-24	4,80-5,40	Rellenos	11
SM-24	7,20-7,80	Bolos y gravas/Sustrato rocoso G:IV	54
SM-25	3,00-3,40	Lutitas y areniscas G:III-IV	Rechazo
SM-25	6,00-6,20	Lutitas y areniscas G:III-IV	Rechazo
SM-26	2,37 – 2,97	Arenas arcillosas	28
SM-26	5,70 – 6,30	Lutitas G:IV	Rechazo
SM-28	2,30 – 2,90	Rellenos	9
SM-28	6,00 – 6,60	Rellenos	13

Memoria

Página 29

L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO



## Ensayos de penetración dinámica standard (SPT) del Estudio Informativo

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	MATERIAL	NSPT
S-5	6,00-6,45	Sustrato rocoso G:V	62
S-12	5,00-5,60	Arenas y gravas	13
S-12	8,40-8,75	Sustrato rocoso G:V	Rechazo

### 7.2.1.2 TOMA DE MUESTRAS

#### Toma de muestras del Proyecto Constructivo

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)
SM-11	MI	9,00-9,60
SM-11	MI	10,30-10,90
SM-11	TP	13,80-14,20
SM-11	TP	19,50-19,85
SM-11	TP	26,55-26,90
SM-11	TP	32,10-32,45
SM-12	TP	6,20-6,60
SM-12	TP	10,85-11,20
SM-12	TP	17,40-17,80
SM-12	TP	22,25-22,65
SM-12	TP	27,40-27,85
SM-12	TP	32,20-32,75
SM-12	TP	35,50-35,85
SM-12	TP	38,30-38,80
SM-13	TP	10,35-10,65
SM-13	TP	25,60-26,00
SM-13	TP	30,70-31,05
SM-13	TP	34,60-35,05
SM-13	TP	39,45-36,60
SM-13	TP	41,60-41,80
SM-13	TP	45,60-45,90
SM-13	TP	50,15-50,40
SM-14	MI	1,40-2,00
SM-14	TP	9,00-9,25
SM-14	TP	12,80-13,20
SM-14	TP	17,40-17,80
SM-14	TP	21,60-22,20
SM-14	TP	26,40-26,80

Memoria

Página 30

L5-AG-MN\_Memoria

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)
SM-14	TP	31,20-31,70
SM-15	MI	1,70-2,30
SM-15	TP	9,60-9,90
SM-15	TP	13,60-14,00
SM-15	TP	19,85-20,15
SM-16	MI	1,80-2,40
SM-16	TP	10,80-11,40
SM-16	TP	16,90-17,25
SM-16	TP	21,10-21,40
SM-16	TP	25,80-26,10
SM-16	TP	29,65-30,05
SM-16	TP	34,85-35,20
SM-16	TP	39,00-39,45
SM-16	TP	43,95-44,45
SM-16	TP	49,10-49,65
SM-16	TP	54,45-55,00
SM-17	TP	18,00-18,45
SM-17	TP	30,00-30,55
SM-17	TP	39,10-39,55
SM-17	TP	49,10-49,45
SM-18	TP	27,50-28,00
SM-18	TP	31,65-32,10
SM-18	TP	38,10-38,50
SM-18	TP	47,10-47,50
SM-19	TP	8,30-8,60
SM-19	TP	12,00-12,30
SM-19	TP	15,65-15,85
SM-19	TP	21,90-22,15
SM-19	TP	25,20-25,80
SM-19	TP	29,70-29,95
SM-20	TP	6,95-7,25
SM-20	TP	11,45-11,75
SM-20	TP	15,85-16,25
SM-20	TP	21,50-21,80
SM-20	TP	24,65-25,15
SM-20	TP	29,70-30,10
SM-20	TP	33,85-34,25
SM-20	TP	38,70-39,20
SM-21	MI	2,40-3,00
SM-21	TP	8,75-8,95

Memoria

Página 31

L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO



SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)
SM-21	TP	12,70-13,00
SM-21	TP	16,80-17,15
SM-21	TP	21,60-22,10
SM-21	TP	26,00-26,30
SM-21	TP	29,40-29,85
SM-21	TP	33,90-34,20
SM-21	TP	38,40-38,70
SM-22	MI	3,00-3,60
SM-22	TP	8,30-8,60
SM-22	TP	14,50-14,95
SM-23	MI	3,00-3,60
SM-23	MI	5,40-6,00
SM-23	TP	11,20-11,40
SM-23	TP	13,40-13,80
SM-24	TP	8,60-8,85
SM-24	TP	13,25-13,50
SM-24	TP	17,40-17,70
SM-24	TP	22,65-22,95
SM-24	TP	26,20-26,55
SM-24	TP	31,50-31,75
SM-25	MI	1,60-2,20
SM-25	TP	7,75-8,00
SM-25	TP	10,55-10,95
SM-25	TP	16,35-16,70
SM-25	TP	19,25-19,60
SM-25	TP	23,15-26,65
SM-25	TP	27,90-28,25
SM-25	TP	32,75-33,10
SM-25	TP	39,00-39,35
SM-25	TP	43,55-44,00
SM-25	TP	48,80-49,15
SM-26	MI	1,80 – 2,37
SM-26	MI	4,10 – 4,49
SM-26	TP	12,60 – 12,80
SM-26	TP	16,20 – 16,40
SM-26	TP	18,40 – 18,80
SM-26	TP	23,60 – 24,00
SM-26	TP	28,20 – 28,40
SM-26	TP	31,80 – 32,40
SM-26	TP	36,40 – 36,60

Memoria

Página 32

L5-AG-MN\_Memoria

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)
SM-26	TP	39,80 – 40,20
SM-26	TP	43,50 – 43,80
SM-26	TP	47,70 – 47,90
SM-26	TP	52,40 – 52,80
SM-26	TP	57,00 – 57,30
SM-26	TP	61,60 – 61,80
SM-26	TP	65,40 – 65,60
SM-26	TP	69,30 – 69,50
SM-28	TP	14,45 – 14,90
SM-28	TP	20,00 – 20,30

Toma de muestras del Estudio Informativo.

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)
S-5	MI	3,00-3,60
S-5	TP	11,70-12,00
S-5	TP	15,00-15,23
S-5	TP	15,80-16,20
S-5	TP	18,85-19,20
S-5	TP	22,50-22,80
S-11	MI	5,50-6,10
S-11	MI	8,50-9,10
S-11	TP	11,00-11,60 (suelo)
S-11	MI	12,00-12,60
S-11	TP	14,25-14,60
S-11	TP	17,75-18,25
S-11	TP	22,30-22,90
S-11	TP	25,90-26,30
S-11	TP	27,60-27,95
S-12	TP	9,40-9,70
S-12	TP	11,60-11,95
S-12	TP	15,75-16,15
S-12	TP	19,25-19,65
S-12	TP	21,55-22,05
S-12	TP	25,30-25,60
S-12	TP	25,14-28,60

Los ensayos de laboratorio programados sobre las muestras tomadas en los diferentes sondeos y los resultados obtenidos (partes y tablas resumen) se recogen en el Anejo 5.

Memoria

Página 33

L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO



## 7.2.2 ENSAYOS IN SITU

### 7.2.2.1 ENSAYOS PRESIO-DILATOMÉTRICOS

#### Ensayos presio-dilatométricos del Proyecto Constructivo

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGIA
SM-11	20,40-21,00	Margas G:II
SM-13	42,20-48,80	Lutitas G:II-I
SM-14	13,80-14,60	Lutitas con intercalaciones cm-mm de arenisca G:II-I
SM-14	20,50-21,40	Lutitas con intercalaciones cm-mm de arenisca G:II-I
SM-16	25,00-25,60	Limolitas G:I
SM-16	35,00-35,60	Limolitas G:I
SM-17	25,00-25,60	Lutitas con pasadas de areniscas G:I
SM-17	34,50-35,10	Lutitas con pasadas de areniscas G:I
SM-18	53,70-54,30	Lutitas con abundantes pasadas de areniscas G:I
SM-18	58,50-59,10	Lutitas con abundantes pasadas de areniscas G:I
SM-20	20,40-21,00	Lutitas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:II-I
SM-21	19,30-20,50	Lutitas con alguna intercalación mm-cm de arenisca G:II
SM-24	19,50-20,70	Lutitas y areniscas en alternancia cm-mm G:II
SM-26	45,10-45,90	Lutitas y areniscas G:II
SM-26	51,00-51,80	Lutitas y areniscas G:II

#### Ensayos presio-dilatométricos del Estudio Informativo

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGIA
S-5	17,70-18,30	Lutitas calcáreas con pasadas de areniscas G:II
S-12	25,60	Alternancia de areniscas y lutitas G:II

A continuación se adjuntan unas tablas que recogen los resultados obtenidos:

FORMACION	SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	G (MPa)	E <sub>carga</sub> (Gpa)
CU-1	SM-11	20,40-21,00	161,84	0,420784
CS-4	SM-13	42,20-48,80	149,67	0,3831552
CS-4	SM-14	13,80-14,60	623,71	1,5966976
CS-4	SM-14	20,50-21,40	875,38	2,2409728
CS-4	S-5 est inf	17,70-18,30	577,8	1,479168
CS-5	SM-16	25,00-25,60	744,21	1,86051

Memoria

Página 34

FORMACION	SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	G (MPa)	E <sub>carga</sub> (Gpa)
CS-5	SM-16	35,00-35,60	843,56	2,10891
CS-5	SM-17	25,00-25,60	215,59	0,53897
CS-5	SM-17	34,50-35,10	511,68	1,27920
CS-5	SM-18	53,70-54,30	721,97	1,80493
CS-5	SM-18	58,50-59,10	559,52	1,39879
CS-5	SM-20	20,40-21,00	380,21	0,912504
CS-5	SM-21	19,30-20,50	600,88	1,562288
CS-5	S-12	25,60	-	1,24651
CS-5	SM-24	19,50-20,70	2095,68	5,448768
CS-5	SM-26	45,10-45,90	517,07	1295,675
CS-5	SM-26	51,00-51,80	745,37	1863,425

Siendo:

G: Módulo de corte

E<sub>carga</sub>: Módulo de deformación (rama de carga)

#### 7.2.2.2 ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

#### Ensayos de permeabilidad del Proyecto Constructivo

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	ENSAYO LUGEON
SM-11	14,85-19,85	LUG
SM-12	21,50-26,50	LUG
SM-13	42,00-47,00	LUG
SM-13	52,00-57,00	LUG
SM-14	8,50-13,50	LUG
SM-14	15,50-20,50	LUG
SM-16	19,00-24,00	LUG
SM-16	40,00-45,00	LUG
SM-17	19,90-24,90	LUG
SM-17	39,75-44,75	LUG
SM-18	30,00-35,00	LUG
SM-18	46,50-51,50	LUG
SM-20	15,00-20,00	LUG
SM-21	14,00-19,00	LUG
SM-24	14,00-19,00	LUG

Memoria

Página 35

L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO

## Ensayos de permeabilidad del Estudio Informativo

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	ENSAYO LUGEON
S-5	15,85-18,90	LUG
S-12	28,45-33,70	LUG
S-14	24,25-29,25	LUG

A continuación se adjuntan unas tablas que recogen los resultados obtenidos:

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	FORMACIÓN	MATERIAL ENSAYADO	PERMEABILIDAD k (cm/sg)
SM-11	14,85-19,85	CU-1	Margas G:II	7,86 10 <sup>-05</sup>
SM-12	21,50-26,50	CU-2	Lutitas G:I	3,11 10 <sup>-05</sup>
SM-13	42,00-47,00	CS-4	Lutitas G:II-I	1,40 10 <sup>-04</sup>
SM-13	52,00-57,00	CS-4	Lutitas y areniscas G:II	2,06 10 <sup>-04</sup>
SM-14	8,50-13,50	CS-4	Lutitas con intercalaciones cm-mm de areniscas G:II-I	1,40 10 <sup>-04</sup>
SM-14	15,5-20,5	CS-4	Lutitas con intercalaciones cm-mm de areniscas G:II-I	1,14 10 <sup>-04</sup>
S-5 Est inf	15,85-18,90	CS-5	Limolita G:II	3,35 10 <sup>-04</sup>
SM-16	19,00-24,00	CS-5	Limolitas G:I	1,25 10 <sup>-04</sup>
SM-16	40,00-45,00	CS-5	Limolitas G:I	1,50 10 <sup>-04</sup>
SM-17	19,90-24,90	CS-5	Lutitas con pasadas de areniscas G:I	1,68 10 <sup>-04</sup>
SM-17	39,75-44,75	CS-5	Areniscas/Lutitas y areniscas G:I	1,14 10 <sup>-04</sup>
SM-18	30,00-35,00	CS-5	Lutitas con pasadas de areniscas G:I	2,63 10 <sup>-06</sup>
SM-18	46,50-51,50	CS-5	Lutitas con pasadas de areniscas G:I	2,14 10 <sup>-07</sup>
SM-20	15,00-20,00	CS-5	Lutitas y areniscas G:II	2,35 10 <sup>-05</sup>
SM-21	14,00-19,00	CS-5	Lutitas con alguna intercalación mm-cm de areniscas G:II	4,94 10 <sup>-05</sup>
S-12	28,45-33,70	CS-5	Areniscas silíceas y lutitas G:II	1,01 10 <sup>-04</sup>
SM-24	14,00-19,00	CS-5	Lutitas y areniscas en alternancia cm-mm G:II	3,73 10 <sup>-05</sup>

Observando los resultados de permeabilidad realizados en el macizo rocoso, podemos decir que para las formaciones CU-1, CU-2, CS-4 y CS-5, los valores de permeabilidad (k) se sitúan entre 10<sup>-4</sup> y 10<sup>-7</sup>, por lo que según Hoek y Bray (1977) pueden clasificarse como de permeabilidad baja.

Memoria

Página 36

No obstante, hay que tener en cuenta que en estas formaciones (sobre todo en CS-5) pueden aparecer niveles con un espesor importante de areniscas. Dependiendo de las características de dichas areniscas (tamaño de grano, grado de recristalización, porosidad, ...), la permeabilidad en estos niveles puede aumentar considerablemente.

### 7.2.2.3 NIVELES DE AGUA EN SONDEOS

#### Niveles de agua sondeos del Proyecto Constructivo:

SONDEO	Nivel al finalizar el sondeo	03/02/2012 (medidas después de varios días seguidos)	28/02/2012 (medidas después de más de una semana sin llover)	29/02/2012 (medidas después de más de una semana sin llover)	19/04/2012	Observaciones
SM-11		5,80	11,75		13,4	
SM-12		3,40	3,80		4,25	
SM-13		15,40	15,00		16,85	
SM-14			3,90	4,00	No se ha podido medir	Emplazamiento del sondeo cubierto con material de la obra existente
SM-15		1,40		2,30	1,30	
SM-16						5,10m (el 31/08/2012)
SM-17						6,0m (el 31/08/2012)
SM-18	6,80					
SM-19			4,90	5,00	5,20	
SM-20	8,20	4,70			Emplazamiento ocupado por un vehículo	
SM-21		7,50		7,65	8,40	
SM-22		5,50		5,65	6,50	
SM-23	6,50		6,88		7,80	
SM-24	6,60		6,17	6,20	6,90	
SM-25				8,70	Emplazamiento ocupado por un vehículo	
SM-26	10,00		7,02			5,24m el 23/05/2013
SM-28						8,15 el 23/05/2013

#### Niveles de agua sondeos del Estudio Informativo:

SONDEO	NIVEL FREÁTICO FINAL
S-5	3,00
S-11	10,40
S-12	6,65

Memoria

Página 37

La interpretación de estas medidas se recoge en el Anejo 5.

### 7.2.3 GEOFÍSICA: TOMOGRAFÍA SÍSMICA Y ELÉCTRICA

#### 7.2.3.1 PERFILES DE TOMOGRAFÍA SÍSMICA (TMS)

##### Geofísica del Proyecto Constructivo

PERFIL SÍSMICO	ORIENTACIÓN	LOCALIZACIÓN	LONGITUD (m)
TMS-3	O-E	Estación de Bengoetxe	182,50
TMS-4	O-E	Estación de Bengoetxe	182,50
TMS-5	O-E	Túnel (entre inicio del tramo y Bengoetxe)	205,50

##### Geofísica del Estudio informativo

ZONA	PERFIL SÍSMICO	ORIENTACIÓN	LOCALIZACIÓN	LONGITUD (m)
ZONA E	TMS-10	O-E	Barrio de Bengoetxe (pegado y paralelo a la A-8)	117,00
ZONA D	TMS-7	NO-SE	Inicio del tramo	122,5
	TMS-8	O-E		49,0
	TMS-9	N-S		50,0

#### 7.2.3.2 PERFILES REMI

Es un método sísmico, especialmente apto para ambientes urbanos, donde la presencia de vibraciones de origen antrópico (ruido) es elevada.

ZONA	PERFIL SÍSMICO	ORIENTACIÓN	LOCALIZACIÓN
ZONA E	REMI-1A/1B	N-S	Barrio de Troka

#### 7.2.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

De las muestras recogidas en los sondeos mecánicos se han seleccionado las más representativas para ensayarlas en el laboratorio y caracterizar lo mejor posible cada una de las diferentes formaciones. En el Anejo 5 se pueden consultar las actas de todos los ensayos del Proyecto Constructivo, mientras que las actas con los resultados de las muestras tomadas en el Informativo, se deberán consultar en dicho estudio.

Memoria

Página 38

### 7.3 GEOTECNIA

A continuación se resumen los parámetros geotécnicos estimados para los materiales afectados por las obras en las zonas con afección externa:

- Zona de Aperribai-Olabarrieta, taludes de la Galería de emergencia PK 2+000 que se ejecutará a cielo abierto.
- Zona de Bengoetxe, elementos de contención perimetrales del tramo que se ejecutará a cielo abierto, incluyendo la estación de Bengoetxe.
- Zona de Galdakao, elementos de contención en accesos e instalaciones de la estación.
- Zona de Abusu, elementos de contención Galería de emergencia de Abusu.

En el Anejo nº5 se justifican con detalle los parámetros propuestos.

#### 7.3.1 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS ZONA DE APERRIBAI-OLABARRIETA

Parámetros Rellenos Ra Rc Rv	
PARÁMETRO	VALOR
Humedad natural W ( %)	21,41
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	1,80
Resistencia a compresión simple (kPa)	50
Cohesión efectiva c' (kPa)	33,3
Ang Roz. Efectivo $\phi'$ (°)	25
$\delta$ (°) (suelo-hormigón)	17
Módulo de deformación Eo (MPa)	3,0

Parámetros suelos aluviales Av arcillas	
PARÁMETRO	VALOR
Humedad natural W ( %)	20
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,0
Resistencia a compresión simple (kPa)	100
Cohesión efectiva c' (kPa)	50
Ang Roz. Efectivo $\phi'$ (°)	25
$\delta$ (°) (suelo-hormigón)	15
Módulo de deformación Eo (MPa)	6,0

Parámetros suelos aluviales Av gravas	
PARÁMETRO	VALOR
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,0
Cohesión efectiva c' (kPa)	10
Ang Roz. Efectivo $\phi'$ (°)	35

Memoria

Página 39

L5-AG-MN\_Memoria

Parámetros suelos aluviales Av gravas	
PARÁMETRO	VALOR
$\delta$ (°) (suelo-hormigón)	23
Módulo de deformación Eo (MPa)	9,0

Parámetros suelos eluviales CU-1	
PARÁMETRO	VALOR
Humedad natural W (%)	23,8
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,00
Resistencia a compresión simple (kPa)	100
Cohesión efectiva c' (kPa)	25
Ang Roz. Efectivo $\phi'$ (°)	25
$\delta$ (°) (suelo-hormigón)	17
Módulo de deformación Eo (MPa)	50

Parámetros sustrato rocoso CU-1	
PARÁMETRO	VALOR
Humedad natural W (%)	1,80
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,70
Resistencia a compresión simple (MPa)	24
Módulo de deformación (MPa)	12638

Parámetros de roca mala calidad (RMR=5)	
PARÁMETROS MOHR COULOMB	VALOR
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,70
Cohesión efectiva c' (kPa)	29
Ang Roz. Efectivo $\phi'$ (°)	30
$\delta$ (°) (suelo-hormigón)	19
Módulo de deformación Eo (MPa)	15
PARÁMETROS HOEK Y BROWN	VALOR
mb	0,235
s	2,6 10 <sup>-5</sup>
a	0,619

Cimentación profunda con pilotes/micropilotes/ Guía de cimentaciones en obras de carretera.	
PARÁMETRO	VALOR
<b>qp</b> (resist. unitaria por punta para 1 diámetro de empotramiento) (MPa)	2,50
<b>tf</b> (resist. unitaria por fuste) (MPa)	0,25
Fs para la carga por punta y por fuste Qp y Qf	3

Memoria

Página 40

L5-AG-MN\_Memoria

<b>Cimentación superficial en roca /pozos, zapatas/ Guía de cimentaciones en obras de carretera</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Tensión admisible cimentaciones en roca $\sigma_{adm}$ . (MPa)	0,5

<b>Cimentación superficial muros en suelos arcillosos/ Guía de cimentaciones en obras de carretera</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Tensión admisible cimentaciones en suelos arcillo-arenosos. $\sigma_{adm}$ . (MPa)	0,01
Coficiente de balasto $K_{30}$ (kg/cm <sup>3</sup> )	0,67

<b>Anclajes/ Guía para el diseño y ejecución de anclajes al terreno de obras de carretera.</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
$a_{lim}$ (Adherencia limite) MPa	0,60
Fs (Coficiente de seguridad al arrancamiento del bulbo anclajes provisionales/permanentes)	1,45/ 1,65

<b>Parámetros para rellenos compactados con material rocoso de excavaciones y destroza túnel</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,00
Cohesión efectiva $c'$ (kPa)	0,45
Ang Roz. Efectivo $\phi'$ (°)	33
$\delta$ (°) (suelo-hormigón)	21
Módulo de deformación $E_o$ (MPa)	30

### 7.3.2 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS ZONA DE BENGOETXE

<b>Parámetros Rellenos <math>R_a</math> <math>R_c</math> <math>R_v</math></b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Humedad natural W ( %)	20
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	1,80
Resistencia a compresión simple (kPa)	50
Cohesión efectiva $c'$ (kPa)	30
Ang Roz. Efectivo $\phi'$ (°)	30
Módulo de deformación $E_o$ (MPa)	3,0

<b>Parámetros suelos aluviales <math>A_v</math> arcillas</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Humedad natural W ( %)	17

Memoria

Página 41

L5-AG-MN\_Memoria

<b>Parámetros suelos aluviales Av arcillas</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,13
Resistencia a compresión simple (kPa)	50
Cohesión efectiva c' (kPa)	30
Ang Roz. Efectivo $\phi'$ (°)	34
Módulo de deformación Eo (MPa)	6,0

<b>Parámetros suelos aluviales Av gravas</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,0
Cohesión efectiva c' (kPa)	10
Ang Roz. Efectivo $\phi'$ (°)	31
Módulo de deformación Eo (MPa)	9,0

<b>Parámetros suelos eluviales RG-IV</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Humedad natural W (%)	20
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,00
Resistencia a compresión simple (kPa)	200
Cohesión efectiva c' (kPa)	25
Ang Roz. Efectivo $\phi'$ (°)	25
Módulo de deformación Eo (MPa)	50

<b>Parámetros sustrato rocoso CS-5</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Humedad natural W (%)	1,60
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,60
Resistencia a compresión simple (MPa)	14,0
Módulo de deformación (MPa)	14000
Coficiente de Poisson	0,300
Adherencia admisible bulbo-terreno (kN/m <sup>2</sup> )	300

Memoria

Página 42

L5-AG-MN\_Memoria

### 7.3.3 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS ZONA DE LA ESTACIÓN DE GALDAKAO

<b>Parámetros Rellenos Ra Rc Rv</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Humedad natural W (%)	20
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	1,80
Resistencia a compresión simple (kPa)	50
Cohesión efectiva c' (kPa)	30
Ang Roz. Efectivo $\phi'$ (°)	30
Módulo de deformación Eo (MPa)	3,0

<b>Parámetros suelos aluviales Av arcillas</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Humedad natural W (%)	16,10
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,10
Resistencia a compresión simple (kPa)	100
Cohesión efectiva c' (kPa)	29
Ang Roz. Efectivo $\phi'$ (°)	29
Módulo de deformación Eo (MPa)	6,0

<b>Parámetros suelos aluviales Av gravas</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,0
Cohesión efectiva c' (kPa)	10
Ang Roz. Efectivo $\phi'$ (°)	35
Módulo de deformación Eo (MPa)	9,0

<b>Parámetros suelos eluviales RG-IV</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Humedad natural W (%)	20
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,00
Resistencia a compresión simple (kPa)	200
Cohesión efectiva c' (kPa)	25
Ang Roz. Efectivo $\phi'$ (°)	25
Módulo de deformación Eo (MPa)	50

<b>Parámetros sustrato rocoso CS-5</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Humedad natural W (%)	1,20
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,60
Resistencia a compresión simple (MPa)	14,00
Módulo de deformación (MPa)	14000

Memoria

Página 43

L5-AG-MN\_Memoria

Parámetros sustrato rocoso CS-5	
PARÁMETRO	VALOR
Coeficiente de Poisson	0,300
Adherencia admisible bulbo-terreno (kN/m <sup>2</sup> )	300

#### 7.3.4 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS BOQUILLA GALERÍA DE ABUSU

En esta zona se ha llevado a cabo el sondeo SM-28, que revela la existencia de un nivel de rellenos de entidad importante. Teniendo en cuenta los datos aportados por el sondeo, así como otros más generales, se han estimado los siguientes parámetros geotécnicos:

- Rellenos constituidos por arcillas principalmente (hasta 4,00 m):
  - Densidad aparente:  $\gamma = 1,9 \text{ t/m}^3$
  - Cohesión:  $c' = 2 \text{ t/m}^2$
  - Ángulo de rozamiento interno:  $\phi' = 29^\circ$
  - Módulo de deformación:  $E = 6 \text{ MPa}$
- Rellenos constituidos por bolos y gravas principalmente (entre 4,00 y 7,80 m):
  - Densidad aparente:  $\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$
  - Cohesión:  $c' = 0 \text{ t/m}^2$
  - Ángulo de rozamiento interno:  $\phi' = 33^\circ$
  - Módulo de deformación:  $E = 10 \text{ MPa}$
- Macizo rocoso constituido por areniscas ligeramente meteorizadas:
  - Densidad aparente:  $\gamma = 2,6 \text{ t/m}^3$
  - Parámetros modelo Mohr-Coulomb:
    - Cohesión:  $c' = 0,23 \text{ MPa}$
    - Ángulo de rozamiento interno:  $\phi' = 41^\circ$
  - Módulo de deformación:  $E = 1000 \text{ MPa}$
  - Coeficiente de Poisson:  $\nu = 0,25$
  - Adherencia admisible roca-lechada:  $a_{lim} = 3 \text{ kN/m}^2$

#### 7.3.5 ENSAYOS DE AGRESIVIDAD EN MUESTRAS DE AGUA

Se han tomado muestras de agua del interior de los sondeos, para poder estudiar la agresividad al hormigón del agua que puede circular en las diferentes formaciones. Los resultados muestran

Memoria

Página 44

L5-AG-MN\_Memoria

agresividad media (SM-12 y SM-15) y débil (SM-11 y S-12) al hormigón. En estos casos, la instrucción EHE recomienda la utilización de hormigón HA-30.

### 7.3.6 EXCAVACIONES

En la zona de Aperribai-Olabarrieta las excavaciones se reducen a los taludes de excavación de la Galería de emergencia de Olabarrieta.

En la zona de Bengoetxe las excavaciones se extienden en toda la longitud del tramo a cielo abierto y para evitar derrames excesivos, reducir la altura y entidad de las mismas y controlar los efectos de las inestabilidades, se ha optado por llevar a cabo pantallas perimetrales.

En la zona de la estación de Galdakao las excavaciones desde superficie previstas para cañones de acceso, ascensor y ventilaciones se realizan en medio urbano con edificaciones muy próximas, con lo cual son imprescindibles elementos de contención que minimicen las afecciones.

También es necesario excavar para ejecutar el emboquille de la galería de emergencia de Abusu.

#### 7.3.6.1 EXCAVACIÓN Y CONTENCIÓN EN SUELOS

Los suelos afectados serán, tanto en las zonas de Bengoetxe y Galdakao como en Aperribai-Olabarrieta y en Abusu, los que recubren al sustrato rocoso: constituidos por rellenos antrópicos y materiales de origen aluvial/eluvial.

La excavación de estos materiales podrá llevarse a cabo de forma sencilla con medios mecánicos y para el diseño de las contenciones pueden tenerse en cuenta los parámetros geotécnicos anteriores con objeto de obtener los empujes correspondientes a estos niveles.

Los rellenos existentes en la boquilla de Abusu se contendrán con pantalla de micropilotes para la ejecución de las excavaciones necesarias. También se ha previsto la ejecución de pantalla de micropilotes en el talud izquierdo de la boquilla de Olabarrieta.

#### 7.3.6.2 EXCAVACIÓN Y CONTENCIÓN EN ROCA

Se asume la hipótesis de que el macizo rocoso está constituido por roca fracturada y con resistencia tal que no sean posibles roturas a favor del propio material. Así, el aspecto que determina la estabilidad de bloques, cuñas o superficies planas, es la orientación de las fracturas o diaclasas respecto a la superficie del talud en cuestión.

En los cálculos de estabilidad se exigirá un factor de seguridad de  $FS = 1,5$ .

#### Parámetros geotécnicos considerados

- Continuidad

Memoria

Página 45

L5-AG-MN\_Memoria

Cuando las discontinuidades no muestran sus límites dentro del afloramiento observado o este es de pequeñas dimensiones frente a la excavación proyectada, la continuidad puede ser muy grande y difícil de estimar. En estos casos, de acuerdo a la ISRM (1981) es recomendable asumir una continuidad del 100 %, es decir la correspondiente a las dimensiones máximas del desmante. Donde se cuente con datos de continuidad para alguna familia de juntas, se ha considerado este valor en los cálculos para el diseño del sostenimiento, siempre teniendo en cuenta que durante la excavación deberá comprobarse este parámetro.

