

# 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 3. GALDAKAO-HOSPITAL</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	17
6.4 REDES DE SERVICIOS	19
6.5 OTRAS INFRAESTRUCTURAS	19
6.6 INVENTARIO DE EDIFICIOS	21
<b>7. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA</b>	<b>23</b>
7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL	23
7.2 GEOTECNIA	27
7.3 OBRAS SUBTERRÁNEAS	34
7.4 TRAZADO	54
7.5 EXPROPIACIONES	62
7.6 REPOSICIÓN DE REDES DE SERVICIOS AFECTADOS	64
7.7 SERVICIOS AFECTADOS A REPONER POR TERCEROS	66
7.8 OTRAS AFECCIONES	66
7.9 DRENAJE	67
7.10 SUPERESTRUCTURA DE VÍA	71
7.11 INCIDENCIA EN EL ENTORNO URBANO	73
7.12 ESTACIÓN DE HOSPITAL	76
7.13 OBRAS SINGULARES	85
7.14 EQUIPOS E INSTALACIONES	87
7.15 CONDUCCIONES	90
7.16 INTEGRACIÓN AMBIENTAL	93

Memoria

Página i

L5-GH-MN\_Memoria

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



## ÍNDICE *(continuación)*

7.17 GESTIÓN DE RESIDUOS	98
<b>8. CONTRATACIÓN Y EJECUCIÓN DE LAS OBRAS</b>	<b>100</b>
8.1 CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA	100
8.2 SISTEMA DE ADJUDICACIÓN	100
8.3 REVISIÓN DE PRECIOS	100
8.4 PLAN DE OBRA Y PLAZO DE EJECUCIÓN	101
8.5 PERIODO DE GARANTÍA	102
<b>9. PRESUPUESTOS</b>	<b>103</b>
9.1 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	103
9.2 PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	103
9.3 PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN	103
<b>10. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO</b>	<b>104</b>
<b>11. CONSIDERACIONES FINALES</b>	<b>106</b>

Memoria

Página ii

L5-GH-MN\_Memoria

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



## 1. INTRODUCCIÓN

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

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 Galdakao-Hospital se inicia en el PK 4+340, donde concluye el tramo anterior Aperribai-Galdakao, y finaliza superada la Estación de Hospital. El proyecto incluye el túnel de línea desde la conexión con el tramo anterior hasta el final del tramo, la salida de emergencia de Puentelatorre y la estación de Hospital, que se diseña en caverna.

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 2021 se adjudican dichos trabajos a la UTE EPTISA-FULCRUM, 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 Galdakao-Hospital”, como actualización, en la línea indicada anteriormente, del redactado en abril de 2013.

Memoria

Página 1

L5-GH-MN\_Memoria

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



## **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 2015 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.

Mediante resolución del 20 de abril de 2015, 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”.

Memoria

Página 2

L5-GH-MN\_Memoria

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 2016 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 Galdakao – Hospital 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-GH-MN\_Memoria

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



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

El objeto del “Proyecto Constructivo de la Línea 5 del FMB. Tramo Galdakao-Hospital” es definir a nivel constructivo la obra civil que es necesario llevar a cabo para la implantación de la nueva Línea 5 del Ferrocarril Metropolitano de Bilbao en su tercer tramo, explotado por Euskotren, que finaliza en las inmediaciones del Hospital de Galdakao y el Barrio de Usansolo.

El tramo Galdakao-Hospital, objeto del presente Proyecto, aborda el tramo de línea que se extiende desde el PK 4+340 hasta el final del túnel de línea, una vez superada la Estación de Hospital. Se desarrolla dentro del término municipal de Galdakao e incluye la Estación de Hospital, así como la Salida de Emergencia de Puentelatorre.

El trazado adoptado para la Línea 5 en general, y para el tramo Galdakao-Hospital 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 redacción inicial del Proyecto de Construcción de la Línea 5 del FMB, en abril de 2013.

Se desarrollan a partir de ahí diferentes soluciones, tanto para el trazado de la línea como para la estación que se proyecta 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.

Memoria

Página 4

L5-GH-MN\_Memoria

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



#### 4. LÍNEA 5. TRAMOS

Como se ha indicado anteriormente, este proyecto surge como una actualización del proyecto del mismo nombre redactado en abril de 2013. La actualización implica una nueva tramificación, que se recoge en los siguientes apartados. Partiendo de la tramificación considerada en los proyectos de abril de 2013, se señalan los nuevos criterios a seguir y se describe la tramificación final la línea 5.

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

La actuación proyectada en abril de 2013 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 Salida de emergencia de Olabarrieta. Incluye la Estación Intermodal de Sarratu y la Estación de Aperribai, así como las Salidas de emergencia de Ariz y Olabarrieta. El túnel en mina se ataca desde la salida de emergencia de Ariz (el tramo Ariz-Aperribai) y desde la salida de emergencia de Olabarrieta (el tramo Aperribai-Olabarrieta).
- Tramo 2, Aperribai-Galdakao: se extiende entre la Salida 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 Salidas de emergencia de Abusu y Puentelatorre. Los puntos de ataque para las excavaciones en mina son en este caso la Salida de emergencia de Abusu y la Salida de emergencia de Puentelatorre.

En este diseño inicial, las salidas de emergencia son también galerías de ataque. En el caso del Tramo 2, que no cuenta con Salidas 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 y se incluye también el PEM de cada tramo:

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-GH-MN\_Memoria

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



## 4.2 CRITERIOS PARA DEFINIR LA NUEVA TRAMIFICACIÓN

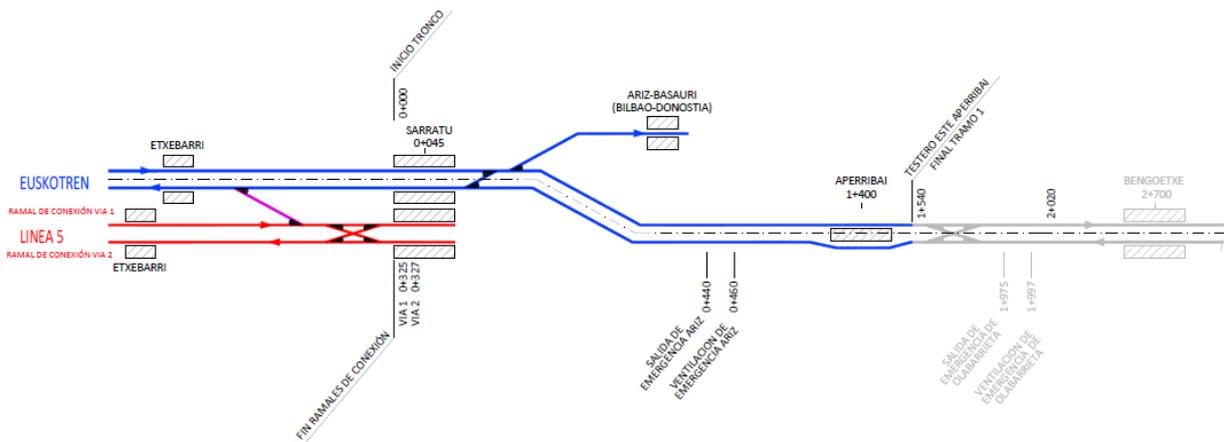
De cara a la actualización que se va a realizar se pretenden dos objetivos:

- 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 2013 el túnel de línea se atacaba desde la Salida de emergencia de Ariz (el tramo Ariz-Aperribai) y desde la Salida de emergencia de Olabarrieta (tramo Aperribai-Olabarrieta).



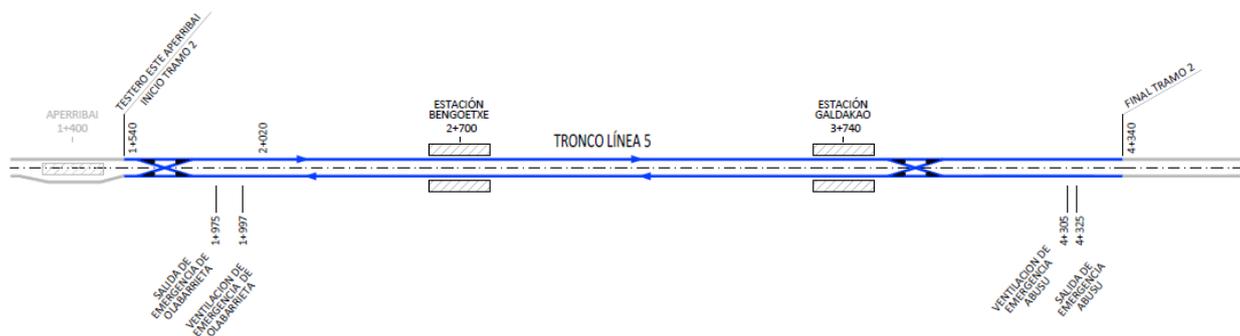
Se propone que este Tramo 1 termine en el testero Este de Aperribai, de forma que el tramo de túnel de línea Aperribai-Olabarrieta y la Salida de emergencia de Olabarrieta pasan a pertenecer al Tramo 2 contiguo. Esto supone un recorte de unos 480 metros de túnel de línea en este tramo. El punto de ataque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

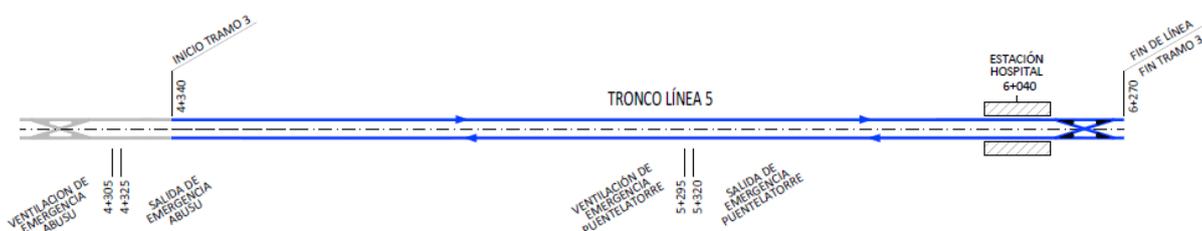


En la nueva tramificación propuesta se sigue dicho planteamiento y se contempla la reubicación de la Salida de emergencia de Abusu y su inclusión en el Tramo 2. Se desplaza hacia la estación de Galdakao, separándola lo máximo posible de la Salida de emergencia de Puentelatorre (se traslada desde el PK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

De esta forma, el Tramo 2 tendrá dos puntos de ataque: la Salida de emergencia de Olabarrieta y la Salida 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 Salida de emergencia de Abusu y desde la Salida de emergencia de Puentelatorre.

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



Memoria

Página 7

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-GH-MN\_Memoria

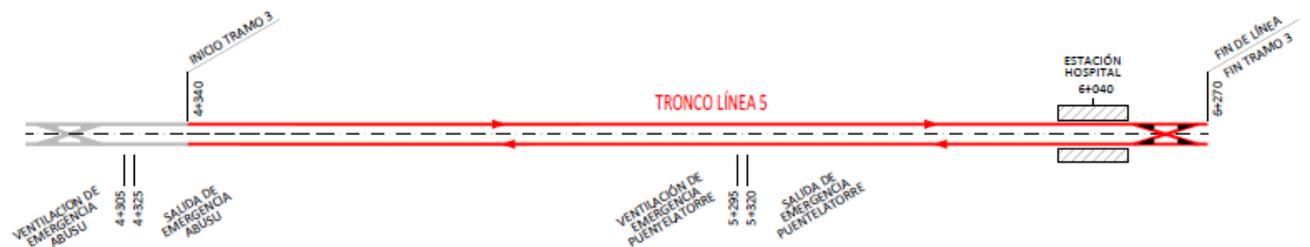
PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA LÍNEA 5 DEL FERROCARRIL METROPOLITANO DE BILBAO  
TRAMO GALDAKAO-HOSPITAL



## 5. TRAMO 3. GALDAKAO-HOSPITAL

El tramo final de Línea 5 se extiende entre Galdakao y el Hospital de Galdakao, se desarrolla en túnel de línea, que sólo se ve interrumpido por la caverna que da cabida a la Estación de Hospital al final de la línea. Comienza en el PK 4+340 de "Tronco Línea 5" y finaliza en el PK 6+270, una vez superada la Estación de Hospital (PK 6+040).

El PK final de Línea viene marcado por la necesidad de disponer, a partir del testero final de la caverna de Hospital, del espacio suficiente para implantar una bretelle y disponer a continuación un mango de maniobra con longitud suficiente para mantener estacionada una unidad.



Los PKs exactos que marcan los hitos principales de este tramo son los siguientes:

Hito	PK	Eje
Inicio tramo	4+340,000	Tronco Línea 5
Ventilación emergencia Puentelatorre	5+295,657	Tronco Línea 5
Salida de emergencia Puentelatorre	5+320,000	Tronco Línea 5
Ventilación de emergencia 1	5+929,729	Tronco Línea 5
Ventilación EBA	5+966,429	Tronco Línea 5
Testero Norte Estación Hospital	5+988,872	Tronco Línea 5
Testero Sur Estación Hospital	6+098,272	Tronco Línea 5
Ventilación de emergencia 2	6+113,275	Tronco Línea 5
Fin de tramo	6+270,000	Tronco Línea 5

## 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 de talle 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:

- Salida de emergencia de Puentelatorre: Se ha realizado el levantamiento taquimétrico del área ocupada por las obras en superficie correspondientes a la Salida de emergencia.
- Estación de Hospital: Se ha realizado el levantamiento taquimétrico del entorno urbano de la Estación de Hospital, abarcando ampliamente toda el área en que se prevé realizar obras en superficie.

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,

Memoria

Página 10

L5-GH-MN\_Memoria

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 Vasco – Cantábrica, la cual a su vez se articula en cuatro dominios estructurales. La zona estudiada se incluye en el dominio estructural denominado Arco Vasco.

En concreto, el área donde se proyecta este Proyecto se ubica en el elemento estructural conocido como 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.

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.

### 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 (dirección y ángulo de buzamiento de la estratificación y de las juntas principales), los diferentes accidentes tectónicos interpretados, así como los cursos de agua más importantes.

Los materiales afectados por la traza son principalmente dos: el sustrato rocoso perteneciente al Complejo Supraurgoniano y los materiales de las formaciones superficiales cuaternarias.

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

Alternancia de Areniscas silíceas y Lutitas (CS-5). Se trata del sustrato rocoso observado a lo largo de todo el trazado. En general este término muestra un porcentaje similar de lutitas y areniscas (la combinación litológica más frecuente del complejo Supraurgoniano), pero también se han

Memoria

Página 11

L5-GH-MN\_Memoria

observado zonas en las que la predominancia de areniscas es clara y ha llevado a realizar un análisis diferenciado de la alternancia.

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

Los depósitos aluviales están asociados al río Ibaizábal. Por otra parte, aunque no se ha detectado en ninguno de los trabajos realizados, se han cartografiado en las inmediaciones del trazado depósitos fluviales de gran granulometría, coincidiendo con zonas más elevadas topográficamente y afectadas por una antigua acción fluvial.

#### 6.2.2.3 DEPÓSITOS ANTROPOGÉNICOS

El corredor estudiado atraviesa zonas urbanas e infraestructuras en parte de su recorrido, sin embargo, el trazado transcurre íntegramente soterrado, por lo que la afección a dichos rellenos será muy escasa. Los accesos a la futura Estación de Hospital se pueden ver afectados por los rellenos correspondientes a los accesos y urbanización del hospital y a la carretera N-240.

#### 6.2.3 GEOMORFOLOGÍA

El relieve en esta zona viene condicionado por la litología y estructura geológica, a los cuales se suman la existencia de un importante curso fluvial, el río Ibaizábal, y la actividad antrópica que marcan la geomorfología de todo el entorno trazado. Las cotas oscilan entre la +40 y la +110. El relieve es bastante llano en los extremos del trazado, mientras que aproximadamente entre los PKs 4+680 - 5+560, la topografía es mucho más abrupta y las pendientes son fuertes, estando el punto más alto en el barrio de Bekelarre. La valoración de la calidad geomorfológica del medio en el ámbito de estudio se considera BAJA.

#### 6.2.4 HIDROGEOLOGÍA

Durante todo el recorrido el trazado cruza dos veces por debajo del río Ibaizábal. 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, 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 es el Sinclinorio de Bizkaia, plegamiento de directriz NO-SE situado en la franja centro-meridional de esta región estructural.

Memoria

Página 12

L5-GH-MN\_Memoria

## 6.2.6 ESTRUCTURA PARTICULAR DEL TRAMO ESTUDIADO. DOMINIOS ESTRUCTURALES

El trazado puede sectorizarse en diferentes dominios estructurales, tramos que deben considerarse homogéneos desde el punto de vista estructural ya que la orientación de la estratificación y litoclasas asociadas y las condiciones de fracturación observadas en el conjunto de sus afloramientos son muy similares.

Para establecer estos dominios se ha tenido en cuenta la estructura y litología observada en las inmediaciones del trazado, validando y computando los datos más fiables y representativos de cada sector. Los límites de estos dominios son fracturas, ejes de pliegues o contactos litológicos que se reflejan tanto en la cartografía geológica-geotécnica como en el perfil longitudinal:

- PK 4+603 Contacto litológico
- PK 4+735 Falla/Cont. Mecánico
- PK 5+518 Falla/Cont. Mecánico
- PK 5+841 Falla/Cont. Mecánico
- PK 5+942 Falla/Cont. Mecánico

## 6.2.7 SISMICIDAD

De acuerdo con 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 factor, 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.

## 6.2.8 TRABAJOS REALIZADOS

### 6.2.8.1 SONDEOS MECÁNICOS

Se han realizado dieciséis (16) sondeos mecánicos para el Proyecto Constructivo y cuatro (4) en el Estudio Informativo, cuyas longitudes se recogen en las tablas siguientes. Como puede verse, se han tenido en cuenta dos sondeos realizados en el ámbito del Tramo Aperribai-Galdakao (SM-25 y SM-28), ya que se encuentran cercanos a la traza del presente tramo y cortan materiales de la misma formación. Los datos de la testificación, resultados de los ensayos SPT y muestras tomadas se detallan en el Anejo 5.

#### Sondeos proyecto constructivo

OBJETIVO	SONDEO	LONG.
Túnel de línea PK 4+030 (Tramo 2: Aperribai –Galdakao)	SM-25	49,35

Memoria

Página 13

OBJETIVO	SONDEO	LONG.
Túnel de línea PK 4+310	SM-26	70,20
Túnel de línea PK 4+550	SM-27	42,30
Boquilla Salida de emergencia Abusu (Tramo 2: Aperribai –Galdakao)	SM-28	22,05
Túnel de línea PK 4+900	SM-29	49,20
Túnel de línea PK 5+185	SM-30	61,50
Salida de emergencia Puentelatorre	SM-31	76,95
Túnel de línea PK 5+530	SM-31A	70,00
Salida de emergencia Puentelatorre (boquilla)	SM-32	40,00
Túnel en mina Bekea (alejado por modificaciones en el trazado tras su realización)	SM-33	36,00
Túnel de línea PK 5+785	SM-33A	25,40
Cañón de acceso a la estación del Hospital	SM-34	15,00
Túnel de línea PK 5+970	SM-35	30,00
Caverna de la estación del Hospital PK 6+085	SM-36	43,00
Ascensor de la estación del Hospital	SM-37	31,00
Cañón de acceso a la estación del Hospital	SM-38	20,20

#### Sondeos estudio informativo

OBJETIVO	SONDEO	LONG.
Túnel	S-6	23,20
Túnel	S-7	21,70
Túnel	S-13	27,80
Túnel-Estación	S-14	34,30

#### 6.2.8.2 ENSAYOS IN SITU

##### 6.2.8.2.1 Ensayos presio-dilatométricos

Durante la perforación de los sondeos se han llevado a cabo ensayos presio-dilatométricos en el interior de los mismos. Los resultados obtenidos se recogen con detalle en el Anejo 5.

