

## **ANEJO N° 8**

## **TÚNELES**

**ANEJO Nº 8.- TÚNELES**

<b>ÍNDICE</b>		<b>Pág.</b>	<b>Pág.</b>
<b>1.- INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>	<b>5.- IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE .....</b>	<b>7</b>
<b>2.- CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS .....</b>	<b>2</b>	<b>6.- REVESTIMIENTOS E INYECCIÓN .....</b>	<b>8</b>
2.1.- SEPARACIÓN ENTRE TÚNELES .....	2	<b>7.- INSTALACIONES .....</b>	<b>8</b>
2.2.- SECCIÓN TIPO GENERAL .....	2	7.1.- INSTALACIONES EN MT Y BT .....	8
2.3.- GALERÍAS DE COMUNICACIÓN ENTRE TÚNELES .....	2	7.2.- INSTALACIONES DE SEGURIDAD Y CONTROL .....	9
2.4.- APARTADEROS .....	2	7.3.- ANÁLISIS DE LAS PRINCIPALES INSTALACIONES .....	10
<b>3.- CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA</b>		7.4.- RESUMEN DE LAS INSTALACIONES A EJECUTAR .....	12
<b>DE LOS MATERIALES ATRAVESADOS POR EL TÚNEL.....</b>	<b>3</b>	<b>8.- TÚNEL EXISTENTE .....</b>	<b>12</b>
3.1.- PIZARRAS (PALEOZOICO) .....	3	8.1.- CUMPLIMIENTO DE LA DIRECTIVA EUROPEA DE 2004/54/CE	12
3.2.- PERMO-TRÍAS .....	3	8.2.- ACTUACIONES EN TÚNEL ACTUAL.....	16
3.3.- CONGLOMERADO (TRIÁSICO-BUNTSANDSTEIN) .....	3		
3.4.- ARENISCAS (TRIÁSICO-BUNTSANDSTEIN).....	3		
3.5.- LIMOLITAS (TRIÁSICO-BUNTSANDSTEIN) .....	4		
3.6.- ARGILITAS (TRIÁSICO-BUNTSANDSTEIN).....	4		
3.7.- CALIZAS (TRIÁSICO-MUSCHELKALK) .....	4		
3.8.- OFITAS (TRIÁSICO-KEUPER) .....	4		
3.9.- MILONITAS (TRIÁSICO-ZONAS DE FRACTURA) .....	5		
3.10.-BRECHAS POLI-GÉNICAS (TRIÁSICO-ZONAS DE FRACTURA)..	5		
3.11.-SUELOS COLUVIALES (CUATERNARIO) .....	5		
<b>4.- SOSTENIMIENTOS.....</b>	<b>5</b>		
4.1.- INTRODUCCIÓN .....	5		
4.2.- SOSTENIMIENTO ST-I.....	6		
4.3.- SOSTENIMIENTO ST-II .....	6		
4.4.- SOSTENIMIENTO ST-III .....	6		
4.5.- SOSTENIMIENTO ST-IV.....	6		
4.6.- SOSTENIMIENTO ST-V.....	7		
4.7.- TRATAMIENTOS ESPECIALES .....	7		

## 1.- INTRODUCCIÓN

Se dedica el presente anejo a definir las características de los túneles de Belate y Almandoz; las geométricas, las geotécnicas y las instalaciones. Lo aquí incluido se aplica tanto a las alternativas estudiadas como a la opción seleccionada, si bien, a nivel de definición, esta última se detalla con más profundidad.

Se dedica un apartado a las actuaciones a realizar en los túneles existentes, tanto para resolver la problemática geométrica existente (convergencias, desprendimientos, etc.) como para la adaptación de las instalaciones a la situación de unidireccionalidad.

## 2.- CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

### 2.1.- SEPARACIÓN ENTRE TÚNELES

En lo relativo a Belate, en el estudio de alternativas, la opción 1 se planteaba paralela al túnel actual, a 35 m de separación mientras que la alternativa 2 es divergente de sur a norte, entre 37 y 150 m. La seleccionada es esta última, representando en el plano de definición general la separación en planta y alzado entre el nuevo trazado y el actual cada 100 m.