En excavaciones contenidas con pantalla, con la ejecución de la misma no permitirá observar la continuidad y contrastar las condiciones reales con las hipótesis consideradas. Es por ello que se recomienda llevar a cabo un seguimiento y control mediante los elementos de auscultación proyectados.

- Cohesión y fricción

Se consideran parámetros residuales, del lado de la seguridad:

- Cohesión residual  $c_r = 0$
- Fricción residual  $\phi_r = 20^\circ S_o - 25^\circ$  Juntas
- Condiciones hidráulicas

Se han dimensionado las contenciones con la carga de agua observada en las investigaciones de campo.

#### Análisis de estabilidad en roca de las excavaciones a cielo abierto

En el dominio-8, para la Galería de emergencia de Olabarrieta, en el lado izquierdo de la excavación se requieren 3,26 T/m<sup>2</sup> con bulones de 10m de longitud y 10° de inclinación; en el lado derecho de la excavación no se observan inestabilidades de interés y en el frontal de la boquilla se requieren 2,91 T/m<sup>2</sup> con bulones de 10m de longitud y 10° de inclinación. En el lado izquierdo, se propone un sostenimiento de 10cm de hormigón proyectado (gunita) con mallazo 15x15x6 y bulones Gewi Ø 25 cada 2m en vertical y 2m en horizontal de 10m de longitud e inclinados 10°. En el lado derecho, se propone un sostenimiento de 10cm de hormigón proyectado (gunita) con mallazo 15x15x6 y bulones Gewi Ø 25 cada 3m en vertical y 3m en horizontal de 8m de longitud e inclinados 10°. En el frontal, se propone un sostenimiento de 10cm de hormigón proyectado (gunita) con mallazo 15x15x6 y bulones Gewi Ø 25 cada 2m en vertical y 2,5m en horizontal de 10m de longitud e inclinados 10°. Izquierdo/derecho, mirando la boquilla de frente.

La zona superior de suelos para evitar ocupaciones importantes se ha diseñado con taludes 1H/1V, con lo cual debe ejecutarse con 10cm de hormigón proyectado (gunita) con mallazo 15x15x6 y bulones Gewi Ø 25 cada 3m en vertical y 3m en horizontal de 10m de longitud todos. Inclinados 15°.

Memoria

Página 46

L5-AG-MN\_Memoria

En el Dominio 11 definido en la zona de Bengoetxe, en función de los resultados obtenidos, observamos que, para el lado izquierdo de la excavación se requiere un sostenimiento de 4,54 T/m<sup>2</sup> con bulones de 18 m de longitud y 15° de inclinación, y en el lado derecho de la excavación se requieren 8,4 a 11,22 T/m<sup>2</sup> con bulones de 25 m de longitud y 15° de inclinación. En el desmonte frontal 1 (PK 2+573) es preciso un sostenimiento de 4,05 T/m<sup>2</sup> con bulones de 10 m y 10° de inclinación, mientras que en el desmonte frontal 2 (PK 2+753) se estabiliza con 1,86 T/m<sup>2</sup> con bulones de 12 m de longitud y 10° de inclinación.

### Ejecución de la excavación

Las excavaciones deberán realizarse de con la siguiente secuencia:

- Ejecución de elementos de contención previos, pantallas convencionales o de micropilotes.
- La zona de suelos y roca alterada más superficial se excavará mecánicamente, por bataches que permitan la instalación del sostenimiento progresivamente a la excavación. Factor de seguridad  $F_s=1,2$
- La zona de roca se excavará mediante martillo picador, que puede ser complementado con cementos expansivos. Dimensiones de bataches: máximo 3x3 m.
- Los elementos de refuerzo en las excavaciones, se colocarán siempre progresivamente, a medida que se desciende en la excavación.

### 7.3.7 AUSCULTACIÓN

En la Galería de emergencia de Olabarrieta, entre otros elementos, se propone la instalación de un inclinómetro en el trasdós de la pantalla de micropilotes. Se instalarán dianas e hitos de control topográfico en secciones sistemáticas a lo largo de las pantallas, acompañadas de células de carga para el control de los anclajes.

En la zona de Bengoetxe, donde las contenciones consistentes en pantallas adquieren gran relevancia, la auscultación propuesta consiste en la instalación de dianas e hitos de control topográfico en secciones sistemáticas a lo largo de las pantallas, acompañadas de células de carga para el control de los anclajes. Estas secciones se dispondrán cada 30 m. Además, en la boquilla de salida de Bengoetxe, localizada muy cerca de un vial y su acera, se ha previsto la instalación de un inclinómetro al igual que en el trasdós de la pantalla en su zona más cercana a la escuela de hostelería.

En la zona de la estación de Galdakao, las excavaciones desde superficie previstas (ventilación de la estación, cañones de acceso) se auscultarán dentro de la campaña de las obras subterráneas.

Memoria

Página 47

L5-AG-MN\_Memoria

También se plantea controlar la boquilla de Abusu y en concreto los movimientos profundos del terreno que contienen las pantallas previstas. Para ello se recurrirá a inclinómetros.

En el plano 23.2 del Documento nº2 Planos, se recoge la propuesta de auscultación y control de exterior realizada en el presente tramo.

Al comienzo de los trabajos se redactará un plan de auscultación concreto para las zonas externas, el cual deberá contemplar como mínimo los siguientes informes, elementos, aspectos y frecuencia de medidas.

### 7.3.8 ESTRUCTURAS

#### 7.3.8.1 CIMENTACIONES SUPERFICIALES

En los casos en los que el sustrato rocoso G-II aparezca a una profundidad inferior a los 4,00 - 5,00 m con respecto a la cota de base de la estructura, y siempre que las condiciones de contorno de cada punto no lo impidan, se ejecutarán cimentaciones superficiales directas o complementadas por medio de pozos de cimentación rellenos de hormigón ciclópeo o plinto de escollera. Para el correcto funcionamiento de estos pozos frente a las cargas transmitidas por las zapatas, debe asegurarse un sobrecancho respecto al contorno perimetral de las zapatas de al menos 1 m. Si existe cualquier tipo de afección que impida las excavaciones para el cajado de las cimentaciones, se realizarán contenciones por medio de micropilotes o tablestacas.

Se recomienda realizar un saneo de al menos 0,5 m en el sustrato rocoso ligeramente meteorizado.

Para el cálculo de la capacidad portante del sustrato rocoso, se ha utilizado el método para cimentaciones superficiales sobre roca recogido en la Guía de cimentaciones en obras en carretera del Ministerio de Fomento.

Siguiendo este criterio, en la estación de Bengoetxe se obtiene una carga admisible  $p_{vadm} = 0,81$  MPa para la cimentación directa sobre el sustrato rocoso ligeramente meteorizado – sano, mientras que en la zona de la estación de Galdakao se obtiene una tensión admisible de 0,86 MPa. No obstante, salvo que las sollicitaciones de alguno de los apoyos lo requieran, se adoptará una tensión admisible de diseño no superior a 0,5MPa en ambos casos, tal y como se justifica en el Anejo 5. En la boquilla de la galería de emergencia de Abusu se considerará una tensión admisible de 1,0 MPa.

#### 7.3.8.2 CIMENTACIONES PROFUNDAS

Para determinar la carga de hundimiento por punta de cimentaciones profundas se ha seguido también el criterio recogido en la Guía de Cimentaciones, habiéndose obtenido los siguientes resultados:

- Zona de obras a cielo abierto en Bengoetxe

Memoria

Página 48

L5-AG-MN\_Memoria

- Resistencia unitaria de hundimiento por punta:  $q_p = 1,63$  MPa
- Resistencia unitaria de hundimiento por fuste:  $\tau_f = 0,16$  MPa

Aplicando el factor de seguridad  $FS = 3$  se obtienen los valores admisibles:

- Resistencia admisible por punta:  $q_p = 0,54$  MPa
- Resistencia admisible por fuste:  $\tau_f = 0,05$  MPa
- Zona de la estación de Galdakao
  - Resistencia unitaria de hundimiento por punta:  $q_p = 1,72$  MPa
  - Resistencia unitaria de hundimiento por fuste:  $\tau_f = 0,17$  MPa

Aplicando el factor de seguridad  $FS = 3$  se obtienen los valores admisibles:

- Resistencia admisible por punta:  $q_p = 0,57$  MPa
- Resistencia admisible por fuste:  $\tau_f = 0,06$  MPa

## 7.4 OBRAS SUBTERRÁNEAS

En la tabla siguiente se resumen los tramos de túnel proyectados:

TRAMO	PK inicio	PK final	L túnel mina (m)	L falso túnel (m)
Túnel Aperribai - Bengoetxe	1+540	2+573	1.033,0	-
Falso túnel Bengoetxe	2+573	2+759	-	190
Túnel Bengoetxe – Estación Galdakao	2+759	3+684,3	925,3	-
Caverna estación Galdakao	3+684,3	3+793,7	109,4	-
Estación Galdakao – Fin trazado	3+793,7	4+340	546,3	-

A continuación se describe el trazado de los tramos en túnel:

- El túnel Aperribai – Bengoetxe comienza en el PK 1+540, dando continuidad al tramo Sarratu-Aperribai de la Línea 5. Transcurre en mina hasta el PK 2+573, en el barrio de Bengoetxe, por lo que la longitud de este túnel es de 1.033 m. En este tramo entronca con el túnel de línea la galería de emergencia de Olabarrieta (PKs 1+975 y 1+997). El trazado transcurre bajo una zona poco poblada con orografía de pendientes pronunciadas y pasa bajo la A-8 antes de llegar al barrio de Bengoetxe. La montera máxima es de 52 m.

Memoria

Página 49

L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO



- En el barrio de Bengoetxe el trazado pasa a falso túnel entre los PK 2+573 y 2+759 (190 m de longitud), excavándose en trinchera entre pantallas. En la parte final de este tramo se ha encajado la estación de Bengoetxe (PK 2+630 a PK 2+759).
- El túnel de Bengoetxe - Galdakao transcurre en mina entre los PK 2+759 y 3+684,3, con una longitud de 925,3 m. Discurre bajo el barrio de Bengoetxe en paralelo a la carretera N-634 y el río Ibaizábal, separándose posteriormente para adentrarse en el casco urbano de Galdakao hasta finalizar en la estación proyectada. La montera máxima en este tramo en mina es de 48 m. En este tramo entroncan con el túnel de línea tres obras subterráneas: ventilación de emergencia 2 de la estación de Bengoetxe (PK 2+795), ventilación de emergencia 1 de la estación de Galdakao en la calle Nafarroa (PK 3+633) y ventilación EBA de la estación de Galdakao (PK 3+668).
- La Estación de Galdakao se excavará en mina. La caverna tendrá una longitud de 109,4 m (entre los PK 3+684,3 y 3+793,7). Cuenta con dos accesos mediante cañones (uno en testero y otro en hastial) en sus extremos, así como con un pozo para ascensor. En este caso hay que tener en cuenta especialmente la montera mínima, sobre todo en la zona en la caverna se encuentra bajo un edificio con sótanos, donde se estima que la cobertera de roca sana es del orden de 10,50 m en ese tramo.
- El trazado finaliza continuando en túnel en mina bajo el casco urbano de Galdakao en dirección Bekea, hasta el PK 4+340. La longitud de este tramo final es por tanto de 546,3 m. En este tramo entroncan en perpendicular con el túnel la galería para ventilación de emergencia 2 de la estación de Galdakao (PK 3+865) y la galería de emergencia de Abusu (PKs 4+305 y 4+325). El tramo transcurre bajo el casco urbano de Galdakao y la montera máxima es de 32 m.

#### 7.4.1 GEOMETRÍA DE LAS SECCIONES

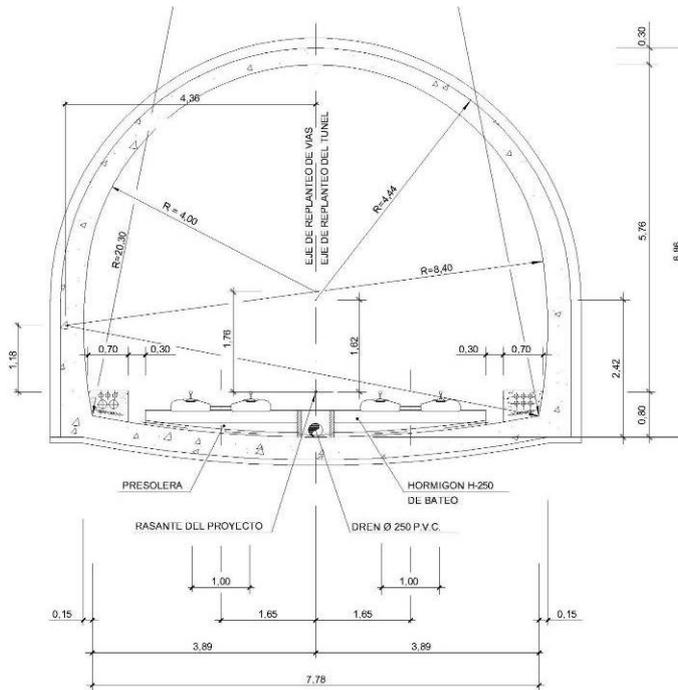
##### 7.4.1.1 GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN DEL TÚNEL DE LÍNEA (GRUPO 3)

En los siguientes esquemas se definen con detalle las geometrías de las secciones adoptadas para el túnel de línea, tanto en recta como en curva:

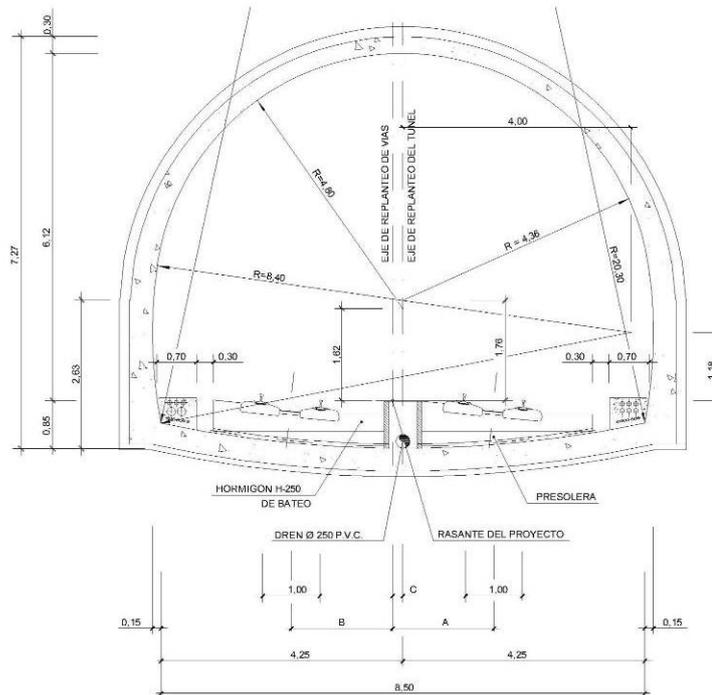
Memoria

Página 50

L5-AG-MN\_Memoria



SECCION TIPO EN TUNEL (EN RECTA)  
ESCALA 1/50



SECCION TIPO EN TUNEL (EN CURVA)  
ESCALA 1/50

Memoria

Página 51

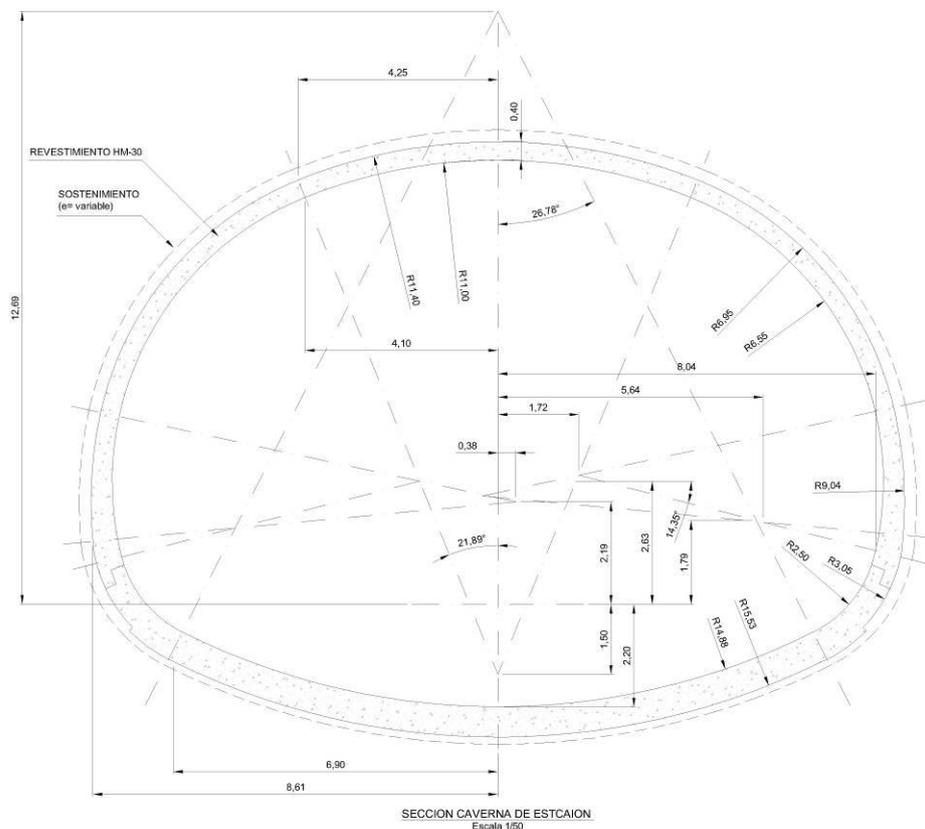
L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO



#### 7.4.1.2 GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN DE CAVERNA DE ESTACIÓN (GRUPO 4)

La sección adoptada en el tramo de túnel correspondiente a la caverna de la Estación de Galdakao es la que se muestra a continuación:



#### 7.4.1.3 GEOMETRÍA DE LAS SECCIONES DE LAS RESTANTES OBRAS SUBTERRÁNEAS

Las restantes obras subterráneas previstas en el presente Proyecto son:

- Pozos verticales, para ventilación de emergencia de estación, ventilación EBA y ascensor de la estación de Galdakao. Pertenecen al Grupo 1.
- Cañones de acceso a la estación de Galdakao, serán dos y pertenecen al Grupo 2.
- Ventilación de emergencia de estación, en concreto la parte final de los conductos horizontales de donde arrancan los pozos verticales. Pertenecen al Grupo 2.
- Acceso de usuarios al ascensor de la estación de Galdakao, obra que arranca en horizontal a cota de mezzanina. Pertenece al Grupo 2.
- Acceso de mantenimiento desde la caverna (bajo andén) al foso del ascensor, obra horizontal. Pertenece al Grupo 2.

Memoria

Página 52

- Túnel de línea + ventilación EBA, sección de túnel de línea ampliada en su parte inferior para dar salida a la extracción de aire de la ventilación EBA en el tramo comprendido entre la estación y la salida prevista para este sistema. Pertenece al Grupo 3.
- Ventilación EBA, en concreto el conducto horizontal que entronca con el túnel de línea. Pertenece al Grupo 3.
- Ventilación de emergencia de estación, en concreto los conductos horizontales que entroncan con el túnel de línea. Pertenece al Grupo 3.
- Ventilación de emergencia del túnel de línea, que en el presente Proyecto se compartimenta a partir de un punto determinado para compartir sección con la salida de emergencia peatonal de túnel. Pertenece al Grupo 3.
- Salida de emergencia peatonal en túnel de línea, que comunicará este último con la galería de ventilación de emergencia en túnel. Pertenece al Grupo 3.

#### 7.4.2 CAMPAÑA GEOTÉCNICA DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

Los sondeos mecánicos realizados en los tramos de túnel en mina del trazado son:

SONDEO	Longitud (m)	Localización
SM-11	36,40	Boquilla Aperribai-pantalla
SM-12	42,50	Túnel en mina Aperribai-fin tramo
SM-13	60,20	Túnel en mina Inicio del tramo - Bengoetxe
SM-14	34,40	Túnel en mina Inicio del tramo - Bengoetxe
SM-15	21,05	Boquilla 1 Bengoetxe-pantalla
SM-17	51,20	Boquilla 2 Bengoetxe-pantalla
SM-18	65,70	Túnel en mina Bengoetxe-Galdakao Centro
SM-19	35,00	Túnel en mina Bengoetxe-Galdakao Centro
SM-20	39,20	Túnel en mina Bengoetxe-Galdakao Centro
SM-21	42,00	Pozo de ascensor estación Galdakao Centro
SM-22	15,00	Cañón de acceso a la estación Galdakao Centro
SM-23	15,20	Cañón de acceso a la estación Galdakao Centro
SM-24	39,00	Pozo para el EBA estación Galdakao Centro
SM-25	49,35	Túnel en mina de Galdakao Centro – final del tramo
SM-26	70,20	Túnel de línea PK 4+310
SM-28	22,05	Galería de emergencia de Abusu (boquilla)

Además se han llevado a cabo prospecciones geofísicas consistentes en dos perfiles de tomografía sísmica:

Memoria

Página 53

L5-AG-MN\_Memoria

PERFIL SÍSMICO	Orientación	Localización	Longitud (m)
TMS-5	O-E	Túnel en mina Aperribai-Bengoetxe	205,50
TMS-3	O-E	Estación de Bengoetxe (falso túnel)	182,50
TMS-4	O-E	Estación de Bengoetxe (falso túnel)	182,50

También se ha llevado a cabo una cartografía geológico-geotécnica, en la que se recogen los datos observados en campo y se realiza la interpretación correspondiente teniendo en cuenta también los datos que proporcionan todas las prospecciones.

Por último, se han llevado a cabo ensayos de laboratorio sobre las muestras y testigos tomados en los sondeos que permitirán la caracterización de los diferentes materiales que constituyen el terreno.

#### 7.4.3 BREVE DESCRIPCIÓN DEL TERRENO ATRAVESADO

##### COMPLEJO URGONIANO (APTIENSE-ALBIENSE)

- Margas, Margocalizas y Calcarenitas de grano fino (CU-1). Este tramo se compone fundamentalmente de margas y margocalizas gris azuladas estratificadas en bancos decimétricos. Las calizas nodulosas o parabrechas calcáreas en matriz margosa (lutítica/limolítica) presentan espesores de cadencia métrica. Por otro lado, en la base de esta formación aparecen margas de color más oscuro (limolitas/lutitas calcáreas) con areniscas calcáreas con secuencias turbidíticas.
- Limolitas, Margas y Areniscas (CU-2). Representa el tránsito entre los sistemas carbonatado y terrígeno en el sector occidental del Anticlinorio de Bilbao. Por tanto es un término mixto de tránsito entre las margas urgonianas (formación anterior CU-1) y la base de la formación siguiente formación Durango, Argilitas y/o limolitas con pasadas de arenisca CS-4. La litología es variada, ya que consta de una alternancia irregular de margas, limolitas (lutitas) oscuras muy laminadas y areniscas masivas, calcáreas o silíceas, conformando un tránsito gradual de los términos margosos a lutíticos.

##### COMPLEJO SUPRAURGONIANO (ALBIENSE SUPERIOR) FLYSCH NEGRO, FORMACIÓN DURANGO:

- Lutitas calcáreas negras (argilitas y/o limolitas), pasadas de Areniscas (CS-4). Con este término se representan aquellos tramos en los que existe un claro predominio de los materiales lutíticos (argilitas y/o limolitas) sobre los arenosos, areniscas. Las lutitas, que aparecen en niveles centi-decimétricos, alternan o incluyen estratos generalmente poco potentes (centimétricos) de arenisca en una proporción menor o igual al 20%.

Memoria

Página 54

L5-AG-MN\_Memoria

- Alternancia de Areniscas silíceas y Lutitas (CS-5). Se trata de los materiales observados desde la estación de Bengoetxe hasta el final del trazado. Es un término que muestra un porcentaje similar de lutitas y areniscas, siendo la combinación litológica más frecuente del complejo Supraurgoniano.

#### FILONES DE CUARZO Y ZONAS SILICIFICADAS:

Puntualmente se ha observado en el extremo oeste de la zona de Aperribai un afloramiento de filón de cuarzo con abundantes mineralizaciones de hierro (D-7). Los filones de cuarzo pueden llegar a tener potencias de varios metros y normalmente están acompañados por una fuerte tectonización y silicificación de la roca encajante, en forma de abundantes venillas de cuarzo de potencia milimétrica o decimétrica, siendo su origen de tipo hidrotermal. No se tiene certeza exacta sobre la edad de estos filones y en consecuencia no puede descartarse una intrusión muy temprana para ellos, en estrecha relación genética con las mineralizaciones de hierro observadas en sus proximidades.

#### 7.4.4 CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA

Las formaciones rocosas afectadas por el trazado son las siguientes:

TRAMO DE TÚNEL EN MINA	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)
Túnel Aperribai – Bengoetxe	CU-1, Margas, margocalizas y calcarenitas de grano fino.	1+540	1+783	243
	CU-2, Limolitas, margas y areniscas	1+783	2+004	221
	CS-4, Lutitas calcáreas negras con pasadas de areniscas	2+004	2+550	546
	CS-5, Alternancia de areniscas silíceas y lutitas	2+550	2+573	19
Túnel Bengoetxe – Galdakao (fin de tramo)	CS-5, Alternancia de areniscas silíceas y lutitas	2+759	4+340	1341

Para realizar la caracterización de la matriz rocosa de cada formación se cuenta con los resultados de ensayos de laboratorio que se han llevado a cabo, tanto los correspondientes al presente Proyecto como los recogidos en el Estudio Informativo y en los Estudios Geotécnicos cercanos a la traza.

Los resultados de todos ellos y la justificación de los parámetros representativos en cada caso se recogen en el Anejo 7.

<b>PARÁMETROS ROCA MATRIZ FORMACIÓN CU-1, Margas, margocalizas y calcarenitas</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,700
Resistencia a compresión simple (MPa)	25,00
Resistencia a tracción (MPa)	3,00
Módulo de deformación (MPa)	16000
Coefficiente de Poisson	0,300
mi (criterio de rotura de Hoek-Brown)	7,0
Índice Schimazek (kN/m)	0,050
Abrasividad Cerchar	1,50

<b>PARÁMETROS ROCA MATRIZ FORMACIÓN CU-2, Limolitas, margas y areniscas</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,700
Resistencia a compresión simple (MPa)	27,00
Resistencia a tracción (MPa)	3,20
Módulo de deformación (MPa)	18000
Coefficiente de Poisson	0,300
mi (criterio de rotura de Hoek-Brown)	5,0
Índice Schimazek (kN/m)	0,066
Abrasividad Cerchar	0,3

<b>PARÁMETROS ROCA MATRIZ FORMACIÓN CS-4, Lutitas calcáreas negras con pasadas de areniscas</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,680
Resistencia a compresión simple (MPa)	19,00
Resistencia a tracción (MPa)	2,50
Módulo de deformación (MPa)	15000
Coefficiente de Poisson	0,280
mi (criterio de rotura de Hoek-Brown)	7,0

Memoria

Página 56

L5-AG-MN\_Memoria

Índice Schimazek (kN/m)	0,098
Abrasividad Cerchar	0,9
<b>PARÁMETROS ROCA MATRIZ FORMACIÓN CS-5, zonas de predominancia de lutitas y de alternancia de areniscas y lutitas</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,650
Resistencia a compresión simple (MPa)	17,00
Resistencia a tracción (MPa)	2,20
Módulo de deformación (MPa)	14000
Coefficiente de Poisson	0,300
mi (criterio de rotura de Hoek-Brown)	7
Índice Schimazek (kN/m)	0,375
Abrasividad Cerchar	1,1

<b>PARÁMETROS ROCA MATRIZ FORMACIÓN CS-5, zonas de areniscas</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,600
Resistencia a compresión simple (MPa)	70,00
Resistencia a tracción (MPa)	6,00
Módulo de deformación (MPa)	25000
Coefficiente de Poisson	0,200
mi (criterio de rotura de Hoek-Brown)	10,000
Índice Schimazek (kN/m)	2,489
Abrasividad Cerchar	2,3

#### 7.4.5 AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN

Los resultados obtenidos en las formaciones CU-1, CU-2, CS-4 y CS-5 muestran que se trata de materiales no agresivos al hormigón según lo recogido en la EHE.

Sin embargo no ocurre lo mismo con las muestras de agua, en las que se ha obtenido agresividad media en los sondeos SM-12 y SM-15 y débil en los sondeos SM-11 y S-12.

A la vista de estos resultados, y teniendo en cuenta las especificaciones y recomendaciones de la EHE, se considera recomendable emplear hormigón de resistencia característica 30 MPa en el sostenimiento y revestimiento de las obras subterráneas.

Memoria

Página 57

#### 7.4.6 CARACTERIZACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO

- Continuidad o persistencia. En este caso se considera una persistencia máxima de 20 metros para la estratificación y de 8 metros para el resto de juntas.
- Fricción. Solamente se tienen en cuenta los parámetros residuales, para estar del lado de la seguridad.
  - Fricción  $\phi_r = 25^\circ$  So
  - Fricción  $\phi_r = 28^\circ$  Juntas
- Cohesión. El valor de la cohesión se desprecia en los cálculos, hipótesis conservadora y habitual.

#### 7.4.7 CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

El sistema matriz rocosa más discontinuidades es lo que se denomina macizo rocoso, y su conocimiento y caracterización es fundamental para estimar el comportamiento del terreno frente a la excavación y sostenimiento de un túnel.

El estudio de las características del macizo tiene como puntos de partida fundamentales las características de la propia roca matriz y la calidad del macizo (que en este caso se cuantifica mediante el índice RMR)

##### 7.4.7.1 TRAMIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL MACIZO A LO LARGO DEL TÚNEL

A partir de los datos estimados en los sondeos, se ha realizado la tramificación de calidad del macizo a lo largo de los tramos de túnel en mina. Hay que señalar que se trata de una mera estimación con objeto de conseguir una idea global de la calidad del macizo a lo largo del trazado, que permita también realizar unas mediciones más o menos realistas y poder obtener el presupuesto de las unidades correspondientes. La calidad real del macizo sólo podrá conocerse a medida que se excave el túnel, y los sostenimientos a aplicar se confirmarán o modificarán en cada pase en función de lo realmente observado. El criterio seguido para estimar una tramificación de calidades se recoge con detalle en el Anejo 7, y el resultado obtenido se refleja también en el perfil geológico-geotécnico longitudinal.