##### Ensayos presio-dilatométricos del Proyecto Constructivo

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGIA
SM-26	45,10-45,90	Lutitas y areniscas G:II
SM-26	51,00-51,80	Lutitas y areniscas G:II

Memoria

Página 14

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGIA
SM-29	29,00-30,00	Lutitas G:II-I
SM-30	40,20-40,80	Lutitas G:II
SM-31	55,40-56,00	Limolitas G:II
SM-31	65,40-66,00	Limolitas G:II
SM-32	23,00-23,60	Limolitas G:II-I
SM-35	9,00-9,60	Lutitas G:II-III
SM-35	13,10-13,70	Lutitas G:II-III
SM-36	8,85-9,45	Limolitas G:IV
SM-36	14,55-15,15	Limolitas G:II

#### Ensayos presio-dilatométricos del Estudio Informativo

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGIA
S-6	13,80-14,40	Alternancia limos-arcillas G:IV
S-14	23,90	Limolitas con intercalaciones de areniscas G:II

#### 6.2.8.2.2 Ensayos de permeabilidad

Tanto en la campaña del Proyecto Constructivo, como en el Estudio Informativo se han realizado ensayos de permeabilidad in situ, tipo Lugeon. En la tabla siguiente se recogen las profundidades de cada ensayo y los resultados obtenidos se recogen con detalle en el Anejo 5.

#### Ensayos de permeabilidad del Proyecto Constructivo

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	ENSAYO LUGEON
SM-27	16,00 – 21,00	LUG
	26,00 – 31,00	LUG
SM-29	21,00 – 26,00	LUG
	32,00 – 37,00	LUG
SM-30	34,70 – 39,70	LUG
	43,00 – 48,00	LUG
SM-31	49,55 – 54,55	LUG
	60,00 – 65,00	LUG
SM-31A	42,00 – 47,00	LUG
	54,00 – 59,00	LUG
SM-32	14,50 – 19,50	LUG
SM-33	14,00 – 19,00	LUG
SM-35	8,00 – 13,00	LUG
	13,00 – 18,00	LUG

Memoria

Página 15

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	ENSAYO LUGEON
SM-36	10,00 – 15,00	LUG
	18,00 – 23,00	LUG

#### Ensayos de permeabilidad del Estudio Informativo

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	ENSAYO LUGEON
S-14	24,25 – 29,25	LUG

#### 6.2.8.2.3 Niveles de agua en sondeos

En las tablas siguientes se reflejan los niveles de agua medidos en los sondeos del Proyecto Constructivo y del Estudio Informativo, una vez terminadas las campañas:

#### Sondeos del Proyecto Constructivo

SONDEO	Nivel al finalizar el sondeo	03/02/2012	28/02/2012 (tras más de una semana sin llover)	02/03/2012	02/05/2013	23/05/2013	NIVEL DE AGUA CONSIDERADO
SM-25			8,70			8,60	8,60
SM-26	10,00		7,02			5,24	5,24
SM-27	8,00		Tapado			Tapado	-
SM-28					8,25	8,15	8,15
SM-29	3,60		3,40				3,40
SM-30	0	0,15	0,00				0,15
SM-31				9,35			9,35
SM-31A						11,40	11,40
SM-32			4,75				4,75
SM-33	5,00		2,41				2,40
SM-33A					4,10	4,65	4,65
SM-34					1,00	0,60	0,60
SM-35					3,50	3,26	3,26
SM-36						3,42	3,42
SM-37						6,44	6,44
SM-38						4,20	-

#### Sondeos del Estudio Informativo

SONDEO	NIVEL FREATICO FINAL
S-6	6,50
S-7	7,85

Memoria

Página 16

SONDEO	NIVEL FREÁTICO FINAL
S-13	4,50
S-14	2,90

### 6.2.8.3 GEOFÍSICA: TOMOGRAFÍA SÍSMICA Y ELÉCTRICA

#### 6.2.8.3.1 Perfiles de tomografía eléctrica (TME)

Para el Proyecto Constructivo se han llevado a cabo tres (3) perfiles de tomografía eléctrica cuyos resultados se recogen con detalle junto a la metodología en el Anejo 5:

Perfil de tomografía	Orientación	Localización	Longitud (m)
TME-1	SO-NE (transv)	Túnel en mina de Bekea	200
TME-2	SO-NE (transv)	Túnel en mina de Bekea	200
TME-3	E-O	Túnel en mina de Bekea	300

#### 6.2.8.3.2 Perfiles de tomografía sísmica (TMS)

Para el Estudio Informativo se realizaron tres (3) perfiles de tomografía sísmica cuyos resultados se recogen con detalle junto a la metodología en el Anejo 5:

ZONA	PERFIL SÍSMICO	ORIENTACIÓN	LOCALIZACIÓN	LONGITUD (m)
ZONA F	TMS-11	O-E	Barrio Zabalea	62,5
	TMS-12	SO-NE	Barrio Zabalea	117,00
ZONA G	TMS-13	O-E	Barrio Bekea	117,00

### 6.2.8.4 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 recogen tablas resumen de los resultados de laboratorio, tanto del Proyecto Constructivo como del Estudio Informativo, así como las actas de los ensayos correspondientes al PC.

## 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.

Memoria

Página 17

Se ha de considerar además la posible existencia de planeamientos pertenecientes a otros organismos que pudieran afectar a la zona objeto del proyecto. En el Anejo nº3 se analiza detalladamente la relación de los mismos con las obras proyectadas.

Todas las obras en superficie del tramo Galdakao-Hospital de la Línea 5 del F.M.B se enmarcan dentro del Municipio de Galdakao. En este tramo son dos las zonas donde se desarrollan estas obras: Salida de emergencia de Puentelatorre y Estación Hospital (Barrio de Labeaga).

### 6.3.1 PLANEAMIENTO MUNICIPAL

El planeamiento urbanístico supone un condicionante de primer orden por la necesidad de coordinar la solución adoptada en proyecto con las previsiones del mismo, marcando la necesidad de recurrir a secciones soterradas en la línea al paso por sectores con futuros desarrollos urbanísticos, para evitar 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 la situación de las estaciones, para cuya ubicación también se han tenido en cuenta las previsiones de aumento de población debida a los nuevos o futuros desarrollos urbanísticos.

Para la coordinación del trazado con los planeamientos vigentes en los municipios, se ha contado con la información de Udalplan y la facilitada por los propios Ayuntamientos.

El planeamiento vigente en el término municipal de Galdakao es el Plan General de Ordenación Urbana para el que queda declarada su ejecutoriedad mediante la Orden Foral 492/1995 de 27 de Julio a aquellas zonas en las que había quedado suspendido en la aprobación definitiva de 22 de Julio por Orden Foral 624/1993.

Solo las zonas en las 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.

En el Anejo nº3 se señalan las interferencias, mostrándose en los planos el Planeamiento municipal y a superposición de éstos con las obras proyectadas en el presente documento.

### 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. En este caso hay dos grandes infraestructuras proyectadas que se solapan puntualmente con el trazado en planta de la Línea 5 del FMB, en ambos casos en la zona de Puentelatorre:

Memoria

Página 18

L5-GH-MN\_Memoria

- Variante Sur Metropolitana. El futuro eje de la Variante Sur Metropolitana, que se encuentra en fase de Estudio Informativo, cuenta con un trazado que discurriría atravesando el barrio de Bekea con dirección Oeste-Este hasta el actual enlace de El Gallo, enlace que está previsto remodelar con el fin de enlazar dicha variante con la A-8.
- Trazado del Tren de Alta Velocidad (TAV), Tramo Lemoa-Galdakao. El corredor ferroviario de alta velocidad, que se encuentra actualmente en construcción, discurre por el municipio de Galdakao en paralelo al trazado previsto para la Variante Sur Metropolitana y coincide, asimismo, con el corredor de la línea 5 del F.M.B. en la zona de Puentelatorre.

De acuerdo con la información remitida en su día por los organismos promotores de estas infraestructuras, en la zona de coincidencia con la Línea 5 no se prevé interferencia alguna con las mismas, dado que las cotas proyectadas para el túnel de línea del FMB quedan muy por debajo de las planificadas, tanto para la VSM (que discurre parcialmente en túnel en la zona de cruce, pero a cotas muy por encima de las de Línea 5), como para el TAV que discurriría en superficie en la zona de coincidencia.

#### 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, abastecimiento, Consorcio Aguas Bilbao Bizkaia, alumbrado, saneamiento (red de fecales y pluviales) municipal, Iberdrola, Naturgas 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:

Memoria

Página 19

L5-GH-MN\_Memoria

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



### 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 en el tramo Galdakao-Hospital objeto del presente Proyecto cruza bajo la carretera N-634 en una ocasión, en su parte inicial.

El paso del túnel de línea bajo la carretera N-634 se produce una vez superado el núcleo de Galdakao, justo antes del primer paso subfluvial bajo el Ibaizábal de este tramo, con lo que el condicionante principal para el trazado en alzado es el paso bajo el río, asegurándose con la cota exigida en dicho paso, la inexistencia de interferencias con la carretera.

### 6.5.2 AUTOPISTA A-8

La Autopista A-8, es un eje Este-Oeste que bordea por el norte el núcleo urbano de Galdakao. En el tramo Galdakao-Hospital, entre el inicio y el paso bajo el Ibaizábal, el túnel de línea discurre en paralelo a la autopista A-8, no existiendo interferencia alguna entre ambos.

### 6.5.3 CARRETERA N-240

La carretera N-240 es un eje norte-sur, que discurre desde la conexión con la carretera N-634 existente junto al barrio de Bekea, hacia los núcleos de Usansolo y Bedía en el sur, en su trayecto hacia Vitoria. Desde la conexión con la N-634, discurre en paralelo al río Ibaizabal por su margen derecha, cuyo cauce rodea el barrio de Bekea para dirigirse hacia el sur. El trazado de la línea 5 cruza bajo la N-240 en su entrada en el barrio de Labeaga, no existiendo interferencias entre ambas infraestructuras gracias al trazado enterrado y profundo de la Línea 5 en ese tramo.

### 6.5.4 INTERCEPTOR NERVIÓN-IBAIZÁBAL

Esta conducción es Propiedad del Consorcio de Aguas, se trata de un colector de hormigón de  $\varnothing$  1.200 mm hincado en roca que discurre a cierta profundidad, y que cuenta con pozos de gran tamaño y profundidad. Dicha conducción discurre en los municipios de Basauri y Galdakao en paralelo al cauce de los ríos Nervión e Ibaizabal, 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.

El tramo Galdakao-Hospital discurre muy próximo a este interceptor, tanto en los subfluviales como en el entorno de la Estación de Hospital, no afectándose en ningún punto a esta conducción.

Existe una tercera zona en la que se han diseñado obras en las cercanías del interceptor, se trata del Barrio de Labeaga, donde se desarrollan dos de los accesos desde superficie a la caverna de la

Memoria

Página 20

L5-GH-MN\_Memoria

Estación Hospital. El interceptor Nervión-Ibaizábal discurre bajo el Barrio de Labeaga, acortando el meandro que el río describe entorno al citado barrio. La profundidad del interceptor es considerable en este tramo, situándose la clave del colector en torno a la cota 40. De cara a garantizar la no afección al interceptor, todas las obras se diseñan al Este de la conducción, tomando el trazado del interceptor como límite de la actuación.

## 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.

El trazado de la línea 5 del FMB, en el tramo objeto de este Proyecto (entre la salida del casco urbano de Galdakao y la estación de Hospital) discurre por suelos urbanos residenciales, urbanos industriales, urbanizables residenciales y no urbanizables, pertenecientes todos ellos al municipio de Galdakao. En el inicio se observa la presencia de edificaciones en altura (casco urbano de Galdakao) en su mayoría de uso residencial, y en el resto del trazado se encuentran edificios dispersos con no más de dos alturas. En el final de línea cabe destacar la presencia del complejo hospitalario de Galdakao.

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 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. Se pretende además determinar la situación de los mismos 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

Memoria

Página 21

L5-GH-MN\_Memoria

- Número de sótanos
- Uso sótanos
- Altura de sótanos
- Foto del edificio.

Se ha estimado para la realización de dicho inventario una zona de influencia 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.

Memoria

Página 22

L5-GH-MN\_Memoria

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



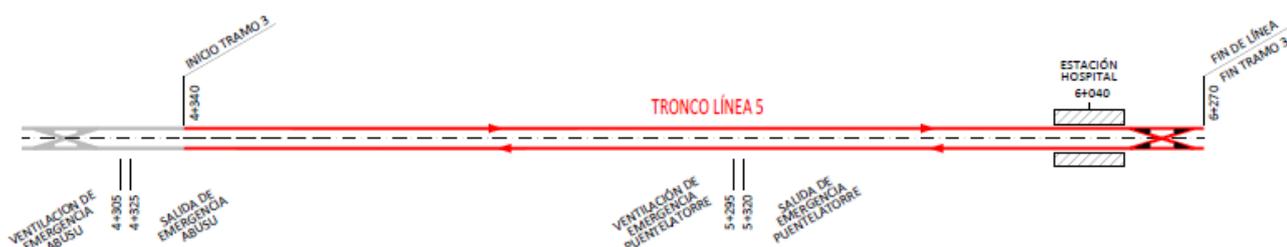
## 7. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

### 7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El tramo final de la Línea 5 se extiende entre las afueras del casco urbano de Galdakao y el Hospital Comarcal de Galdakao. El recorrido es subterráneo en su totalidad, desarrollándose en su mayor parte en túnel de línea, que sólo se ve interrumpido por la caverna que da cabida a la Estación de Hospital, casi al final de la línea. El tramo tiene una longitud total de 1.930 m y cuenta además con una salida de emergencia.

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

- Plataforma y superestructura de vía de la Línea 5 del FMB entre el PK 4+340 (PK final del tramo Aperribai-Galdakao) y el PK 6+270, final del túnel de línea.
- Salida de emergencia de Puentelatorre
- Estación en caverna de Hospital



La distancia entre la Estación de Galdakao (del tramo anterior) y la Estación de Hospital obliga a disponer dos salidas de emergencia intermedias, para cumplir así con las distancias máximas entre puntos de evacuación establecidas por ETS para las líneas del FMB. Una de ellas es la salida de emergencia de Abusu, que entronca con el túnel de línea al final del tramo Aperribai-Galdakao, y la otra es la salida de emergencia de Puentelatorre que pertenece al tramo Galdakao-Hospital.

La salida de emergencia diseñada cuenta con dos galerías independientes en su arranque del túnel de línea, una para la ventilación de emergencia y otra para la evacuación de peatones. La galería de peatones cuenta con apenas 40-50 m de longitud, conectando posteriormente con la segunda galería (ventilación), que se divide en dos compartimentos estancos, lo que permite que ventilación de emergencia y salida de peatones compartan galería. Así, la salida o galería de emergencia de Puentelatorre entronca con el túnel de línea en el PK 5+295 (ventilación de emergencia) y en el PK 5+320 (salida de emergencia). Su denominación está relacionada con la toponimia de la zona donde la galería emerge a la superficie.

Memoria

Página 23

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

L5-GH-MN\_Memoria

La caverna de estación se ubica inmediatamente al este de la N-240, a la altura de la intersección que da acceso al Hospital y al Barrio de Usansolo, quedando enmarcada entre la carretera y el edificio de aparcamientos del Hospital y siendo su orientación paralela a éste último. La caverna tiene una longitud interior de 108 metros entre extremos (PK 5+989,572 a PK 6+097,572), coincidiendo el inicio y final de la excavación de la misma con el PK 5+988,872 y el PK 6+098,272 del eje de trazado.

En la tabla djunta se muestran los hitos más significativos del tramo con sus correspondientes PKs de referencia:

Hito	PK	Eje
Inicio tramo	4+020,000	Tronco Línea 5
Ventilación emergencia Puentelatorre	5+295,657	Tronco Línea 5
Salida de emergencia Puentelatorre	5+320,000	Tronco Línea 5
Ventilación de emergencia 1	5+929,729	Tronco Línea 5
Ventilación EBA	5+966,429	Tronco Línea 5
Testero Norte Estación Hospital	5+988,872	Tronco Línea 5
Testero Sur Estación Hospital	6+098,272	Tronco Línea 5
Ventilación de emergencia 2	6+113,275	Tronco Línea 5
Fin de tramo	6+270,000	Tronco Línea 5

La Estación de Galdakao cuenta con tres cañones de acceso desde superficie a la caverna de Estación. El primero de los accesos, Cañón de Acceso Labeaga, entronca con la caverna por su hastial derecho (PKs crecientes) en el PK 6+006,776. Los accesos desde Hospital y Usansolo acceden al vestíbulo Sur de la Estación y entroncan ambos con la caverna de la estación en el PK 6+083,566. Los entronques están enfrentados, en el hastial derecho el Cañón Acceso Usansolo y en el hastial izquierdo el Cañón Acceso Hospital.

El PK final del tramo viene marcado por la necesidad de disponer, a partir del testero final de la caverna de Hospital, de una bretelle y un mango de maniobra.

El eje que define el trazado proyectado para la línea del FMB es el denominado "EJE 8: TRONCO LINEA 5".

Memoria

Página 24

## **INICIO - SALIDA DE EMERGENCIA DE PUENTELATORRE**

Una vez superada la Salida de emergencia de Abusu el trazado en planta se desarrolla en recta hasta llegar al primer subfluvial, el túnel discurre en ese punto en paralelo al viaducto sobre el Ibaizábal de la A-8, con el fin de adentrarse como dicho corredor viario, en el barrio de Bekea en la margen izquierda del río.

El perfil longitudinal por su parte se endurece una vez superado el punto alto que supone el entronque de Abusu, transicionando a una fuerte pendiente de 50 milésimas que busca profundizar la rasante y conseguir así pasar bajo el cauce del Ibaizábal con la máxima tapada posible.

El paso subfluvial marca el perfil longitudinal del trazado adoptado en esa zona. La cota de roca coincide aproximadamente con el fondo del cauce (cota 37,5) y el paso bajo el cauce exige mantener, al menos, un diámetro de roca sobre la clave del túnel. En el punto de cruce (PK 4+620 a 4+680) la rasante de Línea 5 discurre por debajo de la cota 12, quedando la clave del túnel de línea por debajo de la cota 17,5, con tapada más que suficiente sobre el túnel de línea.

Superado el paso subfluvial el túnel gira hacia la izquierda, describiendo dos curvas sucesivas de radio 1.000 m en sus arcos circulares centrales y con una pequeña recta entre ambas, y comienza a ascender con una pendiente de 40 milésimas que busca acercarse a la superficie en la zona de Puentelatorre. De esta manera, el túnel describe un nuevo punto alto a la altura del PK 5+314, coincidiendo con el entronque con las galerías de ventilación y salida de emergencia de Puentelatorre.