En Almandoz ambas alternativas coinciden, disponiendo el túnel paralelo a 30 m de separación entre ejes.

### 2.2.- SECCIÓN TIPO GENERAL

La sección proyectada tiene una bóveda circular de 5,90 m de radio y un ancho de base de 9,50 m más sendas bandas laterales de 0,75 m. Con ello se supera el gálibo de 5,0 m que prescribe la 3.1.IC en zona de rodadura (se alcanza más de 5,40 m).

Desde el punto de vista funcional se distribuye en carriles de 3,50 m y arcenes de 1,50 y 1,00 a derecha e izquierda respectivamente dando continuidad a la sección a cielo

abierto. Según la 3.1.IC, para autovía habría que disponer el arcén derecho de 2,50 admitiéndose reducciones hasta 1,0 m en este arcén y 0,50 m en el izquierdo si el tráfico es reducido y se dispone de sistemas de señalización variable como es el caso.

### 2.3.- GALERÍAS DE COMUNICACIÓN ENTRE TÚNELES

Atendiendo en este caso a lo previsto en la normativa de medidas mínimas de seguridad en túneles (Directiva 2004/54/CE) se han previsto galerías cada 500 m en el túnel de Belate (distancia máxima prescrita), quedando a 400 m en Almandoz. En Belate resultan 5 galerías diseñando la actual con gálibo para vehículo tipo camión y el resto para vehículo ligero.

### 2.4.- APARTADEROS

Se prevé la construcción de dos apartaderos en el túnel de Belate, situados cada 1.000 m, y uno en el túnel de Almandoz, en la mitad del mismo. Estos apartaderos se materializan a partir del ensanche lateral de la sección en lado del arcén derecho (en sentido de la marcha). La plataforma en la zona de apartadero se amplía de la manera siguiente:

arcén 1,00 m + 2 carriles de 3,50 m + apartadero de 3,00 m + arcén 1,75 m = 12,75 m.

Se conservan también las aceras a ambos lados, con anchura mínima de 0,75 m. a cota de suelo y el gálibo vertical mínimo es de 5,00 m en borde de acera.

En planta, la longitud de apartadero con sección de 3,00 m. es de 18 m, si bien sumando las zonas de aproximación y salida, su longitud total es de 41 m.

Los apartaderos del túnel de Belate se sitúan frente a las galerías peatonales nº 2 y 4. En el caso de Almandoz, el apartadero se encuentra en la mitad del túnel entre las dos galerías de emergencia.

### 3.- CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES ATRAVESADOS POR EL TÚNEL

Ordenados cronológicamente y en el sentido de avance de la carretera actual son:

#### 3.1.- PIZARRAS (PALEOZOICO)

Descripción:	pizarras carbonosas de color negro, replegadas de difícil definición estructural.
Grado de Meteorización:	sanas, grado de meteorización II.
Fracturación:	4 – 16 discontinuidades cada 30 cm.
R.Q.D.:	20 – 60%.
R.C.S. (kg/cm <sup>2</sup> ):	83 kg/cm <sup>2</sup> .
Carga puntual (kg/cm <sup>2</sup> ):	98 kg/cm <sup>2</sup> .
Método de Excavación:	rozable.

#### 3.2.- PERMO-TRÍAS

Descripción:	areniscas rojizas, limolitas rojizas y conglomerados con cantos sub-redondeados en paquetes métricos,
Grado de Meteorización:	II
Fracturación:	muy baja < 1 discontinuidad cada 30 cm.
R.Q.D.:	80 - 100%.
R.C.S. (kg/cm <sup>2</sup> ):	385 kg/cm <sup>2</sup> (rocas competentes).
Carga puntual (kg/cm <sup>2</sup> ):	1350 kg/cm <sup>2</sup> .
Índice Shinmacek:	15.40
Método de Excavación:	explosivos.
Inestabilidades:	en zonas de falla (rocas muy fracturadas) o con flujo de agua al túnel, pirámide de roca con caída debido a la combinación de 3 planos de discontinuidad.