En la tabla siguiente se recogen los % de calidad estimados para cada dominio.

Memoria

Página 58

L5-AG-MN\_Memoria

DOMINIO	% 10<RMR<20	% 20<RMR<45	% 45<RMR<55	% 55<RMR<70	% 70<RMR	COMENTARIOS
Dominio 7	0,0	0,0	0,0	37,0	63,0	Sólo hay un sondeo en todo el dominio. Se aplican los % de calidad de dicho sondeo a todo el dominio porque se trata de materiales bastante homogéneos
Dominio 8	0,0	1,9	15,3	28,7	54,1	Sólo hay un sondeo en todo el dominio. Se aplican los % de calidad de dicho sondeo a todo el dominio porque se trata de materiales bastante homogéneos
Dominio 9	10,9	21,6	0,0	49,8	17,7	Se aplican los % de cada sondeo en su tramo de proyección y en el resto del dominio la media obtenida a partir de los dos sondeos realizados en el mismo
Dominio 10	10,9	21,6	0,0	49,8	17,7	No hay sondeos en este Dominio. Se aplican los % de calidad del Dominio 9, ya que están en la misma formación y son similares (incluso el buzamiento)
Dominio 11	0,0	25,5	8,9	65,6	0,0	Dentro de este dominio se encuentran los últimos metros del túnel Aperribai – Bengoetxe, en los que se ha realizado el sondeo SM-15 (no se consideran los % de RMR de este al haberse estimado la existencia de una falla) y el tramo inicial del túnel Bengoetxe – Galdakao, en los que se aplican los % del sondeo SM-17 al encontrarse en su zona de proyección
Dominio 11	0,0	10,2	36,5	53,3	0,0	
Dominio 12	3,4	2,8	32,1	59,4	2,3	No hay sondeos en este dominio. Por similitud de los materiales, se aplica la media de los % de calidad de los Dominios 14 y 17

Memoria

Página 59

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO

L5-AG-MN\_Memoria



DOMINIO	% 10<RMR<20	% 20<RMR<45	% 45<RMR<55	% 55<RMR<70	% 70<RMR	COMENTARIOS
Dominio 13	0,9	10,9	21,7	46,8	19,7	Sólo hay un sondeo en todo el dominio. Se aplican los % de calidad de dicho sondeo a todo el dominio porque se trata de materiales bastante homogéneos
Dominio 14	5,9	0,0	50,5	43,6	0,0	Sólo hay un sondeo en todo el dominio. Se aplican los % de calidad de dicho sondeo a todo el dominio porque se trata de materiales bastante homogéneos
Dominio 15	3,4	2,8	32,1	59,4	2,3	No hay sondeos en este dominio. Por similitud de los materiales, se aplica la media de los % de calidad de los Dominios 14 y 17
Dominio 16	3,4	2,8	32,1	59,4	2,3	No hay sondeos en este dominio. Por similitud de los materiales, se aplica la media de los % de calidad de los Dominios 14 y 17
Dominio 17	2,9	3,4	28,4	62,6	2,7	Se aplican los % de cada sondeo en su tramo de proyección y en el resto del dominio la media obtenida a partir de los sondeos realizados en el mismo
Dominio 18	0,0	34,0	22,0	30,9	13,1	Se aplican los % de cada sondeo en su tramo de proyección y en el resto del dominio la media obtenida a partir de los sondeos realizados en el mismo (teniendo en cuenta el Tramo 3 contiguo)

#### 7.4.7.2 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL MACIZO ROCOSO

A continuación se recogen los parámetros geotécnicos del macizo rocoso que se han estimado para su empleo en el análisis tensodeformacional de comprobación de los sostenimientos. En el Anejo 7 se recoge con detalle el proceso seguido para establecer dichos valores.

Memoria

Página 60

FORMACIÓN	CALIDAD, RMR	Em (MPa)	C. ROTURA HOEK-BROWN			MOHR-COULOMB	
			mb	s	a	c' (MPa)	φ' (°)
CU-1	55 – 70	6500	1,403	0,0067	0,504	0,360	49,00
	45 – 55	3500	0,982	0,0022	0,508	0,240	46,50
	20 - 45	730	0,402	0,0001	0,544	0,100	38,00
	10 - 20	490	0,201	0,00005	0,585	0,650	31,50
CU-2	55 – 70	7350	1,002	0,0067	0,504	0,440	43,50
	45 – 55	4000	0,701	0,0022	0,508	0,290	41,50
	20 - 45	820	0,287	0,0001	0,544	0,125	32,50
	10 - 20	550	0,201	0,00005	0,585	0,080	26,50
CS-4	55 – 70	6125	1,403	0,0067	0,504	0,335	44,50
	45 – 55	3350	0,982	0,0022	0,508	0,245	42,00
CS-4	20 - 45	385	0,402	0,0001	0,544	0,120	32,75
	10 - 20	460	0,281	0,00005	0,585	0,077	27,00
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas	55 – 70	5700	1,403	0,0067	0,504	0,270	46,50
	45 – 55	3100	0,982	0,0022	0,508	0,190	44,00
	20 - 45	640	0,402	0,0001	0,544	0,090	35,00
	10 - 20	430	0,281	0,00005	0,585	0,055	29,00
CS-5 Areniscas	55 – 70	10200	2,005	0,0067	0,504	0,800	56,00
	45 – 55	5600	1,403	0,0022	0,508	0,510	54,50
	20 - 45	1140	0,574	0,0001	0,544	0,545	46,00
	10 - 20	760	0,402	0,00005	0,585	0,130	39,70

No se recogen los parámetros correspondientes a RMR>70 (ST-I) ya que este caso no se comprobará mediante este método sino mediante cálculos estabilidad de bloques.

Memoria

Página 61

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO

L5-AG-MN\_Memoria



## 7.4.8 DEFINICIÓN DEL SOSTENIMIENTO Y REVESTIMIENTO

### 7.4.8.1 SOSTENIMIENTOS TIPO

	Terreno Tipo I RMR > 70	Terreno Tipo II 70 < RMR < 55	Terreno Tipo III 55 < RMR < 45	Terreno Tipo IV 45 < RMR < 20	Terreno Tipo V 20 < RMR < 10
Grupo 1	Obras subterráneas del Grupo 1 ejecutadas mediante la técnica de Raise Boring: Hormigón proyectado e=3 cm HP-30				
		Hormigón proyectado e=6 cm, armado con fibra, HPF-30. Bulones swellex Mn16 L = 3,0 m, SxD = 2x2 m Pase en avance: 2,5 – 3,0 m Excavación a sección completa	Hormigón proyectado e=8 cm HP-30, armado con mallazo#4x150x150. Bulones anclados con resina $\phi$ 25 B-500S, L = 3,0 m, SxD = 1,5x1,5 m Pase en avance: 2,0 – 2,5 m Excavación a sección completa	Hormigón proyectado e=11 cm HP-30 armado con mallazo 2#4x150x150. Cerchas TH-21 c/1,0 m. Bulones anclados con resina $\phi$ 25 B-500S, L = 3,0 m, SxD = 1,0x1,0 m Pase en avance: 1,5 m Excavación por fases: avance + destroza	Hormigón proyectado e=15 cm HP-30, armado con mallazo 2#4x150x150. Cercha HEB-140 c/1,0 m o chapa Bernold. Bulones anclados con resina $\phi$ 25 B-500S, L = 3,0 m, SxD = 1,0x1,0 m Pase en avance: 1,0 m Excavación por fases: avance + destroza
		Hormigón proyectado e=8 cm, armado con fibra, HPF-30. Bulones swellex Mn16 L = 3,0 m, SxD = 2x2 m Pase en avance: 2,5 – 3,0 m Excavación a sección completa	Hormigón proyectado e=10 cm HP-30, armado con mallazo#6x150x150. Bulones anclados con resina $\phi$ 25 B-500S, L = 3,0 m, SxD = 1,5x1,5 m Pase en avance: 2,0 – 2,5 m Excavación a sección completa	Hormigón proyectado e=13 cm HP-30 armado con mallazo 2#6x150x150. Cerchas TH-21 c/1,0 m. Bulones anclados con resina $\phi$ 25 B-500S, L = 3,0 m, SxD = 1,0x1,0 m Pase en avance: 1,5 m Excavación por fases: avance + destroza	Hormigón proyectado e=20 cm HP-30, armado con mallazo 2#6x150x150. Cercha HEB-140 c/1,0 m o chapa Bernold. Bulones anclados con resina $\phi$ 25 B-500S, L = 3,0 m, SxD = 1,0x1,0 m Pase en avance: 1,0 m Excavación por fases: avance + destroza
Grupo 2	Hormigón proyectado e= 5 cm HP-30. Bulones swellex Mn16 L = 3,0 m, SxD = 2x2 m Pase en avance: 4,0 m Excavación a sección completa	Hormigón proyectado e=10 cm, armado con fibra, HPF-30. Bulones swellex Mn24 L = 4,0 m, SxD = 2x2 m Pase en avance: 2,5 m Excavación por fases: avance + destroza	Hormigón proyectado e=12 cm HP-30, armado con mallazo#6x150x150. Bulones anclados con resina $\phi$ 25 B-500S, L = 4,0 m, SxD = 1,5x1,5 m Pase en avance: 2,0 m Excavación por fases: avance + destroza	Hormigón proyectado e=18 cm HP-30 armado con mallazo 2#6x150x150. Cerchas TH-21 c/1,0 m. Bulones anclados con resina $\phi$ 25 B-500S, L = 4,0 m, SxD = 1,0x1,0 m Pase en avance: 1,5 m Excavación por fases: avance + destroza	Hormigón proyectado e=30 cm HP-30, armado con mallazo 2#6x150x150. Cerchas HEB-180 c/1,0 m Bulones anclados con resina $\phi$ 25 B-500S, L = 4,0 m, SxD = 1,0x1,0 m Pase en avance: 1,0 m Excavación por fases: avance + destroza
Grupo 3	Hormigón proyectado e=5 cm armado con fibra, HPF-30. Bulones swellex Mn16 L = 3,0 m, SxD = 2x2 m Pase en avance: 4,0 m Excavación por fases: avance + destroza	Hormigón proyectado e=10 cm, armado con fibra, HPF-30. Bulones swellex Mn24 L = 4,0 m, SxD = 2x2 m Pase en avance: 2,5 m Excavación por fases: avance + destroza	Hormigón proyectado e=12 cm HP-30, armado con mallazo#6x150x150. Bulones anclados con resina $\phi$ 25 B-500S, L = 4,0 m, SxD = 1,5x1,5 m Pase en avance: 2,0 m Excavación por fases: avance + destroza	Hormigón proyectado e=18 cm HP-30 armado con mallazo 2#6x150x150. Cerchas TH-21 c/1,0 m. Bulones anclados con resina $\phi$ 25 B-500S, L = 4,0 m, SxD = 1,0x1,0 m Pase en avance: 1,5 m Excavación por fases: avance + destroza	Hormigón proyectado e=30 cm HP-30, armado con mallazo 2#6x150x150. Cerchas HEB-180 c/1,0 m Bulones anclados con resina $\phi$ 25 B-500S, L = 4,0 m, SxD = 1,0x1,0 m Pase en avance: 1,0 m Excavación por fases: avance + destroza

Memoria

Página 62

L5-AG-MN\_Memoria

	Terreno Tipo I RMR > 70	Terreno Tipo II 70 < RMR < 55	Terreno Tipo III 55 < RMR < 45	Terreno Tipo IV 45 < RMR < 20	Terreno Tipo V 20 < RMR < 10
Grupo 4		Hormigón proyectado e=17 cm HP-30 armado con mallazo 2#6x150x150. Cerchas TH-29 c/2,0 m. Bulones anclados con resina $\phi$ 25 B-500S, L = 6,0 m, SxD = 2x2 m Pase en avance: 2,5 m Excavación por fases: Galería de avance+laterales+dest roza por fases	Hormigón proyectado e=20 cm HP-30, armado con mallazo2#6x150x150. Cerchas TH-29 c/1,5 m. Bulones anclados con resina $\phi$ 25 B-500S, L = 6,0 m SxD = 1,5x1,5 m Pase en avance: 2,0 m Excavación por fases: Galería de avance+laterales+dest roza por fases	Hormigón proyectado e=25 cm HP-30 armado con mallazo 2#6x150x150. Cerchas TH-29 c/1,0 m. Bulones anclados con resina $\phi$ 25 B-500S, L = 6,0 m SxD = 1,0x1,0 m Pase en avance: 1,5 m Excavación por fases: Galería de avance+laterales+dest roza por fases	

#### 7.4.8.2 TRATAMIENTO EN BOQUILLAS

SOSTENIMIENTO EN BOQUILLAS	REFUERZO EN BOQUILLAS
Hormigón proyectado e=25 cm HP-30 armado con mallazo 2#6x150x150. Cerchas HEB-160 c/1,0 m. Avance: 1,0 m En avance+destroza	BOQUILLA GALERÍA DE OLABARRIETA Enfilaje de bulones de barra $\phi$ 32 cada 0,50 m en clave, L = 12 m BOQUILLA BENGOTXE 1 Paraguas de micropilotes perforación $\phi$ 150 mm, camisa de acero $\phi$ 114 y e=10 mm, L = 12 m inyectados con lechada, cada 0,50 BOQUILLA BENGOTXE 2 Enfilaje de bulones de barra $\phi$ 32 cada 0,50 m en clave, L = 12 m (boquilla Bengoetxe 2) BOQUILLA GALERÍA DE ABUSU Paraguas de micropilotes perforación $\phi$ 150 mm, camisa de acero $\phi$ 114 y e=10 mm, L = 12 m inyectados con lechada, cada 0,25 m

#### 7.4.8.3 TRATAMIENTO EN ENTRONQUES

Es necesario reforzar especialmente los tramos de túnel afectados por los entronques, ya que se trata de zonas en las que se produce una gran concentración de tensiones en hastiales como consecuencia de la confluencia de dos túneles o excavaciones subterráneas. En el tramo Apeirribai - Galdakao están previstos los siguientes puntos de entronque:

- Galería de emergencia de Olabarrieta (PK 1+975 y 1+997)
- Ventilación EBA con túnel de línea (PK 3+668)
- Ventilación de emergencia de estación con túnel de línea (PK 2+795, PK 3+633 y 3+865)
- Cañones de acceso a estación con caverna (uno en hastial y otro en testero)

Memoria

Página 63

- Acceso a estación desde el ascensor con caverna
- Galería de emergencia de Abusu (PK 4+305 y 4+325)

Se aplicará el sostenimiento tipo ST-IV en un tramo de 1 ancho de túnel (9,6 m de longitud) a cada lado entronque en el túnel de línea y en las obras singulares, independientemente de la calidad del macizo. En la caverna de la estación de Galdakao, debido a la limitada cobertera y la existencia de un edificio residencial sobre gran parte de la planta, se aplicará en toda su longitud el sostenimiento más pesado E-3, independientemente de su calidad, por lo que ya se cumpliría la condición anterior. Otra medida importante a tomar es evitar ejecutar el entronque en zonas en las que el macizo rocoso presente una calidad mala o muy mala ( $RMR < 45$ ), recomendándose desplazar si es posible este punto a otra zona de mejor calidad. En caso de que no fuera posible, se deberá realizar un estudio especial que no se prevé en Proyecto puesto que se cuenta con que ninguno de los entronques se localice en un tramo muy malo.

#### 7.4.8.4 REVESTIMIENTO

En todas las obras subterráneas proyectadas se llevará a cabo por delante del sostenimiento un revestimiento o anillo continuo de hormigón en masa o armado, encofrado y puesto en obra mediante bombeo. Por lo general, el revestimiento será de hormigón en masa HM-30, empleándose hormigón armado HA-30 en tramos singulares de entronque entre obras subterráneas, tal y como se recoge en la tabla siguiente:

REVESTIMIENTO	OBRA SUBTERRÁNEA	TRAMO (PK a PK)
Hormigón en masa HM-30	Túnel de línea	1+540 a 1+960,6 2+011,4 a 2+573 2+759 a 2+779 2+809,6 a 3+618,7 3+814 a 3+850,1 3+878,9 a 4+290,6
	Galería de emergencia Olabarrieta	0+068,2 a 0+136,2
	Galería de emergencia Abusu	0+041,80 a 0+360,57
Hormigón armado HA-30	Túnel de línea	1+960,6 a 2+011,4 2+779 a 2+809,6 3+618,7 a 3+684,3 3+793,7 a 3+814 3+850,1 a 3+878,9 4+290,6 a 4+340
	Caverna estación de Galdakao	Toda su longitud

Memoria

Página 64

L5-AG-MN\_Memoria

REVESTIMIENTO	OBRA SUBTERRÁNEA	TRAMO (PK a PK)
	Galería de emergencia Olabarrieta	0+004,6 a 0+068,2 Tramo solo peatonal: toda su longitud
	Galería de emergencia Abusu	0+000 a 0+041,80 Tramo solo peatonal: toda su longitud
	Ventilación de emergencia 2 de Bengoetxe	Toda su longitud
	Ventilación de emergencia 1 de Galdakao	Toda su longitud
	Ventilación de emergencia 2 de Galdakao	Toda su longitud
	Ventilación EBA de Galdakao	Toda su longitud
	Cañón de acceso a estación de Galdakao J.B. Uriarte	Toda su longitud
	Cañón de acceso a estación de Galdakao Nafarroa	Toda su longitud
	Galerías de acceso de usuarios y mantenimiento de ascensor a caverna	Toda su longitud

Para garantizar la entrada en carga del anillo de revestimiento se ha previsto la ejecución de inyecciones de contacto en clave de forma sistemática, cada 3 m.

#### 7.4.8.5 IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE

Entre el sostenimiento y el hormigón de revestimiento en hastiales y bóveda se dispondrán bandas drenantes de 0,5 m de ancho cada 3 m. Estarán constituidas por un núcleo de alta permeabilidad formado por un geotextil drenante de 500 g/m<sup>2</sup> de peso, el cual estará rodeado por una lámina de polietileno de alta densidad de 650 g/m<sup>2</sup> de peso.

En la base de los hastiales, las bandas drenantes son interceptadas por 3 tubos de 50 mm de diámetro de PVC cada 3 metros, dispuestos con inclinación hacia el exterior de la sección, que llevarán el agua a un canalillo longitudinal de sección semicircular de 50 milímetros de radio que discurre junto al hastial, en los dos pasillos laterales de servicio, con conexión al sistema de drenaje general del túnel.

Este aspecto se desarrolla con detalle en el Anejo 6 de Hidrología y drenaje.

#### 7.4.9 CÁLCULOS

Para la comprobación de los sostenimientos se han llevado a cabo dos tipos de cálculo: en los casos en los que el macizo rocoso se encuentra fracturado ( $RMR < 70$ ), se obtiene una buena aproximación de su comportamiento con el uso de las teorías de mecánica de los medios continuos, por lo que se ha realizado para estos casos un análisis tensodeformacional considerando al macizo como un medio homogéneo. Sin embargo, cuando la calidad del macizo es lo suficientemente

Memoria

Página 65

L5-AG-MN\_Memoria

buena ( $RMR > 70$ ), el fenómeno inestable más probable será el de deslizamiento por superficies predominantes, generándose bloques o cuñas cuya seguridad hay que analizar y asegurar mediante el análisis de estabilidad correspondiente: para ello se ha llevado a cabo un análisis de estabilidad de bloques.

#### 7.4.9.1 ANÁLISIS TENSODEFORMACIONAL. TÚNEL DE LÍNEA Y DEMÁS OBRAS SUBTERRÁNEAS DEL GRUPO 3

En el Anejo 7 se recoge de forma detallada la metodología, hipótesis consideradas y resultados obtenidos en los cálculos realizados con el programa PLAXIS v.8, así como su interpretación. A continuación se recogen los resultados resumidos para cada formación:

- CU-1: Margas, margocalizas y calcarenitas de grano fino. Zona de predominancia de Margas

SOSTENIMIENTO TIPO	DESCENSO MÁXIMO VERTICAL EN CLAVE (m)	TENSIÓN PRINCIPAL MÁXIMA EN EL TERRENO (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN CERCHA (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN HORMIGÓN PROYECTADO (MPa)	TRACCIÓN MÁXIMA EN BULONES (kN)
ST-II	$1,29 \cdot 10^{-3}$	5,08	-	2,032	6,94
ST-III	$2,41 \cdot 10^{-3}$	4,29	-	4,205	12,66
ST-IV	$1,34 \cdot 10^{-2}$	2,60	72,351	5,073	144,20
ST-V	$3,10 \cdot 10^{-2}$	1,92	102,345	5,758	184,00

- CU-2: Limolitas, margas y areniscas

SOSTENIMIENTO TIPO	DESCENSO MÁXIMO VERTICAL EN CLAVE (m)	TENSIÓN PRINCIPAL MÁXIMA EN EL TERRENO (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN CERCHA (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN HORMIGÓN PROYECTADO (MPa)	TRACCIÓN MÁXIMA EN BULONES (kN)
ST-II	$1,29 \cdot 10^{-3}$	5,48	-	3,824	10,09
ST-III	$3,29 \cdot 10^{-3}$	4,15	-	6,261	24,88
ST-IV	$2,27 \cdot 10^{-2}$	2,84	144,290	6,490	184,00
ST-V	$6,69 \cdot 10^{-2}$	2,65	161,437	7,329	184,00

- CS-4: Lutitas calcáreas negras con pasadas de areniscas

SOSTENIMIENTO TIPO	DESCENSO MÁXIMO VERTICAL EN CLAVE (m)	TENSIÓN PRINCIPAL MÁXIMA EN EL TERRENO (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN CERCHA (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN HORMIGÓN PROYECTADO (MPa)	TRACCIÓN MÁXIMA EN BULONES (kN)
ST-II	$2,12 \cdot 10^{-3}$	5,11	-	5,021	15,22
ST-III	$4,05 \cdot 10^{-3}$	3,96	-	7,289	38,97
ST-IV	$2,72 \cdot 10^{-2}$	2,90	236,227	5,841	184,00
ST-V	$8,06 \cdot 10^{-2}$	2,73	256,331	6,183	184,00

- CS-5: Alternancia de areniscas silíceas y lutitas. Zonas con predominancia de Lutitas y alternancia de lutitas y areniscas

SOSTENIMIENTO TIPO	DESCENSO MÁXIMO VERTICAL EN CLAVE (m)	TENSIÓN PRINCIPAL MÁXIMA EN EL TERRENO (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN CERCHA (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN HORMIGÓN PROYECTADO (MPa)	TRACCIÓN MÁXIMA EN BULONES (kN)
ST-II	$1,47 \cdot 10^{-3}$	3,68	-	3,1790	8,82
ST-III	$2,75 \cdot 10^{-3}$	3,06	-	4,820	20,13
ST-IV	$1,71 \cdot 10^{-2}$	2,25	267,370	4,835	181,66
ST-V	$4,10 \cdot 10^{-2}$	2,02	57,127	5,754	184,00

- CS-5: Alternancia de areniscas silíceas y lutitas. Zonas con predominancia de areniscas

SOSTENIMIENTO TIPO	DESCENSO MÁXIMO VERTICAL EN CLAVE (m)	TENSIÓN PRINCIPAL MÁXIMA EN EL TERRENO (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN CERCHA (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN HORMIGÓN PROYECTADO (MPa)	TRACCIÓN MÁXIMA EN BULONES (kN)
ST-II	$1,08 \cdot 10^{-3}$	6,18	-	2,399	5,704
ST-III	$1,95 \cdot 10^{-3}$	7,01	-	3,149	8,61
ST-IV	$9,54 \cdot 10^{-3}$	3,91	78,788	6,1101	64,381
ST-V	$1,60 \cdot 10^{-2}$	3,51	60,334	4,466	172,49

Como conclusión, en ningún caso se produce la plastificación de los elementos del sostenimiento y las solicitaciones tanto para cerchas y bulones como para el hormigón proyectado se manteniendo por debajo del valor de referencia fijado como criterio en el 75% del límite elástico del material, por

Memoria

Página 67

lo que se considera que los sostenimientos previstos son adecuados. En el Anejo 7 se recoge además una comprobación con  $K_0 = 1,2$  que reafirma esta conclusión.

#### 7.4.9.2 ANÁLISIS TENSODEFORMACIONAL. CAVERNA DE LA ESTACIÓN DE GALDAKAO

- Sección A:

SOSTENIMIENTO TIPO	DESCENSO MÁXIMO VERTICAL EN CLAVE (m)	TENSIÓN PRINCIPAL MÁXIMA EN EL TERRENO (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN CERCHA (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN HORMIGÓN PROYECTADO (MPa)	TRACCIÓN MÁXIMA EN BULONES (kN)
E-3 con RMR = 20	$3,05 \cdot 10^{-2}$	1,74	63,35	4,97	122,49
E-3 con RMR = 45	$4,40 \cdot 10^{-3}$	1,83	28,21	2,33	8,36

- Sección B:

SOSTENIMIENTO TIPO	DESCENSO MÁXIMO VERTICAL EN CLAVE (m)	TENSIÓN PRINCIPAL MÁXIMA EN EL TERRENO (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN CERCHA (MPa)	COMPRESIÓN MÁXIMA EN HORMIGÓN PROYECTADO (MPa)	TRACCIÓN MÁXIMA EN BULONES (kN)
E-3 con RMR = 20	$3,13 \cdot 10^{-2}$	1,62	66,86	5,27	116,99
E-3 con RMR = 45	$4,40 \cdot 10^{-3}$	1,82	28,97	2,40	8,02

En ningún caso se produce la plastificación de los elementos del sostenimiento y las solicitaciones tanto para cerchas y bulones como para el hormigón proyectado se manteniendo por debajo del valor de referencia fijado como criterio en el 75% del límite elástico del material, por lo que se considera que los sostenimientos previstos en la caverna de estación son adecuados, ya que los movimientos generados en superficie también pueden quedar dentro de los rangos admisibles para el edificio existente.

No obstante, hay que señalar que estas comprobaciones no eximen de un máximo control durante la ejecución de la obra del edificio y servicios y urbanización existente para garantizar que no se producen daños o desperfectos importantes, y para poder tomar las medidas oportunas lo antes posible en caso de que fuera necesario y surgiera algún imprevisto.

#### 7.4.9.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE BLOQUES

Para el cálculo se ha empleado el programa Unwedge, de la casa Rocscience, que analiza la formación de cuñas inestables en el perímetro de túneles construidos en macizos sanos y poco fracturados. En el Anejo 7 se recogen con detalle las hipótesis y criterios considerados para la comprobación del sostenimiento ST-I en el túnel de línea y E-3 en la caverna de la estación.

Memoria

Página 68

Los resultados del análisis de estabilidad de bloques muestran que el sostenimiento previsto tanto para las obras subterráneas del Grupo 3 (túnel de línea, ventilación, etc.) y para la Caverna de la estación (Grupo 4) es suficiente en general para estabilizar las posibles grandes cuñas que se formen, ya que los factores de seguridad que se obtienen son mayores del valor considerado como referencia,  $F = 1,5$ . Hay algunos casos puntuales en los que el factor de seguridad es inferior a este valor (pero siempre por encima de la unidad), en los cuales se ha previsto la ejecución de algún bulón adicional como refuerzo. Por otro lado, para las cuñas que por su pequeño tamaño podrían no quedar sujetas por el bulonado sistemático considerado, se ha comprobado que la colocación del hormigón proyectado previsto hace que todas estas cuñas se estabilicen.

Sólo cabe señalar el tramo comprendido entre los PKs 2+954 y 3+040 (Tramo 13), en el que se propone reforzar el sostenimiento sistemático de bulones inicialmente previsto en el ST-I y llevar a cabo una cuadrícula de bulones de idénticas características cada 1 x 1 m. Se trata de una zona en la que existen antecedentes de la mala calidad del macizo (talud en la N-634) y por otra parte pueden formarse cuñas de gran tamaño.

También se han estudiado las posibles cuñas que se pueden formar en el frente de avance del túnel, observándose que pueden presentar factores de seguridad inferiores a la unidad. Sin embargo, teniendo en cuenta el corto espacio de tiempo durante el que estará abierto cada frente y los condicionantes cinemáticos en estos casos, se considera que su movilización sería muy difícil y que no es preciso prever medidas sistemáticas específicas para su estabilización. En cualquier caso, se preverá como tratamiento especial el gunitado del frente.

#### 7.4.10 PROCESO CONSTRUCTIVO

##### 7.4.10.1 MODO DE EXCAVACIÓN

Teniendo en cuenta diversos aspectos como la excavabilidad del macizo, las dimensiones de la sección, las vibraciones, y el rendimiento/coste de los distintos métodos, se propone el ataque puntual con rozadora como método de excavación más adecuado en este caso.

La posible variación en la dificultad de excavación y rendimiento de la rozadora en determinados tramos (con predominancia de areniscas) se tendrá en cuenta cuando la resistencia a compresión del cuarzo sea mayor que 70 MPa y el índice Cerchar sea superior a 2,5 MPa, en ensayos a lo largo de cada tramo de la obra, y que se aplicará al precio unitario inicial tal y como se recoge en el Documento nº3 PPTP.

##### 7.4.10.2 MÉTODO DE EJECUCIÓN

El sistema propuesto para la excavación de las obras subterráneas es el Nuevo Método Austríaco (NATM).

Memoria

Página 69

L5-AG-MN\_Memoria

Para la ejecución de las obras subterráneas de mayores dimensiones (Grupo 3 y Grupo 4) se recurrirá a la excavación y sostenimiento por fases, mientras que en el caso de las obras subterráneas del Grupo 1 y del Grupo 2, la excavación y sostenimiento será a sección completa.

En el caso del túnel de línea y demás obras subterráneas del Grupo 3, la secuencia de excavación y sostenimiento será:

- Avance
- Destroza

En el caso de la caverna de estación, Grupo 4, la secuencia de excavación y sostenimiento será:

- Perforación de un túnel de avance a partir del túnel de vía doble, a lo largo de la caverna y en su coronación, en el cual se instala el sostenimiento definitivo.
- Ensanchamiento del túnel de avance alternativamente a izquierda y derecha hasta la anchura total de caverna e instalación del sostenimiento.
- Excavación de la zanja central de forma continua.
- Ensanchamiento del túnel en su zona baja, de manera alternativa a izquierda y derecha hasta la sección total del túnel dando continuidad al sostenimiento.
- Excavación de la contrabóveda de la caverna y finalización del sostenimiento.