La cota que se alcanza en dicho punto alto está a su vez condicionada por la coincidencia de la salida de emergencia de Puentelatorre en la zona de cruce con los trazados previstos para el TAV (Tren de Alta Velocidad) y la VSM (Variante Sur Metropolitana), lo que aconseja mantener una cierta profundidad de la rasante con respecto a la superficie, de manera que en el punto más alto del túnel de línea el terreno se encuentra 60 metros por encima de la clave de éste.

## **SALIDA DE EMERGENCIA DE PUENTELATORRE - HOSPITAL**

Una vez superada la Salida de emergencia de Puentelatorre la línea describe una pronunciada curva a derechas que pretende enlazar la Estación de Hospital con la orientación adecuada. Para ello se desarrolla un prolongado acuerdo cuyo arco central, de radio 250 metros y 362 metros de longitud, finaliza apenas 60 metros antes del testero Norte de la caverna de estación. El segundo subfluvial del tramo coincide con la zona central de la curva, cruzando sensiblemente ortogonal al cauce del río.

Memoria

Página 25

L5-GH-MN\_Memoria

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



Por lo que se refiere al perfil longitudinal del túnel en este tramo, tras el punto alto de entronque con las galerías de emergencia de Puentelatorre, el trazado desciende con una pendiente de 40 milésimas buscando cruzar bajo el cauce del Ibaizábal con la suficiente tapada de roca.

El perfil longitudinal del túnel en este segundo cruce bajo el cauce constituye el punto de mayor dificultad del tramo ya que, a la necesidad de garantizar una tapada de roca suficiente sobre la clave del túnel al paso bajo el cauce, se une la urgencia por ascender rápidamente para llegar a la caverna de estación, separada apenas 200 metros del cauce, a cotas que garanticen una adecuada conexión con la superficie.

La solución pasa por que el punto bajo del túnel se encuentre justo antes de coincidir con el cauce del Ibaizábal, de manera que la línea cruce bajo éste describiendo ya un trazado ascendente, con una inclinación de 50 milésimas, en dirección a la caverna de estación. Además se debe adoptar en el cruce la tapada mínima admisible de roca sobre la clave del túnel, que se ha estimado en un diámetro.

### **ESTACIÓN HOSPITAL**

La Estación de Hospital se implanta en las inmediaciones del Hospital Comarcal de Galdakao, estando condicionada su posición con respecto a éste por las propias instalaciones del Hospital, y los servicios que allí se prestan, así como por la presencia del edificio de aparcamientos de este equipamiento sanitario y la N-240.

La orientación elegida para la estación viene dada por la optimización de los accesos a la caverna desde el propio Hospital y desde los barrios de Usansolo y Labeaga, y también por la necesidad de hacerla compatible con la nueva urbanización residencial que tiene previsto desarrollar el Ayuntamiento de Galdakao en el Sector Labeaga, que incluye un aparcamiento subterráneo y una gran plaza.

A esto hay que añadir la presencia de la Carretera N-240, a una cota muy por debajo de la del Hospital, ubicado en un alto. La caverna se ubica en planta entre esta carretera y el edificio de aparcamientos anexo al Hospital de Galdakao, bajo el cual se desarrollaría el cañón de acceso a Hospital. La cota de la caverna está por tanto condicionada seriamente por la presencia de ambos elementos, lo que genera una diferencia de cota considerable entre el vestíbulo de la estación y la entrada al Hospital, que sólo podrá salvarse mediante la implantación de ascensores.

Los ascensores de acceso a la caverna desde el centro sanitario quedarían ubicados frente a la fachada Norte del Hospital, cercanos a los principales accesos públicos al mismo. La batería de ascensores está conectada con la estación mediante un cañón ortogonal a la caverna, que accede a ésta por uno de sus hastiales, a cota de mezzanina. El cañón se diseña en suave pendiente lo

Memoria

Página 26

L5-GH-MN\_Memoria

que lo convierte en un acceso peatonal apto para personas de movilidad reducida (PMR), siendo además compatible con la instalación de pasillos rodantes.

Cumpliendo con los criterios de diseño establecidos en apartados anteriores, la caverna de estación coincide con un tramo en que el eje de trazado del tronco de Línea 5 se desarrolla en recta y en rasante horizontal.

Puesto que la caverna de estación necesita dos salidas de emergencia, y dado que el cañón de Hospital no puede contemplarse como tal al tratarse de una salida mecanizada (ascensores), es necesario implantar dos accesos más a la caverna, uno por cada testero, optándose porque ambos sean cañones de acceso al mismo, uno desde el barrio de Labeaga y otro desde Usansolo, este segundo se proyecta coincidiendo con la futura gran plaza prevista por el planeamiento municipal para el Sector Labeaga.

### **FIN DE TRAMO**

El PK de final de tramo viene dado por la necesidad de disponer, una vez superada la Estación de Hospital, una bretelle y un mango de maniobra, quedando así además espacio suficiente en paralelo al mango para mantener estacionada una unidad.

El trazado diseñado prolonga la recta de estación la longitud suficiente para dar cabida a una doble diagonal, curvándose después ligeramente hacia el oeste.

## **7.2 GEOTECNIA**

En el Anejo nº 5 Geología y geotecnia, se abordan las características geotécnicas de los materiales existentes en las zonas en las que se ejecutarán trabajos a cielo abierto y las recomendaciones geotécnicas a seguir en cada uno de los trabajos a desarrollar. A continuación se hace un breve resumen del contenido del anejo.

### **7.2.1 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS BOQUILLA GALERÍA DE PUENTELATORRE**

La boquilla de la galería de Puentelatorre se localiza en una ladera en la que aflora la roca.

Para la estimación de la estructura del macizo en esta zona se ha considerado la información correspondiente al Punto de Observación PO-63 levantado en el afloramiento existente:

- E: 40/215
- J1:81/319
- J2:82/239
- J3:72/120

Memoria

Página 27

L5-GH-MN\_Memoria

- J3A: 68/169

Propiedades mecánicas de las discontinuidades: ángulo de rozamiento interno de 20° para la estratificación y de 25° para el resto de familias, y cohesión nula.

Los parámetros geotécnicos representativos de la matriz rocosa son:

Parámetros sustrato rocoso CS-5 predominancia de lutitas y alternancia lutitas - areniscas	
PARÁMETRO	VALOR
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,60
Resistencia a compresión simple Lutitas y Alternancia lutitas - areniscas (MPa)	25,00
Módulo de deformación (MPa)	15000
Coefficiente de Poisson	0,250
Adherencia admisible bulbo-terreno (kN/m <sup>2</sup> )	300

Los parámetros del macizo rocoso constituido por alternancia de lutitas/limolitas y areniscas ligeramente meteorizadas son:

- Densidad aparente:  $\gamma = 2,6 \text{ t/m}^3$
- Parámetros modelo Mohr-Coulomb:
  - Cohesión:  $c' = 0,16 \text{ MPa}$
  - Ángulo de rozamiento interno:  $\phi' = 33^\circ$

(estos valores están del lado de la seguridad, considerando una fracturación elevada del macizo en superficie)

- Módulo de deformación:  $E = 6000 \text{ MPa}$
- Coeficiente de Poisson:  $\nu = 0,25$
- Adherencia admisible roca-lechada:  $a_{lim} = 3 \text{ kN/m}^2$

## 7.2.2 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS ZONA DE LA ESTACIÓN DEL HOSPITAL

En el cañón de Labeaga se ha realizado el sondeo SM-34, en el ascensor el sondeo SM-37 y en el entorno del cañón de Usansolo el sondeo SM-38.

### 7.2.2.1 CAÑÓN DE LABEAGA

Se han estimado los parámetros geotécnicos representativos:

Memoria

Página 28

L5-GH-MN\_Memoria

<b>Parámetros suelos aluviales Av arcillas</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,00
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 sustrato rocoso CS-5 predominancia de areniscas</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,60
Resistencia a compresión simple Areniscas (MPa)	50,00
Módulo de deformación (MPa)	17500
Coefficiente de Poisson	0,300
Adherencia admisible bulbo-terreno (kN/m <sup>2</sup> )	300

<b>Parámetros sustrato rocoso CS-5 predominancia de lutitas y alternancia lutitas - areniscas</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,60
Resistencia a compresión simple Lutitas y Alternancia lutitas - areniscas (MPa)	25,00
Módulo de deformación (MPa)	15000
Coefficiente de Poisson	0,250
Adherencia admisible bulbo-terreno (kN/m <sup>2</sup> )	300

Memoria

Página 29

L5-GH-MN\_Memoria

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



### 7.2.2.2 ASCENSOR DEL HOSPITAL

Se han estimado los parámetros geotécnicos representativos:

<b>Parámetros rellenos Rv arcillas</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,10
Resistencia a compresión simple (kPa)	400
Cohesión efectiva c' (kPa)	50
Ang Roz. Efectivo $\phi'$ (°)	25
Módulo de deformación Eo (MPa)	6,0

<b>Parámetros sustrato rocoso CS-5 predominancia de lutitas y alternancia lutitas - areniscas</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,60
Resistencia a compresión simple Lutitas y Alternancia lutitas - areniscas (MPa)	25,00
Módulo de deformación (MPa)	15000
Coefficiente de Poisson	0,250
Adherencia admisible bulbo-terreno (kN/m <sup>2</sup> )	300

### 7.2.2.3 CAÑÓN DE USANSOLO

Se han estimado los parámetros geotécnicos representativos:

<b>Parámetros rellenos Rc gravas</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,0
Resistencia a compresión simple (kPa)	30
Cohesión efectiva c' (kPa)	10
Ang Roz. Efectivo $\phi'$ (°)	35
Módulo de deformación Eo (MPa)	8,0

<b>Parámetros sustrato rocoso completamente – altamente meteorizado CS-5</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,1
Resistencia a compresión simple (kPa)	20
Cohesión efectiva c' (kPa)	30
Ang Roz. Efectivo $\phi'$ (°)	22
Módulo de deformación Eo (MPa)	50

Memoria

Página 30

L5-GH-MN\_Memoria

<b>Parámetros sustrato rocoso completamente – altamente meteorizado CS-5</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
<b>Parámetros sustrato rocoso CS-5 predominancia de lutitas y alternancia lutitas - areniscas</b>	
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,60
Resistencia a compresión simple Lutitas y Alternancia lutitas - areniscas (MPa)	25,00
Módulo de deformación (MPa)	15000
Coefficiente de Poisson	0,250
Adherencia admisible bulbo-terreno (kN/m <sup>2</sup> )	300

### 7.2.3 ENSAYOS EN MUESTRAS DE AGUA

En los sondeos SM-30 y SM-32 se han obtenido agresividades Media y Débil respectivamente en las muestras de agua ensayadas. Para agresividad débil y media, la instrucción EHE recomienda la utilización de hormigón HA-30.

### 7.2.4 EXCAVACIONES

Las excavaciones a cielo abierto previstas son las correspondientes al emboquille de la galería de emergencia de Puentelatorre y las asociadas a la estación en caverna del Hospital: cañones de Usansolo y Labeaga, ascensor, ventilaciones de emergencia de la estación y ventilación EBA.

#### 7.2.4.1 EXCAVACIÓN Y CONTENCIÓN EN SUELOS

Los rellenos existentes en la boquilla de Abusu y los suelos existentes sobre el sustrato rocoso en la zona del Hospital (rellenos, material aluvial y roca alterada) se contendrán con pantalla de micropilotes para la ejecución de las excavaciones necesarias.

Su retirada podrá realizarse con medios mecánicos y para el diseño de las contenciones se tendrán en cuenta los parámetros geotécnicos recogidos en el apartado nº 4.3 del Anejo nº 5.

#### 7.2.4.2 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.

Memoria

Página 31

L5-GH-MN\_Memoria

#### 7.2.4.2.1 Parámetros geotécnicos considerados

- Continuidad

Para la estratificación se asume una continuidad del 100 %. En las demás familias se considera una continuidad de 10 m (del lado de la seguridad, según lo observado en afloramientos).

- 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.

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

La excavación a cielo abierto en roca con entidad para su análisis específico en este tramo es la prevista en la boquilla de la salida de emergencia de Puentelatorre. Del análisis realizado para pendientes de desmonte 1H:5V, el talud frontal requiere un sostenimiento de 8,3 t/m<sup>2</sup> que puede conseguirse con bulones de Gewi  $\phi 32$  cada 2x2 m de 15 m y con 15° de inclinación, el talud izquierdo requiere un sostenimiento de 13,75 t/m<sup>2</sup> que puede conseguirse con bulones de Gewi  $\phi 32$  cada 1,5x1,5 m de 15 m y con 15° de inclinación y el talud derecho precisa de un gunitado superficial (e = 5 cm) para estabilizar el vuelco de J2. Este gunitado superficial o bien la disposición de una malla adosada al talud se recomienda también en los otros dos desmontes para prevenir caída de pequeños fragmentos, dado que va a ser una zona de trabajo y de ataque durante las obras.

#### 7.2.4.2.3 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.

Memoria

Página 32

L5-GH-MN\_Memoria

### 7.2.4.3 AUSCULTACIÓN

Una vez ejecutada la excavación es necesario vigilar su estabilidad, para lo cual se precisará instalar una instrumentación adecuada. En la zona del Hospital se ha previsto la instalación de Dianas en la fachada del edificio para controlar la excavación de los recintos apantallados para el ascensor, que se incluyen dentro de la auscultación asociada a las obras subterráneas.

Al comienzo de los trabajos se redactará un plan de auscultación concreto en el que se recogerán los controles a realizar y los informes a emitir, detallando los elementos que se instalarán, la frecuencia de medidas y la secuencia de control que se llevará a cabo.

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

### 7.2.5 ESTRUCTURAS

#### 7.2.5.1 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 sobre el mismo 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 sobreebanco 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. Aplicando este criterio se obtienen las siguientes cargas admisibles para las distintas zonas en las que se llevarán a cabo las cimentaciones superficiales:

- Boquilla de la galería de emergencia de Puentelatorre  
Se considerará una tensión admisible de 1,0 MPa.
- Zona del Hospital de Galdakao  
Se considerará una tensión admisible de 0,5 MPa.

Memoria

Página 33

L5-GH-MN\_Memoria

### 7.2.5.2 CIMENTACIONES PROFUNDAS

Para el cálculo de la carga de hundimiento de los pilotes que se empotran en roca se ha utilizado el método recogido en la Guía de cimentaciones en obras en carretera del Ministerio de Fomento. Aplicando este criterio se obtienen los siguientes valores que serán de aplicación en la zona del Hospital de Galdakao:

- Resistencia unitaria de hundimiento por punta:  $q_p = 0,98$  MPa
- Resistencia unitaria de hundimiento por fuste:  $\tau_f = 0,10$  MPa

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

- Resistencia admisible por punta:  $q_p = 0,33$  MPa
- Resistencia admisible por fuste:  $\tau_f = 0,03$  MPa

## 7.3 OBRAS SUBTERRÁNEAS

En el Anejo nº7, Obras Subterráneas, se analizan las características geotécnicas del terreno atravesado por el túnel de línea y las distintas galerías incluidas en el presente tramo Galdakao-Hospital. Asimismo, se analizan los sostenimientos en función de la calidad de los terrenos y se proponen una serie de secciones tipo de sostenimiento y revestimiento. Las obras subterráneas analizadas en este apartado se centran en el túnel de línea, la Estación de Hospital y las obras singulares.

### 7.3.1 INTRODUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO EN TÚNEL

El túnel de línea del tramo Galdakao-Hospital discurre entre los PK 4+340 y 6+270 ( $L = 1930$  m), y se excavará en mina.

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

TRAMO	PK inicio	PK final	L túnel mina (m)
Túnel Galdakao – Estación Hospital	4+340,000	5+988,872	1648,872
Estación Hospital	5+988,872	6+098,272	109,400
Estación Hospital – Fin trazado	6+098,272	6+270,000	171,728

#### 7.3.1.1 TÚNEL GALDAKAO – ESTACIÓN HOSPITAL

La primera parte, hasta el primer cruce bajo el río Nervión (PK 4+620) discurre bajo una zona urbana y la N-634 (PK 4+600), mientras que a continuación la cobertera aumenta y pasa bajo el barrio de Bekea en una zona de monte y poco poblada.

Tras el segundo cruce bajo el Nervión (PK 5+760) alcanza una zona de vega del río para llegar al Hospital. La montera máxima en este tramo es de 69 m (en el entorno del PK 5+300).

En este tramo entroncan en perpendicular con el túnel dos galerías para ventilación de emergencia y salida de emergencia (entronques con el túnel de línea en los PKs 4+410 y 4+430, salida de Abusu, y PKs 5+320 y 5+340, salida de Puentelatorre).

La galería de ventilación de emergencia de Abusu proyectada tiene una longitud en mina de 282 m, y la de Puentelatorre de 306 m aproximadamente

#### 7.3.1.2 ESTACIÓN DEL HOSPITAL

La caverna tiene una longitud de 109,40 m. Cuenta con dos accesos mediante cañones en sus extremos, así como con un pozo para ascensor junto a la entrada del Hospital. A ambos lados de la caverna, entroncando con el túnel de línea, se ejecutarán las obras singulares correspondientes a ventilación de emergencia (PK 5+930 y PK 6+115), y también para la ventilación EBA (PK 5+965).

Por encima de la caverna proyectada se encuentran los accesos al Hospital desde la carretera N-240 y su extremo oeste se encontraría en planta junto al parking del hospital. La montera en la zona de la estación es de 10 a 16 m.

#### 7.3.1.3 TÚNEL ESTACIÓN HOSPITAL – FIN TRAZADO

Este tramo de túnel en mina funcionará como mango de maniobras de final de línea, y su longitud será de 171,72 m. Transcurre bajo el entorno del hospital: edificio del parking, viales circundantes, carretera N-240. La montera en este tramo es de 16 a 27 m.

### 7.3.2 GEOMETRÍA DE LAS SECCIONES DE LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS

#### 7.3.2.1 GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN DEL TÚNEL DE LÍNEA

A continuación se adjuntan sendas figuras que definen las secciones adoptadas para el túnel de línea, que son dos: una para los tramos en recta y otra, de mayor sección, para los tramos en curva.