#### 3.3.- CONGLOMERADOS (TRIÁSICO - BUNTSANDSTEIN)

Descripción:	conglomerados rojizos o blanquecinos, cantos de sílice y cuarcita redondeados, tamaños medios de 5 cm., cementados por sílice e intercalaciones de niveles cm. de arenisca silíceo rojiza o limolita rojiza.
Grado de Meteorización:	II.
Fracturación:	muy baja < 1 discontinuidad cad 30 cm.
Persistencia-continuidad:	> 20 m. afloramientos superficiales.
R.Q.D.:	80 - 100%.
R.C.S. (kg/cm <sup>2</sup> ):	≥ 385 kg/cm <sup>2</sup> (rocas competentes).
Método de Excavación:	% sílice y tamaño de grano → Explosivos.
Inestabilidades:	en zonas de falla (rocas muy fracturadas) o con flujo de agua al túnel, pirámide de roca con caída debido a la combinación de 3 planos de discontinuidad.

#### 3.4.- ARENISCAS (TRIÁSICO – BUNTSANDSTEIN)

Descripción:	areniscas silíceas, de tonos rojizos, con micas localmente blanquecinas.
Grado de Meteorización:	II.
Fracturación:	1 – 4 discontinuidades cada 30 cm.
R.Q.D.:	80 - 100%.
R.C.S. (kg/cm <sup>2</sup> ):	2100 kg/cm <sup>2</sup> (rocas competentes)
Índice Shinmacek:	2.50
Método de Excavación:	% sílice = 99% y Ø <sub>med.</sub> = 0.27 mm. → Explosivos.
Inestabilidades:	en zonas de falla (rocas muy fracturadas) o con flujo de agua al túnel, pirámide de roca con caída debido a la combinación de 3 planos de discontinuidad.

### 3.5.- LIMOLITAS (TRIÁSICO – BUNTSANDSTEIN)

Descripción:	limolitas rojo-vinosas con micas y cemento silíceo, masivas, estratificación en los niveles de areniscas,
Grado de Meteorización:	II
Fracturación:	0 – 4 discontinuidades cada 30 cm
R.Q.D.:	40 – 80%.
R.C.S. (kg/cm <sup>2</sup> ):	550 kg/cm <sup>2</sup> .
Carga puntual (kg/cm <sup>2</sup> ):	1022 kg/cm <sup>2</sup> .
Índice Shinmacek:	0.087
Método de Excavación:	% sílice = 80% y $\varnothing_{med.} = 0.025$ mm. → Muy buena rozabilidad.
Geo-mecánica:	comportamiento peor a areniscas: R.Q.D. más bajo.

### 3.6.- ARGILITAS (TRIÁSICO – BUNTSANDSTEIN)

Descripción:	argilitas abigarradas en capas cm., brechificadas y meteorizadas sobre todo a techo.
Grado de Meteorización:	III-IV (en afloramientos).
Fracturación:	muy intensa.
R.Q.D.:	0 – 40%.
R.C.S. (kg/cm <sup>2</sup> ):	23 kg/cm <sup>2</sup> (roca blanda).
Método de Excavación:	excavable.
Geo-mecánica:	hacia techo nivel de despegue regional, peor comportamiento esperado, equiparables a arcilla de resistencia a compresión simple de 6 kg/cm <sup>2</sup> .

### 3.7.- CALIZAS (TRIÁSICO – MUSCHELKALK)

Descripción:	calizas grises de grano fino en capas dm. con intercalaciones milimétricas de argilita; los metros superiores presentan karstificaciones y zonas brechificadas.
Grado de Meteorización:	III en los 7.0 m. superiores y II en profundidad; karst y brechificación es III-IV y la roca presenta huecos por disolución.
Fracturación:	4 - 16 discontinuidades cada 30 cm
R.Q.D.:	20 - 40%.
R.C.S. (kg/cm <sup>2</sup> ):	Sana: 400 – 600 kg/cm <sup>2</sup> . En los metros superiores: 75 kg/cm <sup>2</sup> , se reduce a 20 kg/cm <sup>2</sup> en las zonas más porosas, al aumentar el grado de karstificación.
Geo-mecánica:	la zona de contacto con las ofitas es una brecha de cantos angulosos de ofita meteorizada y caliza con matriz arcillosa, localmente cementada. Los límites son mecánicos discordantes y la transición puede variar en algunos m.