#### 7.4.10.3 EXCAVACIÓN DE LOS CONDUCTOS VERTICALES (RAISE BORING)

En el tramo Galdakao - Hospital se han previsto varias obras subterráneas que llevan aparejada la excavación de conductos verticales: pozo del ascensor en la estación del Hospital, conductos verticales de ventilación EBA y de emergencia de estación.

Estos conductos se ejecutarán mediante la técnica de raise boring, que consiste en efectuar una perforación con un vástago de pequeño diámetro (taladro piloto) y ampliar su diámetro en retroceso. En el Anejo 7 se recogen con detalle diversos aspectos a tener en cuenta acerca de este método de perforación.

Una vez efectuada la excavación, se colocará una capa de hormigón proyectado de 3 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 movilizarse. Finalmente, se llevará a cabo el revestimiento, que consiste en una capa de hormigón armado HA-30 de 0,30 m de espesor.

Memoria

Página 70

L5-AG-MN\_Memoria

#### 7.4.10.4 TRATAMIENTOS ESPECIALES

Los tratamientos especiales se usan de forma puntual, con objeto de atravesar zonas muy concretas de terreno. Se aplicarán, eventualmente, diversos tipos, según la parte del túnel que sea necesario estabilizar: clave, frente o solera. En este tramo podrían ser de aplicación los siguientes:

- Tratamientos de estabilización de la clave
  - Enfilaje de bulones
  - Paraguas de micropilotes (pesado)
  - Gunita sobreacelerada
- Tratamientos de estabilización del frente
  - Machón central
  - Sellado del Frente
- Tratamientos de estabilización de la solera
  - Contrabóveda provisional
  - Pata de elefante
- Tratamientos frente a infiltraciones de agua
  - Drenaje y agotamiento de grandes caudales
  - Inyecciones perimetrales

#### 7.4.10.5 CONTROL GEOTÉCNICO Y AUSCULTACIÓN

##### 7.4.10.5.1 Control geotécnico

Es necesario realizar un control geotécnico mediante inspección directa del terreno durante la excavación. Dicho control se llevará a cabo por personal especializado que actuará a pie de obra, realizando una inspección del frente que le permitirá caracterizar el terreno que se excava y determinar la calidad del macizo. Se levantará el frente en cada pase de excavación.

##### 7.4.10.5.2 Auscultación

##### Parámetros de control

La función básica de la auscultación es medir los movimientos en el terreno, centrándose en el control a lo largo del túnel en los siguientes parámetros:

Memoria

Página 71

L5-AG-MN\_Memoria

- Desplazamientos en el contorno del túnel: En el presente proyecto, esta es la función básica de la auscultación. Consiste en la medición de la deformación relativa entre puntos interiores a la sección excavada (convergencias).
- Movimientos en el interior del macizo rocoso: Se medirán en aquellos puntos donde se desee llevar a cabo un control más exhaustivo de la excavación (secciones singulares, zonas de falla, etc.).
- Desplazamientos y deformaciones en superficie: Se medirán los movimientos, tanto horizontales como verticales del terreno y se controlarán las estructuras y edificios potencialmente afectados.

También se recomienda llevar a cabo una inspección de las edificaciones y estructuras de la zona previamente al inicio de las obras con objeto de conocer su estado (existencia de posibles patologías) y características, y contar con información de partida para valorar posibles incidencias durante la excavación del túnel.

#### Tipos de instrumentos, características y colocación

Los equipos que se emplearán en la auscultación del túnel son los siguientes:

- Medida de desplazamiento en el contorno del túnel
  - Cinta de convergencia y pernos
- Movimientos en el interior del macizo rocoso
  - Extensómetro de varillas (de interior y exterior)
- Movimientos en superficie
  - Hitos de nivelación, dianas, regletas de nivelación y clinómetros de pared

#### Propuesta de auscultación. Secciones de control y zonas singulares

En el plano 19. Auscultación del Documento nº2 Planos se recoge una planta del trazado en la que se señalan las medidas y sistemas de auscultación propuestos, tanto a cielo abierto (que queda fuera del ámbito del presente Anejo) como de los tramos excavados en mina. Además, en el Plano 7.6 del Documento nº2 Planos se recogen los detalles de varios elementos de auscultación y las secciones de control de movimientos en el macizo propuestos.

- Desplazamiento en el contorno del túnel

Las secciones de auscultación con convergencias se instalarán sistemáticamente cada 25 m de túnel, reduciéndose hasta los 10 m en aquellas zonas donde se prevean mayores dificultades (cercanas a fallas, etc.) y eventualmente en otros puntos que la Dirección de Obra considere de

Memoria

Página 72

L5-AG-MN\_Memoria

interés. A criterio de la Dirección de Obra la distancia de 25 m podrá variar, pero en ningún caso deberá superar los 40 m. Se instalará al menos una sección de medida en los 10 primeros metros de túnel, con el fin de controlar los movimientos en la zona de emboquille.

En la caverna de la estación de Galdakao, se instalarán secciones de medida de convergencias cada 10 m.

- Movimientos en el interior del macizo rocoso

Los extensómetros se colocarán en puntos en los que se prevean las mayores deformaciones (zonas de calidad muy mala del macizo o de cobertera escasa, zonas de entronque del túnel con galerías de emergencia, etc.) y/o puedan afectar a terceros en superficie (edificios, servicios, viales, etc.), y eventualmente allí donde la Dirección de Obra considere de interés.

- Extensómetros de exterior. Propuesta de secciones

La propuesta de secciones con extensómetros de exterior se recoge con detalle en el Anejo 7 y se refleja en el plano 19 del Documento nº2.

- Extensómetros de interior. Propuesta de secciones

Se instalarán extensómetros de interior en el túnel de línea, en las secciones de control de convergencias de los entronques las obras singulares y en aquellos tramos de calidad muy mala del macizo rocoso (fallas, etc.) donde se realicen controles cada 10 m. El mismo criterio se aplicará a las galerías de emergencia de Olabarrieta y Abusu.

En el interior de la caverna de la estación de Galdakao e instalarán secciones de control de convergencias cada 10 m y también extensómetros de interior en una de cada 2 secciones.

Los extensómetros de interior propuestos se instalarán a una distancia al frente entre 0,5 – 1 diámetros y en todo caso dentro de las 24 horas siguientes a la finalización de la sección de sostenimiento de dicha sección. En cada sección se instalarán 3 extensómetros con longitud total de 6 m y anclajes en roca a 2, 4 y 6 m.

- Movimientos en superficie

Se ha establecido una propuesta de elementos de medición que se recoge en el plano 23. Auscultación y Control del Documento nº2 Planos. La localización de los dispositivos de medida tiene en cuenta el entramado urbano, las edificaciones existentes y las zonas o tramos especialmente sensibles. Se plantean alineaciones transversales al túnel en planta, consistentes en hitos de nivelación en superficie combinados con dianas y clinómetros de pared en algunos casos, en las fachadas de los edificios. Además, siempre se colocarán hitos junto a los extensómetros de exterior anteriormente propuestos, con objeto de dotarles de una referencia en cabeza al que asociar los posibles movimientos que registren.

Memoria

Página 73

L5-AG-MN\_Memoria

## Lecturas a realizar y frecuencia

- Medidas de convergencia

La medida de convergencias a realizar, tanto en el avance como en la destroza es la distancia entre los dos puntos de los hastiales y de cada uno de estos con la clave.

El criterio de signos que se utilizará será el siguiente:

- Convergencia positiva: cierre de la sección
- Convergencia negativa: apertura de la sección

Las medidas se empezarán a realizar a una distancia al frente entre 0,5 – 1 diámetro de la excavación, y en todo caso dentro de las 24 horas siguientes a la finalización de la instalación del sostenimiento de la sección.

Los resultados se representarán en una serie de curvas convergencia - tiempo, convergencia - distancia al frente, velocidad de convergencia - tiempo y velocidad de convergencia - distancia al frente.

La sección de medida debe colocarse lo más rápidamente posible tras la excavación, ya que si no se perderían gran parte de las deformaciones producidas: por lo general desde que se excava hasta que se puede medir la deformación se ha perdido un 50% del movimiento total.

La periodicidad de la toma de medidas deberá adaptarse a la evolución del comportamiento del terreno durante la ejecución. Como norma general se aplicarán los siguientes criterios:

Excavación de la sección de avance:

- En frentes activos, si la distancia del frente a la sección instrumentada es inferior a 30 m, se realizarán lecturas diarias.
- En frentes activos, si la distancia del frente a la sección instrumentada está entre 30 y 50 m, se realizará una lectura cada cuatro días naturales.
- Si la distancia del frente a la sección es mayor de 50 m, la frecuencia de lecturas se desarrollará de acuerdo con la siguiente tabla:

Frecuencia	Velocidad de deformación (V)
Diariamente	$V \geq 0,5$ mm/día
Una cada 4 días	$0,2 \text{ mm/día} \leq V \leq 0,5 \text{ mm/día}$
Una cada 14 días	$0,1 \text{ mm/día} \leq V \leq 0,2 \text{ mm/día}$
Una cada mes	$0,05 \text{ mm/día} \leq V \leq 0,1 \text{ mm/día}$
Una cada 2 meses	$0,005 \text{ mm/día} \leq V \leq 0,05 \text{ mm/día}$
Una cada 3 meses	Hasta la ejecución del revestimiento

Memoria

Página 74

L5-AG-MN\_Memoria

Excavación de la sección de destroza:

Se volverá a realizar de nuevo una lectura diaria cuando a la excavación de la destroza le falten dos diámetros para alcanzar la correspondiente sección de convergencia. Una vez que la excavación sobrepase en dos diámetros dicha sección se aplicarán los mismos criterios de frecuencia que los utilizados para la sección de avance.

- Extensómetros de varillas

En los extensómetros de exterior, como ya se ha expuesto anteriormente, es posible su instalación y el inicio de la toma de medidas con antelación a que comience a notarse en esos puntos la influencia del frente de excavación.

Extensómetros de interior: Al igual que ocurre con las cintas de convergencias, es necesario realizar la medida en el menor plazo de tiempo posible tras la excavación, ya que gran parte del movimiento se pierde antes de que pueda ser registrado.

Para las medidas de movimientos en el interior del macizo, el criterio de signos que se utilizará será el siguiente:

- Deformación positiva: acortamiento
- Deformación negativa: extensión

Los resultados se representarán en una serie de curvas, como deformación - tiempo y deformación - distancia al frente.

La frecuencia de lecturas será la misma que se ha señalado para las medidas de convergencia. Se empleará para ello un equipo de automático de control centralizado.

- Hitos, dianas, clinómetros de pared

Para el control de movimientos en superficie y el control de edificios o estructuras, se llevará a cabo una medida inicial antes de que la excavación del túnel afecte a cada punto, y posteriormente se acompañarán con la toma de medidas de las secciones de interior y exterior coincidentes o más cercanas.

Se recogerán en gráficas las medidas obtenidas, representando los valores con el tiempo y también con la distancia del frente a cada punto de control.

## 7.5 TRAZADO

En el Anejo nº4, Trazado Geométrico y Replanteo se exponen los criterios de diseño adoptados para el encaje del trazado de la Línea 5 y las limitaciones impuestas por el entorno en que se implanta dicho trazado, que influyen en el diseño del mismo. Se describe además el trazado diseñado atendiendo a esos criterios y condicionantes.

Memoria

Página 75

L5-AG-MN\_Memoria

## 7.5.1 CRITERIOS DE DISEÑO

A continuación se presenta el conjunto de criterios y parámetros de diseño que se han contemplado en el desarrollo del trazado de la Línea 5 del FMB y, más en concreto, en el tramo Aperribai-Galdakao objeto de proyecto.

Tanto los criterios adoptados, como los valores restrictivos de los distintos parámetros que se exponen, vienen sancionados por la práctica y se apoyan en criterios cinemáticos, habiendo sido definidos de acuerdo con la Dirección de Proyecto. En la elaboración de los mismos se han tenido en cuenta tanto las características geométricas y mecánicas del material móvil previsto en esta línea, como las características de las líneas ya construidas, de cara a garantizar la homogeneidad de la red.

### 7.5.1.1 VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN

Se establece para la Línea 5 una velocidad de diseño de 80 Km/h.

Los valores de los parámetros de diseño que se incluyen en los siguientes apartados se asocian, en general, a la velocidad de diseño de 80 km/h; no obstante, en el recorrido completo de la Línea existirán puntos en los que las propias características de ésta implican una velocidad de circulación inferior, como pueden ser las entradas y salidas de estación y el paso por algunos aparatos de vía.

En esos casos puntuales se pueden adoptar valores excepcionales, teniendo en cuenta las condiciones reales existentes en ese punto concreto de la línea, tanto de circulación como geométricas, y los condicionantes cinemáticos asociados a éstas.

### 7.5.1.2 PARÁMETROS FUNCIONALES Y GEOMÉTRICOS

En la tabla adjunta se resumen los valores límite a adoptar para estos parámetros, establecidos por la Dirección de Proyecto para los proyectos constructivos de la nueva línea operada por EuskoTren.

PARÁMETROS FUNCIONALES				
<b>VELOCIDAD DE DISEÑO</b>				<b>80 Km/h</b>
<b>TRAZADO EN PLANTA</b>				
Curvas circulares	Aceleración Transversal no compensada máxima	$a_{q \text{ Máx}}$ (m/s <sup>2</sup> )		1 m/s <sup>2</sup>
Acuerdos	Rampa de peralte máxima	$p_{\text{Máx}}$ (mm/m)	placa: 3 mm/m	balasto: 2,5 mm/m
	Velocidad Ascensional máxima	$[dp/dl]_{\text{Máx}}$ (mm/seg)		50 mm/seg
	Sobreaceleración máxima (m/s <sup>2</sup> /s)	S (m/s <sup>2</sup> /s)		0,4 m/s <sup>2</sup> /s
<b>TRAZADO EN ALZADO</b>				
Acuerdos	Aceleración Vertical máxima admisible	$a_{v \text{ Máx}}$ (m/s <sup>2</sup> )		0,45 m/s <sup>2</sup>

Memoria

Página 76

L5-AG-MN\_Memoria

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS					
TRAZADO EN PLANTA				Normal	Excepc.
Curvas circulares	Radio mínimo			250	200
Acuerdos	Longitud mínima por Velocidad Ascensional				$p \times v/50$
	Longitud mínima por sobreaceleración				55,5 m
TRAZADO EN ALZADO				Normal	Excepc.
Rampas y Pendientes	Inclinación max a cielo abierto	$I_{max}$ (‰)			35 ‰
	Inclinación max en túnel	$I_{max}^{túnel}$ (‰)		50 ‰	60 ‰
	Inclinación mínima en túnel	$I_{min}$ (‰)		5 ‰	-
	Inclinación máxima en estación			0 ‰	2 ‰
Curvas de acuerdo	Kv mínima	Línea 5		2000	1100
		Estación		1200	1100

### 7.5.1.3 SECCIÓN TRANSVERSAL. GÁLIBOS.

- **Galibo vertical.** En cuanto al galibo en altura, se deberá garantizar en todos los puntos una altura libre normal de al menos 4,80 metros, que podrá ser excepcionalmente de 4,5 metros, desde la rasante de la vía.
- **Galibo Lateral.** Se recogen en el cuadro siguiente los galibos laterales a considerar en Línea 5, en función del radio de la curva circular que describa la vía en cuestión:

GÁLIBOS HORIZONTALES EUSKOTREN							
Datos de curva					Gálidos con pasillo lateral		Entrevía
Radio (m)	Peralte (mm)	Atnc (m/s <sup>2</sup> )	V (km/h)	$l_v$ (mm)	Interior	Exterior	
200	140	0,8	73,49	1.080,00	2.631	2.197	3.408
250	132,7	0,75	80	1.077,50	2.598	2.196	3.372
300	110,6	0,63	80	1.075,00	2.537	2.229	3.335
350	94,8	0,54	80	1.072,50	2.492	2.251	3.307
400	83	0,47	80	1.072,50	2.459	2.269	3.288
450	73,7	0,42	80	1.070,00	2.432	2.281	3.270
500	66,4	0,38	80	1.070,00	2.411	2.292	3.257
550	60,3	0,34	80	1.070,00	2.394	2.301	3.247
600	55,3	0,32	80	1.070,00	2.379	2.308	3.239
650	51	0,29	80	1.070,00	2.367	2.314	3.233
700	47,4	0,27	80	1.070,00	2.357	2.319	3.227
750	44,2	0,25	80	1.070,00	2.347	2.324	3.222

Memoria

Página 77

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO

L5-AG-MN\_Memoria



GÁLIBOS HORIZONTALES EUSKOTREN							
Datos de curva					Gálidos con pasillo lateral		Entrevía
Radio (m)	Peralte (mm)	Atnc (m/s <sup>2</sup> )	V (km/h)	lv (mm)	Interior	Exterior	
800	41,5	0,24	80	1.070,00	2.339	2.328	3.218
850	39	0,22	80	1.070,00	2.332	2.331	3.214
900	36,9	0,21	80	1.070,00	2.326	2.334	3.211
950	34,9	0,2	80	1.070,00	2.320	2.337	3.208
1000	33,2	0,19	80	1.070,00	2.315	2.339	3.205
1100	30,2	0,17	80	1.070,00	2.306	2.343	3.200
1200	27,7	0,16	80	1.070,00	2.299	2.347	3.196
1300	25,5	0,15	80	1.070,00	2.293	2.350	3.193
1400	23,7	0,14	80	1.070,00	2.287	2.352	3.190
1500	22,1	0,13	80	1.070,00	2.283	2.355	3.188
1600	20,7	0,12	80	1.070,00	2.279	2.357	3.185
1700	19,5	0,11	80	1.070,00	2.275	2.358	3.183
1800	18,4	0,11	80	1.070,00	2.272	2.360	3.182
1900	17,5	0,1	80	1.070,00	2.269	2.361	3.180
2000	16,6	0,09	80	1.070,00	2.266	2.362	3.179
<b>RECTA</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>80</b>	<b>1.070,00</b>	<b>2.378</b>	<b>2.378</b>	<b>3.261</b>

## 7.5.2 ESTACIONES

A continuación se resumen los parámetros de diseño adoptados de acuerdo con la dirección de proyecto:

PARÁMETROS DISEÑO DE ESTACIONES					
TRAZADO EN PLANTA				Normal	Excepc.
Curvas circulares	Radio mínimo			RECTA	500 m
TRAZADO EN ALZADO				Normal	Excepc.
Rampas y Pendientes	Inclinación máxima en estación			0 ‰	2 ‰
Curvas de acuerdo				1200	1100
GÁLIBOS				Normal	Excepc.
Gálido Vertical				4,80 m	4,50 m

PARÁMETROS DISEÑO DE ESTACIONES					
ANDENES				Mínimo	Excepc.

Memoria

Página 78

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO

L5-AG-MN\_Memoria



PARÁMETROS DISEÑO DE ESTACIONES				
Longitud	Longitud mínima de andenes (andén útil)		88,8 m	
	Distancia mínima entre testeros		91,2 m	
Anchura libre	Laterales		4 m	
	Central		7 m	
ACCESOS			Mínimo	Excepc.
Anchura Escaleras (*)	Calle a Vestíbulo		1,80 m	
	Vestíbulo a Andén		1,80 m	
Desnivel máximo sin mecanizar	En subida		5,5 m	
	En bajada		6,5 m	

(\*) Siempre que con ello se cumpla evacuación (NFPA)

### 7.5.3 CONDICIONANTES DE TRAZADO

#### 7.5.3.1 CONDICIONANTES PROPIOS DEL FMB

##### 7.5.3.1.1 Puntos de Partida del Trazado

El primer condicionante clave en el diseño del trazado de este tramo de Línea 5 es el propio trazado final del tramo anterior de Línea 5, Sarratu-Aperribai, con el que conecta en el túnel de línea que une las estaciones de Aperribai y Bengoetxe, a la altura de la salida de la estación de Aperribai.

##### 7.5.3.1.2 Estaciones y Accesos

Otro condicionante principal es la ubicación de estaciones y los puntos de acceso establecidos para las mismas siguiendo criterios de población servida. El trazado en planta se debe adaptar esta situación, ya que la implantación de los andenes de una estación requiere una alineación recta de longitud suficiente, aunque es admisible el establecimiento de los mismos en curvas circulares de radios amplios, longitud que en ocasiones se ve aumentada por la necesidad de disponer una doble diagonal antes o después de la estación, lo que requiere un tramo recto para su implantación.

El trazado en alzado también se ve afectado por la posición de la estación, ya que los andenes deben implantarse en rasante horizontal, o como máximo con una inclinación no superior a las 2 milésimas. Los aparatos de vía por su parte se ubican preferiblemente en recta, y pueden ubicarse en horizontal o rampa, pero en cualquier caso fuera de las curvas de acuerdo verticales.

Aparte de los requerimientos geométricos, otro de los condicionantes más importantes es el que se refiere a la facilidad constructiva y economía de construcción de las mismas. Este condicionante se traduce pues, en todos los casos, en una clara intencionalidad de los perfiles longitudinales, de ascender hacia la superficie en las zonas de estaciones, bien con el fin de materializar estaciones en superficie, o enterradas pero construidas a cielo abierto, o con el fin de reducir la longitud de los cañones de acceso en los casos de estación en caverna.

Memoria

Página 79

L5-AG-MN\_Memoria

- Estación Bengoetxe: Queda a una distancia de las estaciones contiguas (Aperribai y Galdakao), que ronda el kilómetro, no considerándose por tanto servida por ninguna de ellas. Se convierte en un condicionante por la necesidad de encontrar un espacio lo suficientemente grande y sin edificar, como para materializar el ascenso de la rasante y situar los emboquilles de entrada y salida de la sección de túnel, sin implicar la afección a edificios existentes ni comprometer los desarrollos urbanísticos previstos por el planeamiento municipal en la zona de Bengoetxe.
- Estación Galdakao: Se plantea una estación en caverna con accesos desde la Plaza Roja y la c/ Juan Bautista Uriarte. Al tratarse de una zona de edificación consolidada en altura, las edificaciones, y más en concreto los sótanos existentes en el entorno de la estación condicionan el trazado de la propia línea. Existe asimismo una galería de saneamiento de considerable sección, que discurre por la Calle Juan Bautista Uriarte, y ha condicionado la ubicación final del fosterito de acceso a estación en esta calle.

#### 7.5.3.2 CONDICIONANTES EXTERNOS

En el Anejo 4 se describen ampliamente todos los condicionantes externos que han influido en el trazado proyectado. A continuación se describen brevemente los más importantes.

##### 7.5.3.2.1 Planeamiento Municipal

El planeamiento urbanístico del municipio de Galdakao ha supuesto un condicionante a tener en cuenta en el desarrollo del trazado del tramo Aperribai-Galdakao de Línea 5 en las estaciones y, en general, en las zonas donde el túnel de línea se aproxima a superficie, que coinciden en este caso con los tramos anteriores y posteriores a las estaciones).

El trazado del tramo discurre mayoritariamente en túnel en mina, a excepción de la estación de Bengoetxe, cuya configuración es en falso túnel. Se realizan en superficie, asimismo, las obras correspondientes a los cañones de acceso a la estación de Galdakao, ubicada en las inmediaciones de la Plaza Roja, y las arquetas de salida a superficie de las ventilaciones de emergencia y ventilación EBA de la misma estación.

El suelo urbanizable residencial se define principalmente en Bengoetxe, barrio más cercano al centro de Galdakao y con posibilidades de constituir la prolongación del núcleo urbano, que asumiría el crecimiento del núcleo denso del municipio anexionándose al mismo. Se prevé el desarrollo de cinco sectores de suelo urbanizable residencial, así como la densificación del ya existente suelo urbano del barrio, planificado en tres unidades de ejecución.

La estación que se propone en el barrio de Bengoetxe, dada su configuración en falso túnel, se ejecutará a cielo abierto, para posteriormente quedar cubierta, por lo que su ejecución supondrá una interferencia con el planeamiento de la zona: afecta principalmente al sector UE-BE-2 y de

Memoria

Página 80

L5-AG-MN\_Memoria

forma puntual al sector UE-BE-3 (extremo del tramo excavado entre pantallas y ventilación de emergencia de Bengoetxe 2).

Dada la dificultad de encajar el trazado de la línea, y de la propia estación, sin incurrir en interferencias con el planeamiento previsto, como ya manifestaba el propio Ayuntamiento en las alegaciones presentadas al Estudio Informativo del Tramo Sarratu-Galdakao Centro, durante la redacción del proyecto se han mantenido contactos con las autoridades municipales competentes a efectos de solucionar las posibles interferencias. Como resultado, se ha propuesto una reordenación de la edificación en el sector UE-BE-2 que resulta compatible con la implantación de una estación en la zona y que cuenta con el visto bueno de los servicios municipales. Las obras en superficie previstas en el presente proyecto en el área de Bengoetxe, resultan compatibles con dicha reordenación (Ver Anejo nº3, Planeamiento).

La Estación de Galdakao se ejecutará en caverna, por lo que las únicas obras en superficie asociadas a la misma son los accesos a la estación – cañones y ascensor – y las arquetas de salida de las ventilaciones de emergencia y EBA a superficie, que se implantarán en su mayor parte en suelo urbano consolidado, sin afectar a los usos del mismo.

La estación de Galdakao, tal y como se propone en el presente proyecto, cuenta con el visto bueno de los responsables municipales.

#### 7.5.3.2.2 Infraestructuras

Las principales infraestructuras presentes en el área de estudio, a considerar en el encaje del trazado del Proyecto son:

- CARRETERA N-634

El trazado de la línea 5, en el Tramo Aperribai-Bengoetxe, no incluye el cruce en planta con la carretera N-634. La Estación de Bengoetxe se desarrolla por su parte en paralelo a la carretera, aunque a la suficiente distancia de la misma para no existir posibles interferencias entre ambas.

- AUTOPISTA A-8

El único punto en que el trazado de la Línea 5 se solapa en planta con la autopista se produce pasada la Galería de emergencia de Olabarrieta, entre los PK 2+200 y 2+300 del túnel de línea. El paso bajo la autovía A-8 supone un condicionante para el encaje del perfil longitudinal de la línea por la necesidad de mantener la rasante suficientemente profunda como para asegurar que la construcción del túnel en mina no interferirá con dicha carretera.

Memoria

Página 81

L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO



### 7.5.3.2.3 Servicios Existentes

De entre los servicios existentes en el área de estudio, se ha considerado únicamente como condicionante en el diseño del trazado las conducciones de gran diámetro. En el tramo Aperribai-Galdakao existe una única conducción de estas características.

Se trata de una galería del Ayto. de Galdakao de sección ovoide equivalente aproximadamente a un diámetro 1.600 mm. Es una conducción subterránea, ligeramente paralela a la Avenida Juan Bautista Uriarte que parece tener su origen en un antiguo encauzamiento, podría discurrir incluso por debajo de algunas edificaciones de la zona.

Esta conducción ha condicionado la ubicación final del cañón de acceso desde esta calle a la Estación de Galdakao, que en el Estudio Informativo se planteaba en la acera sur de la Avenida Juan Bautista Uriarte y ahora se traslada a la acera norte, precisamente para evitar el cruce con la mencionada galería.

### 7.5.3.2.4 Edificios próximos

Con el fin de analizar las posibles afecciones que las obras a ejecutar, tanto en superficie como en túnel excavado, pudieran inferir en los edificios cercanos a las mismas se ha elaborado el inventario de edificios incluido en el Anejo nº14, Incidencia en el Entorno Urbano e Integración Urbana, que recoge las características más significativas de cada uno de los edificios analizados.

El hecho de discurrir por suelo edificado condiciona en primera instancia el trazado en túnel, por la necesidad de no interferir con el mismo, y además implica tener en consideración las posibles plantas de sótanos de los edificios, obligando a descender la cota de la rasante por debajo de la cimentación de los mismos con el fin de no afectarlos.

Este condicionante ha resultado de especial importancia en los tramos de línea en torno a las estaciones de Bengoetxe y Galdakao, en ambos casos ha sido necesario tener especial cuidado con las edificaciones existentes.

En la Estación de Bengoetxe, la necesidad de ascender a superficie para implantar una sección en falso túnel se ha visto condicionada por las edificaciones ubicadas sobre la traza entre el PK 2+520 y 2+560. Para garantizar la no afección a las mismas, el trazado de la línea permanece en túnel hasta superarlas, dando paso al falso túnel de estación a continuación. Una de las consecuencias es la considerable diferencia de cotas entre el acceso a la estación y el nivel de andenes.

La Estación de Galdakao, por su ubicación en el centro del núcleo urbano ha resultado especialmente condicionada por las edificaciones cercanas a la misma:

- El primer condicionante han sido los edificios en altura y con varias plantas de sótano existentes en el entorno de la Plaza Roja. De especial importancia ha sido el estudio de los

Memoria

Página 82

L5-AG-MN\_Memoria

sótanos y cimentación del edificio que queda inmediatamente al sur de la Plaza Roja, bajo el cual se ubica parte de la caverna de estación.

- El segundo condicionante son los aparcamientos subterráneos de reciente construcción, en los tramos anterior y posterior a la caverna de estación, tanto el ubicado inmediatamente al oeste de Plaza Roja, como el construido un poco más adelante junto al Ayuntamiento.

#### 7.5.3.2.5 Medio Ambiente

Aunque en general el área por el que discurre la nueva línea del F.M.B. no presenta importantes afecciones medioambientales, sí deben tomarse en consideración las zonas sobre las que se definen hábitats prioritarios así como las unidades de vegetación de interés.

En lo que se refiere a los hábitats prioritarios, las únicas zonas en la zona de estudio se refieren a “bosques aluviales de *Alnus glutinosa* y *Fraxinus excelsior*” en determinados tramos de vegetación de ribera de los ríos Nervión e Ibaizabal.