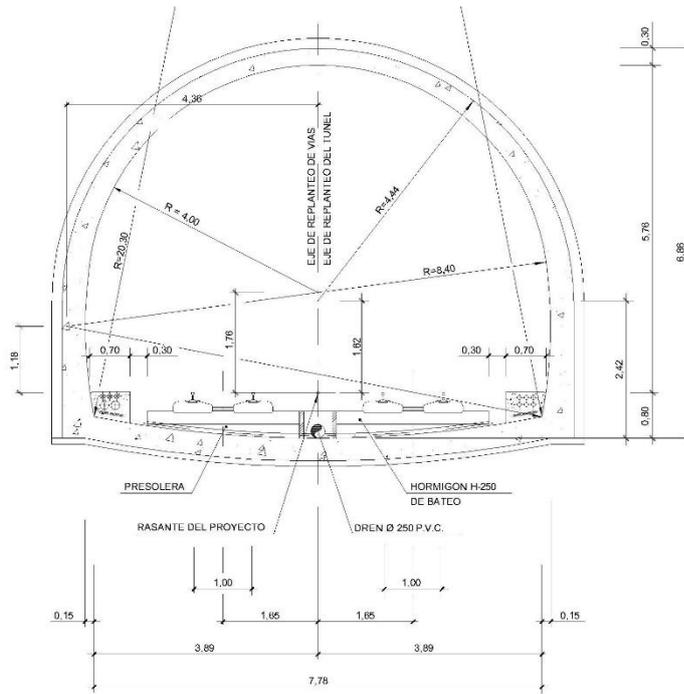
Memoria

Página 35

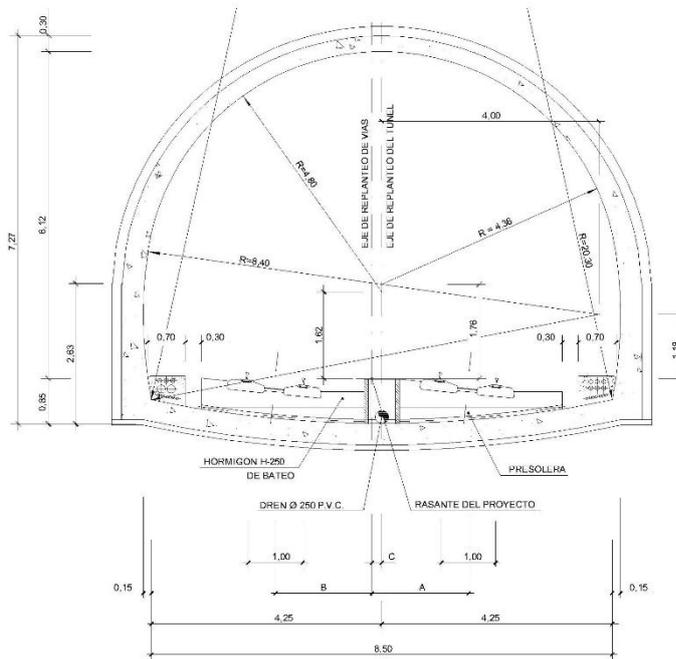
L5-GH-MN\_Memoria

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





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



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

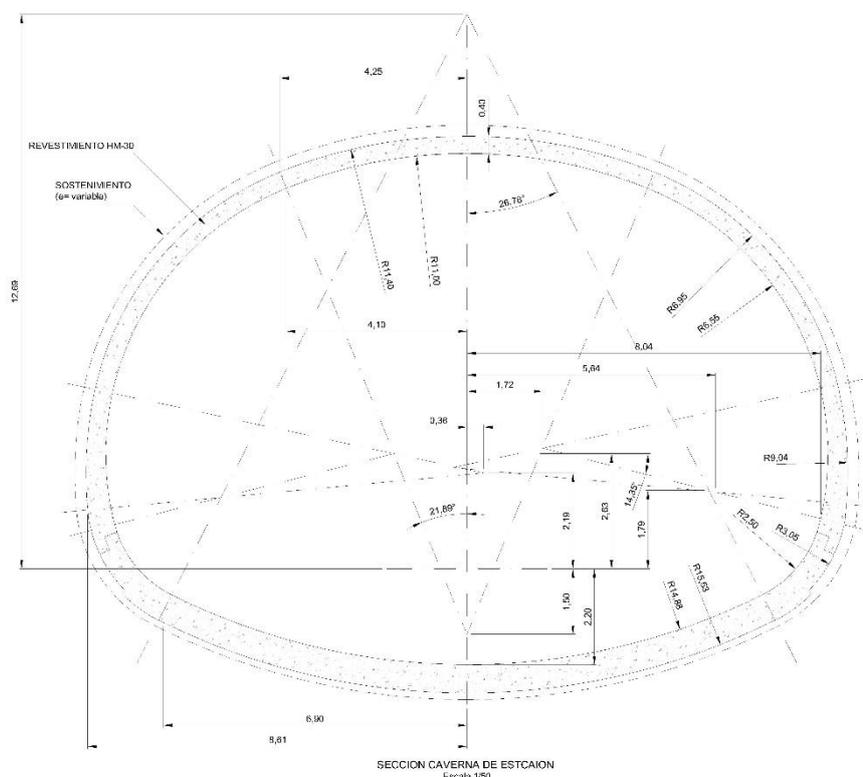
Memoria

Página 36

L5-GH-MN\_Memoria

### 7.3.2.2 GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN DE CAVERNA DE ESTACIÓN

La sección adoptada para la caverna de estación es la que se muestra en la siguiente figura:



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

Además de las anteriores obras subterráneas, que son las más significativas por su frecuencia (túnel de línea) o envergadura (caverna de estación), en el presente Proyecto se ha previsto la ejecución de las siguientes obras a excavar en mina:

- Pozos verticales, que alojarán los conductos verticales para ventilación de emergencia de estación, para ventilación EBA y el ascensor de la estación del Hospital. Pertenecen al Grupo 1.
- Cañones de acceso a la estación del Hospital, 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.
- Ventilación de emergencia de estación, en concreto los conductos horizontales que entroncan con el túnel de línea. Pertenece al Grupo 3.
- Acceso de usuarios al ascensor de la estación del Hospital, obra que arranca en horizontal a cota de mezzanina. Pertenece al Grupo 2.

Memoria

Página 37

- Acceso de mantenimiento desde la caverna (bajo andén) al foso del ascensor, obra horizontal. Pertenece al Grupo 2.
- 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.
- 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.

### 7.3.3 CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA

A lo largo del trazado se intercepta una única formación geológica, denominada CS-5: Alternancia de areniscas silíceas y lutitas.

Para realizar la caracterización de la matriz rocosa de la formación se cuenta con los resultados de ensayos de laboratorio e in situ que se han llevado a cabo, tanto los correspondientes al presente Proyecto como los realizados en el Estudio Informativo. Los resultados de todos ellos y la justificación de los parámetros adoptados se recogen en el Anejo nº7.

A continuación se resumen los parámetros adoptados para los dos casos que pueden darse en este tramo dentro de la formación CS-5: predominancia de la alternancia lutitas/areniscas y predominancia de areniscas.

#### 7.3.3.1 PARÁMETROS DE LA ROCA MATRIZ CS-5, ZONAS DE PREDOMINANCIA DE LUTITAS Y DE ALTERNANCIA DE ARENISCAS Y LUTITAS

PARÁMETROS ROCA MATRIZ FORMACIÓN CS-5, zonas de predominancia de lutitas y de alternancia de areniscas y lutitas	
PARÁMETRO	VALOR
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,600
Resistencia a compresión simple (MPa)	25,00
Resistencia a tracción (MPa)	2,50
Módulo de deformación (MPa)	15000
Coefficiente de Poisson	0,250
mi (criterio de rotura de Hoek-Brown)	7
Índice Schimazek (kN/m)	0,188

Memoria

Página 38

L5-GH-MN\_Memoria

PARÁMETROS ROCA MATRIZ FORMACIÓN CS-5, zonas de predominancia de lutitas y de alternancia de areniscas y lutitas	
PARÁMETRO	VALOR
Abrasividad Cerchar	1,5

#### 7.3.3.2 PARÁMETROS DE LA ROCA MATRIZ CS-5, ZONAS DE ARENISCAS

PARÁMETROS ROCA MATRIZ FORMACIÓN CS-5, zonas de areniscas	
PARÁMETRO	VALOR
Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	2,600
Resistencia a compresión simple (MPa)	50,00
Resistencia a tracción (MPa)	6,0
Módulo de deformación (MPa)	17500
Coefficiente de Poisson	0,300
mi (criterio de rotura de Hoek-Brown)	10
Índice Schimazek (kN/m)	3,479
Abrasividad Cerchar	2,3

#### 7.3.4 AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN

Los resultados obtenidos en las muestras ensayadas de las litologías afectadas (CS-5 con predominancia de Lutitas o alternancia lutitas y areniscas, CS-5 con predominancia de areniscas) indican que son materiales no agresivos al hormigón según lo recogido en la EHE.

Sin embargo no ocurre lo mismo con algunas de las muestras de agua: sondeos SM-30 y SM-32, con agresividad débil. Teniendo en cuenta las recomendaciones de la EHE, se deberá emplear hormigón de resistencia característica 30 MPa en el sostenimiento y revestimiento.

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

- Continuidad o persistencia

Persistencia máxima de 20 metros para la estratificación y de 8 metros para el resto de juntas.

- Fricción
  - $\phi_r = 25^\circ$  So
  - $\phi_r = 28^\circ$  Juntas
- Cohesión

El valor de la cohesión se desprecia en los cálculos, hipótesis conservadora y habitual.

Memoria

Página 39

L5-GH-MN\_Memoria

### 7.3.6 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 roca matriz y la calidad del macizo (que puede cuantificarse mediante diversos índices de calidad, en este caso se ha considerado el índice RMR).

#### 7.3.6.1 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 del 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 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.

En el Anejo 9 se detallan el criterio seguido y las hipótesis consideradas para establecer la tramificación de calidades que se recoge en el perfil geológico-geotécnico longitudinal. En la tabla siguiente se resume la estimación de calidad del macizo en cada dominio:

DOMINIO	% 10<RMR<20	% 20<RMR<45	% 45<RMR<55	% 55<RMR<70	% 70<RMR	COMENTARIOS
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 dos sondeos realizados en el mismo (SM-26 y SM-27)
Dominio 19	5,0	20,0	45,0	20,0	10,0	Se aplican los % de calidad estimados de forma aproximada en el sondeo S-13 a todo el tramo (no se cuenta con otros datos, se trata de un tramo corto del trazado)
Dominio 20	1,2	18,2	49,4	27,5	3,7	Aplicamos los % de cada sondeo en su tramo de proyección y en el resto del dominio la media obtenida a partir de los tres sondeos. No se ha tenido en cuenta el SM-29 porque se considera asociado a una zona de falla ni el SM-32 porque queda alejado de la traza
Dominio 21	0,0	27,4	25,0	47,6	0,0	Aplicamos los % de cada sondeo en su tramo de proyección y en el resto del dominio la media obtenida a partir de los sondeos.
Dominio 22	1,8	51,1	0,0	47,1	0,0	Aplicamos los % de cada sondeo en su tramo de proyección y en el resto

Memoria

Página 40

DOMINIO	% 10<RMR<20	% 20<RMR<45	% 45<RMR<55	% 55<RMR<70	% 70<RMR	COMENTARIOS
						del dominio la media obtenida a partir de los sondeos.

### 7.3.6.2 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL MACIZO ROCOSO

A partir de todos los datos disponibles (parámetros de la roca matriz obtenidos en ensayos de laboratorio, ensayos in situ realizados durante la ejecución de los sondeos, clasificaciones geomecánicas del macizo rocoso), así como diversos criterios empíricos o correlaciones, se han estimado los parámetros deformacionales y resistentes que caracterizan al macizo rocoso para diferentes calidades del mismo.

En el Anejo 9 se recoge con todo detalle el proceso seguido hasta llegar a los valores que se recogen en la siguiente tabla y que serán los considerados en los cálculos tensodeformacionales de comprobación de los distintos sostenimientos (cada uno, aplicable a una calidad del macizo):

FORMACIÓN	CALIDAD, RMR	Em (MPa)	C. ROTURA HOEK-BROWN			MOHR-COULOMB	
			mb	s	a	c' (MPa)	φ' (°)
CS-5 Lutitas y alternancia lutitas-areniscas	55 – 70	6125	1,403	0,0067	0,504	0,385	43,00
	45 – 55	3355	0,982	0,0022	0,508	0,286	40,30
	20 - 45	685	0,402	0,0001	0,544	0,146	31,25
	10 - 20	457	0,281	4,54E-05	0,585	0,094	28,50
CS-5 Areniscas	55 – 70	7145	2,005	0,0067	0,504	0,684	52,30
	45 – 55	3915	1,403	0,0022	0,508	0,479	50,00
	20 - 45	800	0,574	1,00E-04	0,544	0,230	41,15
	10 - 20	530	0,402	4,54E-05	0,585	0,148	35,00

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.

### 7.3.7 DEFINICIÓN DEL SOSTENIMIENTO Y REVESTIMIENTO

#### 7.3.7.1 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				

Memoria

Página 41

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

L5-GH-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
		<p>Hormigón proyectado e=6 cm, armado con fibra, HPF-30.</p> <p>Bulones swellex Mn16 L = 3,0 m, SxD = 2x2 m</p> <p>Pase en avance: 2,5 – 3,0 m</p> <p>Excavación a sección completa</p>	<p>Hormigón proyectado e=8 cm HP-30, armado con mallazo#4x150x150.</p> <p>Bulones anclados con resina φ25 B-500S, L = 3,0 m, SxD = 1,5x1,5 m</p> <p>Pase en avance: 2,0 – 2,5 m</p> <p>Excavación a sección completa</p>	<p>Hormigón proyectado e=11 cm HP-30 armado con mallazo 2#4x150x150.</p> <p>Cerchas TH-21 c/1,0 m.</p> <p>Bulones anclados con resina φ25 B-500S, L = 3,0 m, SxD = 1,0x1,0 m</p> <p>Pase en avance: 1,5 m</p> <p>Excavación por fases: avance + destroza</p>	<p>Hormigón proyectado e=15 cm HP-30, armado con mallazo 2#4x150x150.</p> <p>Cercha HEB-140 c/1,0 m o chapa Bernold.</p> <p>Bulones anclados con resina φ25 B-500S, L = 3,0 m, SxD = 1,0x1,0 m</p> <p>Pase en avance: 1,0 m</p> <p>Excavación por fases: avance + destroza</p>
Grupo 2	<p>Hormigón proyectado e= 5 cm HP-30.</p> <p>Bulones swellex Mn16 L = 3,0 m, SxD = 2x2 m</p> <p>Pase en avance: 4,0 m</p> <p>Excavación a sección completa</p>	<p>Hormigón proyectado e=8 cm, armado con fibra, HPF-30.</p> <p>Bulones swellex Mn16 L = 3,0 m, SxD = 2x2 m</p> <p>Pase en avance: 2,5 – 3,0 m</p> <p>Excavación a sección completa</p>	<p>Hormigón proyectado e=10 cm HP-30, armado con mallazo#6x150x150.</p> <p>Bulones anclados con resina φ25 B-500S, L = 3,0 m, SxD = 1,5x1,5 m</p> <p>Pase en avance: 2,0 – 2,5 m</p> <p>Excavación a sección completa</p>	<p>Hormigón proyectado e=13 cm HP-30 armado con mallazo 2#6x150x150.</p> <p>Cerchas TH-21 c/1,0 m.</p> <p>Bulones anclados con resina φ25 B-500S, L = 3,0 m, SxD = 1,0x1,0 m</p> <p>Pase en avance: 1,5 m</p> <p>Excavación por fases: avance + destroza</p>	<p>Hormigón proyectado e=20 cm HP-30, armado con mallazo 2#6x150x150.</p> <p>Cercha HEB-140 c/1,0 m o chapa Bernold.</p> <p>Bulones anclados con resina φ25 B-500S, L = 3,0 m, SxD = 1,0x1,0 m</p> <p>Pase en avance: 1,0 m</p> <p>Excavación por fases: avance + destroza</p>
Grupo 3	<p>Hormigón proyectado e=5 cm armado con fibra, HPF-30.</p> <p>Bulones swellex Mn16 L = 3,0 m, SxD = 2x2 m</p> <p>Pase en avance: 4,0 m</p> <p>Excavación por fases: avance + destroza</p>	<p>Hormigón proyectado e=10 cm, armado con fibra, HPF-30.</p> <p>Bulones swellex Mn24 L = 4,0 m, SxD = 2x2 m</p> <p>Pase en avance: 2,5 m</p> <p>Excavación por fases: avance + destroza</p>	<p>Hormigón proyectado e=12 cm HP-30, armado con mallazo#6x150x150.</p> <p>Bulones anclados con resina φ25 B-500S, L = 4,0 m, SxD = 1,5x1,5 m</p> <p>Pase en avance: 2,0 m</p> <p>Excavación por fases: avance + destroza</p>	<p>Hormigón proyectado e=18 cm HP-30 armado con mallazo 2#6x150x150.</p> <p>Cerchas TH-21 c/1,0 m.</p> <p>Bulones anclados con resina φ25 B-500S, L = 4,0 m, SxD = 1,0x1,0 m</p> <p>Pase en avance: 1,5 m</p> <p>Excavación por fases: avance + destroza</p>	<p>Hormigón proyectado e=30 cm HP-30, armado con mallazo 2#6x150x150.</p> <p>Cerchas HEB-180 c/1,0 m</p> <p>Bulones anclados con resina φ25 B-500S, L = 4,0 m, SxD = 1,0x1,0 m</p> <p>Pase en avance: 1,0 m</p> <p>Excavación por fases: avance + destroza</p>

Memoria

Página 42

L5-GH-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+de stroza por fases	Hormigón proyectado e=20 cm HP-30, armado con mallazo 2#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+de stroza 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+de stroza por fases	

### 7.3.7.2 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 PUENTELATORRE Enfilaje de bulones de barra $\phi$ 32 cada 0,50 m en clave, L = 12 m BOQUILLA CAÑÓN DE USANSOLO Paraguas de micropilotes perforación $\phi$ 150 mm, camisa de acero $\phi$ 114 y e=10 mm, L = 10 m inyectados con lechada, cada 0,50 m BOQUILLA CAÑÓN DE LABEAGA Paraguas de micropilotes perforación $\phi$ 150 mm, camisa de acero $\phi$ 114 y e=10 mm, L = 10 m inyectados con lechada, cada 0,50 m

### 7.3.7.3 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 Anejo nº7 se detallan las zonas de entronque en las que se aplicará el refuerzo, que consiste en aplicar el sostenimiento tipo ST-IV en un tramo de 1 diámetro de túnel de longitud a cada lado entronque en el túnel de línea y en las galerías de emergencia, independientemente de la calidad del macizo. En la caverna de la estación se aplicará el sostenimiento E-3 en toda su longitud.

Se evitará ejecutar los entronques en zonas de calidad mala o muy mala del macizo rocoso (en proyecto, con los datos disponibles, no se prevé que vaya a darse esta situación).

Memoria

Página 43

#### 7.3.7.4 REVESTIMIENTO

En todas las obras subterráneas proyectadas se llevará a cabo por delante del sostenimiento un revestimiento 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 siguiente tabla:

REVESTIMIENTO	OBRA SUBTERRÁNEA	TRAMO (PK a PK)
Hormigón en masa HM-30	Túnel de línea	4+340 a 5+281,2 5+334,5 a 5+915,6 6+127,2 a 6+270
	Galería de emergencia Puentelatorre	0+069,38 a 0+311,10
Hormigón armado HA-30	Túnel de línea	5+281,2 a 5+334,5 5+915,6 a 5+989,28 6+098,68 a 6+127,2
	Caverna estación Hospital	Toda su longitud (5+989,28 a 6+098,68)
	Galería de emergencia Puentelatorre	0+000 a 0+069,38 Tramo solo peatonal: toda su longitud
	Ventilación de emergencia 1	Toda su longitud
	Ventilación EBA	Toda su longitud
	Ventilación de emergencia 2	Toda su longitud
	Cañón de acceso Labeaga	Toda su longitud
	Cañón de acceso Hospital	Toda su longitud
	Cañón de acceso Usansolo	Toda su longitud
	Pozos verticales Raise Boring	Todos

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.