### 3.8.- OFITAS (TRIÁSICO – KEUPER)

Descripción:	ofitas gris-verdoso, rocas volcánicas de composición basáltica, muy duras.
Grado de Meteorización:	en función de la fracturación; en zonas de falla o bandas brechificadas III-IV; zonas donde progresa por las juntas descomponiendo en un agregado arcilloso-arenoso de color verdoso o bolos de roca sana y matriz arcillosa-arenoso de roca meteorizada.
Fracturación:	1 - 16 discontinuidades cada 30 cm.
R.Q.D.:	50 - 60%.
R.C.S. (kg/cm <sup>2</sup> ):	muy alta > 2000 kg/cm <sup>2</sup> en roca sana; en zonas meteorizadas con intensa fracturación se reduce a media – baja: 200 a 900 kg/cm <sup>2</sup> .
Geo-mecánica:	las zonas de fractura o milonita de características asimilables a un suelo arcilla gris-verdoso con indicios de arena de consistencia firme.

### 3.9.- MILONITAS (TRIÁSICO – ZONAS DE FRACTURA)

Descripción:	originariamente por fracturación de ofitas, asimilable a suelo de arcilla gris-verdosa, blanquecina con arenas y gravas de consistencia muy firme.
Grado de Meteorización:	V (máximo).
R.C.S. (kg/cm <sup>2</sup> ):	< de 6 kg/cm <sup>2</sup> (muy baja).
Geo-mecánica:	asimilables a un suelo arcilla gris-verdoso con indicios de arena de consistencia firme.

### 3.10.- BRECHAS POLI-GÉNICAS (TRIÁSICO – ZONAS DE FRACTURA)

Descripción:	formadas por cantos angulosos poli-génicos con predominio de calizas y ofitas con matriz arcillosa.
Grado de Meteorización:	V; únicamente en zonas de contacto con las calizas presentan III-IV.
R.C.S. (kg/cm <sup>2</sup> ):	< de 10 kg/cm <sup>2</sup> (muy baja).
Geo-mecánica:	en zonas próximas al contacto con las calizas las brechas se encuentran cementadas.

### 3.11.- SUELOS COLUVIALES (CUATERNARIO)

Descripción:	canchal de bloques y bolos de ofita encima de arcilla con algo de bolos y grava de consistencia muy firme ≤ 8.0 m. en boca sur de Almandoz y arcillas con indicios de arena de consistencia firme encima de grava marrón con algo de arcilla con indicios de arena denso ≤ 7.0 m. en la boca norte de Almandoz. En el resto el espesor de estos suelos es ≥ 1.0 m.
Grado de Meteorización:	V.
R.C.S. (kg/cm <sup>2</sup> ):	< de 10 kg/cm <sup>2</sup> (muy baja).
Geo-mecánica:	suelos de consistencia muy firme, firme o compacidad densa.

## 4.- SOSTENIMIENTOS

### 4.1.- INTRODUCCIÓN

Los distintos tipos de sostenimiento se obtienen de la aplicación de la clasificación geomecánica de Bieniawski y la posterior obtención del parámetro de valoración o índice de calidad del macizo rocoso RMR (Rock Massing Ratio).

Se diferencian 5 tipos de sostenimiento denominados del uno al cinco en números romanos de acuerdo con la siguiente tabla:

<u>Sostenimiento Tipo</u>	<u>Valoración RMR (básico+correc.capas y juntas)</u>	<u>Clases de Roca</u>
ST-I	RMR ≥ 60	Muy buena
ST-II	50 < RMR ≤ 60	Buena
ST-III	40 < RMR ≤ 50	Media
ST-IV	30 < RMR ≤ 40	Mala
ST-V	RMR ≤ 30	Muy Mala

Sólo para casos excepcionales de inestabilidad, pérdida de la sección geométrica de la excavación y avance del túnel, fluencia del macizo rocoso o plastificación de los materiales encontrados (suelo-roca), previsión de inundación o grandes entradas de agua al tubo se aplicarían los denominados tratamientos especiales.