El propio cauce de los ríos Nervión e Ibaizabal, y la calidad de sus aguas, han de ser tenidas en cuenta en el período de construcción de la línea (sobre todo en relación con la evacuación de aguas durante la excavación de los túneles).

También se deberán prever medidas correctoras en las zonas de construcción a cielo abierto.

#### 7.5.3.3 DEFINICIÓN DEL TRAZADO

En el Anejo nº4 se describe ampliamente el trazado en planta y alzado adoptado para cada uno de los ejes que intervienen en este tramo de proyecto, adjuntándose además, a modo de Apéndices al mismo, los listados de diseño geométrico en planta y alzado y de replanteo de todos los ejes proyectados.

## 7.6 EXPROPIACIONES

La disponibilidad del espacio físico material que las obras definidas en el presente proyecto constructivo van a ocupar con mayor o menor duración, exige la afección en mayor o menor medida también, de los derechos y situaciones jurídicas de que aquellos bienes son objeto.

Para conseguir la definición precisa de los bienes y derechos afectados para poder ocuparlos y para su posterior inventario como dominio público, se ha recogido la información relativa las diferentes parcelas a ocupar en el Servicio del Catastro del Departamento de Hacienda de la Diputación Foral de Bizkaia.

En el Anejo nº16 se detallan las parcelas que se ven afectadas, indicando la superficie a ocupar, su referencia catastral y su naturaleza. Se distinguen las ocupaciones definitivas y las temporales.

Memoria

Página 83

L5-AG-MN\_Memoria

Las zonas a considerar son las que se detallan a continuación:

- **Falso Túnel:** se impone una expropiación del perímetro en planta más una banda de 8 m de ancho en suelo urbanizable, 5 m en suelo urbano y 2 m en suelo urbano consolidado (centro urbano), de acuerdo con lo recogido en el Plan Territorial Sectorial de la Red Ferroviaria en la Comunidad Autónoma del País Vasco.
- **Bocas de las galerías de emergencia:** se impone la expropiación del perímetro de los taludes de desmonte (coronación) correspondientes a las boquillas del túnel en mina más la superficie correspondiente a la plataforma de emergencia adyacente y a su acceso desde el camino más cercano. Se considera también una ocupación temporal de la superficie correspondiente al área de acopios que se ha previsto habilitar durante la fase de obra en la galería de emergencia de Abusu.
- **Túnel de Línea y galerías de emergencia:** en los tramos donde la cobertera (distancia entre la clave y la superficie del terreno) es inferior a  $2H$ , siendo  $H$  la altura exterior de la estructura del túnel respecto a la rasante, se impone la expropiación de la proyección de la superficie en planta del túnel. En los tramos donde la cobertera está entre  $2H$  y  $3H$  se impone la servidumbre de la proyección de la superficie en planta del túnel.
- **Reposición de Servicios:** Se ha impuesto una servidumbre permanente de uso a las reposiciones de servicios proyectadas obteniéndose las superficies ocupadas trazando una paralela a ambos lados del eje del elemento a una distancia de 1 m. Además, para la ejecución de las reposiciones de los servicios en la fase de obra se ha impuesto una ocupación temporal de una banda de 1 m de anchura a ambos lados del eje de la banda de servidumbre.
- **Cañones y Obras Singulares:** A los elementos que queden en superficie se les impone una expropiación sin banda adicional de dominio público. En cuanto a las partes de estos elementos que se ejecutan en mina, donde se encuentren a una profundidad inferior a  $2H$  con respecto a la superficie se impone una expropiación del área correspondiente a la proyección en planta y donde se encuentren a una profundidad entre  $2H$  y  $3H$  se impone una servidumbre del área correspondiente a la proyección en planta.
- Las construcciones temporales como los accesos a obra, desvíos de tráfico, y áreas de instalación del contratista serán ocupaciones temporales.

Tras definir todas las superficies de las parcelas a ocupar permanentemente, se resume a continuación el total de las expropiaciones de terreno

Memoria

Página 84

L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO



Expropiación Definitiva	Total	10.932,25 m <sup>2</sup>
Servidumbre	Total	6.270,18 m <sup>2</sup>
Ocupación Temporal	Total	12.362,24 m <sup>2</sup>

## 7.7 REPOSICIÓN DE REDES DE SERVICIOS AFECTADOS

En el *Anejo nº11, Servicios Afectados*, se describen las diferentes redes de servicios detectadas en el área objeto del proyecto. Se distingue entre aquellos servicios que habrán de ser repuestos por la contrata, y cuya valoración se incluye en el Documento nº4.- Presupuesto del Proyecto, y los servicios, cuya reposición habrá de ser realizada por los titulares de los mismos (gas, líneas eléctricas y de telecomunicaciones), cuya valoración se incluye dentro del Presupuesto para Conocimiento de la Administración. Estos últimos, los servicios a reponer por terceros, se analizan en detalle en el *Anejo nº12, Servicios a reponer por terceros*.

Son tres las zonas en las que se concentran la mayor parte de los servicios afectados, debido a la ejecución de excavaciones a cielo abierto, estando localizadas en el término municipal de Galdakao:

- Galería de emergencia de Olabarrieta
- Estación de Bengoetxe.
- Estación de Galdakao.

A continuación se enumeran los servicios afectados que habrán de ser repuestos por la contrata y cuya reposición queda proyectada en el presente documento:

### 7.7.1 ABASTECIMIENTO

ABASTECIMIENTO MUNICIPAL DE GALDAKAO				
SERVICIO AFECTADO	CARACTERÍSTICAS Y SITUACIÓN	LONGITUD AFECTADA	LONGITUD REPUESTA	DESCRIPCIÓN
S.A. nº101	Tubería de FD Ø80, junto con algunas válvulas y sus correspondientes arquetas. Se localiza en la Calle Euskadi. Afectada por la ejecución del cañón de acceso a la calle Juan Bautista Uriarte.	30 m	45 m	La reposición consistirá en la ligera modificación del trazado de la tubería para evitar ser dañada con la ejecución de las pantallas del recinto de ejecución del cañón.
S.A. nº102	Tubería de FD Ø100, junto con algunas válvulas y sus correspondientes arquetas. Se localiza en la Calle Euskadi. Afectada por la ejecución del recinto apantallado para la construcción del ascensor de acceso a la estación de Galdakao.	10m	15 m	La reposición consistirá en la ligera modificación del trazado de la tubería para evitar ser dañada con la ejecución de las pantallas del recinto de ejecución del ascensor.

Memoria

Página 85

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO

L5-AG-MN\_Memoria



ABASTECIMIENTO MUNICIPAL DE GALDAKAO				
SERVICIO AFECTADO	CARACTERÍSTICAS Y SITUACIÓN	LONGITUD AFECTADA	LONGITUD REPUESTA	DESCRIPCIÓN
S.A. nº103	Tubería para riego. Localizada en la Plaza roja, será afectada en la zona del parterre	8 m	8 m	Como en el caso anterior, la reposición se realizará por el mismo sitio por donde discurre actualmente, una vez se haya repuesto la urbanización de la plaza una vez ejecutado el cañón de acceso a la estación de Galdakao.
S.A. nº104	Tubería de FD Ø100, arqueta y acometida. Se localiza en la Calle Zamakoa. Afectada por la ejecución del recinto apantallado de la VE-2 de la estación de Galdakao.	25 m	25 m	La reposición consistirá en la ligera modificación del trazado de la tubería para bordear el recinto apantallado. Por situarse en calzada será reforzada con hormigón.
S.A. nº105	Tubería de FD Ø150, arqueta y acometida. Afectada por la ejecución del recinto apantallado del EBA de la estación de Galdakao.	20 m	23 m	La reposición consistirá en la ligera modificación del trazado de la tubería para bordear el recinto apantallado

## 7.7.2 ALUMBRADO

AYUNTAMIENTO DE GALDAKAO				
SERVICIO AFECTADO	CARACTERÍSTICAS Y SITUACIÓN	LONGITUD AFECTADA	LONGITUD REPUESTA	DESCRIPCIÓN
S.A. nº201	Canalización subterránea y focos. Parterre en la Plaza Roja	30 m	30m	La reposición de este tramo de línea de alumbrado se acometerá con la reposición del parterre

## 7.7.3 SANEAMIENTO (RED DE FECALES Y PLUVIALES) MUNICIPAL

SANEAMIENTO MUNICIPAL GALDAKAO				
SERVICIO AFECTADO	CARACTERÍSTICAS Y SITUACIÓN	LONGITUD AFECTADA	LONGITUD REPUESTA	DESCRIPCIÓN
S.A. nº301	Colector de hormigón de 120 mm. En la zona de ejecución de las pantallas para construir la estación de Bengoetxe	50m		No se repone
S.A. nº302	Colector de hormigón de 900 mm. Localizado a la altura del PK 2+710, en la zona de la estación de Bengoetxe	115 m	180 m	Se repondrá previamente a la ejecución de las pantallas
S.A. nº303	Colector de PVC Ø200 mm. Localizado a la altura del PK 2+710, en la zona de la estación de Bengoetxe	22m	35 m	Se repondrá previamente a la ejecución de las pantallas conectándolo al colector de 900 mm
S.A. nº304	Colector de PVC Ø300 mm. En el cañón de acceso a la estación de Galdakao desde la calle Juan Bautista Uriarte	35m	40 m	Se repondrá previamente a la ejecución de las pantallas por el lateral
S.A. nº305	Colector de PVC Ø300 mm. En el cañón de acceso a la estación de Galdakao desde la calle Juan Bautista Uriarte	35m	35 m	Se repondrá previamente a la ejecución de las pantallas por el lateral
S.A. nº306	Galería 1,70x1,50 m. En el cañón de acceso a la estación de Galdakao desde la calle Juan Bautista Uriarte	7 m	7 m	Refuerzo de la galería
S.A. nº307	Colector de PVC Ø300 mm. Plaza Roja de Galdakao en el cañón de acceso	50m	55 m	Se repondrá previamente a la ejecución de las pantallas por el lateral
S.A. nº308	Colector de PVC Ø300 mm. Plaza Roja de Galdakao en el cañón de acceso	50 m	55 m	Se repondrá previamente a la ejecución de las pantallas por el lateral

Memoria

Página 86

SANEAMIENTO MUNICIPAL GALDAKAO				
SERVICIO AFECTADO	CARACTERÍSTICAS Y SITUACIÓN	LONGITUD AFECTADA	LONGITUD REPUESTA	DESCRIPCIÓN
S.A. nº309	Colector de PVC Ø400 mm. Afectada por la ejecución del recinto apantallado de la VE-1	33 m	35 m	Se repondrá previamente a la ejecución de las pantallas por el lateral

## 7.8 SERVICIOS AFECTADOS A REPONER POR TERCEROS

A continuación se hace una relación de los servicios afectados a reponer por terceros (líneas eléctricas, de telecomunicaciones y gas):

### 7.8.1 IBERDROLA. REDES ELÉCTRICAS

IBERDROLA (ELECTRICIDAD)				
SERVICIO AFECTADO	CARACTERÍSTICAS Y SITUACIÓN	LONGITUD AFECTADA	LONGITUD REPUESTA	DESCRIPCIÓN
S.A. nº601	Tramo de línea aérea de alta tensión (30 KV). Estación de Bengoetxe PK 2+750	210 m	240	Desmontaje de la línea aérea y desvío de la misma a través de una canalización enterrada.
S.A. nº602	Tramo de línea subterránea de media tensión. Ventilación de emergencia 1, en la calle Nafarroa	10 m	10 m	Refuerzo o traslado al exterior del recinto apantallado
S.A. nº603	Tramo de línea subterránea de media tensión. Cañón de acceso a la estación de Galdakao desde la calle Juan Bautista Uriarte	30 m	32 m	Traslado de la canalización existente por el exterior del recinto apantallado
S.A. nº604	Tramo de línea subterránea de media tensión. Cañón de acceso a la estación de Galdakao desde la Plaza Roja	10 m	30 m	Se desviará la línea creando nuevos puntos de registro en los 3 nuevos puntos de cambio de dirección
S.A. nº605	Tramo de línea subterránea de media tensión. Eba y ascensor exterior de la estación de Galdakao	88 m	105 m	Traslado de la canalización existente por el exterior de los recintos apantallados
S.A. nº606	Líneas eléctricas subterráneas de baja tensión. Cañón de acceso a la estación de Galdakao desde la calle Juan Bautista Uriarte	88 m	96 m	Traslado de la canalización existente por el exterior de los recintos apantallados

### 7.8.2 TELEFÓNICA. REDES DE TELECOMUNICACIONES

TELEFÓNICA (TELECOMUNICACIONES)				
SERVICIO AFECTADO	CARACTERÍSTICAS Y SITUACIÓN	LONGITUD AFECTADA	LONGITUD REPUESTA	DESCRIPCIÓN
S.A. nº501	Canalización formada por conductos de 110 mm de diámetro. Plaza Roja de Galdakao en el cañón de acceso	50 m	50 m	Se repondrá la canalización existente por el exterior del recinto apantallado

Memoria

Página 87

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO

L5-AG-MN\_Memoria

### 7.8.3 BIZKAIBUS

TRANSPORTE				
SERVICIO AFECTADO	CARACTERÍSTICAS Y SITUACIÓN	LONGITUD AFECTADA	LONGITUD REPUESTA	DESCRIPCIÓN
S.A nº 401	Línea de autobús A3642 Basauri – Bengoetxe - Hospital Galdakao y A3932 Galdakao - Metro Bolueta	-	-	La circulación se desviará junto con el resto del tráfico

### 7.8.4 CORREOS

CORREOS				
SERVICIO AFECTADO	CARACTERÍSTICAS Y SITUACIÓN	LONGITUD AFECTADA	LONGITUD REPUESTA	DESCRIPCIÓN
S.A nº 701	Buzón de correos. Plaza Roja de Galdakao en el cañón de acceso	-	-	Reposición de buzón de correos

## 7.9 DRENAJE

En el Anejo nº6 Hidrología y Drenaje, se describen en detalle las características hidrológicas de la zona de actuación y las redes de drenaje diseñadas, tanto para las obras subterráneas como para las desarrolladas en superficie.

Con la intención de poder dimensionar la sección necesaria de cada elemento proyectado, el primer paso para el diseño y dimensionamiento de la red de drenaje de este tramo ha consistido en la determinación de los caudales de cálculo, habiéndose utilizado para ello los métodos de cálculo y orígenes de caudales que se recogen en la siguiente tabla:

Tramo	Método de cálculo de caudales	Origen de caudales
<b>Tramo a cielo abierto</b>	Método Racional	- Escorrentía superficial
<b>Falso túnel</b>	Método de Darcy	- Agua Infiltración freática
<b>Túnel en mina</b>	Método Analítico de Goodman	- Agua Infiltración freática - Agua procedente de falsos túneles
<b>Estación de Galdakao</b>	Método de Darcy	- Agua Infiltración freática - Agua procedente de la limpieza de la estación - No se permite la entrada de caudales externos
<b>Estación de Bengoetxe</b>	Método de Darcy	- Agua Infiltración freática - Agua procedente de la limpieza de la estación - No se permite la entrada de caudales externos

Memoria

Página 88

### 7.9.1 DRENAJE DEL TÚNEL

El proyecto contempla la ejecución de un túnel en mina de vía doble en los siguientes tramos: PK 1+540,000 – PK 2+549,012, PK 2+739,214 – PK 3+668,712 y PK 3+793,000 – PK 4+340,000, en los que los caudales a drenar serán los procedentes de la infiltración del macizo rocoso, habiéndose previsto para ello tanto dispositivos propios del drenaje longitudinal, como transversal, según se describe seguidamente.

En lo que se refiere al drenaje transversal, para recoger los caudales infiltrados a través del sostenimiento se han previsto bandas drenantes entre dicho sostenimiento y el hormigón de revestimiento, abarcando tanto los hastiales, como la bóveda. Estas bandas drenantes tendrán una anchura de 0,5 m y se dispondrán de forma que la separación máxima entre ejes de dos bandas consecutivas será de 3,0 m.

En la base de los hastiales, las bandas drenantes terminan en prolongación recta, siendo interceptadas por 3 tubos de PVC de 50 mm de diámetro cada 3,0 metros. Estos tubos, dispuestos con inclinación hacia el exterior de la sección, conducirán los caudales captados a un canalillo longitudinal de sección semicircular de 50 mm de radio que discurre junto al hastial, en los dos pasillos laterales de servicio.

Con una interdistancia de 8,0 m, así como a ambos lados de las arquetas de los pasillos laterales, una tubería flexible transversal de 50 mm de diámetro desaguará el canalillo por su fondo hasta un canal de 0,30 m de anchura formado por la plataforma de asiento de la doble vía y los pasillos laterales.

El desagüe de este canal se realiza mediante dos tubos de PVC de 75 mm de diámetro, uno a cada lado del túnel, que verterán los caudales a las arquetas del túnel situadas cada 25 m. A estos caudales se incorporan además parte de los procedentes de la plataforma de asiento de la doble vía. Las arquetas de túnel están conectadas mediante un tubo de PVC de 250 mm de diámetro que acaba vertiendo los caudales totales en los pozos de bombeo.

Por su parte, los caudales que puedan acceder a la plataforma de asiento mencionada, también serán desaguados por el canal de 0,30 m de anchura, formado entre la plataforma y los pasillos laterales.

El drenaje longitudinal se resuelve mediante un colector de 250 mm de diámetro situado entre vías (eje del túnel) y pozos de registro cada 25 m.

### 7.9.2 ESTACIONES

Los caudales a desaguar en el caso de las estaciones (Bengoetxe en falso túnel y Galdakao en túnel en mina) proceden de cuatro orígenes diferentes: (i) infiltración del macizo rocoso, (ii)

Memoria

Página 89

elementos exteriores (rejillas de pozos de ventilación), (iii) red de abastecimiento de la estación y (iv) labores de limpieza y mantenimiento de la estación.

Para recoger los caudales de infiltración freática se dispone entre el sostenimiento y el revestimiento, de forma continua en sentido longitudinal, una banda drenante formada por un geotextil y una lámina de impermeabilización de PVC de 2,0 mm de grosor entre la banda y el revestimiento. Transversalmente, esa banda abarca la bóveda y hastiales, llegando hasta un punto situado ligeramente por debajo de la cota de andén.

En los dos extremos inferiores de la banda drenante los caudales captados son recogidos por sendos tubos longitudinales de PVC de 150 mm de diámetro, desaguados cada 6,0 m mediante un tubo de PVC de 150 mm de diámetro que los trasegará hasta el canal formado bajo andenes por la contrabóveda y el tabique existente bajo los mismos. Este canal se desaguará desde ambos lados por tubos de PVC de 110 mm de diámetro enfrentados a las arquetas del eje central de la estación, distanciadas entre sí 15,0 m.

Las arquetas de estación se unen a su vez mediante dos tuberías de PVC de 250 mm de diámetro, que parten del centro de la caverna y llegan a las arquetas finales, una en cada testero de la estación, de las que se desaguará al pozo de bombeo por medio de sendos tubos de PVC de 300 mm de diámetro y una pendiente del 2,0%. A lo largo de la estación dicha tubería de 250 mm irá alojada en un hueco de 0,60 m formado por los tabiques separadores de los conductos de la E.B.A.

En cuanto a los caudales procedentes del exterior a través de los diferentes pozos, su captación se llevará a cabo dando pendientes a la solera de las galerías (2,0% longitudinal y 1,5% transversal) y colocando los correspondientes sumideros en los puntos bajos de las mismas. Estos caudales serán evacuados mediante los correspondientes colectores a los pozos de bombeo.

El drenaje del ascensor y su cuarto de máquinas se realizará dando a las soleras una pendiente del 2,0% y recogiendo los caudales resultantes con tubos de PVC de 150 mm de diámetro que los conducirán mediante una bajante de PVC de 150 mm de diámetro, hasta una arqueta de rotura de carga, para posteriormente ser conducidos hasta la arqueta final del testero mediante otro tubo de PVC de 150 mm de diámetro.

En los cañones de acceso los caudales procedentes de lluvia se recogerán con una canaleta colocada al final de las escaleras fijas, desde donde serán transportados hasta una arqueta con rejilla dispuesta antes de las escaleras mecánicas mediante un tubo de PVC de 150 mm de diámetro y un 2,0% de pendiente. Una vez en este punto se saca un tubo de PVC de 150 mm a partir del cual se deja caer el agua por el pavimento inclinado por debajo de las escaleras y se recoge con otra rejilla. En este punto se recoge también el caudal de infiltración procedente de los drenes longitudinales y ambos son vertidos mediante un tubo de PVC de 200 mm de diámetro hasta

Memoria

Página 90

L5-AG-MN\_Memoria

los andenes. Para ubicar éste tubo se hace una perforación inclinada hasta la zona bajo andenes para posteriormente desaguar en el colector general de PVC de 250 mm de diámetro.

En cuanto al túnel de ventilación E.B.A., es dotado en superficie con una canaleta rectangular perimetral con rejilla para recoger los caudales generados a cielo abierto. Los caudales no recogidos por la rejilla son recibidos en una canaleta semicircular de 0,15 m de radio dispuesta en solera, a la que se ha dado una inclinación transversal de 1,5%. Los caudales así captados son recogidos por una arqueta que desagua mediante un tubo de PVC de 150 mm de diámetro hasta una segunda arqueta con rejilla que también recoge el caudal de infiltración de la cámara de ventilación. Desde esta segunda arqueta los caudales son vertidos en la arqueta final situada en el túnel por un tubo de PVC de 200 milímetros de diámetro.

Además del anterior, también se ha previsto el drenaje de otras zonas de la estación, en las que puede darse la presencia de agua de forma esporádica (labores de limpieza y potenciales fugas de conducciones contra incendios o de abastecimiento). Para la recogida de estos caudales, estas zonas (bajo andenes, foso de ascensores y huecos de E.B.A.) han sido dotadas de solera inclinada con sumideros en puntos bajos y colectores que desaguan bien al colector longitudinal situado bajo las vías, o bien directamente a los pozos de bombeo.

La evacuación al exterior de todos los caudales captados se realiza mediante dos pozos de bombeo dentro de la estación y próximos a los testeros de la caverna, función para la que serán dotados de un grupo de bombas calculado a partir del caudal de cálculo y de la altura de elevación de los caudales.

### 7.9.3 RED DE DRENAJE DISEÑADA

La aplicación de los criterios expuestos da como resultado la tramificación de la red de drenaje que se detalla en la siguiente tabla y que se detalla en el Anejo nº 6 Hidrología y drenaje.

Esquema Red Drenaje	Tramo		Características del tramo	Pendiente longitudinal	Origen de caudales
	P.K. Inicio	P.K. Fin			
↓	1+540,000	1+737,12	Túnel en mina	-0,5%	Tramo incluido en el Proyecto de Construcción del tramo Sarratu - Aperribai
<b>Pozo de bombeo</b>	<b>1+737,12</b>	<b>Punto bajo del trazado. Caudal a evacuar: (a estimar tras el Proyecto de Construcción del tramo Sarratu – Aperribai)</b>			
↑	1+737,12	1+982,13	Túnel en mina		Caudal procedente de infiltración freática
↓	1+982,13	2+311,21	Túnel en mina	-5,0%	Caudal procedente de la infiltración freática Caudal procedente de la Galería de emergencia de Olabarrieta
<b>Pozo de bombeo</b>	<b>2+311,21</b>	<b>Punto bajo del trazado. Caudal a evacuar (45,11 + 10,27 + 21,44 + 6,06) = 82,88 l/s</b>			
↑	2+311,21 (tramo 3)	2+549,01	Túnel en mina	5,0%	Caudal procedente de la infiltración freática Caudal procedente del tramo anterior
↑	2+549,01	2+626,94	Falso Túnel	5,0%	Caudal procedente de la infiltración freática Caudal procedente de la Ventilación de Emergencia 1
<b>Pozo de bombeo</b> ↑ ↓	2+626,94	2+739,21	Estación de Bengoetxe	0,0%	Caudal procedente de la infiltración freática Caudal procedente de la limpieza de la estación Caudal procedente de Obras Singulares y Cañones
<b>Pozo de bombeo</b>					
↓	2+739,21	3+253,28	Túnel en mina	-5,0%	Caudal procedente de la infiltración freática Caudal procedente de la Ventilación de Emergencia 2
<b>Pozo de bombeo</b>	<b>3+253,28</b>	<b>Punto bajo del trazado. Caudal a evacuar (23,35 + 6,00 + 1,63 + 12,27 + 8,15 + 1,20) = 52,60 l/s</b>			
↑	3+253,28	3+668,71	Túnel en Mina	1,0%	Caudal procedente de la infiltración freática Caudal procedente de la Ventilación de Emergencia Nafarroa
<b>Pozo de bombeo</b> ↑ ↓	3+668,71	3+793,00	Estación de Galdakao	0,5%	Caudal procedente de la infiltración freática Caudal procedente de la limpieza de la estación Caudal procedente de Obras Singulares
<b>Pozo de bombeo</b>					
↓	3+793,00	3+884,45	Túnel en Mina	0,0%	Caudal procedente de la infiltración freática
↓	3+884,45	4+340,00	Túnel en mina	-0,3%	Caudal procedente del Tramo Anterior Caudal procedente de la infiltración freática Caudal procedente de la Ventilación de Emergencia Zamakoa Caudal procedente de la Galería de emergencia de Abusu

Memoria

Página 92

L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO



## 7.10 SUPERESTRUCTURA DE VÍA

En el Anejo nº13, Superestructura de vía, se procede a la justificación de las características de los componentes de la superestructura de la vía ferroviaria, que deberán disponerse con motivo de las obras asociadas a la implantación de la Línea 5 del FMB en el tramo Aperribai-Galdakao.

La superestructura de vía está constituida por los carriles, traviesas sobre las que se apoyan los carriles, a las que hay que añadir el pequeño material de vía (placas de asiento, bridas, soldaduras, sujeciones, etc.) y una superficie donde asentar (vía en placa).

Las diferentes especificaciones acerca de los materiales, ensayos, etc., quedan recogidas en los correspondientes artículos del Documento Nº 3, Pliego de Prescripciones Técnicas.

En el presente proyecto, entre Aperribai y Galdakao se ha diseñado la plataforma típica que adopta Metro Bilbao en su sección de túnel en mina. Se trata de una típica vía en placa “tipo metro doble vía stedef” modificando la sujeción de manera que se sustituye la placa SLK1 por un clip. El eje diseñado de la línea de metro discurre en este tramo soterrado en su totalidad. Este tramo comienza conectando con la vía existente del tramo Sarratu – Aperribai a la altura del testero este (lado Galdakao) de la Estación de Aperribai, en el PK 1+540.

En el PK 1+615,29 se dispone una doble diagonal tipificada como **DDM-B1-UIC54-190-1:10,5-CR-3300**, que permite realizar un cambio de sentido de las circulaciones en caso de que la explotación de la línea lo requiera.

La doble vía continúa ya con similar entreje (de 3,3 m a 3,6 m en función de radio de curvatura) en sección de túnel en mina hasta llegar a la estación de Bengoetxe (PK 2+573 a 2+760). La estación se ha diseñado con andenes laterales por lo que la disposición de la vía no cambia guardando un entreje de 3,30 m. Una vez superada la estación de Bengoetxe la doble vía continua en sección túnel en mina convencional hasta llegar a la estación de Galdakao (PK 3+684 a 3793) Se extenderá la vía más allá del testero para permitir la colocación de una doble diagonal tipificada como **DDM-B1-UIC54-190-1:10,5-CR-3300** (PK 3+825,74), que permite realizar un cambio de sentido de las circulaciones en caso de que la explotación de la línea lo requiera.

### **Secciones Tipo**

La sección tipo de la superestructura en los tramos de **vía en placa** es la siguiente:

- Losa de hormigón armado, tipo Metro de Bilbao: (MB-8-NV-1-001)
- Traviesas bibloque separadas según el radio de curvatura: (MB-8-NV-1-001)

Memoria

Página 93

L5-AG-MN\_Memoria

RADIO (m)	SEPARACIÓN ENTRE TRAVIESAS (m)
100-150	0,70
150-250	0,80
250-400	0,90
> 400	1,00

- Carril UIC-54-900-A grado R260, montado en barras elementales de 18 metros
- Fijación elástica con clip, SKL – 1

## 7.11 ESTACIÓN DE BONGOETXE

En el Anejo nº8 se desarrolla la descripción, diseño y dimensionamiento de los diferentes elementos que conforman la Estación de Bengoetxe, perteneciente a la Línea 5 del F.M.B.

La Estación de Bengoetxe se implanta dentro del municipio de Galdakao, concretamente en el barrio de Bengoetxe, en el entorno de las unidades de ejecución UE-BE-2 y UE-BE-3, al norte de la N-634, junto a la escuela de Hostelería situada en la calle Sixta Barrenetxea.

En planta la Estación tiene unas dimensiones de 186 m. entre emboquilles y corresponde en el trazado de proyecto con el tramo comprendido entre los PK 2+573 y PK 2+759. Engloba las zonas de andenes, vías, vestíbulo y distribución, y dispone de dos accesos desde el exterior, uno mediante edículo tipo fosterito a la cota +49,60 y otro mediante ascensor a la cota +50,35, además de la salida de emergencia.

A continuación se resumen las características generales de la Estación de Bengoetxe.

- Estación con andenes laterales.
- Los andenes útiles se encajan entre los PK 2+648,6 a 2+738,6
- Accesibilidad. Se da accesibilidad al barrio de Bengoetxe y a los futuros desarrollos urbanísticos a implantar en la UE-BE-2 y UE-BE-3. Con la futura creación de una pasarela que conecte ambas márgenes de la N-634 se conseguirá mejorar la accesibilidad a la Estación, ya que se permitirá el acceso desde el polígono industrial.
- Se mantiene el acceso rodado en la calle Sixta Barrenetxea.
- Cotas
  - cota rasante: +34,45 m.