#### 7.3.7.5 IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE

Para recoger el agua que se infiltre a través del sostenimiento se dispondrán bandas drenantes entre dicho sostenimiento y el hormigón de revestimiento en hastiales y bóveda de 0,5 m de ancho cada 3 m.

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.

Memoria

Página 44

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

Por otra parte, se ha previsto la ejecución de inyecciones de impermeabilización en el contorno del túnel en los dos tramos de paso bajo los cauces fluviales, con objeto de evitar posibilidad de una afluencia masiva de agua al mismo. Esta medida se ha considerado oportuna teniendo en cuenta las características del macizo rocoso (en concreto la permeabilidad asociada a las areniscas presentes en la alternancia de litologías), así como la presencia de una falla estimada en uno de los pasos subfluviales y la baja cobertera de roca sana en dichos puntos.

Los dos pasos subfluviales existentes en el tramo Galdakao-Hospital, en los que se ha previsto aplicar este tratamiento son:

PASO SUBFLUVAL	TRAMO (PK a PK)	TRATAMIENTO
Río Ibaizabal	4+580 a 4+630	Inyecciones de lechada en el contorno del túnel
Río Ibaizabal	5+730 a 5+790	Inyecciones de lechada en el contorno del túnel

En el Anejo 5 de Geología y Geotecnia se recoge una estimación de los caudales de infiltración a lo largo del túnel.

Las inyecciones serán de lechada de cemento, de microcemento o de resina, en función de los resultados que se obtengan en los ensayos previos que se lleven a cabo durante la obra para determinar cuál es la opción idónea.

Por otra parte, en zonas de falla en las que el macizo rocoso se encuentra muy fracturado y es habitual una mayor circulación de agua, puede ser oportuno aplicar también este tratamiento de inyecciones de impermeabilización. Así, aunque no se ha prescrito de forma específica este tratamiento en las zonas de falla, sí se ha tenido en cuenta en el presupuesto su aplicación como tratamiento especial.

### 7.3.8 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 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.

Memoria

Página 45

L5-GH-MN\_Memoria

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

En el Anejo 9 se recoge de forma detallada la metodología, hipótesis y resultados obtenidos en los cálculos realizados con el programa PLAXIS v.8. A continuación se recoge una tabla resumen con las principales conclusiones:

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

Sostenimiento tipo	Cobertera (m)	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	69	$2,73 \cdot 10^{-3}$	7,83	-	4,301	17,94
ST-III	69	$5,21 \cdot 10^{-3}$	4,94	-	9,401	52,23
ST-IV	69	$3,05 \cdot 10^{-2}$	3,68	127,115	11,004	184,00
	59	$2,48 \cdot 10^{-2}$	3,44	102,872	7,683	184,00
	40	$1,49 \cdot 10^{-2}$	2,83	128,759	5,310	168,13
ST-V	69	$6,60 \cdot 10^{-2}$	3,33	138,166	13,902	184,00
	59	$5,04 \cdot 10^{-2}$	2,86	274,800	6,918	184,00
	40	$3,05 \cdot 10^{-2}$	2,10	60,859	5,980	184,00

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos considerados como aceptables, con la salvedad del sostenimiento ST-V (calidad del macizo muy mala) en zonas de máxima cobertera o 59 m, donde la corona de plastificación es superior a la banda bulonada y se producen tracciones puntuales considerables en el hormigón proyectado. Dado que la zona de máxima cobertera se encuentra en un tramo muy localizado y que la previsión de que el macizo tenga calidad baja en dicho tramo es pequeña, no se modifica el diseño de este sostenimiento tipo ST-V pero se da por válido con el añadido de que probablemente será necesaria la aplicación de algún tratamiento especial en determinadas zonas en las que concurren la aparición de estos materiales de tan mala calidad con otras circunstancias como cobertera superior a los 45 m, puntos singulares como boquillas, entronques, etc. para reforzar el sostenimiento. También será necesario llevar a cabo un control exhaustivo de la excavación en estos casos.

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

Sostenimiento tipo	Cobertera (m)	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	69	$2,29 \cdot 10^{-3}$	8,58	-	3,911	11,28
ST-III	69	$4,14 \cdot 10^{-3}$	7,53	-	6,646	18,60
ST-IV	69	$2,08 \cdot 10^{-2}$	5,57	128,371	11,005	183,71

Memoria

Página 46

Sostenimiento tipo	Cobertera (m)	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-V	69	$3,74 \cdot 10^{-2}$	3,71	93,121	8,868	184,00

Los resultados obtenidos, tanto de deformaciones como de sollicitaciones en los elementos del sostenimiento y plastificación del terreno alrededor de la excavación se encuentran dentro de los valores considerados como seguros.

#### 7.3.8.2 ANÁLISIS TENSODEFORMACIONAL. CAVERNA DE LA ESTACIÓN DE HOSPITAL

- Sección A (cobertera mínima):

Formación	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)
CS-5 Alternancia lutitas-areniscas	$8,89 \cdot 10^{-3}$	1,11	31,710	2,777	29,93
CS-5 Areniscas	$7,27 \cdot 10^{-3}$	1,39	30,381	2,786	21,42

- Sección B (cobertera máxima):

Formación	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)
CS-5 Alternancia lutitas-areniscas	$1,21 \cdot 10^{-2}$	1,44	41,522	3,194	52,24
CS-5 Areniscas	$9,70 \cdot 10^{-3}$	1,77	39,618	2,798	31,76

##### 7.3.8.2.1 Conclusiones del análisis tensodeformacional de la caverna

En ningún caso se produce la plastificación de los elementos del sostenimiento y las sollicitaciones 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 quedan dentro de los rangos admisibles.

No obstante, hay que señalar que estas comprobaciones no eximen de un máximo control durante la ejecución de la obra de las estructuras y servicios existentes en el entorno 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.

Memoria

Página 47

L5-GH-MN\_Memoria

### 7.3.8.3 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 9 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.

En conclusión se tiene que dichos sostenimientos son válidos en casos de calidad del macizo  $RMR > 70$ , detectándose casos en los que será necesaria la aplicación de bulones puntuales para elevar el factor de seguridad de alguna cuña por encima del valor de referencia 1,5. Esta medida se definirá con exactitud durante el transcurso de la excavación, cuando podrá comprobarse la estructura del macizo in situ. Por extensión, se considera que los demás sostenimientos funcionarán correctamente en caso de que se produzca algún fenómeno de inestabilidad de bloques, al contar con bulonados más cerrados.

### 7.3.9 PROCESO CONSTRUCTIVO

#### 7.3.9.1 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.

#### 7.3.9.2 MÉTODO DE EJECUCIÓN

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

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

Memoria

Página 48

L5-GH-MN\_Memoria

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.

#### 7.3.9.3 EXCAVACIÓN DE LOS CONDUCTOS VERTICALES

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 9 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.

#### 7.3.9.4 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

Memoria

Página 49

L5-GH-MN\_Memoria

- 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

### 7.3.10 CONTROL GEOTÉCNICO Y AUSCULTACIÓN

#### 7.3.10.1 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.

#### 7.3.10.2 AUSCULTACIÓN

##### 7.3.10.2.1 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:

- 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

Memoria

Página 50

L5-GH-MN\_Memoria

patologías) y características, y contar con información de partida para valorar posibles incidencias durante la excavación del túnel.

#### 7.3.10.2.2 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)
  - Inclinómetros
- Movimientos en superficie
  - Hitos de nivelación, regletas de nivelación, dianas y clinómetros de pared

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

En el plano 17. Auscultación del Documento nº2 Planos se recoge una planta del trazado en la que se señalan todas las medidas y sistemas de auscultación propuestos, tanto a cielo abierto como de los tramos excavados en mina. Además, en el Plano 6.8 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, en entronques, etc.) y eventualmente en otros puntos que la Dirección de Obra considere de 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 Hospital 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, inferior a un diámetro de túnel,

Memoria

Página 51

L5-GH-MN\_Memoria

zonas de entronque del túnel con galerías de emergencia, etc.) y/o puedan afectar a terceros en superficie (edificios, servicios, viales, etc.), y donde la Dirección de Obra considere de interés.

- Extensómetros de exterior

La propuesta de secciones con extensómetros de exterior se recoge con detalle en el Anejo nº7 y se refleja en el plano 17 del Documento nº2.

- Extensómetros de interior

Se instalarán extensómetros de interior en el túnel de línea, concretamente en las secciones de control de convergencias de los entronques con la galería de emergencia de Puentelatorre, en los entronques con las obras singulares (ventilaciones de emergencia de estación y EBA) 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 la galería de emergencia de Puentelatorre.

En el interior de la caverna de la estación del Hospital se 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, regletas de nivelación 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.

#### 7.3.10.2.4 Lecturas a realizar y frecuencia

- Medidas de convergencia

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

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.

Memoria

Página 52

L5-GH-MN\_Memoria

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.

Para las medidas de convergencia, 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	$0,2$ mm/día $\leq V \leq 0,5$ mm/día
Una cada 14 días	$0,1$ mm/día $\leq V \leq 0,2$ mm/día
Una cada mes	$0,05$ mm/día $\leq V \leq 0,1$ mm/día
Una cada 2 meses	$0,005$ mm/día $\leq V \leq 0,05$ mm/día
Una cada 3 meses	Hasta la ejecución del revestimiento

*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 es posible su instalación y el inicio de la toma de medidas con antelación a que comience a notarse la influencia del frente de excavación. En los extensómetros de interior 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.

Memoria

Página 53

L5-GH-MN\_Memoria

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

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.

## 7.4 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.

### 7.4.1 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 Galdakao-Hospital 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.

#### 7.4.1.1 VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN

Se establece para 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.

Memoria

Página 54

L5-GH-MN\_Memoria

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.

#### 7.4.1.2 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	$a_q$ Máx (m/s <sup>2</sup> )	1 m/s <sup>2</sup>	
Acuerdos	Rampa de peralte máxima	$\rho_{Máx}$ (mm/m)	placa: 3 mm/m	balasto: 2,5 mm/m
	Velocidad Ascensional máxima	$[dp/dl]_{Máx}$ (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	$a_v$ Máx (m/s <sup>2</sup> )	0,45 m/s <sup>2</sup>	

PARÁMETROS GEOMÉTRICOS				
<b>TRAZADO EN PLANTA</b>			<b>Normal</b>	<b>Excepc.</b>
Curvas circulares	Radio mínimo		250	200
Acuerdos	Longitud mínima por Velocidad Ascensional			$p \times v/50$
	Longitud mínima por sobreaceleración			55,5 m
<b>TRAZADO EN ALZADO</b>			<b>Normal</b>	<b>Excepc.</b>
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

Memoria

Página 55

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

L5-GH-MN\_Memoria



### 7.4.1.3 SECCIÓN TRANSVERSAL. GÁLIBOS.

- GÁLIBO VERTICAL LÍNEA 5

En cuanto al gálibo 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.

- GÁLIBO LATERAL LÍNEA 5

Se recogen en el cuadro siguiente los gálibos 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					Gálibos con pasillo lateral		Entrevía
Radio (m)	Peralte (mm)	Atnc (m/s <sup>2</sup> )	V (km/h)	lv (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
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

Memoria

Página 56

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	
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>	0	0	80	1.070,00	2.378	2.378	3.261

El túnel de línea, en vía doble, presenta una sección de 5,76 m (recta) y 6,13 m (curva) de altura libre en clave sobre rasante de vía. Su anchura en arranque de hastiales es de 7,79 m (recta) y 8,50 m (curva).

#### 7.4.2 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

ANDENES		Mínimo	Excepc.
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	

Memoria

Página 57

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

L5-GH-MN\_Memoria



PARÁMETROS DISEÑO DE ESTACIONES			
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)

### 7.4.3 CONDICIONANTES DE TRAZADO

#### 7.4.3.1 CONDICIONANTES PROPIOS DEL FMB

##### 7.4.3.1.1 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, Aperribai-Galdakao, con el que conecta en el túnel de línea que une las estaciones de Galdakao y Hospital, una vez superada la primera de ellas.

##### 7.4.3.1.2 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. Esto hace que el trazado en planta se deba adaptar a esta situación, ya que la implantación de los andenes de una estación aconseja una alineación recta de longitud suficiente (90 metros), 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 también 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, 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.

En este caso en particular, se plantea una estación en caverna con tres accesos independientes (desde la entrada al Hospital, desde un futuro acceso desde el barrio de Usansolo en la zona de

Memoria

Página 58

L5-GH-MN\_Memoria

Labeaga y desde el propio barrio de Labeaga). Como se mencionaba en apartados anteriores, el trazado de la línea al paso por la Estación de Hospital viene condicionado por la presencia de la carretera N-240, que cruza sobre el túnel de línea apenas 30 metros antes de que esta dé paso a la caverna de la estación de Hospital, y por la presencia del Interceptor Nervión-Ibaizábal del Consorcio de Aguas, que cruza por el Barrio de Labeaga, en las inmediaciones de la estación.

#### 7.4.3.1.3 Salidas de emergencia

El tercer gran condicionante en el trazado del túnel de línea son las salidas de emergencia, por la necesidad de recortar en lo posible el itinerario que conecta el túnel con el exterior, lo que aconseja a menudo acercar en el punto de conexión el túnel de línea a superficie y, en ocasiones, ajustar el trazado en planta del mismo buscando los puntos en superficie más adecuados para la implantación de la salida de emergencia.

En el caso concreto de la Salida de emergencia de Puentelatorre, el perfil longitudinal del túnel describe en el punto de entronque con la galería de emergencia un punto alto del trazado con objeto de acortar la distancia a la superficie. La inclinación de las rasantes que convergen en el acuerdo vertical es de 40 milésimas.

#### 7.4.3.2 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.

##### 7.4.3.2.1 Planeamiento Municipal

El planeamiento urbanístico del municipio de Galdakao ha supuesto un condicionante a tener en cuenta en el desarrollo del trazado de la línea en aquellas zonas donde el túnel se aproxima a superficie, esto es, en el entorno de la Salidas de Emergencia y la Estación de Hospital.

El trazado del tramo discurre íntegramente en túnel en mina, realizándose en superficie tan sólo las obras correspondientes a la salida de emergencia, los cañones de acceso a la Estación Hospital y las arquetas de salida a superficie de las ventilaciones de emergencia y ventilación EBA de la misma estación.

La estación de Hospital, que dará servicio al hospital de Galdakao y a los barrios de Labeaga y Usansolo, cuenta con tres accesos: un ascensor que se ubicará en suelo de equipamiento junto al hospital, el cañón de Usansolo que afectará en superficie a suelos clasificados como industrial urbano y como sistema general viario y el cañón de Labeaga que afectará a suelo residencial urbanizable no programado. Por su parte, la ventilación EBA y una de las ventilaciones de emergencia de la estación afectarán a suelo de equipamiento y la otra ventilación de emergencia afectará a suelos clasificados como núcleo rural en suelo no urbanizable.

Memoria

Página 59

L5-GH-MN\_Memoria

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



Finalmente, la salida de emergencia de Puentelatorre, que entronca con el túnel de línea en el PK 5+300, se dispondrá en suelo no urbanizable.

#### 7.4.3.2.2 Infraestructuras

Las principales infraestructuras presentes en el área de estudio, que han influido en el encaje del trazado del Proyecto son:

##### 7.4.3.2.2.1 *Carretera N-634*

El trazado cuenta en este tramo con un cruce del túnel de línea bajo la carretera N-634, una vez superado el núcleo de Galdakao y justo antes del paso subfluvial bajo el Ibaizábal, con lo que el condicionante principal para el trazado en alzado es el paso bajo el río, asegurándose con la cota exigida en dicho paso, la inexistencia de interferencias con la carretera.

##### 7.4.3.2.2.2 *Carretera N-240*

Esta carretera ha supuesto un serio condicionante en el diseño del trazado al paso por el Barrio de Labeaga. Tanto el túnel de línea como la Estación de Hospital deben su planta y, sobre todo sus cotas a la presencia de esta carretera. El trazado contemplado cruza bajo dicha carretera en su entrada en el barrio de Labeaga, en pleno giro de la traza hacia el Sur y antes de la estación del Hospital en caverna, no existiendo interferencias entre ambas infraestructuras gracias al trazado enterrado y profundo diseñado para la Línea 5.

##### 7.4.3.2.2.3 *Variante Sur Metropolitana*

El trazado adoptado pasa bajo dicha infraestructura (en fase de planeamiento) a la altura del Barrio de Bekea, coincidiendo con la zona en que el túnel de Línea 5 se acerca a superficie para simplificar el diseño de la Salida de emergencia de Puentelatorre. Se descarta cualquier interferencia con dicha infraestructura, ya que aunque ambas discurren en túnel en el punto de cruce, la diferencia de cota entre rasantes en el punto de cruce es superior a 36 metros.

##### 7.4.3.2.2.4 *Corredor de Alta Velocidad*

El solape entre ambas infraestructuras se produce también coincidiendo con la Salida de emergencia de Puentelatorre, no existiendo interferencias entre ellas. El trazado adoptado para la Línea 5 discurre en túnel en mina, pasando bajo dicha línea de alta velocidad sin interferir con ella, ya que en ese punto el trazado de la línea de metro se encuentra prácticamente a 60 metros de profundidad mientras que la línea de alta velocidad transcurre a cota de terreno.

Memoria

Página 60

L5-GH-MN\_Memoria

#### 7.4.3.2.3 Servicios Existentes

De entre los servicios existentes en el área de estudio, se ha considerado únicamente como condicionante en el diseño del trazado, en el tramo Galdakao-Hospital, el INTERCEPTOR NERVIÓN IBAIZÁBAL.

Se trata de una conducción propiedad del Consorcio de Aguas, un colector de hormigón de  $\varnothing$  1.200 mm hincado en roca que discurre a cierta profundidad, y que cuenta con pozos de gran tamaño y profundidad. El tramo Galdakao-Hospital discurre muy próximo a este interceptor, tanto en los subfluviales como en el entorno de la Estación de Hospital, constituyéndose así en uno de los claros condicionantes del trazado de la nueva línea y de la Estación de Hospital.

El trazado diseñado evita afecciones a esta conducción. Así, en los cruces subfluviales, en que el interceptor aparece en ambos casos en las inmediaciones del cauce, el túnel de línea discurre a la suficiente profundidad bajo el interceptor, garantizando así la no afección al mismo.

Por lo que respecta al Barrio de Labeaga, el interceptor Nervión-Ibaizábal discurre bajo el mismo, acortando el meandro que el río describe entorno al citado barrio. La profundidad del interceptor es considerable en este tramo, situándose la clave del colector en torno a la cota 40. En esta zona se desarrollan dos de los accesos desde superficie a la caverna de la Estación Hospital, uno de los cuales se plantea aprovechar durante las obras de construcción de la Estación como acceso a la caverna desde superficie. De cara a garantizar la no afección al interceptor, todas las obras se han diseñado al Este de la conducción, tomando como límite de la actuación el trazado del interceptor.

#### 7.4.3.2.4 Edificios próximos

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 resulta de especial importancia en el inicio del tramo, que discurre bajo el núcleo urbano de Galdakao. Sin embargo, el túnel de línea discurre ya a suficiente profundidad en esa zona como para garantizar la no afección a sótano alguno, ya que la cota de clave del túnel de línea queda unos 30 metros por debajo de la superficie.

#### 7.4.3.2.5 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.

Memoria

Página 61

L5-GH-MN\_Memoria

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.

#### 7.4.3.2.6 Red fluvial

El paso del trazado bajo cauces fluviales supone un condicionante de primer orden, influyendo en el encaje en planta del mismo por la necesidad de materializar un cruce lo menos esviado posible, así como en el alzado por la necesidad de situar la rasante a cota suficientemente profunda.

En el presente tramo se producen dos pasos bajo el río Ibaizabal:

- A la salida de la línea del núcleo de Galdakao, el túnel discurre en paralelo al viaducto sobre el Ibaizabal de la A-8. El paso subfluvial condiciona el perfil longitudinal del trazado exigiéndose el mantenimiento de al menos un diámetro de roca sana sobre la clave del túnel.
- Tras atravesar el barrio de Bekea, el cruce se diseña ortogonal al cauce y con una tapada estricta entre el fondo del cauce (roca) y la clave del túnel, motivada por la proximidad entre este paso subfluvial y la caverna de la estación de Hospital (cuya cota también es un condicionante de diseño).

#### 7.4.3.3 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.

## 7.5 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

Memoria

Página 62

L5-GH-MN\_Memoria

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.

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

- Falso Túnel: se impone una expropiación del perímetro en planta mas una banda de 8 m de ancho en suelo urbanizable, 5 m en suelo urbano y 2 m en suelo urbano consolidado (centro urbano).
- Boca de la galería de emergencia: se impone la expropiación del perímetro de los taludes de desmonte (coronación) correspondientes a la boquilla del túnel en mina mas 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.
- 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 zonas que se urbanizarán para dar acceso a los fosteritos, se expropian.
- También se expropian las reposiciones de viales (nueva calzada) y se impone servidumbre permanente en una banda de 5 m de ancho a ambos lados.

Memoria

Página 63

L5-GH-MN\_Memoria

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



- Por último, 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 permanente y provisionalmente, se resume a continuación el total de las afecciones de terreno:

Expropiación Definitiva	Total	12.616 m <sup>2</sup>
Servidumbre	Total	6.845 m <sup>2</sup>
Ocupación Temporal	Total	17.410 m <sup>2</sup>

## 7.6 REPOSICIÓN DE REDES DE SERVICIOS AFECTADOS

En el Anejo nº11, Servicios Afectados, se describen las diferentes redes de servicios que se verán afectadas por la ejecución de las obras contempladas en el proyecto. El proyecto distingue entre aquellos servicios que habrán de ser repuestos por la contrata, y cuya valoración se incluye en el 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 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, relacionadas todas ellas con la ejecución de excavaciones a cielo abierto en el entorno de la Estación del Hospital y enmarcadas en el término municipal de Galdakao:

- Zona de la salida del EBA de la Estación del Hospital.
- Salida del ascensor del cañón del Hospital.
- Cañón de Usansolo de la Estación del Hospital.

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

### 7.6.1 ABASTECIMIENTO

ABASTECIMIENTO MUNICIPAL. GALDAKAO				
SERVICIO AFECTADO	CARACTERÍSTICAS Y SITUACIÓN	LONGITUD AFECTADA	LONGITUD REPUESTA	DESCRIPCIÓN
S.A. nº101	Tubería de FD Ø80. Afectada por la ejecución del EBA de la Estación del Hospital	13 m	18 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 del EBA.

Memoria

Página 64

L5-GH-MN\_Memoria

ABASTECIMIENTO MUNICIPAL. GALDAKAO				
SERVICIO AFECTADO	CARACTERÍSTICAS Y SITUACIÓN	LONGITUD AFECTADA	LONGITUD REPUESTA	DESCRIPCIÓN
S.A. nº102	Tubería FD 150 mm. Derivación al Hospital. Afectada por la ejecución del recinto apantallado para la construcción del cañón de acceso de Usánsolo.	10 m	18 m	La reposición consistirá en la modificación del trazado de la tubería que resulta afectada por la ejecución de las pantallas del recinto de ejecución del cañón.
S.A. nº103	Tubería FD 150 mm. Derivación a Laminarrieta. Afectada por la ejecución del recinto apantallado para la construcción del cañón de acceso de Usánsolo.	65 m	35 m	La reposición consistirá en la modificación del trazado de la tubería que resulta afectada por la ejecución de las pantallas del recinto de ejecución del cañón.

ABASTECIMIENTO CONSORCIO				
SERVICIO AFECTADO	CARACTERÍSTICAS Y SITUACIÓN	LONGITUD AFECTADA	LONGITUD REPUESTA	DESCRIPCIÓN
S.A. nº201	Tubería de FD Ø300. Afectada por la ejecución del recinto apantallado para la construcción del cañón de acceso de Usánsolo.	90 m	175 m	La reposición consistirá en la modificación del trazado de la tubería que resulta afectada por la ejecución de las pantallas del recinto de ejecución del cañón.
S.A. nº202	Tubería de FD Ø350. Afectada por la ejecución del recinto apantallado para la construcción del cañón de acceso de Usánsolo.	115 m	170 m	La reposición consistirá en la modificación del trazado de la tubería que resulta afectada por la ejecución de las pantallas del recinto de ejecución del cañón. Incluye la reposición de la arqueta de conexión Labeaga.
S.A. nº203	Tubería de FD Ø300. Ramal Labeaga. Afectada por la modificación del servicio 202 por la ejecución del recinto apantallado para la construcción del cañón de acceso de Usánsolo.	16 m	6 m	La reposición consistirá en la modificación del trazado de la tubería que resulta afectada por la ejecución de las pantallas del recinto de ejecución del cañón.
S.A. nº204	Tubería de FD Ø300. Conexión servicios 201 y 202. Incluye arqueta de seccionamiento.	12 m	6 m	La reposición consistirá en la modificación del trazado de la tubería que resulta afectada por la ejecución de las pantallas del recinto de ejecución del cañón. Incluye la reposición de la arqueta de seccionamiento.

## 7.6.2 ALUMBRADO

AYUNTAMIENTO GALDAKAO				
SERVICIO AFECTADO	CARACTERÍSTICAS Y SITUACIÓN	LONGITUD AFECTADA	LONGITUD REPUESTA	DESCRIPCIÓN
S.A. nº301	Línea aérea. Salida EBA estación Hospital	25 m	35 m	Se ejecutará una variante provisional reponiendo el servicio al estado actual.
S.A. nº302	Canalización subterránea y farolas. Acceso al cañón de Usánsolo	110 m	110 m	Se repondrá la canalización existente por el exterior del recinto apantallado.
S.A. nº303	Canalización subterránea y farolas. Acceso al hospital	35 m	35 m	La reposición de este tramo de línea de alumbrado se acometerá con la reposición del parterre

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

SANEAMIENTO MUNICIPAL GALDAKAO				
SERVICIO AFECTADO	CARACTERÍSTICAS Y SITUACIÓN	LONGITUD AFECTADA	LONGITUD REPUESTA	DESCRIPCIÓN
S.A. nº401	Colector de saneamiento de 300 mm de hormigón. Salida EBA estación Hospital	15 m	20 m	Se repondrá previamente a la ejecución de las pantallas

Memoria

Página 65

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

L5-GH-MN\_Memoria



SANEAMIENTO MUNICIPAL GALDAKAO				
SERVICIO AFECTADO	CARACTERÍSTICAS Y SITUACIÓN	LONGITUD AFECTADA	LONGITUD REPUESTA	DESCRIPCIÓN
S.A. nº402	Colector de pluviales de 600 mm de hormigón. Salida EBA estación Hospital	40 m	55 m	Se repondrá previamente a la ejecución de las pantallas
S.A. nº403	Colector de Pluviales. Acceso al cañón de Usánsolo	120 m	120 m	Se repondrá previamente a la ejecución de las pantallas del cañón
S.A. nº401	Colector de saneamiento de 300 mm de hormigón. Salida EBA estación Hospital	15 m	20 m	Se repondrá previamente a la ejecución de las pantallas

## 7.7 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):

### 7.7.1 ELECTRICIDAD

IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U.				
SERVICIO AFECTADO	CARACTERÍSTICAS Y SITUACIÓN	LONGITUD AFECTADA	LONGITUD REPUESTA	DESCRIPCIÓN
S.A. nº501	Tramo de línea aérea de baja tensión. Salida EBA estación Hospital	60m	130 m	Montaje de un apoyo provisional nuevo y tendido de cableado

### 7.7.2 TELECOMUNICACIONES

TELFÓNICA				
SERVICIO AFECTADO	CARACTERÍSTICAS Y SITUACIÓN	LONGITUD AFECTADA	LONGITUD REPUESTA	DESCRIPCIÓN
S.A. nº601	Canalización subterránea. Acceso al cañón de Usánsolo	120 m	140 m	Se repondrá la canalización existente por el exterior del recinto apantallado
S.A. nº602	Línea aérea. Acceso al cañón de Usánsolo	55 m	20m	Se repondrá un poste y el tramo de línea afectada

### 7.7.3 GAS

NATURGAS				
SERVICIO AFECTADO	CARACTERÍSTICAS Y SITUACIÓN	LONGITUD AFECTADA	LONGITUD REPUESTA	DESCRIPCIÓN
S.A nº 701	Gasoducto AC 4". Salida EBA estación Hospital	10 m	10 m	Protección de tubería existente

## 7.8 OTRAS AFECCIONES

Además de las afecciones a servicios de titularidad, tanto pública como privada, van a resultar afectados dos cerramientos a consecuencia de la reposición de servicios.

Memoria

Página 66

Se afecta asimismo a una chabola ubicada en las inmediaciones del Cañón de Acceso de Usansolo que habrá de ser demolida para la implantación del nuevo acceso al cañón y la urbanización asociada al mismo.

## 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.

El primer paso para el diseño y dimensionamiento de la red de drenaje del tramo Galdakao-Hospital ha consistido en la determinación de los caudales de diseño, para poder dimensionar la sección que precisa el elemento de drenaje. En este caso, los diferentes tramos analizados y el método empleado en cada uno de ellos para la determinación de los caudales de diseño se recogen en la tabla siguiente:

Tramo	Método cálculo caudales	Caudal	Origen de caudales
<b>Tramo a cielo abierto</b>	Método Racional	$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$	- Escorrentía superficial
<b>Falso túnel</b>	Método de Darcy	45 l/s/km	- Infiltración freática
<b>Túnel en mina</b>	Método Analítico de Goodman	45 l/s/km	- Infiltración freática - Falsos túneles
<b>Estación Hospital</b>	Método de Darcy	45 l/s/km	- Infiltración freática - Labores de mantenimiento de la estación - Sin caudales externos
<b>Salida emergencia de Puentelatorre</b>	Método Analítico de Goodman	45 l/s/km	- Infiltración freática - Escorrentía superficial (rejilla)

### 7.9.1 DRENAJE DEL TÚNEL DE LÍNEA

El presente proyecto contempla la ejecución de un túnel en mina de vía doble en los tramos comprendidos entre los PKs 4+340 – 5+988,872 y 6+098,272 – 6+269, por lo 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.

Memoria

Página 67

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

L5-GH-MN\_Memoria



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 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 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 milímetros de radio que discurre junto al hastial, en los dos pasillos laterales de servicio.

Con una interdistancia de 8 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 P.V.C. de 250 mm de diámetro que acaban vertiendo los caudales totales en los pozos de bombeo.

El agua que pueda acceder a la plataforma de asiento mencionada también será desaguada por el canal de 0,30 metros de anchura, formado entre la plataforma y los pasillos laterales.

La parte de los caudales procedente de la plataforma de asiento mencionada en el párrafo anterior, que no solicita a la red descrita, es la desaguada 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 y pozos de registro cada 25 m.

#### 7.9.2 DRENAJE DE LA ESTACIÓN DE HOSPITAL

Los caudales a desaguar en la zona de estación proceden de cuatro orígenes diferentes: (i) de la infiltración a través del sostenimiento de la caverna, (ii) desde los elementos exteriores (pozos), (iii) de la red de abastecimiento de la estación, que accederá a la red de drenaje desde el filtro biológico (al que llega desde el servicio destinado al personal de la estación), así como los generados durante las labores de limpieza en la estación y (iv) desde el túnel de línea.

Memoria

Página 68

L5-GH-MN\_Memoria

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 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 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 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%. 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% 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% 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% 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 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.

Memoria

Página 69

L5-GH-MN\_Memoria

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 testereros 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 nº6. Drenaje.

Memoria

Página 70

L5-GH-MN\_Memoria

Esquema de la Red de drenaje	Tramo		Características del tramo	Pendiente longitudinal	Orígenes de caudales
	P.K. inicio	P.K. fin			
∇	3+793 (tramo 2)	4+340,00	Túnel en Mina	-0,003	Infiltración freática Ventilación de Emergencia Zamakoa
↓	4+340,00	4+374,35	Túnel en Mina	-0,3%	Infiltración freática Tramo anterior
↓	4+374,35	4+642,63	Túnel en Mina	-5,0%	Infiltración freática Tramo anterior Salida de emergencia Abusu
<b>Pozo de Bombeo</b>	<b>4+642,63</b>		<b>Punto bajo del trazado que permite el subfluvial bajo el Ibaizabal.</b>		
↑	4+642,63	5+314,38	Túnel en Mina	4,0%	Infiltración freática
---	<b>5+314,38</b>		<b>Punto alto del trazado para la implantación de la Salida de Emergencia Puente</b>		
↓	5+314,38	5+662,64	Túnel en Mina	-4,0%	Infiltración freática Salida de Emergencia de PuenteIatorre
<b>Pozo de Bombeo</b>	<b>5+662,64</b>		<b>Punto bajo del trazado.</b>		
↑	5+662,64	5+988,87	Túnel en Mina	5,0%	Infiltración freática Obras Singulares
<b>Pozo de Bombeo</b>	5+988,87	6+098,27	Estación de Hospital	0,00%	Infiltración freática
↑					Labores de mantenimiento de la estación
---					Cañones
<b>Pozo de Bombeo</b>					Tramo túnel adyacente
↓	6+098,27	6+270,00	Túnel en Mina	-3,5%	Infiltración freática Ventilación de Emergencia 2
<b>Pozo de Bombeo</b>	<b>6+268</b>		<b>Punto Bajo del Trazado.</b>		

## 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 al proyecto.

Se consideran como componentes de la superestructura de vía los siguientes elementos, situados encima de la plataforma: 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).

Memoria

Página 71

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

L5-GH-MN\_Memoria



Las diferentes especificaciones acerca de los materiales, ensayos, etc., quedan recogidas en los correspondientes artículos del Documento N° 3 Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

En el presente proyecto, tramo Galdakao-Hospital, 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 y comienza conectando con la vía existente del tramo 2, Aperribai - Galdakao en el PK 4+340.

La doble vía continúa ya con similar entre eje (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 Hospital (PK 5+988,8 a 6+098,3). La estación se ha diseñado con andenes laterales por lo que la disposición de la vía no cambia guardando un entre eje de 3,30 m.

Una vez superada la estación de Hospital 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 6+031), que permite realizar un cambio de sentido de las circulaciones en caso de que la explotación de la línea lo requiera. La vía se extenderá hasta el PK 6+270 (fin de línea) permitiendo el estacionamiento de unidades.

### **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 bloque separadas según el radio de curvatura: (MB-8-NV-1-001)

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

Memoria

Página 72

L5-GH-MN\_Memoria

## 7.11 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 diversas obras, correspondientes a la Salida de Emergencia de Puentelatorre, puntos de ataque del túnel de línea y Estación de Hospital, requerirá la ocupación de diferentes áreas en la superficie, incluyendo zonas destinadas a la circulación de vehículos. Con el fin de paliar en lo posible estas afecciones será necesario prever los correspondientes desvíos provisionales para el tráfico rodado.
- Interferencias con el Planeamiento Urbanístico. A la hora de decidir la implantación de los diferentes elementos en superficie de la línea es necesario considerar no sólo la situación actual de la trama urbana sino también la situación prevista en el Planeamiento Municipal.
- Urbanización de calles afectadas. Como se ha señalado anteriormente, 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.

### 7.11.1 AFECCIONES A EDIFICIOS

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.

El proyecto de construcción de la línea 5 del FMB discurre entre Galdakao y la Estación de Hospital por suelos urbanos residenciales, urbanos industriales y urbanizables pertenecientes al municipio de Galdakao. El inicio del tramo (en las afueras del casco urbano de Galdakao) transcurre en mina por una zona con edificios de viviendas en altura, y el resto del trazado transcurre en mina por zonas con edificios dispersos de no más de dos alturas. En el final de línea cabe destacar la presencia del complejo hospitalario del Hospital Comarcal de Galdakao.

Se descartan las afecciones a edificios, a excepción de una chabola de uso agrícola ubicada en el Barrio de Labeaga que se demolerá en el marco de las obras previstas.

Memoria

Página 73

L5-GH-MN\_Memoria

## 7.11.2 URBANIZACIÓN Y 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 en este caso no han requerido del diseño de desvíos provisionales.

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.

En el Anejo nº14 se recogen los planos de urbanización de todas las zonas afectadas por las obras en superficie, que son las siguientes:

### 7.11.2.1 ZONA DE PUENTELATORRE

El proyecto incluye la construcción de una galería de salida de emergencia, denominada Puentelatorre, que además será utilizada durante la fase de obra como punto de ataque para la construcción de las infraestructuras subterráneas del tramo.

La zona destinada a albergar el emboquille de la galería de emergencia y las instalaciones de obra se ubica en una parcela llana anexa al camino Meatxeta. Ni las obras proyectadas ni el acceso a las mismas afectan a itinerario rodado o peatonal alguno, por lo que no se precisa del diseño de desvíos provisionales.

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

### 7.11.2.2 ZONA DE HOSPITAL-LABEAGA

Son varias las actuaciones previstas en la zona de Labeaga, que van desde ejecución de las obras singulares asociadas a la estación de Hospital (cañones de acceso y ventilaciones), a la implantación de una rampa de acceso a la caverna y de sendas áreas destinadas a instalaciones del contratista y acopios.

Los trabajos y actividades asociados a dichas actuaciones requieren de una considerable ocupación en planta y suponen en algunas zonas un importante tráfico de vehículos pesados. Todo ello conlleva la inevitable afección a algunos de los viales y caminos existentes en el entorno.

Por lo que respecta a las ventilaciones, tanto EBA como emergencia, ninguna de ellas supone afección a tráfico alguno, dado que las obras se desarrollan ocupando zonas libres anexas a los viales existentes, con suficiente espacio para que las mismas se puedan ejecutar sin necesidad de ocupar los viales adyacentes.

Memoria

Página 74

L5-GH-MN\_Memoria

Por lo que respecta a los cañones, las obras en superficie del Cañón de Acceso de Labeaga se pueden ejecutar sin afectar a la vialidad existente, al implantarse lejos de los itinerarios existentes en la zona. En el caso de Hospital y Usansolo las afecciones que cabe esperar son las siguientes:

- Ascensor de Hospital

Las obras se desarrollan ocupando los jardines ubicados frente a la fachada norte del hospital y las aceras y rampas de acceso ubicadas en las inmediaciones de los mismos. Se elimina asimismo una fila de aparcamientos en batería que bordea la acera actual existente en esa zona.

Se considera que las obras de implantación del ascensor y urbanización del entorno pueden ejecutarse sin necesidad de articular desvíos para el mantenimiento del tráfico rodado y peatonal.