Memoria

Página 94

L5-AG-MN\_Memoria

- cota andenes: +35,50 m
- cota vestíbulo: +40,60 m.
- cota urbanización: variable desde +49,25 m. a +53,37 m.
- Longitud útil de los andenes 90 m., con una pendiente del 0‰.
- El acceso a la estación se realiza desde uno de los testeros y se coloca salida de emergencia en el testero opuesto.
- Se colocan escaleras mecánicas de subida y bajada, para acceder desde el acceso hasta el vestíbulo, y escaleras fijas desde el andén al vestíbulo
- Los andenes tendrán un ancho de 4,91 m.
- Ventilación bajo andén (EBA), se colocará perpendicular al canal ferroviario en la zona de la excavación a cielo abierto ejecutada para la realización de la estación.
- Las ventilaciones de emergencia se proyectan una de ellas en la zona de excavación a cielo abierto ejecutada para la realización de la estación y la otra se proyecta excavada en la zona de túnel en mina, debido al condicionante que plantea la urbanización prevista.

La estación, y parte del túnel de línea anexo, al oeste de la estación, se ejecuta como “cut and cover”. A nivel estructural, la estación queda configurada por un recinto apantallado, pantallas de hormigón armado ejecutas in-situ, mediante hidrofresa. Estas pantallas se empotran en roca, por debajo de la cota de máxima excavación. La excavación entre pantallas se ejecuta al amparo de las propias pantallas con un sostenimiento provisional mediante dos alineaciones de anclajes.

La cubrición de la estación se realiza mediante una losa aligerada, formada por vigas prefabricadas “doble-T”, apoyadas sobre las pantallas, con una losa de 25 cm. de canto por encima de las vigas. Esta cubierta además de soportar las cargas de la urbanización superior son el sostenimiento definitivo de las pantallas, a modo de puntales entre alineaciones de pantallas, por ello la losa superior (la capa de compresión de 25 cm. de espesor) se une solidariamente a las pantallas. Para asegurar un correcto funcionamiento de las pantallas se necesita de un apuntalamiento intermedio que se consigue con una losa intermedia (la del vestíbulo de acceso) y en la zona libre, entre el vestíbulo de entrada y la salida de emergencia, mediante vigas prefabricadas (a modo de pérgola) que hacen las veces de codales entre pantallas.

La estructura interior de la estación, así como el resto de cuartos técnicos, se resuelve con elementos de hormigón armado ejecutados in-situ.

El acceso a la estación se realiza por el extremo oeste de la misma, aprovechando el tramo de túnel de línea que se ejecuta también como “cut and cover”, y disponiendo el acceso al vestíbulo intermedio por encima de las vías del suburbano. Este vestíbulo se materializa como losa maciza,

Memoria

Página 95

L5-AG-MN\_Memoria

utilizando en algún tramo paneles plano prefabricado, o como losa aligerada del mismo tipo que la cubierta pero con menor canto.

En el extremo este de la estación se proyecta una salida de emergencia, mediante un núcleo de escaleras que sale a la urbanización abrigado por un pequeño edículo.

## 7.12 ESTACIÓN DE GALDAKAO

En el Anejo nº9 se desarrolla la descripción, diseño y dimensionamiento de los diferentes elementos que conforman la Estación de Galdakao. La estación es subterránea en su totalidad y su diseño responde a la estación tipo del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao, que lleva consigo una serie de elementos estructurales asociados: los cañones, el ascensor, las ventilaciones de emergencia, la ventilación del sistema E.B.A, etc....

La Estación de Galdakao se implanta en el núcleo urbano de Galdakao, en el entorno de la Plaza Roja. La caverna que da cabida a la misma tiene una longitud total de 108 metros, englobando las zonas de andenes, vías, vestíbulo y distribución, y dispone de tres accesos desde el exterior.

El primer acceso es un cañón que sale a superficie en la confluencia de la Avenida Juan Bautista Uriarte y Euskadi Kalea y entronca con la Estación en su hastial derecho, a la altura del PK 3+700. El segundo cañón emerge en Bernart Etxepare Kalea, a la altura de Plaza Roja, distante en superficie 195 m. del anterior, y entronca con la caverna por el testero final de ésta. El tercero es el ascensor que permite acceder a la estación desde Euskadi Kalea, junto a la Plaza Roja y el nuevo parking ubicado en las inmediaciones de la misma.

### 7.12.1 ESQUEMA FUNCIONAL

La estación consta de: Cuartos técnicos y de explotación, andenes, accesos a andenes, vestíbulo y accesos desde la vía pública al vestíbulo.

En la caverna se disponen dos niveles a diferente altura, el nivel de andenes y el de mezzanina, y para comunicar ambos niveles se instalan, por un lado, los correspondientes tramos de escaleras y, por otro, para los usuarios con movilidad restringida, ascensores panorámicos.

Un metro y tres centímetros por encima de la rasante de vía se sitúa el nivel de andenes. Esta zona de la estación constituye el espacio donde el viajero accede directamente al tren y en él se encuentran, además, parte de los cuartos técnicos de que consta la estación. Éstos se localizan en los extremos de la caverna, separados por 91,20 m. de andén, rematando los testeros de la estación.

Memoria

Página 96

L5-AG-MN\_Memoria

Para la distribución de los locales destinados a cuartos técnicos, tanto en este nivel como en el de mezzanina, se han seguido las indicaciones dadas por la dirección del proyecto respecto a necesidades funcionales y de espacio.

El segundo nivel existente en la caverna se denomina nivel de mezzanina y queda 5,55 metros por encima de la rasante de vía y 4,5 metros por encima del andén. Este nivel no existe en toda la longitud de la caverna, sino únicamente en las zonas más cercanas a los testeros, dejando así un tramo central de unos 43 metros donde sólo hay nivel de andenes.

Aquí, además de existir cuartos técnicos similares a los existentes en el inferior, se ubica el vestíbulo que da cabida a los sistemas de venta de billetes y de control del tráfico de personas que acceden al ferrocarril metropolitano.

La zona destinada a cuartos técnicos se ubica en las estructuras de hormigón armado implantadas en cada extremo de la caverna a tal efecto, mientras que el resto del nivel, formado por la mezzanina como tal, es una estructura metálica formada por una plataforma de acero colgada de forma puntual en la caverna mediante tirantes metálicos.

En el vestíbulo la anchura de plataforma viene determinada por el número de máquinas canceladoras necesario, en este caso es suficiente con los 6 metros de anchura, que es la dimensión mínima que se puede adoptar en el F.M.B.

#### 7.12.2 ESTRUCTURAS INTERIORES DE LA CAVERNA DE ESTACIÓN

Para el establecimiento de los diferentes espacios que conforman la estación de Galdakao resulta necesario construir en el interior de la caverna varias estructuras.

- Estructura de andenes

La estructura de andenes se extiende a lo largo de toda la caverna de la estación y a cada uno de los lados de la misma, formando dos andenes de 91,20 metros de longitud por 4,55 m de anchura.

Cada una de estas estructuras está formada por dos vigas longitudinales de sección rectangular apoyadas a intervalos regulares de 4,8 m en sendos pilares que transmiten la carga directamente a la contrabóveda.

La superficie del andén se realiza con forjado aligerado unidireccional formado con vigueta autoresistente de 17 cm. de canto y bovedilla cerámica. Este forjado se apoya sobre las mencionadas vigas longitudinales y se extiende a lo largo de toda la longitud de los andenes.

En esta estructura, al igual que ocurrirá con la estructura de soporte de vías, se ha adoptado la solución tipo que el F.M.B. utiliza en todas las estaciones similares a la de Galdakao.

Memoria

Página 97

L5-AG-MN\_Memoria

- Estructura de soporte de vías

La estructura de soporte de vías es la encargada de transmitir las cargas desde la superestructura hasta la contrabóveda y está formada por una placa maciza de hormigón armado que cubre el espacio entre andenes y que descansa sobre muretes que se extienden a lo largo de toda la longitud de la caverna.

Existen cuatro alineaciones de muretes dispuestas simétricamente con respecto al eje de la estación, estando dos de ellas debajo del eje de cada vía y las otras dos en los andenes. En la unión de la placa con las dos alineaciones centrales de muretes se coloca un capitel que se extiende a lo largo de toda la alineación de muretes, incluso en las zonas de huecos, donde funciona como refuerzo de la placa formando una viga de sección trapecial.

- Estructura de cuartos técnicos

En ambos extremos de la caverna se ubican las estructuras que tienen la función de alojar parte de las instalaciones de la estación, tanto equipos como instalaciones para el personal. Constan de dos alturas, la primera de ellas a nivel de andenes y la segunda a nivel de mezzanina.

Los cuartos técnicos de inicio de estación ocupan una superficie en planta de 99,08 m<sup>2</sup> en el nivel de mezzanina y de 52,25 m<sup>2</sup> en el de andenes.

Los de final de estación ocupan una superficie en planta de andenes de 78,78 m<sup>2</sup> y en el nivel de mezzanina de 70,72 m<sup>2</sup>.

El forjado a nivel de mezzanina consiste en una losa maciza de hormigón armado de 25 cm. de espesor, reforzada con una serie de vigas colgadas que, apoyadas en 4 pilares y en los hastiales de la caverna, forman el conjunto de la estructura. Estos pilares coinciden con pilares de andén y transmiten sus cargas directamente a la contrabóveda.

- Estructura de mezzanina y escaleras andén-mezzanina

El acceso a la estación desde el exterior se realiza en el lado Sarratu por ambos hastiales de la caverna, uno procedente del cañón de la Avenida Juan Bautista Uriarte y otro del ascensor, una vez dentro de la estación el acceso continúa primero por un forjado que se apoya en los pilares de los cuartos técnicos y que da paso luego a una estructura de acero colgada de forma puntual en la bóveda de la caverna mediante tirantes metálicos. Al ser éste el vestíbulo principal, cuenta además con ascensores panorámicos que permiten acceder desde el forjado de mezzanina a los andenes.

En el extremo del lado Hospital, el cañón de Plaza Roja entra al nivel de mezzanina por testero, incorporándose al forjado central de la estructura de cuartos técnicos para pasar luego a una estructura metálica colgada idéntica a la del testero opuesto. En este testero, el forjado de cuartos técnicos cuenta con dos niveles distintos, estando el nivel central 1,40 m. por encima de los niveles

Memoria

Página 98

L5-AG-MN\_Memoria

laterales, que dan cabida a los cuartos de comunicación y señalización y de baja tensión. Unas escaleras permiten bajar de uno a otro nivel en cada habitáculo.

En ambos testeros, la comunicación entre la plataforma metálica de la mezzanina y los andenes se realiza a través de escaleras de tipo imperial. De cada mezzanina surgen dos escaleras, una hacia cada andén, cada una de las cuales a su vez se desdoblan, llegando dos rampas de escalera hasta cada andén. La repetición del tipo de forjado y de escalera en cada extremo de la caverna, permite disponer vías de acceso completamente independientes entre sí.

### 7.12.3 ACCESOS EXTERIORES

La imagen exterior de los accesos supone la zona común de la calle y el ferrocarril metropolitano por lo que estos elementos deberán por un lado servir de reclamo a los usuarios del servicio y por otro incorporarse a la trama urbana a modo de mobiliario.

En este caso, tanto los cañones como el ascensor atienden a la línea de diseño seguida en las estaciones del F.M.B. de características similares a esta. Así, el cañón de acceso de la Avenida Juan Bautista Uriarte tiene como reclamo en superficie la estructura conocida como “fosterito” y el cañón de Plaza Roja (Bernart Etxepare Kalea) y el ascensor son igualmente identificables con el F.M.B.

Las secciones tipo en los cañones son las convencionales utilizadas por el F.M.B. para las estaciones de las Líneas 1 y 2, ya en servicio.

- Cañón de Acceso desde la Avenida Juan Bautista Uriarte.

El cañón de acceso desde la Avenida Juan Bautista Uriarte permite acceder al vestíbulo salvando un desnivel total de 21,93 metros mediante tres tramos de escaleras. El más próximo a la superficie será de escaleras fijas, al salvar un desnivel de apenas 4,5 metros, mientras que los dos siguientes comparten escalera fija y dos escaleras mecánicas, una de salida y otra de entrada, para descender los 17,45 metros restantes.

Para ejecutar en superficie la excavación necesaria para albergar el tramo de cañón situado por encima del nivel de roca, se ha previsto el establecimiento de un recinto a cielo abierto contenido mediante una entibación de pantallas de micropilotes con carriles embebidos, habitualmente utilizada en las entibaciones del F.M.B.

Los micropilotes que forman la pantalla tienen un diámetro de 25 cm., están separados entre sí 40 cm. y se arman con carriles UIC 54. La parte del micropilote que está en contacto con la base del carril se elimina en la parte superior de los pilotes para así poder soldar los carriles a las vigas perimetrales para que el conjunto trabaje de forma solidaria. Los perfiles elegidos para el

Memoria

Página 99

L5-AG-MN\_Memoria

arriostamiento de los micropilotes son del tipo HEB y van soldados entre sí formando la viga perimetral.

- Cañón de Acceso desde Plaza Roja

El cañón ubicado en la Calle Bernart Etxepare, en la esquina nordeste de la Plaza Roja, salva un desnivel total de 26,17 metros entre la calle y el vestíbulo mediante tres tramos de escaleras. El tramo más próximo a la superficie cuenta con una escalera fija que cubre los primeros 4,5 metros de descenso. Las otras dos tramadas cuentan con una escalera fija central y una mecánica a cada lado de la misma (una de subida y otro de bajada), salvando cada tramo uno un desnivel de 10,84 metros

Las entibaciones se realizarán con idéntica tipología y características a las descritas en el apartado anterior para el primer cañón de acceso.

- Ascensor de acceso para Usuarios con Movilidad Reducida

Con el fin de dotar de un acceso adecuado a la estación a los usuarios de movilidad reducida se ha establecido un ascensor que comunica la vía pública con el nivel de mezzanina de la estación, salvando un desnivel de 23,40 metros.

El ascensor desciende desde Euskadi Kalea, frente a esquina suroeste de Plaza Roja, hasta un pasillo que accede por el hastial izquierdo (PK crecientes) de la caverna al vestíbulo oeste de la estación. El pozo de ascensor tiene un diámetro de 3 metros, estando prevista su ejecución mediante Raise-Boring.

Para ejecutar en superficie la excavación necesaria para albergar el tramo de pozo de ascensor que se sitúa por encima del nivel de roca, se ha previsto el establecimiento de un recinto contenido mediante una entibación similar a la descrita en los casos anteriores.

#### 7.12.4 VENTILACIONES

La ventilación proyectada para la caverna de la Estación de Galdakao se compone de dos chimeneas de ventilación de emergencia, una en cada extremo de la estación, y una tercera que soluciona la ventilación del sistema de Evacuación Bajo Andén (EBA).

##### 7.12.4.1 VENTILACIÓN DE EMERGENCIA DE LA ESTACIÓN

En todas las estaciones se dispone de una chimenea de ventilación en cada extremo de la caverna que conecta el túnel de línea con el exterior, permitiendo así aminorar el efecto pistón que producen los trenes al entrar y salir de las estaciones y atenuar las corrientes que estos movimientos crean en los andenes y cañones de acceso. Las chimeneas permiten derivar al exterior parte de esa corriente de aire suavizando así además en gran manera las subpresiones y sobrepresiones generadas en la

Memoria

Página 100

L5-AG-MN\_Memoria

caverna. La primera de las ventilaciones de la Estación de Galdakao sale a superficie en Nafarroa Kalea y la segunda en Zamakoa Kalea.

Estas chimeneas de ventilación natural colaboran también a la ventilación forzada en casos de emergencia, para ello se dispone en cada una de ellas, en la zona de su conexión con el túnel, una cámara capaz de dar cabida a dos ventiladores axiales. Estos aparatos son reversibles, extraen o inyectan aire, permitiendo así crear una ventilación forzada que establece en las chimeneas más cercanas al punto de riesgo los flujos de aire adecuados para controlar la situación de emergencia y, en caso necesario, permitir la evacuación de usuarios y personal.

Para ejecutar la obra de superficie, se ha previsto el establecimiento de un recinto sostenido mediante una entibación constituida por micropilotes con carriles ferroviarios embebidos, igual a la descrita en los accesos a la estación.

- Ventilación de la Calle Nafarroa

Esta ventilación de emergencia de la Estación de Galdakao arranca en el túnel de línea, justo antes de la caverna de forma que la cámara de ventiladores queda situada aproximadamente a la altura del PK 3+633.

A continuación de dicha cámara se sitúa la galería, también perpendicular al túnel de línea que comunica la cámara de ventiladores con los dos pozos de salida al exterior. Estos pozos son de 3 metros de diámetro interior y se excavan verticales.

La salida al exterior del pozo de ventilación coincide con la calzada de esta calle, se diseña doble rejilla de ventilación a cada lado de los pozos. Las rejillas en superficie se han implantado, siguiendo el procedimiento habitual en las ventilaciones del F.M.B., de forma que no queden sobre los pozos sino retranqueadas a un lado, con el fin de que cualquier objeto que caiga por dicha rejilla no llegue hasta el fondo de los mismos. La rejilla queda sobre la calzada, al igual que los pozos de ventilación, que se perforan desde la calzada.

- Ventilación de la Calle Zamakoa

En la calle Zamakoa, en el tramo que se extiende entre los cruces de las Calles Urki y Muguru, emerge a superficie la ventilación de emergencia de la estación del lado del final de línea. La cámara de ventiladores se sitúa perpendicular al túnel de línea, a la altura aproximada del PK 3+864.

A continuación de dicha cámara se sitúa la galería que comunica la cámara de ventiladores con los dos pozos de salida al exterior, también perpendicular al túnel de línea. Los pozos se perforan en vertical mediante la técnica de Raise-Boring y son también de 3 metros de diámetro interior.

Memoria

Página 101

L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO



En este caso los pozos de ventilación, así como las rejillas de aireación, salen a superficie coincidiendo con la calzada de la calle Zamakoa, para evitar molestias a los peatones, quedando también retranqueadas con respecto a la salida de los tubos.

#### 7.12.4.2 VENTILACIÓN DEL SISTEMA E.B.A.

Adicionalmente a las ventilaciones de emergencia descritas, la estación dispone de un sistema independiente de ventilación, correspondiente al sistema de Extracción Bajo Andén que funciona de forma continua. Este sistema tiene por función la extracción del aire contaminado y el calor producido por el funcionamiento normal de los trenes.

El sistema produce un barrido en la estación y andenes con aire fresco proveniente del exterior a través de los cañones de acceso a la vez que se extrae el aire existente bajo los andenes, que es la zona donde se genera la mayor contaminación y calor dentro de la estación, ya que es donde tienen lugar las frenadas y arranques de los trenes.

Cada andén dispone de su propia línea de extracción de gases desde donde se conducen a la unidad de extracción donde el aire es filtrado para eliminar en lo posible las impurezas que contiene antes de ser impulsado al exterior mediante el ventilador tubular ubicado en la cámara de 30 Kw. de potencia estimada.

El ventilador se ubica en la galería que entronca con el túnel de línea a la altura del PK 3+668. La galería es perpendicular al túnel y termina en el pozo de ventilación que conecta con el exterior.

Esta ventilación del sistema E.B.A sale a superficie en las inmediaciones del aparcamiento subterráneo construido inmediatamente al oeste de Plaza Roja, entre las calles Lapurdi y Euskadi. La conexión entre la galería y el exterior se realiza a través de un único pozo, de igual sección que los realizados en las ventilaciones de emergencia descritas anteriormente, que asciende en vertical.

### 7.13 INCIDENCIA EN EL ENTORNO URBANO

En el Anejo nº14, Incidencia en el entorno urbano, se analizan las afecciones que la implantación del F.M.B. originará en el entorno de la obra, abordando las siguientes cuestiones:

- Afecciones a edificios. Se recoge toda la información posible relativa a los edificios que se encuentran situados en las proximidades del trazado, con el fin de determinar si alguno de ellos presenta alguna característica que lo haga especialmente vulnerable a las obras a ejecutar.
- Afecciones al tráfico rodado. La ejecución de las obras correspondientes a las estaciones de Bengoetxe y Galdakao, así como otras actuaciones puntuales en superficie, requerirá la ocupación de diferentes áreas, incluyendo zonas destinadas a la circulación de vehículos. Con

Memoria

Página 102

L5-AG-MN\_Memoria

el fin de paliar en lo posible estas afecciones será necesario prever los correspondientes desvíos provisionales para el tráfico rodado, los cuales se recogen en este anejo.

- Urbanización de calles afectadas. La ejecución de diversas obras requerirá la ocupación de ciertas zonas en la superficie. Una vez finalizados los trabajos, será necesario reponer las áreas afectadas, restituyendo la pavimentación, los elementos ornamentales y el mobiliario urbano que hubiera sido necesario retirar durante la ejecución de los trabajos.

#### 7.13.1 AFECCIONES A EDIFICIOS

Debido a las afecciones que la implantación de la línea pudiera originar en el entorno urbano, en especial a los edificios de viviendas, naves industriales y garajes subterráneos que se encuentran en las proximidades del trazado, se ha realizado un estudio de las diferentes edificaciones en el radio de acción de la línea, que da como resultado el Inventario de Edificios incluido en el Anejo nº 14. El objetivo es determinar si alguno de ellos presenta alguna característica que lo haga especialmente vulnerable a las obras a ejecutar.

El inventario ha servido como base para el diseño del trazado de la Línea 5 y de sus estaciones, con el objetivo de evitar en la medida de lo posible afecciones a edificaciones. El hecho de discurrir por suelo edificado, condiciona en primera instancia el trazado en túnel, por la necesidad de no interferir con el mismo, y además implica tener en consideración las posibles plantas de sótanos de los edificios, obligando a descender la cota de la rasante a una distancia suficiente de la cimentación de los mismos con el fin de no afectarlos.

Se ha tenido especialmente en cuenta en el diseño de la caverna de la estación de Galdakao, situada baja la Plaza Roja, y los cañones y el ascensor de acceso, por su proximidad a las diferentes edificaciones existentes y la profundidad de los sótanos de las mismas. En el diseño de la estación y de las obras subterráneas a realizar se ha realizado teniendo en cuenta la profundidad de cimentación de los edificios y la morfología del sustrato rocoso sobre el que apoyan, de manera que se evite afección alguna a los mismos.

#### 7.13.2 AFECCIONES AL TRÁFICO RODADO

La ejecución de las obras en superficie incluidas en el presente Proyecto de Construcción implica una serie de interferencias con el tráfico rodado y peatonal que a continuación se describen brevemente. Los desvíos diseñados para garantizar el tráfico rodado y peatonal se describen ampliamente en el Anejo nº14 y se incluyen en los planos de proyecto. En dichos planos se muestran los desvíos a realizar junto a la señalización provisional asociada a los mismos.

Memoria

Página 103

L5-AG-MN\_Memoria

### 7.13.2.1 ÁREA DE OLABARRIETA

Recientemente se ha ampliado el camino de Aperribai a su paso por el barrio de Olabarrieta y reordenado el acceso a la N-634, facilitando el acceso a ambos barrios desde la N-634 pasando bajo en enlace situado a la altura del PK 109 de la AP-8. Se prevé un nuevo acceso a este camino para ejecutar la Galería de emergencia de Olabarrieta.

Por otra parte, en la calle de acceso al barrio de Olabarrieta, frente a la iglesia, se dispondrá la arqueta de rotura de carga del bombeo. Es necesario canalizar las aguas pluviales hasta el punto de conexión más próximo del vial, que se sitúa frente al número 21. Se trata de un colector de 300 mm, precisándose realizar un desvío de unos 60 metros de longitud para ejecutar el colector de conexión. Su ejecución se plantea con tráfico alternativo, bien mediante señalistas, bien con semáforos y trabajos diurnos.

### 7.13.2.2 ÁREAS DE BENGOETXE

Las obras en superficie en el barrio de Bengoetxe se concentran en la UE-BE-2 y UE-BE-3 sin desarrollo actual.

Así pues, los desvíos de tráfico a diseñar vienen dados por las obras de implantación de la Estación de Bengoetxe y los desvíos de servicios que conlleva, entre ellos una línea de AT de Iberdrola y varias redes de abastecimiento y saneamiento, destacando un colector de 900mm de saneamiento municipal.

La calle Sixta Barrenetxea verá temporalmente reducida su sección, con paso alternativo de carriles para la ejecución de la reposición de una línea de AT de Iberdrola. Al finalizar las obras se repondrá en similares condiciones a las que presenta en la actualidad.

### 7.13.2.3 ÁREA DE GALDAKAO

Los desvíos de tráfico a diseñar vienen dados por las obras de construcción de los accesos en superficie a la Estación de Galdakao y las ventilaciones de emergencia y EBA asociados a la misma. Los desvíos diseñados para garantizar el tráfico rodado y peatonal, así como la señalización provisional asociada a los mismos, se describen en el Anejo nº14 y se reflejan en los planos contenidos en el Apéndice nº14.5.

- Ventilación de Emergencia c/Nafarroa

La salida al exterior del pozo de ventilación emerge a superficie coincidiendo con la calzada de la calle Nafarroa. Tanto las rejillas de ventilación como los pozos emergen en superficie ocupando parte de la calzada, por lo que será necesaria la definición de un desvío de tráfico durante la ejecución de los trabajos.

Memoria

Página 104

L5-AG-MN\_Memoria

La ubicación y dimensiones de la arqueta visitable asociada a la obra singular conllevan el cierre al tráfico rodado de esta calle durante la ejecución de la misma. Únicamente se verán afectados los vecinos de las viviendas más próximas, que además verán reducido el número de aparcamientos disponibles.

Se propone durante la fase de obras eliminar los 4 aparcamientos en batería ubicados en la intersección con la calle Juan Bautista Uriarte de manera que en este tramo la calle pase a ser de doble sentido y garantizar así el acceso a la misma.

- Ventilación EBA de la Estación de Galdakao

Está previsto que emerja a superficie en una zona peatonal que ha sido reurbanizada recientemente junto al parking subterráneo de Lapurdi y que comunica la Calle Nafarroa y la Calle Euskadi. Tanto la rejilla proyectada como el pozo de ventilación se insertarán en parte sobre un área ajardinada y en parte sobre unas escaleras, por lo que se ha previsto su reposición con un ligero desplazamiento de la escalera para que la rejilla quede en zona ajardinada. No obstante, la entibación necesaria para la construcción de la arqueta visitable invade un área mayor e incluso afecta a la explanada del parking de Lapurdi.

No se prevé la ejecución de ningún desvío, ya que se entiende que podrá mantenerse el flujo de viandantes por el tramo de acera remanente tras la ejecución de la entibación y por el parking adyacente.

- Ascensor de la Estación de Galdakao

El ascensor proyectado se ubicará próximo al cruce entre la calle Euskadi y la calle Nafarroa. Tanto el ascensor como la urbanización prevista se situarán en una zona ajardinada. Por lo tanto, la obra singular diseñada no conlleva ninguna afección a viales próximos y únicamente, y al igual que en el caso anterior, durante la fase de obras la acera de la calle Euskadi tendrá que ver reducida su anchura en un pequeño tramo a causa de la entibación necesaria para la construcción de la arqueta visitable.

- Cañón de Acceso desde Juan Bautista Uriarte

El cañón de acceso se ubica en el cruce entre la calle Euskadi y la calle Juan Bautista Uriarte, y transcurre en paralelo a un edificio de viviendas de reciente construcción que cuenta con dos plantas de sótano. No hay interferencia entre dicho edificio y el cañón proyectado, aunque ambos quedan muy cercanos.

Sin embargo, en previsión de que durante las labores de entibación del recinto y posterior excavación resultasen necesarios cortes puntuales de la calzada, en el Apéndice nº12.5 se adjuntan los correspondientes desvíos de tráfico.

Memoria

Página 105

L5-AG-MN\_Memoria

- Cañón de Acceso desde Plaza Roja

Este cañón de acceso se ubica en el extremo este de la Plaza Roja, ocupando parcialmente la acera de la calle Bernart Etxepare anexa a la plaza. Tanto el propio cañón como la entibación necesaria para su construcción, ocuparán buena parte del lateral de la plaza, viéndose reducido a un único punto (la esquina más próxima a Urki Kalea) el acceso a la misma desde la calle Bernart Etxepare durante la ejecución de las obras.

En previsión de que las obras de ejecución de entibaciones y excavación pudiesen requerir el corte temporal del tramo de la Calle Bernart Etxepare anexo a las excavaciones en superficie, se plante en el Apéndice 17.5 el correspondiente desvío. El corte afectaría además a la intersección con la Calle Muguru.

- Ventilación de Emergencia c/ Zamakoa

Tanto las rejillas de ventilación como los pozos se insertan en la calzada de la calle Zamakoa, a la altura de los portales 9 y 10, por lo que se hará necesaria la definición de un desvío de tráfico durante la ejecución de las obras. Los usuarios que quieran acceder a la calle Muguru desde la calle Urki deberán desviarse por la calle Ganekogorta y los usuarios que deseen ir a la calle Urki desde la calle Muguru deberán hacerlo por la calle Bernart Etxepare.

#### 7.13.2.4 ZONA DE ABUSU

Las obras incluyen la construcción de la Galería de emergencia con salida a superficie en el barrio de Abusu, donde se proyecta el emboquille de la galería de emergencia coincidiendo con la parcela en que se ubica el antiguo Parque de Bomberos de Galdakao.

En esta zona se proyecta una de las rampas de ataque del tramo Aperribai-Galdakao, desde la que se ejecutarán las obras de la Galería de emergencia (salida peatonal/ventilación) y se ejecutará también parte del túnel de línea, aprovechando para ello la galería principal de esta obra singular. Las labores asociadas a estos trabajos exigen contar con una zona destinada a albergar las instalaciones y elementos auxiliares de obra.

El acceso a estas zonas de obra se realiza directamente desde la N-634, a través del vial que da acceso al barrio de Abusu. Ninguna de las obras proyectadas afecta a itinerario peatonal o rodado alguno, por lo que no se requiere desvío provisional alguno.

Una vez finalizadas las obras el área afectada por las mismas se urbanizará, de manera que el edificio de la Galería de emergencia quede integrado en el entorno y el conjunto quede en condiciones iguales o mejores a las previamente existentes.

Memoria

Página 106

L5-AG-MN\_Memoria

### 7.13.3 REPOSICIÓN Y URBANIZACIÓN DE CALLES AFECTADAS

Son varias las zonas afectadas por las obras, donde será necesario proceder a la reposición y urbanización de distintos viales una vez finalizadas las obras.