En lo que se refiere al tráfico peatonal, la nueva urbanización sustituye la acera perimetral que bordea actualmente la zona ajardinada y las escaleras centrales, diseñando una nueva acera perimetral, exterior a la actual y unas escaleras centrales que conectan con la plataforma que circunda el ascensor. El tráfico peatonal durante las obras quedará garantizado si se ejecuta como primer paso la nueva acera perimetral, exterior a la existente, que permitiría la circulación durante las obras. Otra solución pasaría por habilitar al tráfico peatonal parte del vial perimetral actual.

- Cañón de Acceso Usansolo

Este cañón de acceso es el que supone mayores afecciones al tráfico peatonal y rodado, dada la coincidencia de la urbanización que acoge el edículo de salida del cañón a superficie con el actual Camino Laminarrieta. Con objeto de solventar la afección inferida al Camino Laminarrieta, el presente proyecto incluye un nuevo vial que sustituye al tramo del Camino Laminarrieta entre el Puente sobre el Ibaizábal y la intersección con la N-240.

### 7.11.3 REPOSICIÓN 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 mismas.

La ejecución de las obras previstas en superficie en la zona de Puentelatorre y Labeaga tendrá repercusión en el paisaje urbano, ya que suponen afectar el entorno de las mismas y exigen por ello actuaciones que permitan solucionar las afecciones producidas.

En la zona de Labeaga por su parte, las obras incluyen la reposición del Camino Laminarrieta, vial de acceso a Usansolo desde la N-240 por Labeaga, cuyo actual trazado es incompatible con la urbanización prevista en el planeamiento municipal para el Sector Labeaga, y en consecuencia con el Cañón de Acceso Usánsolo a la Estación de Hospital.

Memoria

Página 75

L5-GH-MN\_Memoria

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



Ha sido necesario por ello diseñar la reposición de parte de este vial. De cara a reducir expropiaciones y afecciones, se diseña un vial que aprovecha en buena parte un camino existente entre el actual y el cauce del Río Ibaizábal, al Oeste del vial actual. Se trata de un vial que da acceso a las edificaciones existentes en esa margen del río.

La reposición propuesta incluye una acera, se prevé una sección de similares características que la actual, que cuenta con una calzada de doble sentido de 6 metros de anchura, arcenes de 0,5 metros y acera en uno de sus bordes.

Existe un segundo vial sobre el que se actúa, se trata del Camino Meatxeta. La zona destinada a albergar el emboquille de la galería de emergencia de Puentelatorre y las instalaciones y elementos auxiliares de obra se ubica en una parcela llana anexa a este camino, por lo que se propone que el acceso a esta zona de obra se realice desde la N-240, por Laminarrieta Bidea para posteriormente enlazar con Meatxeta Bidea.

Este camino cuenta en la actualidad con una plataforma de apenas 4 metros de anchura y superficie aglomerada. Durante las obras será utilizado como acceso a obra de vehículos y materiales y también para el traslado de los materiales procedentes de la excavación del túnel al punto de depósito que se establezca para los sobrantes.

Dada la anchura del mismo, será necesario ampliar la plataforma en un par de puntos intermedios, de manera que se habiliten zonas de cruce de vehículos, dado que durante la ejecución de las obras el tráfico de vehículos se verá considerable incrementado.

Una vez que se den por finalizadas las obras en la zona de Puentelatorre, será asimismo necesario proceder a la renovación del firme del vial, debido a los previsibles desperfectos que el tráfico de vehículos de obra a lo largo del camino pudiera ocasionar.

## 7.12 ESTACIÓN DE HOSPITAL

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

La Estación de Hospital se implanta dentro del término municipal de Galdakao y más concretamente en el Barrio de Labeaga, en las inmediaciones del Hospital Comarcal de Galdakao y el Barrio de Usánsolo. 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....

Memoria

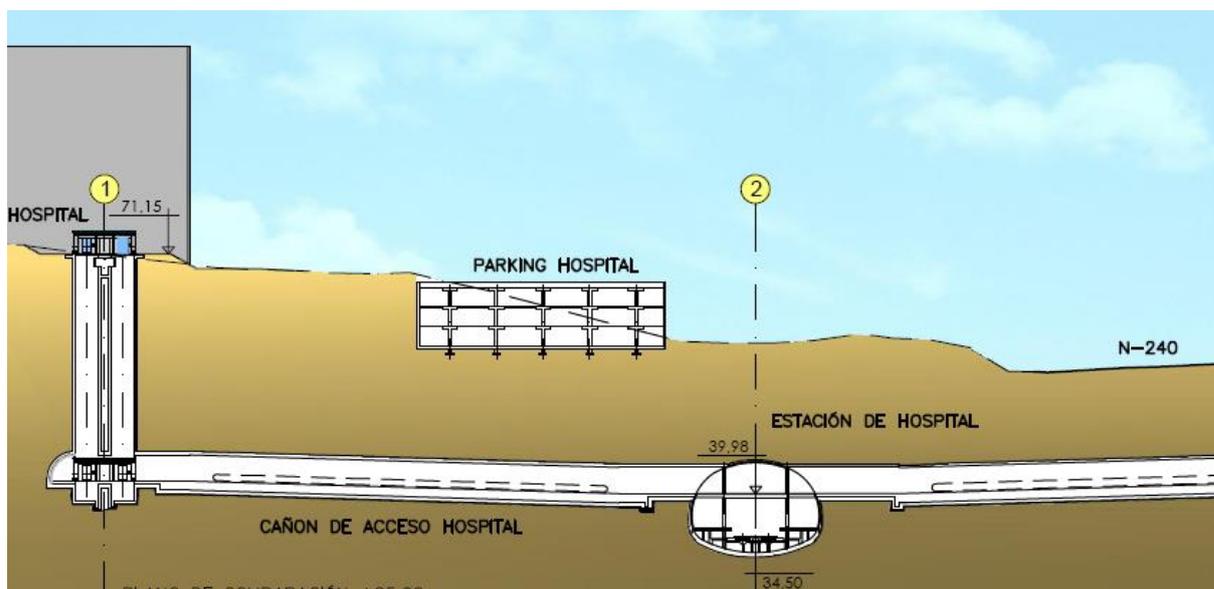
Página 76

L5-GH-MN\_Memoria

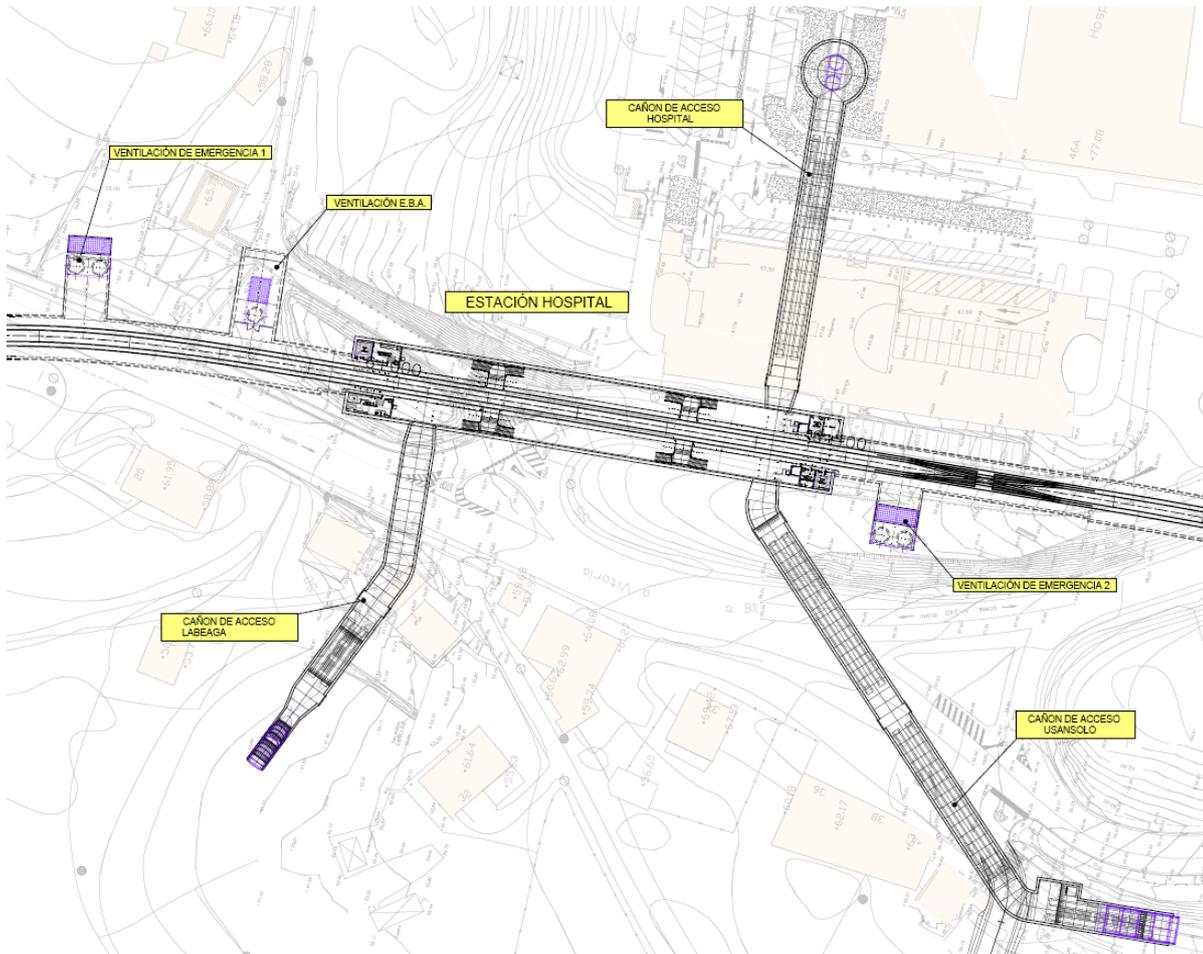
La caverna de estación queda enmarcada entre la carretera y el edificio de aparcamientos del Hospital, siendo su orientación paralela a éste último. La caverna tiene una longitud interior de 108 metros entre extremos.

Su emplazamiento viene condicionado por las propias instalaciones hospitalarias y los servicios que allí se prestan, así como por la presencia de la Carretera N-240, a una cota muy por debajo de la del Hospital, ubicado en un alto.

La cota de la caverna está condicionada seriamente por la presencia del edificio de aparcamientos del Hospital y la propia N-240, generándose por ello un desnivel considerable entre el vestíbulo de la estación y la entrada al Hospital, que sólo podrá salvarse mediante una batería de ascensores.



Es necesario contar con dos salidas a superficie no mecanizadas, por lo que se diseñan dos accesos a la caverna desde la zona de Labeaga, una por testero. Se decide dotar a ambas salidas de características geométricas adecuadas para convertirlas en cañón de acceso, lo que permitiría en un futuro contar con tres accesos a la estación.



Se diseñan así tres cañones de acceso: Hospital, Usánsolo y Labeaga, formando sus salidas un triángulo dentro del cual queda enmarcada la caverna de estación.

- Ascensores de acceso al Hospital

El cañón de salida arranca del hastial izquierdo (PK crecientes) de la caverna en ángulo recto y su trazado en planta y alzado es rectilíneo, con una pendiente muy suave, apto para personas de movilidad reducida (PMR) y compatible con la instalación de pasillos rodantes.

Una batería de dos ascensores permite superar los casi treinta metros de desnivel existentes entre el cañón y la superficie. Los ascensores emergen frente a la fachada Norte del Hospital, cercanos a los principales accesos al mismo.

- Cañón con ascensor de acceso desde Usánsolo.

Se plantea un acceso peatonal apto para PMR, con un cañón en suave pendiente apto para la instalación de pasillos rodantes. Esta solución no permite salvar directamente el desnivel existente entre la mezzanina y la nueva plaza, por lo que es necesario disponer, en la salida a

Memoria

Página 78

la plaza, escaleras mecánicas y un ascensor. El cañón sale a superficie coincidiendo con la futura gran plaza prevista por el planeamiento municipal para el Sector Labeaga, habiéndose adoptado la cota de salida prevista para la futura urbanización.

Esta disposición de accesos consigue además acercar la estación a los vecinos de Usánsolo, y supone un nuevo acceso peatonal al Hospital desde este barrio, al permitir acceder a la caverna de estación y desde ésta al propio Hospital, utilizando la batería de ascensores. Se facilitaría así un trayecto que actualmente se caracteriza por su importante desnivel.

- Cañón de acceso al Barrio de Labeaga (y Uraska).

La salida se ubica en el Barrio de Labeaga y daría servicio también a la zona de Uraska y a los futuros desarrollos urbanísticos previstos en las Áreas de Labeaga y Bekea. Esta disposición aumenta la distancia entre accesos lo que aumenta el área de servicio de la Estación.

#### 7.12.1 ESQUEMA FUNCIONAL

Las estaciones desempeñan dentro del F.M.B. la función clave de conectar los trenes con la vía pública, esta función no se reduce a facilitar el acceso y salida de los usuarios a los mismos, sino que implica aspectos relativos a la expedición, control y verificación de los títulos de transporte que articulan este proceso. Las estaciones dan cabida además a diversos equipos relacionados con el funcionamiento y mantenimiento de las mismas, así como otros relacionados con la operación de la propia línea.

Para cumplir todas estas funciones las estaciones constan 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.

Aproximadamente un metro (1,05m) 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.

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.

Memoria

Página 79

L5-GH-MN\_Memoria

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



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 por lo tanto un tramo central de unos 38 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 auto resistente 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 Hospital.

Memoria

Página 80

L5-GH-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 145,00 m<sup>2</sup> en el nivel de mezzanina y de 72,90 m<sup>2</sup> en el de andenes.

Los cuartos técnicos de final de estación ocupan una superficie en planta de andenes de 53,50 m<sup>2</sup> y en el nivel de mezzanina de 99,70 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.

### 7.12.3 ESTRUCTURA DE MEZZANINA Y ESCALERAS ANDEN-MEZZANINA

El acceso a la estación desde el exterior se realiza en el lado Sarratu por el hastial derecho (PKs crecientes) de la caverna, procedente del Cañón de Acceso Labeaga, 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.

En el extremo del lado Hospital, sendos cañones entroncan enfrentados por hastial, procedentes de Hospital en el lado izquierdo y del Cañón de Acceso Usánsolo en el derecho. Se incorporan al forjado central de la estructura de cuartos técnicos para pasar luego a una estructura metálica colgada idéntica a la del testero opuesto. Al ser éste el vestíbulo principal,

Memoria

Página 81

L5-GH-MN\_Memoria

cuenta además con ascensores panorámicos que permiten acceder desde el forjado de mezzanina a los andenes.

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.

#### 7.12.4 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 los ascensores atienden a la línea de diseño seguida en las estaciones del F.M.B. de características similares a esta. 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.

- Batería de ascensores y Cañón de Acceso desde el Hospital.

El conjunto ascensores-cañón permite acceder al vestíbulo salvando un desnivel total de 31,13 metros. La batería de ascensores permite descender 29,49 metros, los restantes 1,64 metros de descenso se consiguen dotando al cañón de una inclinación del 3% hacia la caverna.

- Cañón de Acceso Usánsolo

El cañón de entrada/ salida hacia Usánsolo sale a superficie coincidiendo con la carretera de acceso a Usánsolo desde la N-240, inmediatamente al sur de la intersección de acceso al Hospital, por lo que ha resultado necesario proyectar la reposición de la carretera existente. La ubicación escogida para el fosterito y el ascensor obedecen al “Plan de Sectorización del Sector Labeaga” que desarrolla el Sector urbanizable Labeaga S-LA-1. Por este motivo se ha adoptado como cota de salida la 54,17, más de 2 metros por debajo de la rasante actual del terreno en esa zona.

El cañón cuenta con un primer tramo de escaleras, con dos escaleras mecánicas en los bordes y una central fija, que supera un desnivel de 11,31 metros. Los usuarios de movilidad reducida cuentan con un ascensor que permite salvar esta misma distancia ubicado 20 metros por detrás del fosterito. El resto del desnivel, 2,86 metros se salva dotando al resto del cañón de una inclinación del 3% hacia la caverna.

Memoria

Página 82

L5-GH-MN\_Memoria

- Cañón de Acceso Labeaga

Este cañón de acceso sale a superficie coincidiendo con una zona de casas bajas ubicadas en torno a la intersección de la N-240, en la margen oeste de la misma.

El cañón salva una diferencia de cota total de 11,19 metros, para eso cuenta con un tramo inicial de escaleras fijas que permite salvar los primeros 4,5 metros de desnivel, un segundo tramo con dos escaleras mecánicas en paralelo, separadas por una escalera fija, que desciende otros 6,49 metros y un tramo final de pasillos con un 0,5% de inclinación.

El motivo de esta disposición lo encontramos en la necesidad de construir el tramo más superficial del cañón en las proximidades de dos viviendas, ubicadas una a cada lado del cañón y separadas apenas 4 metros en planta del mismo. Se ha optado por ello en descender todo lo posible en los tramos anteriores al paso bajo estas edificaciones, garantizando así la mayor tapada posible sobre el cañón, que se prevé excavado en roca al paso por las viviendas.

#### 7.12.5 VENTILACIONES

La ventilación proyectada la Estación de Hospital 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).

##### 7.12.5.1 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 caverna. Las ventilaciones que se proyectan en la Estación de Hospital, salen a superficie en la margen Este de la carretera N-240, ocupando espacios no urbanizados ubicados próximos a la carretera, de esta forma, podrán ejecutarse sin afectar al tráfico que circula por la misma.

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.

Memoria

Página 83

L5-GH-MN\_Memoria

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.

#### 7.12.5.1.1 Ventilación de emergencia 1

Esta ventilación arranca en el túnel de línea, unos 60 m antes de la caverna, de forma que la cámara de ventiladores queda situada a la altura del PK 5+929,729 en el hastial izquierdo (PKs crecientes) del túnel.

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 en vertical por la técnica de Raise-boring.

La salida al exterior del pozo de ventilación coincide con una parcela anexa a la carretera que no soporta actividad alguna. Las rejillas de ventilación en superficie se han implantado siguiendo el procedimiento habitual en las ventilaciones de las líneas 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 dichas rejillas no llegue hasta el fondo de los mismos.

Tanto las rejillas como los dos pozos verticales quedan en la parcela, a suficiente distancia para no afectar a la plataforma de la carretera.

#### 7.12.5.1.2 Ventilación de emergencia 2

Esta ventilación conecta con el túnel de línea a escasos metros del testero final de la caverna, de forma que la cámara de ventiladores queda situada en el PK 6+113,275 en el hastial derecho del túnel.

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. Los pozos son de iguales características a los descritos en el caso anterior.

La salida al exterior de la ventilación coincide en el espacio disponible entre el desmonte de la carretera N-240 y el vial de acceso al Hospital que discurre entre la carretera y el edificio de aparcamientos en altura del centro hospitalario.

Las rejillas de ventilación quedan también retranqueadas respecto a los pozos. Tanto las rejillas como los dos pozos verticales quedan en la parcela, a suficiente distancia para no afectar a los viales anexos a las mismas.

#### 7.12.5.1.3 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

Memoria

Página 84

L5-GH-MN\_Memoria

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.

Esta ventilación del sistema EBA sale a superficie en la margen Este de la carretera N-240, en el triángulo limitado por ésta y dos viales locales de accesos al barrio de Uraska.

La conexión entre la galería y el exterior se realiza a través de un único pozo, de igual sección y características que los realizados en las ventilaciones de emergencia descritas anteriormente, que asciende vertical hacia el exterior.

### 7.13 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 implicaría 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.

Si se analiza la longitud del trazado subterráneo entre la estación de Galdakao y la estación de Hospital, esta longitud resulta ser de 2.200 metros aproximadamente, superándose las longitudes mencionadas con anterioridad.

Es por ello que el tramo en túnel existente entre las citadas estaciones pertenecientes a Línea 5 exige la implantación de dos infraestructuras de emergencia, combinación ambas de salida de emergencia para peatones y ventilación de emergencia, que colabore a solventar satisfactoriamente cualquier posible situación de emergencia ocurrida entre estas. Así, se ha definido la salida de emergencia de Abusu en el Tramo Aperribai-Galdako (con entronque con el túnel de línea en el PK 4+320) y la salida de emergencia de Puentelatorre en el tramo objeto del presente Proyecto (con entronque con el túnel de línea en el PK 5+320).

Memoria

Página 85

L5-GH-MN\_Memoria

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 nº7 se recoge todo lo relativo a las Salidas/Ventilaciones de emergencia de Puentelatorre.

#### 7.13.1 EDIFICIOS DE SALIDA

El edificio de salida de Puentelatorre tiene 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. La estructura alberga en un solo edificio la salida peatonal de emergencia al exterior y la chimenea de salida del conducto de ventilación de 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.

Para el análisis y dimensionamiento del edificio de salida se ha procedido al modelizado completo de la estructura mediante elementos Shell (áreas) que definen los diferentes paramentos de hormigón armado del edificio, así como mediante elemento Frame (vigas) para la correcta definición de los zunchos de borde del hueco de la chimenea de emergencia.

Sobre estos elementos se definen las diferentes cargas que actúan, ya sean, el empuje del relleno, la presión del viento sobre los paramentos verticales o la carga de nieve sobre la cubierta.

Una vez se obtienen los esfuerzos sobre el edificio se procede al dimensionamiento de los diferentes elementos que la conforman mediante el empleo de hojas de cálculo de elaboración propia.

#### 7.13.2 SALIDA DE EMERGENCIA DE PUENTELATORRE

La salida se sitúa en el PK 5+325 del túnel de línea. Esta ubicación da lugar a unas distancias de 1000 metros hasta la Salida de Emergencia de Abusu (en el Tramo Aperribai-Galdakao) y de 675 metros hasta la Estación de Hospital.

Además, se plantea en la misma ubicación una ventilación de emergencia por la misma galería. Así la sección de la galería estará compartida por la ventilación y la salida de emergencia que se hace necesaria para el túnel en mina entre la Salida de Emergencia de Puentelatorre y la estación de Hospital.

Memoria

Página 86

L5-GH-MN\_Memoria

Ésta se colocará en el PK 5+295, empleándose la galería como ataque para la excavación del túnel en mina. Este tramo común discurre en rampa con una pendiente máxima del 6,70%, la anchura total de la sección excavada es de 8,80 metros y corresponde con la sección de túnel en curva, reservándose 3,50 metros de pasillo para el tránsito peatonal y 5,06 metros para el conducto de ventilación.

La salida de emergencia de Puentelatorre emerge a la superficie en el barrio Puentelatorre de Galdakao, en una superficie plana contigua al camino de acceso a dicho barrio, donde se implantará el edificio de hormigón que albergue los conductos de ventilación y las puertas de emergencia de acceso al exterior.

El conducto de salida de emergencia peatonal tiene una longitud total en torno a 330m. La salida de emergencia asciende hasta el exterior en forma de escaleras con sucesivos descansillos horizontales de 9,20 metros de anchura. Cada grupo de escalones asciende 0,68 metros permitiendo salvar un desnivel vertical de 18.05 metros hasta superficie.

Una vez la rampa de ataque de Puentelatorre deja de ser necesaria, se procede a urbanizar la zona y ejecutar el edificio de acceso a la galería de emergencia. Para ello es necesario ejecutar un falso túnel, el emboquille de la galería y el edificio de salida de emergencia. Presenta una sección semicircular con una superficie libre de 48,75 m<sup>2</sup> y radio interior de 4,00 m. igual que el túnel en mina. El falso túnel tendrá una longitud aproximada de 9,25 m.

Se ha modelizado con una carga de tierras que se corresponde con un relleno máximo de 11,00 m. de tierras sobre la clave y una pendiente transversal de 0°.

El falso túnel estará formado por una bóveda de 60 cm. espesor el cual irá incrementándose hasta los 75 cm. en el arranque con las zapatas.

Las zapatas tendrán un vuelo interior de 100 cm. y un vuelo exterior de 175 cm. para un ancho total de 350 cm. El canto será de 1,25 m. y se empotraran un mínimo de 0,50m en el sustrato rocoso sano.

## 7.14 EQUIPOS E INSTALACIONES

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

### 7.14.1 INSTALACIONES ESTACIONES DEL FMB

Las instalaciones proyectadas en el marco del presente proyecto constructivo de obra civil en la Estación de Hospital son las que se recogen a continuación: Abastecimiento de agua y

Memoria

Página 87

L5-GH-MN\_Memoria

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



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.

#### 7.14.1.1 SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y SANEAMIENTO

El abastecimiento de agua potable a la estación de Hospital 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

El saneamiento de la estación de Hospital, debido a la imposibilidad de conectarlo por gravedad con redes de saneamiento municipales existentes en la zona, dada la diferencia de cota con éstas, se realiza a través de filtros biológicos, estando conectada la salida de éstos al pozo de bombeo más próximo. Las aguas sucias una vez depuradas serán bombeadas a la red municipal de saneamiento de Galdakao.

#### 7.14.1.2 SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Se diferencia entre la situación provisional de obra y la situación definitiva o de explotación.

En la situación provisional de obra se han contemplado 2 acometidas provisionales de 100 Kw cada una de ellas, situadas en:

- Salida de emergencia de Puentelatorre
- Estación de Hospital

La acometida provisional a la estación de Hospital, una vez finalizadas las obras se transforma en la acometida de emergencia que alimentará a los servicios esenciales en caso de fallo de la red propia. La acometida provisional a la galería de emergencia de Puentelatorre se desmantelará 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.

#### 7.14.1.3 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.

Memoria

Página 88

L5-GH-MN\_Memoria

#### 7.14.1.4 SISTEMAS DE 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.

#### 7.14.1.5 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.

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 desarrolla las prescripciones técnicas a tener en cuenta para su ejecución.

#### 7.14.2 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.

#### 7.14.3 ALUMBRADO PROVISIONAL 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.

Memoria

Página 89

L5-GH-MN\_Memoria

## 7.15 CONDUCCIONES

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

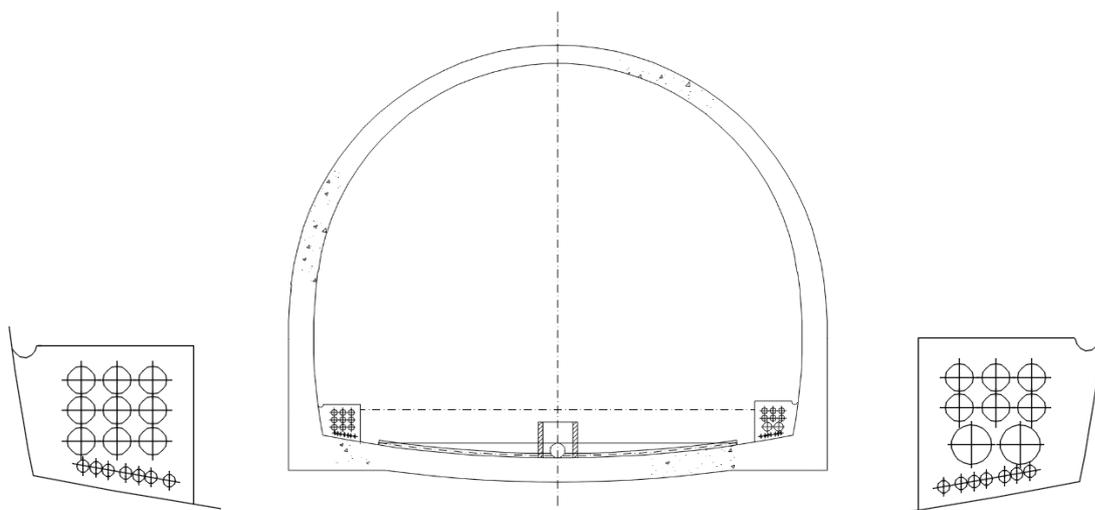
### 7.15.1 CONDUCCIONES DE ELECTRICIDAD, CORRIENTE DÉBILES Y COMUNICACIONES

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

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

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



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.

Memoria

Página 90

L5-GH-MN\_Memoria

### 7.15.2 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.

La conducción desde las arquetas a los puntos de entrada al túnel generalmente las ventilaciones de emergencia se realizan 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:

- Salida de emergencia de Puentelatorre
- Estación de Hospital. Ventilación EBA
- Estación de Hospital. Ventilación de emergencia 2

### 7.15.3 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 las estaciones 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:

Memoria

Página 91

L5-GH-MN\_Memoria



Se han ubicado los pozos de bombeo en los testeros de la estación de Hospital, en los fosos de los ascensores del cañón Hospital y en los puntos bajos del trazado (PK 4+642 / PK 5+662 / PK 6+267) Dando lugar a un total de seis 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 29 y 37 m a excavar con el método “raise boring”. En el foso del ascensor del cañón Hospital se adosa la tubería de bombeo al raise boring realizado para la ejecución del tubo del ascensor

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

## 7.16 INTEGRACIÓN AMBIENTAL

En el Anejo nº 18, Integración Ambiental, se describen las medidas correctoras de Impacto Ambiental a adoptar dentro del proyecto de construcción del tramo Galdakao-Hospital, así como los tratamientos de revegetación necesarios para integrar paisajísticamente la obra en el entorno. Estas medidas diseñadas quedan reflejadas en el plano nº 18, Medidas correctoras de impacto ambiental y Proyecto de Revegetación.

Por último, en el anejo, se incorpora la Declaración de Impacto Ambiental correspondiente al Estudio Informativo del Tramo Galdakao Centro-Usansolo y la documentación que la mencionada DIA exige incorporar al proyecto: Estudio acústico en fase de ejecución y Refundido del Plan de Vigilancia Ambiental.

### 7.16.1 MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS DE IMPACTO AMBIENTAL

Se han adoptado las siguientes medidas preventivas y correctoras de impacto ambiental:

- 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 a 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.

Memoria

Página 93

L5-GH-MN\_Memoria

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.

Además se tomarán muestras y se realizará analítica físico-química 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 instalarán sistemas de limpieza automática 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. Asimismo se establecerán puntos limpios de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición y puntos limpios para recogida de residuos peligrosos.

- Barreras longitudinales de pacas de paja

Se colocarán barreras longitudinales de pacas de paja entre la zona de obras y el cauce del río Ibaizábal. Se trata de una medida provisional para el control del aporte en las aguas de escorrentía de finos y sólidos en suspensión a los cauces. Se basa en la creación de una barrera a base de pacas colocadas longitudinalmente sin dejar huecos entre ellas, de manera que por un lado se consigue que las aguas de escorrentía se remansen un poco, favoreciendo la sedimentación de los limos, y, además, al pasar a través de la paja, se filtren.

Memoria

Página 94

L5-GH-MN\_Memoria

- Control de la calidad de las aguas

Se establecerá un programa de analítica de sólidos en suspensión en el río Nervión e Ibaizábal. Se analizará el pH, sólidos en suspensión, hidrocarburos y aceites y grasas.

- Balizamiento de vegetación relevante

Se balizará para su protección una zona de Fase juvenil o degradada de robledales acidófilos o robledales mixtos y a pocos metros una aliseda cantábrica, la cual constituye el hábitat de interés comunitario prioritario 91E0\*: Bosques aluviales de *Alnus glutinosa* y *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*).

Asimismo, se balizará una zona de prados pertenecientes al hábitat de interés comunitario 'Prados pobres de siega de baja altitud (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*)' con código 6510 que habrá que proteger.

- 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 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 controle 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.

Memoria

Página 95

L5-GH-MN\_Memoria

- 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, no se han detectado ningún elemento del patrimonio con protección coincidente con las obras.

- Suelos potencialmente contaminados

No se registran emplazamientos de suelos potencialmente contaminados coincidentes con la actuación. Sin embargo, un emplazamiento queda cercano al emboquille de salida de la galería de emergencia del PK 5+300 y otro al cañón de acceso sur a la estación del Hospital, por lo que habrá que extremar las precauciones en estas áreas.

- 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.

Memoria

Página 96

L5-GH-MN\_Memoria

### 7.16.2 PROYECTO DE REVEGETACIÓN

El proyecto de revegetación describe diversas actuaciones encaminadas a la integración paisajística de la obra en el entorno. Las actuaciones para llevar a cabo la revegetación del ámbito de la actuación se pueden resumir en labrado del terreno, extendido de tierra vegetal, escarificación y compactado del terreno previo a la siembra o hidrosiembra, siembra o hidrosiembra con especies adecuadas a la climatología del lugar.

Dependiendo del lugar de la obra del que se trate, los tratamientos de revegetación podrán variar de la siguiente forma:

- En el emboquille de la galería de emergencia del PK 5+300 (Puentelatorre), se propone la revegetación mediante labrado del terreno, extendido de tierra vegetal, escarificación y compactado del terreno previo a la siembra o hidrosiembra, siembra o hidrosiembra con especies adecuadas a la climatología del lugar: *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra*, *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*, *Poa pratensis*, *Hordeum vulgare*, *Agrostis stolonifera*, *Lotus corniculatus*, *Medicago sativa*, *Trifolium repens*, *Vicia sativa*, *Ulex europaeus* y *Cytissus* sp. para la hidrosiembra y *Agrostis tenuis*, *Festuca ovina* Triana, *Festuca rubra* var. *Tricophylla*, *Lolium perenne* Barcredo, *Lolium perenne* Verna, *Poa pratensis* Baron y *Trifolium repens* Huia para la siembra. Posteriormente se plantarán especies arbóreas y arbustivas propias del robledal-bosque mixto atlántico (*Quercus robur*, *Castanea sativa*, *Acer campestre*, *Fraxinus excelsior*, *Acer pseudoplatanus*, *Cornus sanguinea*, *Prunus spinosa*, *Corylus avellana*, *Crataegus monogyna*, *Euonymus europaeus* e *Ilex aquifolium*).
- En el cañón de acceso norte a la Estación del Hospital y el área de instalaciones de obra y parque de maquinaria situados próximos al cañón sur de entrada a la Estación del Hospital se propone la siembra con las especies citadas anteriormente, previa demolición de la solera de hormigón.
- En el área adyacente a la entrada a la Estación del Hospital por el cañón sur y en las tres áreas correspondientes con la salida de la ventilación en superficie se propone la hidrosiembra y siembra con las especies citadas anteriormente y la plantación arbórea formada por ejemplares de *Fraxinus excelsior* y *Acer campestre*.

### 7.16.3 DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

El Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco formuló, con fecha 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.

Memoria

Página 97

L5-GH-MN\_Memoria

### 7.16.3.1 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.

### 7.16.3.2 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.

## 7.17 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.
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.

Memoria

Página 98

L5-GH-MN\_Memoria

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 la siguiente tabla resumen:

<b>PRESUPUESTO GESTIÓN DE RESIDUOS</b>				
<b>CÓDIGO LER</b>	<b>RESIDUO</b>	<b>Cantidad (T)</b>	<b>Precio (€/T)</b>	<b>Coste (€)</b>
<b>Residuos no peligrosos</b>				
02.01.07	Residuos de la silvicultura	237,60	4,68	1.111,97
03.03.08.	Papel-Cartón	4,31	72	310,32
17.01.07	Mezcla de hormigón, materiales cerámicos, etc.	1.243,93	16,40	20.400,45
17.02.01	Madera.	21,34	35	746,90
17.02.02	Vidrio	2,18	45	98,10
17.02.03.	Plástico.	10,79	80	863,20
17.03.02	Mezclas bituminosas	1.569,55	25	39.238,75
17.04.07	Metales mezclados	21,87	5	109,35
17.06.05*	Materiales de construcción que contienen amianto	0,30	2.500	750,00
17.08.02	Materiales de construcción a partir de yeso	2,42	78	188,76
17.09.03*.	Otros residuos de construcción y demolición (incluidos los residuos mezclados) que contienen sustancias peligrosas.	10,67	425	4.534,75
20.03.01	Basuras generadas por los operarios y basuras	2,15	90	193,50

El total del presupuesto de la gestión de residuos de construcción y demolición asciende a 68.546,05 €.

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

Memoria

Página 99

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

L5-GH-MN\_Memoria



## **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 2, 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 100

L5-GH-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 101

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

L5-GH-MN\_Memoria



## 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 102

L5-GH-MN\_Memoria

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



## **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 **CINCUENTA MILLONES OCHOCIENTOS NOVENTA Y DOS MIL SETECIENTOS SESENTA Y NUEVE EUROS CON DOS CÉNTIMOS (50.892.769,02 €)**.

### **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 **SETENTA Y CINCO MILLONES CIENTO VEINTISIETE MIL NOVECIENTOS CINCO EUROS con SESENTA Y DOS CÉNTIMOS (75.127.905,62€)**.

### **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 **SESENTA Y DOS MILLONES DOSCIENTOS CINCUENTA Y UN MIL CON NOVENTA Y UN EUROS CON OCHENTA CÉNTIMOS(62.251.091,80 €)**.

Memoria

Página 103

L5-GH-MN\_Memoria

## **10. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO**

### **DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA Y ANEJOS**

MEMORIA DESCRIPTIVA

ANEJO Nº 1: ANTECEDENTES

ANEJO Nº 2: CARTOGRAFÍA Y 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 HOSPITAL

ANEJO Nº 9: OBRAS SINGULARES

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: SEGURIDAD Y SALUD

ANEJO Nº 23: GESTION DE RESIDUOS

### **DOCUMENTO Nº 2: PLANOS**

1. SITUACIÓN
2. EMPLAZAMIENTO
3. DEFINICIÓN GEOMÉTRICA
4. SECCIONES TIPO
5. SUPERESTRUCTURA DE VÍA
6. OBRAS SUBTERRÁNEAS
7. ESTACIÓN HOSPITAL
8. OBRAS SINGULARES
9. CONDUCCIONES
10. DRENAJE

Memoria

Página 104

L5-GH-MN\_Memoria

11. ACCESOS A OBRA
12. ÁREA DE INSTALACIONES
13. REPOSICIONES VIARIAS
14. SERVICIOS AFECTADOS
15. EQUIPOS E INSTALACIONES
16. CERRAMIENTOS
17. AUSCULTACIÓN
18. MEDIDAS CORRECTORAS DE IMPACTO AMBIENTAL Y REVEGETACIÓN
19. PARCELARIO

**DOCUMENTO Nº 3: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS**

**DOCUMENTO Nº 4: PRESUPUESTOS**

Memoria

Página 105

L5-GH-MN\_Memoria

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



## 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, febrero de 2023

EL AUTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Miguel Ángel Herrera Cossío

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Colegiado nº 9.365

Memoria

Página 106

L5-GH-MN\_Memoria