#### 7.13.3.1 ÁREA DE BENGOETXE

La ejecución de las obras correspondientes al falso túnel y la estación previstos en el área de Bengoetxe implica la ejecución de grandes obras en superficie que afectan a una gran extensión, en la que se incluye la Calle Sixta Barrenetxea, que servirá de acceso a la zona de obras y que soportará además la reposición de algunos de los servicios afectados.

Las zonas donde se prevé será necesario proceder a la reposición de los firmes son, en principio, zonas de la calle Sixta Barrenetxea y la calle que da acceso a la zona de casetas del área logística de Bengoetxe.

Puesto que se carece de aforos específicos en la calle Sixta Barrenetxea, desde donde se accede a la N-634 se ha calculado el tráfico correspondiente a ésta (T2A) y se ha reducido en 3 categorías el tráfico en la calle (T3B).

#### 7.13.3.2 ÁREA DE GALDAKAO

La ejecución de las obras previstas en superficie en la zona de Galdakao, cañones de acceso, pozos de ventilación y ascensores de la estación, tendrán repercusión en el paisaje urbano ya que suponen levantar el pavimento de las zonas afectadas y retirar elementos ornamentales, vegetación y mobiliario urbano que estorbe la ejecución de las obras aquí proyectadas.

La reposición de los viales afectados incluirá, una vez finalizadas las obras, la renovación de la pavimentación de todas las zonas de acuerdo, en cada caso, con el tráfico que estas soportan y con la pavimentación existente en la actualidad. Además, deberá urbanizarse la zona devolviendo, en la medida de lo posible, todos los elementos retirados y urbanizando toda el área de manera que los nuevos elementos que aporta el ferrocarril metropolitano queden perfectamente integrados en el entorno.

Las zonas en las que será necesario reponer la pavimentación existente una vez finalicen las obras son las siguientes:

- Ventilación de Emergencia C/ Nafarroa

Se deberá reponer la calzada tras la ejecución de las obras así como el bordillo que limita la zona ajardinada. Además, se deberán transportar árboles al vivero municipal.

Memoria

Página 107

L5-AG-MN\_Memoria

- Ventilación EBA

La obra afectará a una zona ajardinada que será necesario reponer así como el pavimento del bidegorri y de la acera, que también resultan afectados.

- Ascensor Estación de Galdakao

Las obras ocuparán una zona ajardinada anexa a la calle Bernart Etxepare y parte de la acera de la misma. Ambas se deberán ser repuestas al finalizar las obras.

- Cañón de Acceso desde Juan Bautista Uriarte

La entibación necesaria en superficie para la ejecución de este cañón de acceso hará necesaria la urbanización completa de la zona tras la ejecución de las obras.

- Cañón de Acceso desde Plaza roja

Este cañón de acceso se ubica en uno de los laterales de la Plaza Roja y para hacer posible su construcción se define una entibación que afecta a numerosos elementos de mobiliario urbano y a varios árboles que será necesario transportar a vivero. Una vez terminadas las obras, se reurbanizará la zona convenientemente.

Además, adyacente a la entibación se sitúa una haurreskola de reciente construcción. Aunque esta edificación no resulte afectada por las obras definidas, dada su proximidad se recoge en el proyecto para su consideración durante la ejecución de los trabajos.

- Ventilación de Emergencia c/ Zamakoa

Al igual que en el resto de las ventilaciones, la construcción de la arqueta visitable conlleva la definición de una entibación en superficie que afecta únicamente al firme, que deberá ser repuesto una vez finalicen los trabajos.

Para la reposición de los tramos de calzada la sección de firme a disponer deberá ser adecuada para un tráfico T1. En las zonas de acera destinadas exclusivamente a uso peatonal, la reposición del pavimento se realizará con baldosa hidráulica.

## 7.14 ÁREAS DE INSTALACIONES DEL CONTRATISTA

La ejecución de las obras definidas en el presente proyecto requiere la ocupación de ciertas superficies destinadas a albergar instalaciones auxiliares: oficinas, talleres, parque de maquinaria, almacenes de materiales, acopios, etc.

La totalidad de la obra puede ser dividida en 4 grandes zonas de ejecución independiente: túnel de línea (a través de las áreas de Olabarrieta y Abusu), Área de Bengoetxe y Área de Galdakao Centro.

Memoria

Página 108

L5-AG-MN\_Memoria

Los tramos de túnel en mina se abordarán a través de las rampas de ataque de Olabarrieta y Abusu, que se hacen coincidir con sendas galerías de emergencia, al ser la sección tipo del túnel de línea y la de las galerías idénticas.

La ejecución de la Estación y el Falso Túnel de Bengoetxe requiere además de la implantación en el entorno de los mismos de un área para instalaciones auxiliares y otro para acopios, a esto hay que unir la implantación en esta zona de casetas de obra asociadas a la totalidad del tramo.

Por último, en la zona de Galdakao Centro, en concreto al noroeste del aparcamiento ubicado junto a la Plaza Lehendakari Agirre (Pza. Roja) se ubica una pequeña área logística, necesaria para la ejecución de las obras en superficie previstas en esta zona (Cañón Juan Bautista Uriarte, Cañón Plaza Roja, Ascensor, ventilaciones de emergencia y ventilación EBA.) que incluye una zona de acopios y otra de contenedores.

En el Anejo nº15 se analizan, para cada una de estas áreas, la casuística e instalaciones planteadas. La posición relativa de cada una de ellas es la siguiente:



- Área de Instalaciones de Olabarrieta

El área destinada a albergar estas instalaciones se ubica en dos parcelas adyacentes al vial del camino Aperribai y próximas a la carretera A-8, con acceso por Aperribai Bidea desde la N-634. La superficie destinada a albergar las instalaciones auxiliares es la siguiente:

- Área de Casetas: se reserva una superficie de 1.017 m<sup>2</sup> para almacenes, planta de lodos, etc. No se dispone de casetas destinadas a acoger los vestuarios, aseos o comedores, ubicándose éstas en el área de Bengoetxe.

Memoria

Página 109

L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO

- Área de Acopios: con una reserva de suelos de 90 m<sup>2</sup>

El acceso a obra coincide con el de la galería de la ventilación de emergencia de Olabarrieta, con un tramo inicial en falso túnel de 45 metros y un segundo tramo en túnel excavado en mina, de igual sección que el túnel de línea.

- Área de instalaciones de Bengoetxe

Para poder realizar las obras que permitan la ejecución de la estación, el contratista necesita disponer de una superficie importante destinada a instalaciones de obra y acopio de materiales. La zona elegida se ubica en las inmediaciones de la calle Sixta Barrenetxea con acceso directo desde la N-634 a través de la citada calle.

Actualmente las parcelas sobre las que se planea la implantación no presentan uso alguno observándose gran cantidad de maleza. En ellas el Ayuntamiento de Galdakao planea un desarrollo urbanístico compatible con la ejecución de la estación de Bengoetxe.

Las instalaciones definidas en el área de Bengoetxe se pueden diferenciar en:

- Área de Casetas: que incluye aparcamiento, oficinas, vestuarios, aseos, almacenes, centro de transformación...y cuya necesidad de superficie se ha estimado en 1.550 m<sup>2</sup>
- Área de Acopios: con una reserva de suelos de 3.990 m<sup>2</sup>

El proyecto incluye los servicios de electricidad, saneamiento y abastecimiento necesarios para la correcta explotación del área.

El acceso a estas zonas de obra se realiza directamente desde la N-634, a través de la calle Sixta Barrenetxea. No se define ningún acceso de obra ya que se accede directamente desde viales existentes en la actualidad.

- Área de instalaciones de Galdakao Centro

El área escogida se ubica inmediatamente al sur del aparcamiento existente en el centro de Galdakao, junto a la Plaza Lehendakari Agirre (más conocida como Plaza Roja). Se trata de una superficie anexa a la acera de la Calle Euskadi, donde se ubica el futuro Cañón de Juan Bautista Uriarte. Se ocupa la zona urbanizada y parte del aparcamiento de superficie, sin ocupar la zona que tiene sótanos.

Puesto que no se prevé la implantación de casetas de obra ni instalaciones auxiliares en esta zona, no es necesario conectar esta área a las redes de abastecimiento ni suministro eléctrico.

El acceso a esta zona se plantea desde dos puntos, desde la propia Calle Lapurdi y la calle Euskadi, y también desde la Calle Nafarroa.

Memoria

Página 110

L5-AG-MN\_Memoria

## 7.15 OBRAS SINGULARES

De acuerdo con la NFPA 130, los tramos de túnel de gran longitud deben contar con salidas de emergencia, espaciadas de tal forma que desde cualquier punto del mismo se asegure una distancia máxima de 381 metros a alguna salida, lo que implica una separación entre salidas de emergencia de 762 metros.

Esta distancia se considera como referencia y se aplica con cierta holgura, de forma que en estudios similares se consideran admisibles distancias entre salidas de emergencia en túneles de hasta 1.000 metros. Realizamos el análisis de las distancias entre las estaciones de Aperribai, Bengoetxe, Galdakao y Hospital, para analizar la necesidad de infraestructuras de emergencia en el tramo objeto del presente proyecto, que se inicia en el PK 1+540 (final del falso túnel que se proyecta para alojar la estación de Aperribai) y finaliza en el PK 4+340 (punto en el que comienza el tramo contiguo, Galdakao-Hospital).

La longitud del trazado subterráneo entre la estación de Aperribai y la estación de Bengoetxe excede estos 1.000 metros, por lo que es necesario implantar una infraestructura de emergencia que entronca con el túnel en el PK 1+975 y cuya boca se sitúa en la zona de Olabarrieta. Queda a unos 563 metros del final de andén de la estación de Aperribai, y a unos 674 metros del inicio del andén de la estación de Bengoetxe.

La distancia entre las estaciones de Bengoetxe y Galdakao es del orden de unos 955 metros, por lo que no es necesario disponer infraestructura de emergencia entre estas dos estaciones.

Entre las estaciones de Galdakao y Hospital del tramo 3, la longitud de túnel en mina es del orden de 2.200 m. Es por ello necesaria la implantación de dos infraestructuras de emergencia, las cuales se ubican en el PK 4+325 (Salida de emergencia de Abusu) y en el PK 5+320 (Salida de emergencia de Puentelatorre, incluida en el proyecto del tramo Galdakao - Hospital).

El diseño funcional de estas obras singulares es el siguiente: cuentan con una galería de emergencia principal que conecta el túnel de línea con la salida a superficie, y una segunda galería de emergencia de escasa longitud (40-50 metros), de igual sección que la anterior, que arranca del túnel de línea a escasos metros de la primera y conecta con ella en su otro extremo. La sección utilizada para estas galerías coincide con la del túnel de línea, de manera que se puede utilizar la galería principal como rampa de ataque del túnel de línea.

En el Anejo nº22 se recoge todo lo relativo a estas obras singulares.

### 7.15.1 SALIDA DE EMERGENCIA DE OLABARRIETA

La salida se sitúa en el PK 1+975 del túnel de línea. Además, se plantea una ventilación de emergencia en el PK 1+997, con la que confluirá la galería peatonal, de forma que la sección estará

Memoria

Página 111

L5-AG-MN\_Memoria

compartida por la ventilación y por la salida de emergencia que se hace necesaria para el túnel en mina.

La galería de ventilación será utilizada además como rampa de ataque para la excavación del túnel en mina durante las obras de construcción del mismo. Ascende hacia la superficie con una pendiente del 15% y tiene una longitud total de 142 metros (mas 45 m en falso túnel). La salida de emergencia peatonal presenta una pendiente del 1,00% entre su entronque con el túnel de línea y su entronque con la galería de ventilación (unos 30 m de longitud).

La anchura total de la sección excavada es de 8,80 m. En el tramo común, se reservan 3,50 m de pasillo para el tránsito peatonal y el resto para conducto de ventilación.

La salida de emergencia aparece en superficie en el barrio de Olabarrieta en el término municipal de Galdakao, donde sólo será visible la sencilla estructura de hormigón que permite acceder a la salida de peatones y que facilita el tránsito del aire de ventilación.

El acceso al exterior se realiza tras superar 22 tramos de escaleras, salvando un desnivel de aproximadamente 23 m.

#### 7.15.2 SALIDA DE EMERGENCIA DE ABUSU

La salida se sitúa en el PK 4+325 del túnel de línea. Además, se plantea una ventilación de emergencia en el PK 4+305, con la que confluirá la galería peatonal, de forma que la sección estará compartida por la ventilación y por la salida de emergencia que se hace necesaria para el túnel en mina.

La galería de ventilación será utilizada además como rampa de ataque para la excavación del túnel en mina durante las obras de construcción del mismo. Ascende hacia la superficie con una pendiente de 10,50% y tiene una longitud total de 360,57 metros. La salida de emergencia peatonal presenta una pendiente del 1,00% entre su entronque con el túnel de línea y su entronque con la galería de ventilación (unos 43 m de longitud).

La anchura total de la sección excavada es de 8,80 m. En el tramo común, se reservan 3,50 m de pasillo para el tránsito peatonal y el resto para conducto de ventilación.

La salida de emergencia de Abusu emerge a la superficie en el barrio Abusu de Galdakao, en un área contigua al edificio de Bomberos ahora en desuso, donde se implantará el edificio de hormigón que albergue los conductos de ventilación y las puertas de emergencia de acceso al exterior.

El acceso al exterior se realiza tras superar 33 tramos de escaleras, salvando un desnivel de aproximadamente 34 m.

Memoria

Página 112

L5-AG-MN\_Memoria

#### 7.15.2.1 PANTALLA DE MICROPILOTES ABUSU

Se trata de una pantalla para contener el frente y laterales de la plataforma de la salida de emergencia de Abusu. Dicha pantalla estará formada por micropilotes de 250 mm de diámetro de perforación y armadura tubular 127x9 mm. dispuestos cada 50 cm.

La estructura se desarrolla en tres planos conformando una “U” en planta con una longitud aproximadamente 55,85 m. Los alzados de la pantalla presentan cuatro niveles principales de anclaje con espaciamiento vertical constante de 3,00 m.

Los niveles de anclaje se definen a partir de riostras de hormigón armado con dimensiones de 0,40 x 0,60 m adosadas a la pantalla excavada donde se sitúan puntos de anclaje con cadencia horizontal constante de 3,00 m. Adicionalmente a las riostras de anclaje se solidariza la cabeza de los micropilotes a partir de una viga de coronación y atado de sección rectangular de 0,50 x 0,70 m. donde igualmente se sitúan puntos de anclaje con cadencia horizontal de aproximadamente 4,00 m.

Previamente a la demolición de la zona del emboquille, se ejecutará el sostenimiento del túnel formado por una viga o zuncho de 0,70x1,00 metros de sección que servirá además de como viga de atado del paraguas de micropilotes del túnel, como elemento de contención de la parte de pantalla existente sobre la clave del túnel. Dicho sostenimiento estará apoyado sobre zapatas de 3,00x1,00 metros y un canto de 1,10 m.

#### 7.15.2.2 MUROS DE HORMIGÓN ARMADO ABUSU

Se definen dos muros “in situ” mediante encofrado por ambas caras, constituido por un alzado de altura variable para adaptarse a los rellenos de los taludes generados por la ejecución de la plataforma de salida de Abusu.

Ambos muros, con una alineación recta en planta, se ejecutarán como continuidad de la pantalla de contención de micropilotes. El Muro 1, tendrá una longitud en planta de aproximadamente 16,25 metros y el Muro 2 de 10,10 metros.

Ambos muros tendrán la misma tipología en “L”, consistiendo esta en un alzado variable en altura y espesor constante de 30 cm y en una cimentación de 50 cm de canto y 150 cm de longitud.

El muro se apoyará sobre el sustrato rocoso sano con una tensión admisible de 5 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 7.15.3 EDIFICIOS DE SALIDA

Tanto el edificio de salida de Abusu como el de Olabarrieta tienen unas dimensiones aproximadas de 13 m de largo y 10 m de ancho, con muros de hormigón de 0,60 que dan lugar a un ancho interior de 8,80 al igual que el túnel de mina. Cada estructura alberga en un sólo edificio la salida peatonal de emergencia al exterior y la chimenea de salida del conducto de ventilación de

Memoria

Página 113

L5-AG-MN\_Memoria

emergencia, la cual se produce a través de la cubierta de la estructura que dispone a tal efecto de una zona inclinada y cerrada por una rejilla.

En la parte frontal de la estructura se dispone una puerta de doble hoja de 1 m de ancho por hoja de salida/entrada a la instalación, que sólo se abrirá en caso de emergencia o para labores de mantenimiento. Esta puerta da acceso a un vestíbulo interior en el que desemboca la salida de emergencia para peatones y desde el que además se puede acceder, a través de una segunda puerta, al conducto de ventilación de emergencia.

Esta estructura dispone de la red de drenaje necesaria para canalizar al exterior el agua que pueda entrar por la rejilla de ventilación para ello se proyecta la solera del edificio con pendiente hacia el exterior y se disponen canaletas en los extremos evacuando en agua captada por estas mediante tubo de PVC de Ø 200mm.

## 7.16 EQUIPOS E INSTALACIONES

En el Anejo nº10, Equipos e Instalaciones, se desarrollan los equipos e instalaciones a ejecutar en el proyecto, que serán las descritas a continuación:

### 7.16.1 ESTACIONES DEL FMB

Las instalaciones proyectadas en el marco del presente proyecto constructivo de obra civil en las estaciones del tramo son las que se recogen a continuación: Abastecimiento de agua y saneamiento, suministro de energía eléctrica, obra civil para escaleras mecánicas y extinción de incendios, red de tierras, ventilación de emergencia y alumbrado provisional de túneles

#### 7.16.1.1 SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y SANEAMIENTO

El abastecimiento de agua potable a las estaciones de Bengoetxe y Galdakao se hace desde la red municipal de Galdakao. Por medio de una red de 3" que parte de las citadas redes municipales, se acomete al cuarto de control y distribución de agua. Desde este cuadro parte la red (3") que alimenta las Bies y otra red bajo andén que conforma un anillo de 1 ½ " que alimenta a las diferentes ubicaciones

Por lo que se refiere al saneamiento de las estaciones, dada la imposibilidad de conectarlo directamente con las redes de saneamiento municipales existentes en la zona, por la inexistencia de cota para que se evacue por gravedad, es necesario proyectar en las estaciones filtros biológicos, derivando el agua depurada al pozo de bombeo más próximo, desde donde serán bombeadas a la red municipal de saneamiento de Galdakao.

Memoria

Página 114

L5-AG-MN\_Memoria

#### 7.16.1.2 SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

A la hora de diseñar las redes de alimentación eléctrica dentro de la estación hay que tener en cuenta dos escenarios temporales distintos: Situación provisional de obra y situación definitiva o de explotación.

En la situación provisional de obra se han contemplado 4 acometidas provisionales de 100 Kw cada una de ellas, situadas en:

- Salida de emergencia de Olabarrieta
- Estación de Bengoetxe
- Estación de Galdakao
- Salida de emergencia de Abusu

Estas acometidas provisionales a la estación de Bengoetxe y Galdakao, una vez finalizadas las obras se transforman en las acometidas de emergencia que alimentarán a los servicios esenciales en caso de fallo de la red propia. Las acometidas provisionales a las galerías de emergencia se desmantelarán una vez concluidas las obras.

En la situación definitiva la alimentación de energía eléctrica a la estación y/o ubicaciones (pozos de bombeo, ventilaciones de emergencia, EBA) se realiza a través de TPC de diámetro 160 mm. para los cables de media tensión (13,2 Kv) y de 110 mm. para los de baja tensión que se albergan dentro de los dados de comunicaciones situados en los hastiales del túnel.

#### 7.16.1.3 ESCALERAS MECÁNICAS

El proyecto incluye la definición de la obra civil necesaria para su futura implantación y los tubos que permiten la llegada de los cables de alimentación y mando.

#### 7.16.1.4 SISTEMAS DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS

El sistema de extinción de incendios estará compuesto por tomas de columna seca y un conjunto de bocas de incendio equipadas (BIE'S) por un lado, y extintores manuales por otro.

En los fosos de maquinaria de escaleras mecánicas se instalará un sistema modular de halón 1211, de 2,5 dm<sup>3</sup>, con disparo automático, provocado a su vez por el disparo de un detector termovelocimétrico allí situado.

#### 7.16.1.5 RED DE TIERRAS DE LAS ESTACIONES

El esquema de la red de puesta a tierra primaria de las estaciones de la Línea 5 es TNS, instalándose una única tierra.

Memoria

Página 115

L5-AG-MN\_Memoria

La puesta a tierra comprenderá los siguientes elementos:

- Instalación de electrodos de puesta a tierra.
- Instalación mallazos equipotenciales en centros de transformación.

En el Anejo nº10, Equipos e Instalaciones, se desarrollan las prescripciones técnicas a tener en cuenta para su ejecución.

#### 7.16.2 VENTILACIONES DE EMERGENCIA

En el caso de las ventilaciones de emergencia, se realiza la obra civil necesaria para la instalación de los transformadores y cuadros de baja tensión que alimentarán a los ventiladores de las ventilaciones de emergencia y al alumbrado definitivo del túnel. También se dotan de agua potable para la realización de operaciones de limpieza.

#### 7.16.3 ALUMBRADO DE LOS TÚNELES

Para poder realizar la ejecución de Obra Civil de los túneles con las suficientes garantías de seguridad para los operarios, se precisa de un alumbrado provisional en los túneles.

Es por ello que el Contratista de Obra Civil instalará unas pantallas fluorescentes y unas líneas eléctricas provisionales para tal fin. Este alumbrado provisional se alimentará desde los cuadros de obra a ubicar en las diferentes estaciones y salidas de emergencia. Además, cada cierto número de pantallas dispondrán de kits autónomos de emergencia. En el Anejo nº10 se describen el resto de características del alumbrado de túneles, aportándose los cálculos.

### 7.17 CONDUCCIONES

A continuación se describen las conducciones contempladas en el presente proyecto de cara a la construcción del tramo Aperribai-Galdakao de la Línea 5 del FMB, las cuales quedan ampliamente recogidas en el Anejo nº 10.

#### 7.17.1 CONDUCCIONES DE ELECTRICIDAD, CORRIENTE DEBILES Y COMUNICACIONES

En el tronco de la línea 5 del FMB se disponen dos dados de hormigón a ambos lados de las vías. En su configuración básica la disposición de estos dados es la siguiente:

- Dado izquierdo: 9tpc Ø110, 2 tritubos de Ø50 y 1 tpc Ø50
- Dado derecho: 6tpc Ø110, 2tpc Ø160, 2 tritubos de Ø50 y 1 tpc Ø50

Memoria

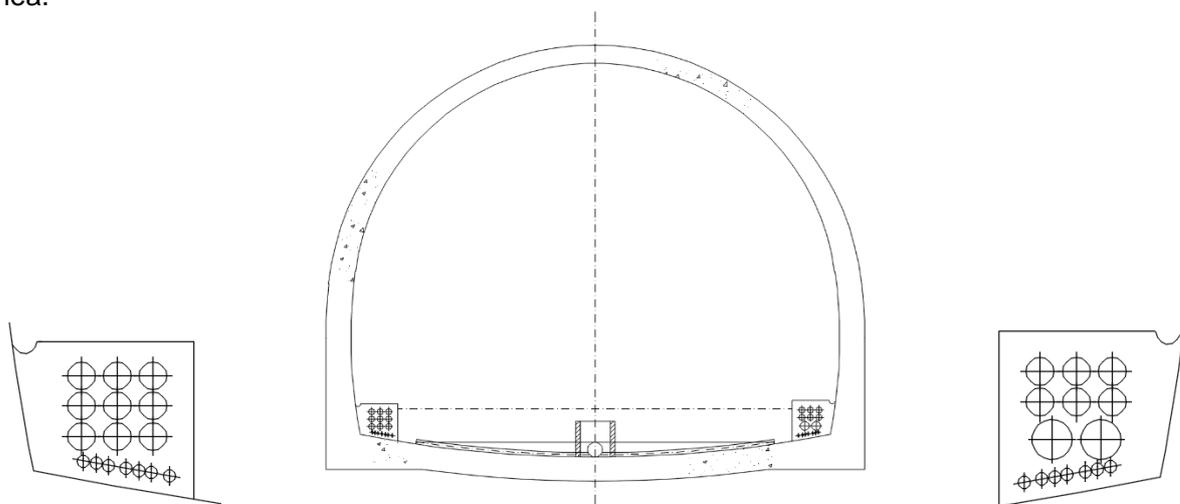
Página 116

L5-AG-MN\_Memoria

Estos datos se ven suplementados en las inmediaciones de las salidas de emergencias, ventilaciones de emergencia y EBA en el número de tubos (tpc Ø110) necesarios para alimentar a los equipos a instalar.

Se disponen arquetas de hormigón cada 30m reduciendo la distancia entre ellas a 15m cuando hay curvaturas pronunciadas, con cruces de 3tpc Ø110 de un dado a otro cada 150 m para las conducciones eléctricas y arquetas cada 300m para las conducciones de corrientes débiles y comunicaciones.

En la siguiente figura se detalla la disposición de estos datos dentro de la sección del túnel de línea.



#### 7.17.2 COLUMNA SECA

La red de columna seca está formada por una conducción de acero de 2 1/2" en cada hastial que discurre por todo el túnel. Por cada hastial y al tresbolillo se han colocado cada 100 metros tomas con racores Barcelona de 45 mm, provistas con válvula de 1 1/2" de diámetro de cierre rápido y antifuego. Al ir al tresbolillo, cada 50 metros a lo largo del túnel siempre hay una toma de columna seca.

En los testeros de las estaciones se ha colocado una toma siamesa con doble racor tipo Barcelona de 45 mm.

Esta red será alimentada por los Bomberos desde las arquetas situadas en vía pública. En cada arqueta se sitúa una boca siamesa bridada de 4" de diámetro, con doble racor tipo Barcelona de 70 mm.

Memoria

Página 117

L5-AG-MN\_Memoria

La conducción desde las arquetas a los puntos de entrada al túnel, generalmente las ventilaciones de emergencia, se realiza con tubería de 4", reduciéndose a 3" en la bajante y a 2 1/2" para la configuración de la red dentro del túnel.

Se han dispuesto arquetas de alimentación para la red de columna seca en:

- Estación de Bengoetxe. Ventilación de emergencia 1
- Estación de Bengoetxe. Ventilación EBA
- Estación de Galdakao. Ventilación EBA
- Estación de Galdakao. Ventilación de emergencia 2

### 7.17.3 DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE Y BIES

La alimentación de estas conducciones de agua se realiza desde las redes municipales de abastecimiento que existan en las inmediaciones de la infraestructura. A la estación se acomete con tubería de 3" hasta llegar al cuadro de control y distribución de agua del cual surgen dos redes independientes:

- Red BIEs (columna húmeda de la red contra incendios):

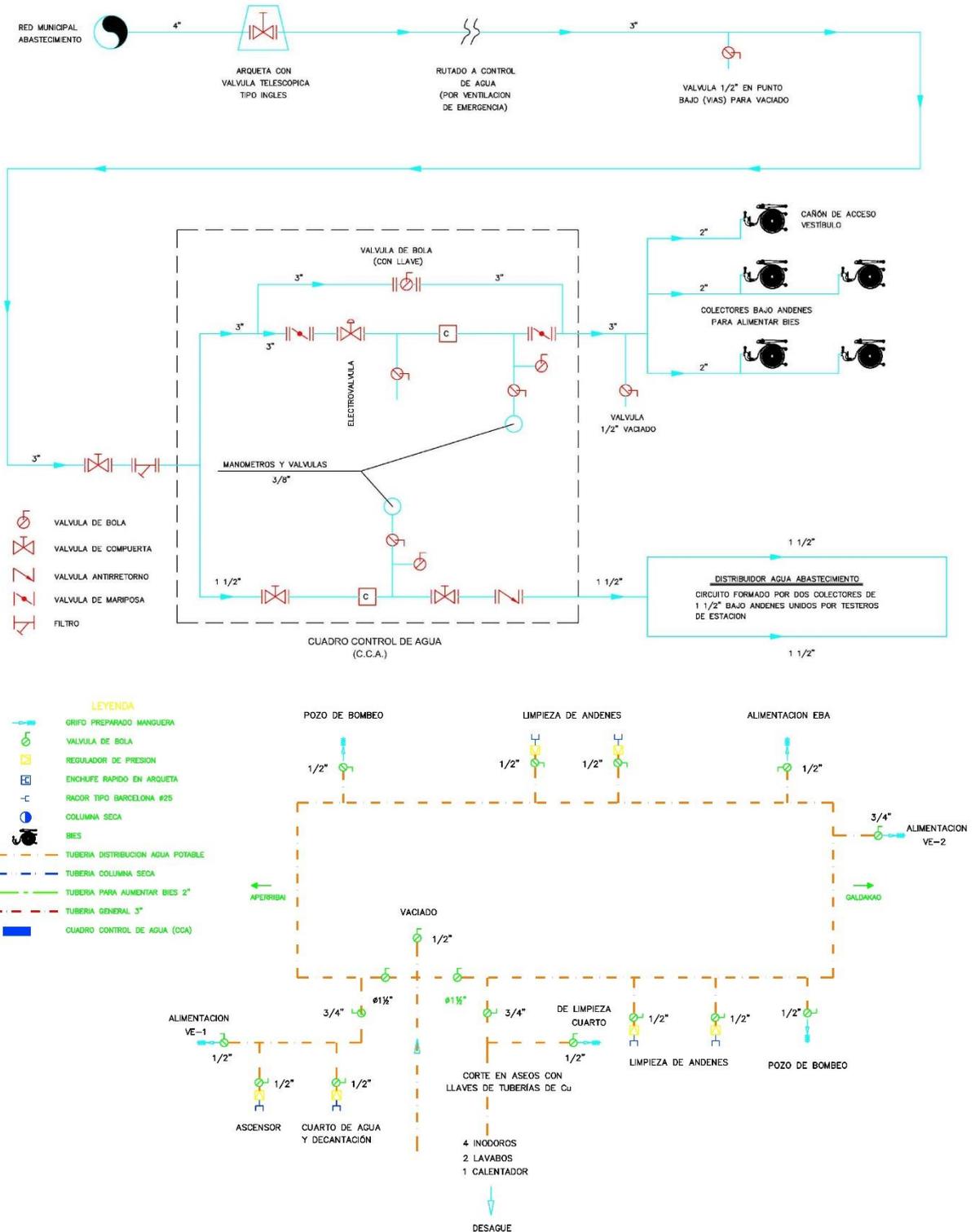
La distribución de agua se realiza por medio de tuberías de 2" de diámetro, reduciendo el diámetro a 1 1/2" para acometer nichos donde se ubican las BIEs.

- Red de distribución y limpieza:

Desde el cuadro de control, la distribución de agua de abastecimiento se realiza por un ramal de 1 1/2" de diámetro, que se bifurca en dos de 3/4", uno para suministrar a los andenes, y otro para el suministro de los vestíbulos y dependencias.

Siendo el esquema de funcionamiento el siguiente:

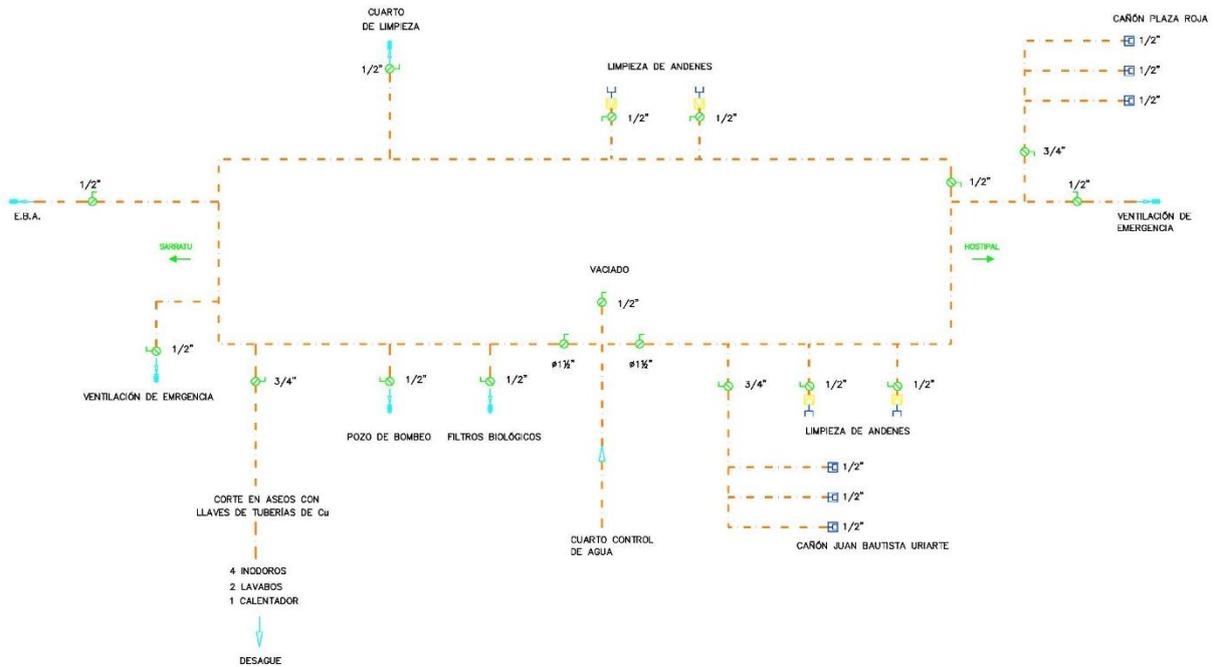
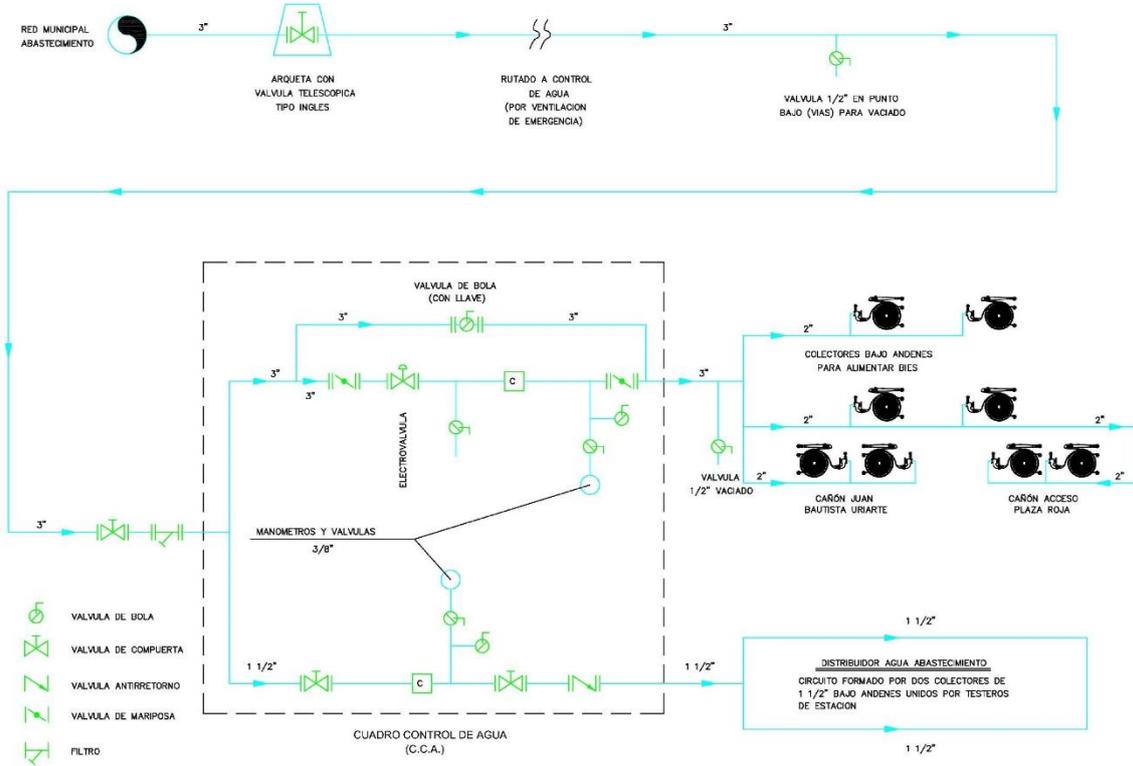
• ESTACIÓN BENGOETXE



Memoria

Página 119

• ESTACIÓN GALDAKAO



Memoria

Página 120

#### 7.17.4 CONDUCCIONES PARA POZOS DE BOMBEO

La evacuación desde los pozos de bombeo se realiza por medio de tubería de acero de diámetro 150/300mm hasta la llegada a la arqueta de rotura de carga, donde se pierde la velocidad del bombeo y desde donde parte el desagüe a la red municipal de saneamiento.

Se han ubicado los pozos de bombeo en los testereros de la estación de Bengoetxe y Galdakao y en los puntos bajos del trazado (PK 1+737 / PK 2+311 / PK 3+253) Dando lugar a un total de siete pozos de bombeo.

En los pozos de línea (3) la tubería de impulsión se sitúa en los puntos bajos, se dispone verticalmente con unas longitudes comprendidas entre 22,6 y 63,4 m a excavar con el método "raise boring".

En los pozos de la estación de Galdakao (2) las tuberías de los bombeos discurren por los dados de comunicaciones hasta la salida de emergencia 1 y 2 para aflorar al exterior por la excavación raise boring realizada para las diferentes ventilaciones.

En los pozos de la estación de Bengoetxe (2) las tuberías de los bombeos afloran a la superficie adosadas a las pantallas de hidrofresa que constituyen la ventilación EBA y el pozo de bombeo del testero Galdakao

#### 7.18 INTEGRACIÓN AMBIENTAL

Las medidas preventivas y correctoras de impacto ambiental que se han diseñado se describen a continuación:

- Parque de maquinaria

Estas zonas contarán con una solera de hormigón que garantice la impermeabilidad del sustrato. Además poseerán un sistema de recogida de aguas mediante cuneta perimetral, que dirija las aguas de escorrentía de la solera hasta una arqueta a la que se conectará una balsa de decantación con un filtro de hidrocarburos que trate las aguas antes de su vertido a cauce.

- Protección del sistema hidrológico

Para evitar la afección a cursos de agua se implantarán balsas de decantación de sólidos en suspensión a la salida de las bocas de ataque. El objetivo de estas balsas es recoger el agua procedente de la perforación del túnel, agua que sale formando parte de los materiales extraídos y que debe ser eliminada antes del vertido de los mismos.

Asimismo se localizarán balsas de decantación en los parques de maquinaria, las cuales se conectarán a los lavarruedas y además recogerán los efluentes de la solera de hormigón de los parques de maquinaria.

Memoria

Página 121

L5-AG-MN\_Memoria

Además se tomarán muestras y se realizará analítica físico-químico del efluente generado en todas las balsas de decantación.

Asimismo se implantará un sistema de tratamiento de lodos (filtro-prensa) en el exterior de las bocas de ataque. Los lodos obtenidos serán tratados primero en un decantador de lodos para luego pasar los fangos resultantes a un filtro-prensa que permitirá su desecación y compactación previa al traslado a vertedero autorizado de los productos resultantes.

- Plataformas de lavado de vehículos

Se construirán plataformas de limpieza de las ruedas antes de las conexiones con la red de carreteras para evitar transportar barro y polvo a las mismas.

El agua resultante de esta limpieza se conducirá a la balsa de decantación.

- Puntos de limpieza de hormigoneras

Como medida de protección, durante los trabajos de hormigón, se excavarán zanjas para el lavado del hormigón de cubas, canaletas, etc., recogiendo la lechada de forma controlada. No se utilizará para ello ninguna zona fuera del área de afección del proyecto.

Será necesario ubicarlas en todos los tajos de la obra en los que se estén realizando trabajos de hormigón.

- Puntos limpios

Se dispondrá de puntos limpios para la segregación y gestión de Residuos Peligrosos y Residuos Sólidos Urbanos en los parques de maquinaria. En la zona de acopios y parque de maquinaria de la calle Euskadi de Galdakao, de la estación Bengoetxe y de las galerías de Olabarrieta y Abusu se ubicarán Puntos limpios de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.

- Balizamiento de vegetación relevante

Se balizará para su protección una zona cercana a la estación de Bengoetxe, la cual se sitúa en una banda paralela al sur de la estación. Esta mancha de vegetación presenta ejemplares de roble (*Quercus robur*), sauce (*Salix sp.*) y aliso (*Alnus glutinosa*).

- Acopios temporales de tierra vegetal.

El acopio de tierra vegetal que será reutilizada en los trabajos de restauración se realizará en lugares afectados por la obra en los que no se disturbe la actividad de obra, alejados de los cursos de agua y sin vegetación y de poca pendiente para minimizar el riesgo de afección a las aguas por arrastre de material en la escorrentía.

- Paisaje urbano

Al ubicarse las obras en un entorno urbano, se buscará minimizar el impacto respecto a los observadores situados a nivel, mediante la instalación de vallas protectoras de colores y formas

Memoria

Página 122

L5-AG-MN\_Memoria

que no supongan un excesivo contraste y que se mantendrán limpias. Estas vallas protegen asimismo a los peatones de los riesgos que entraña el acercarse a las obras.

- Protección de la calidad atmosférica

Se procederá a efectuar riegos que controlen la formación de polvo de las zonas y accesos utilizados habitualmente por la maquinaria de obra. El transporte de los materiales de excavación se realizará en condiciones de humedad óptima y en vehículos dotados con dispositivos de cubrición de la carga. Se dispondrán lugares de limpieza de ruedas para la maquinaria de las obras. Si hubiese quejas de los vecinos durante los movimientos de tierras, se realizarán controles de existencia de partículas sedimentables y de polvo respirable.

- Control de ruidos

Se realizarán mediciones de ruido en fase preoperacional, en fase de obra y en fase de explotación. Se realizarán mediciones en las viviendas cercanas a las obras más expuestas al ruido emitido.

- Control de vibraciones

Ante posibles quejas se procederá a la determinación del nivel de vibraciones de acuerdo con la normativa vigente (Real Decreto 1367/2007, evaluadas conforme al procedimiento establecido en su anexo IV). Para ello se considerará además, la Ley 3/1998, de 27 de febrero, general de protección del medio ambiente del País Vasco.

- Patrimonio arqueológico

Tras consultar el inventario de patrimonio en el Centro de Patrimonio Cultural Vasco del Gobierno Vasco, se han detectado cuatro elementos del patrimonio con protección próximos a las obras: Casa Sixta Barrenetxea 9, con código 1 – 80, próxima a la estación de Bengoetxe; Casa Ibaizabal 50, con código 2 – 81, próxima a la estación de Bengoetxe; Caserío Larrea, con código 3 – 134, próximo a la estación de Bengoetxe; Casa Juan Bautista Uriarte 27, con código 4 – 78, próxima a un cañón de acceso de la estación de Galdakao. Estos elementos se balizarán para ofrecerles protección durante las obras.

- Excavación del túnel

Se ha previsto que la ejecución de los túneles perforados en roca sea realizada mediante máquinas rozadoras, de forma que no se produzcan ruidos, vibraciones o molestias no deseadas. Se dispondrán, además, estaciones de filtración del aire evacuado de los túneles. En las máquinas rozadoras será preceptivo el empleo de aspersores sobre los útiles de corte de la roca para minimizar la emisión de polvo.

- Pozos de ventilación

En cuanto a los pozos de ventilación de emergencia y extracción bajo andén (EBA) se han situado en zonas no peatonales o con baja incidencia en el tráfico peatonal.

El sistema constructivo de estos pozos que plantea menos afección a la superficie es el de perforación mediante escariadores ("raise boring") de abajo hacia arriba.

- Agua de drenaje de túneles

En la fase de explotación, se generarán residuos como grasas y aceites de la maquinaria asociada al proyecto, aguas fecales de los aseos, etc. Se proyectarán sistemas de drenaje tipo para la recogida de las aguas sucias y de infiltración del túnel que se conducirán a los pozos de bombeo que dispondrán de un compartimento donde se depositan las arenas y las aguas residuales serán bombeadas a la red de saneamiento municipal.

#### 7.18.1 PROYECTO DE REVEGETACIÓN

El proyecto de revegetación describe diversas actuaciones encaminadas a la integración paisajística de la obra en el entorno.

La galería de emergencia de Olabarrieta se recupera con un falso relleno y se procederá al labrado de una capa de tierra vegetal de 30 cm, se escarificará y compactará y se hidrosembra con la mezcla de semillas H1. Posteriormente se realizará la plantación de robledal-bosque mixto de frondosas.

En la estación de Bengoetxe se propone una revegetación muy sencilla de todas las superficies a revegetar por medio de hidrosiembra con especies herbáceas. Para la recuperación de estos espacios afectados por la construcción de la estación, primeramente se procederá al labrado de todo el espacio, se aportará una capa de 30 cm de tierra vegetal, se escarificará y compactará y se procederá a sembrar la superficie con la mezcla de semillas herbáceas S1.

En la Estación de Galdakao, y en concreto en la plaza Lehendakari Agirre, se sembrará con la mezcla de semillas herbáceas S1 una zona rectangular. Posteriormente se realizará la plantación de chopos (*Populus nigra*).

El emboquille de las galerías de emergencia de Abusu se procederá al labrado de trepadoras en la cabecera del muro: Hedera Hélix, Parthenocissus Tripcuspidata y Lonicera Periclymenum.

#### 7.18.2 DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

El Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco formuló, con fecha 15 de abril de 2015, la "Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de la Línea 5 del Metro de Bilbao, tramo Ariz-Galdakao Centro promovido por la Dirección de Infraestructuras del Transporte

Memoria

Página 124

L5-AG-MN\_Memoria

del Gobierno Vasco, en los términos municipales de Galdakao y Basauri” y el 30 de agosto de 2016, la “Declaración de Impacto Ambiental de proyecto de la Línea 5 del Metro de Bilbao, tramo Galdakao Centro-Hospital de Galdakao-Usansolo promovido por la Dirección de Infraestructuras del Transporte del Gobierno Vasco, en el término municipal de Galdakao” de donde se deduce la necesidad de incorporar al proyecto un estudio acústico en fase de ejecución y Refundido del Plan de Vigilancia Ambiental.

#### 7.18.2.1 ESTUDIO DE IMPACTO ACÚSTICO

El anejo 18 incluye el Estudio de Impacto acústico completo. A partir de los resultados obtenidos en el mismo se puede concluir que en las zonas evaluadas los niveles producidos por las obras podrían superar los Objetivos de Calidad para el periodo día en las edificaciones de la zona.

En fases más avanzadas de proyecto habrá que solicitar a la empresa adjudicataria de las obras, información de la emisión de cada una de las máquinas que se van a emplear, en condiciones similares de operación, lo que va a permitir corroborar los resultados reflejados en este estudio.

#### 7.18.2.2 DOCUMENTO REFUNDIDO DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El Programa de Vigilancia Ambiental tiene como finalidad principal llevar a buen término las recomendaciones propuestas en el Estudio de Impacto Ambiental y en la Declaración de impacto Ambiental, destinadas a la minimización o desaparición de las afecciones ambientales.

Para garantizar el control de calidad de la obra y de los componentes del entorno y el cumplimiento de la Declaración de Impacto Ambiental, la empresa o grupo de empresas adjudicatarias deberá contratar para la fase de construcción y para el año de garantía, los servicios de una asistencia técnica medioambiental. Sus cometidos serán la realización de un calendario de las obras de recuperación medioambiental, la redacción del Libro de Registro de Eventualidades de la Obra y el control de los límites de ocupación de la obra.

### 7.19 GESTIÓN DE RESIDUOS

En cumplimiento con lo establecido en el REAL DECRETO 105/2008 de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de residuos de construcción y demolición y lo establecido en su Artículo 4 “Obligaciones del productor de residuos de construcción y demolición”, apartado 1, se incluye en el proyecto de ejecución de obra un “Estudio de gestión de residuos de construcción y demolición” con el siguiente contenido:

1. Una estimación de la cantidad, de los residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra.
2. Las medidas para la prevención de residuos en la obra objeto del proyecto.

Memoria

Página 125

L5-AG-MN\_Memoria

3. Las operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra.
4. Las medidas para la separación de los residuos en obra.
5. Planos de las instalaciones previstas, para el almacenamiento, manejo separación.
6. Las prescripciones del pliego de prescripciones técnicas particulares.
7. Una valoración del coste previsto de la gestión de los residuos.
8. En obras de demolición, rehabilitación, reparación o reforma, hacer un inventario de los residuos peligrosos que se generarán.

Los diferentes tipos de residuos, cantidades y costes de gestión se incluyen en las siguientes tablas:

CÓDIGO	TIPOLOGIA DE RESIDUO	Cantidad (T)	Precio (€/T)	Coste (€)
Residuos no peligrosos				
02 01 07	Silvicultura	47,30	4,68	221,36
03 03 08	Papel y cartón	6,85	72,00	493,20
17 01 07	Mezcla hormigón y material cerámico	3.565,04	16,40	58.466,66
17 02 01	Madera	33,89	35,00	1.186,15
17 02 02	Vidrio	3,45	45,00	155,25
17 02 03	Plástico	17,13	80,00	1.370,40
17 03 02	Mezclas bituminosas	367,21	25,00	9.180,25
17 04 07	Metales mezclados	39,57	5,00	197,85
17 05 06	Lodos	139,50	50,00	6.975
17 08 02	Materiales a partir de yeso	2,42	78,00	188,76
20 03 01	Basuras	3,43	90,00	308,70
Residuos peligrosos				
17 09 03*	Otros residuos con sustancias peligrosas	16,95	425,00	7.203,75
<b>TOTAL (€) =</b>				<b>85.947,33</b>

El total del presupuesto de la gestión de residuos de construcción y demolición asciende a 85.947,33 €.

Memoria

Página 126

Respecto al sistema de puntos limpios, se ubicará en cada parque de maquinaria un punto limpio de Residuos Peligrosos y de Residuos Sólidos Urbanos así como una explanada como zona de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición con sus correspondientes contenedores.

En el anejo Nº 24 del presente proyecto se da cumplimiento a lo establecido en el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, y a lo indicado en la normativa propia de Euskadi en concreto en el Decreto 112/2012, de 26 de junio, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, y en la Orden de 12 de enero de 2015, de la Consejera de Medio Ambiente y Política Territorial por la que se establecen los requisitos para la utilización de los áridos reciclados procedentes de la valorización de residuos de construcción y demolición.

En relación con el cumplimiento de la LEY 10/2021, de 9 de diciembre, de Administración Ambiental de Euskadi, en el apartado 3 del artículo 84 de la misma se indica que:

*En la redacción de los pliegos de cláusulas administrativas y prescripciones técnicas particulares para la ejecución de contratos de obras se indicarán los porcentajes de subproductos, materias primas secundarias, materiales reciclados o provenientes de procesos de preparación para la reutilización que se tengan que utilizar para cada uno de ellos. El porcentaje mínimo de utilización de dichos materiales será del 40 %, salvo que por motivos técnicos justificados este porcentaje deba ser reducido.”*

Según esto, tras analizar los materiales previstos en el proyecto constructivo, y cuyo detalle se adjunta en el anejo de Gestión de residuos, se determina que un 53,40% de los materiales empleados son reciclados o reutilizables

Memoria

Página 127

L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO



## **8. CONTRATACIÓN Y EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**

### **8.1 CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA**

Según lo dispuesto en:

- Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas aprobado por el Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre.
- Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público.
- Real Decreto 773/2015, de 28 de agosto, por el que se modifican preceptos del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por el Real Decreto 1098/2001

Las condiciones mínimas de clasificación del Contratista son:

GRUPO A. Movimiento de tierras y perforaciones  
Subgrupo 5, categoría 6

GRUPO B: Puentes, viaductos y grandes estructuras  
Subgrupo 4, categoría 6

GRUPO K: Especiales  
Subgrupo 1, categoría 4

### **8.2 SISTEMA DE ADJUDICACIÓN**

Se propone como sistema de adjudicación de la obra el procedimiento abierto, de acuerdo con lo recogido en la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público.

### **8.3 REVISIÓN DE PRECIOS**

La fórmula polinómica de revisión de precios que se propone para su aplicación a las obras del presente Proyecto es acorde con el Real Decreto 1359/2011 de 7 de octubre por el que se aprueba la relación de materiales básicos y las fórmulas tipo generales de revisión de precios de los contratos de obras y equipamiento de las Administraciones Públicas.

De entre las fórmulas recogidas en esta legalización, dentro del apartado de Obras Ferroviarias, se propone la Fórmula 244: Plataformas ferroviarias con preponderancia de túneles:

Memoria

Página 128

L5-AG-MN\_Memoria

$$K_t = 0,11 \cdot \frac{C_t}{C_o} + 0,11 \cdot \frac{E_t}{E_o} + 0,01 \cdot \frac{M_t}{M_o} + 0,03 \cdot \frac{P_t}{P_o} + 0,01 \cdot \frac{Q_t}{Q_o} + 0,06 \cdot \frac{R_t}{R_o} + 0,17 \cdot \frac{S_t}{S_o} + 0,03 \cdot \frac{X_t}{X_o} + 0,47$$

donde:

$C_t$ : índice del coste del cemento en el momento de la revisión del coste.

$C_o$ : índice del coste del cemento a la firma del Contrato.

$E_t$ : índice del coste de la energía en el momento de la revisión del coste.

$E_o$ : índice del coste de la energía a la firma del Contrato.

$M_t$ : índice del coste de la madera en el momento de la revisión del coste.

$M_o$ : índice del coste de la madera a la firma del Contrato.

$P_t$ : índice del coste de los productos plásticos en el momento de la revisión del coste.

$P_o$ : índice del coste de los productos plásticos a la firma del Contrato.

$Q_t$ : índice del coste de los productos químicos en el momento de la revisión del coste.

$Q_o$ : índice del coste de los productos químicos a la firma del Contrato.

$R_t$ : índice del coste de áridos y rocas en el momento de la revisión del coste.

$R_o$ : índice del coste de áridos y rocas a la firma del Contrato.

$S_t$ : índice del coste de los materiales metálicos en el momento de la revisión del coste.

$S_o$ : índice del coste de los materiales metálicos a la firma del Contrato.

$X_t$ : índice del coste de los materiales explosivos en el momento de la revisión del coste.

$X_o$ : índice del coste de los materiales explosivos a la firma del Contrato.

## 8.4 PLAN DE OBRA Y PLAZO DE EJECUCIÓN

Para la realización de las obras que se definen en el presente Proyecto se propone un plazo de ejecución de CUARENTA Y SEIS (46) meses, contados a partir de la fecha de la firma del Acta de Comprobación del Replanteo. Este plazo es acorde con el programa de trabajos que se incluye en el Anejo nº17, Plan de Obra.

Memoria

Página 129

L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO



## 8.5 PERIODO DE GARANTÍA

El plazo de garantía se fija en UN (1) AÑO, contado a partir de la firma del Acta de Recepción Provisional de las obras, o el que en su caso conste al respecto en el Pliego de Condiciones de la Licitación.

Memoria

Página 130

L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO



## **9. PRESUPUESTOS**

### **9.1 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL**

Tomando como base las mediciones y el Cuadro de Precios nº1 se ha confeccionado el Presupuesto de Ejecución Material.

Asciende este **PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL** a la cantidad de **SETENTA Y CUATRO MILLONES OCHOCIENTOS TREINTA Y SEIS MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y SIETE EUROS CON SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS (74.836.757,65 €)**.

### **9.2 PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN**

Añadiendo un porcentaje del 22% al Presupuesto de Ejecución Material en concepto de gastos generales y beneficio industrial y, sobre la cifra resultante, el 21% correspondiente al IVA, se ha obtenido el Presupuesto Base de Licitación.

Asciende este **PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN** a la cantidad de **CIENTO DIEZ MILLONES CUATROCIENTOS SETENTA Y CUATRO MIL VEINTIUN EUROS CON SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS (110.474.021,64 €)**.

### **9.3 PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN**

Añadiendo al Valor estimado del Contrato (Presupuesto de Ejecución Material más 22% de gastos generales y beneficio industrial) el importe de la reposición de los servicios afectados por terceros y el importe estimado de las expropiaciones, se ha obtenido el Presupuesto para conocimiento de la Administración.

Asciende el **PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN** a la cantidad de **NOVENTA Y UN MILLONES QUINIENTOS VEINTITRES MIL SEISCIENTOS SIETE EUROS CON VEINTISEIS CÉNTIMOS (91.523.607,26 €) (SIN IVA)**.

Memoria

Página 131

L5-AG-MN\_Memoria

## **10. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO**

### **DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA Y ANEJOS**

MEMORIA DESCRIPTIVA

ANEJO Nº 1: ANTECEDENTES

ANEJO Nº 2: TOPOGRAFÍA

ANEJO Nº 3: PLANEAMIENTO URBANÍSTICO

ANEJO Nº 4: TRAZADO GEOMÉTRICO Y REPLANTEO

ANEJO Nº 5: GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

ANEJO Nº 6: HIDROLOGÍA Y DRENAJE

ANEJO Nº 7: OBRAS SUBTERRÁNEAS

ANEJO Nº 8: ESTACIÓN DE BENGOETXE

ANEJO Nº 9: ESTACIÓN DE GALDAKAO

ANEJO Nº 10: EQUIPOS E INSTALACIONES

ANEJO Nº 11: SERVICIOS AFECTADOS

ANEJO Nº 12: SERVICIOS AFECTADOS A REPONER POR TERCEROS

ANEJO Nº 13: SUPERESTRUCTURA DE VÍA

ANEJO Nº 14: INCIDENCIA EN EL ENTORNO URBANO

ANEJO Nº 15: AREAS DE INSTALACIONES DEL CONTRATISTA Y ACCESOS A OBRA

ANEJO Nº 16: AFECCIONES Y EXPROPIACIONES

ANEJO Nº 17: PLAN DE OBRA

ANEJO Nº 18: INTEGRACIÓN AMBIENTAL

ANEJO Nº 19: MOVIMIENTO DE TIERRAS

ANEJO Nº 20: JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

ANEJO Nº 21: NORMATIVA

ANEJO Nº 22: OBRAS SINGULARES

ANEJO Nº 23: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ANEJO Nº 24: GESTION DE RESIDUOS

Memoria

Página 132

L5-AG-MN\_Memoria

## DOCUMENTO Nº 2: PLANOS

1. SITUACIÓN
2. EMPLAZAMIENTO
3. DEFINICIÓN GEOMÉTRICA
4. PERFILES TRANSVERSALES
5. SECCIONES TIPO
6. SUPERESTRUCTURA DE VÍA
7. OBRAS SUBTERRÁNEAS
8. ESTACIÓN DE BENGOETXE
9. ESTACIÓN DE GALDAKAO
10. OBRAS SINGULARES
11. CONDUCCIONES
12. DRENAJE
13. ACCESOS A OBRA
14. FASES DE OBRA
15. DESVÍOS DE TRÁFICO
16. SERVICIOS AFECTADOS
17. EQUIPOS E INSTALACIONES
18. CERRAMIENTOS
19. AUSCULTACIÓN
20. MEDIDAS CORRECTORAS DE IMPACTO AMBIENTAL Y REVEGETACIÓN
21. PARCELARIO

## DOCUMENTO Nº 3: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

## DOCUMENTO Nº 4: PRESUPUESTOS

Memoria

Página 133

L5-AG-MN\_Memoria

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO APERRIBAI-GALDAKAO



## **11. CONSIDERACIONES FINALES**

Con todo lo expuesto en los Documentos nº 1: Memoria y Anejos, nº 2: Planos, nº 3: Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y nº 4: Presupuesto, se considera completamente definido el presente Proyecto y cumplidos los objetivos que determinaron su redacción.

Por otra parte, en relación al artículo 125 y 127.2 de Reglamento de la Ley de Contratos de las Administraciones públicas, las obras en él definidas no constituyen una obra completa, susceptible de ser entregada al uso general, o al servicio correspondiente, sino una obra fraccionada que requiere de la redacción de posteriores proyectos de instalaciones eléctricas, electrificación, señalización y comunicaciones, e instalaciones electromecánicas, para su puesta en servicio.

Por todo lo anterior, procede elevar el Proyecto al órgano de contratación para su tramitación y aprobación.

Bilbao, julio de 2021

EL AUTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Miguel Ángel Herrera Cossío

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Colegiado nº 9.365

Memoria

Página 134

L5-AG-MN\_Memoria