En la guitarra del perfil geotécnico-constructivo de los túneles, se muestra una tramificación de la traza en la que se han representado, entre otros datos:

- La clasificación de calidad de la roca (según Bieniawski).
- El sostenimiento tipo propuesto para cada una de las zonas.

#### 4.2.- SOSTENIMIENTO ST-I

##### Condiciones generales de aplicación

- $RMR \geq 60$  (RMR básico + corregido por orientación de las capas y juntas)

##### Excavación

- Sección completa  $\leq 4,00$ m.

##### Elementos de sostenimiento

- Bulones de acero con anclaje mecánico continuo por expansión:
  - o Espaciado transversal: 2 m
  - o Espaciado longitudinal: 2 m
  - o Longitud: 4 m

#### 4.3.- SOSTENIMIENTO ST-II

##### Condiciones generales de aplicación

- $50 < RMR \leq 60$  (RMR básico + corregido por orientación de las capas y juntas)

##### Excavación

- Sección completa  $\leq 3,00$  m

##### Elementos de sostenimiento

- Bulones de acero con anclaje mecánico continuo por expansión:
  - o Espaciado transversal: 1,5 m
  - o Espaciado longitudinal: 1,5 m
  - o Longitud: 4 m

#### 4.4.- SOSTENIMIENTO ST-III

##### Condiciones generales de aplicación

- $40 < RMR \leq 50$  (RMR básico + corregido por orientación de las capas y juntas)

##### Fases de excavación

- Avance  $\leq 3,00$  m
- Destroza  $\leq 6,00$  m
- Contra-bóveda  $\leq 12,00$  m

##### Elementos de sostenimiento

- Bulones de acero con anclaje mecánico continuo por expansión:
  - o Espaciado transversal: 1,5 m
  - o Espaciado longitudinal: 1,5 m
  - o Longitud: 4 m
- Contrabóveda

#### 4.5.- SOSTENIMIENTO ST-IV

##### Condiciones generales de aplicación

- $30 < RMR \leq 40$  (RMR básico + corregido por orientación de las capas y juntas)

##### Fases de excavación

- Avance: 1,00 m
- Destroza  $\leq 2,00$  m
- Contra-bóveda  $\leq 4,00$  m

##### Elementos de sostenimiento

- Bulones de acero con anclaje mecánico continuo por expansión:
  - o Espaciado transversal: 1,5 m
  - o Espaciado longitudinal: 1,5 m
  - o Longitud: 4 m
- Contrabóveda
- Cerchas metálicas
- Chapas tipo Bernold, colocadas en todo el perímetro de la sección, soldadas a las cerchas.

#### 4.6.- SOSTENIMIENTO ST-V

##### Condiciones generales de aplicación

- RMR < 30 (RMR básico + corregido por orientación de las capas y juntas)

##### Fases de excavación

- Avance: 1,00 m
- Destroza  $\leq$  2,00 m
- Contra-bóveda  $\leq$  4,00 m

##### Elementos de sostenimiento

- Contrabóveda
- Cerchas metálicas
- Paraguas de micropilotes

#### 4.7.- TRATAMIENTOS ESPECIALES

Entre los tratamientos especiales que se pueden llevar a cabo durante y posteriormente a la ejecución de la obra son:

- Machón de terreno contra el frente.
- Zonas de refuerzo de determinados tramos concretos del túnel, posteriores al sostenimiento del pase del túnel, dónde se han producido daños o grietas en el hormigón proyectado o en casos extremos, debida a una situación de convergencia temporal del túnel hasta estabilización o tendencia a estabilización; que en casos muy prolongados puede llegar a fluencia del macizo rocoso.
- Pre-sostenimiento mediante paraguas de bulones.
- Pre-sostenimiento del avance mediante bulones de fibra de vidrio.
- Otros.

#### 5.- IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE

La información derivada de la documentación consultada para la elaboración del Estudio, así como de las visitas realizadas a los túneles existentes, indica la muy probable infiltración de agua en los nuevos túneles.

El perfil de los túneles, con pendiente descendente hacia Irún, provocará que los flujos de agua de infiltración discurran en sentido Norte – Sur.

Teniendo en cuenta las circunstancias anteriores y como criterio de proyecto, se diseña un sistema de impermeabilización general de la sección de los túneles en toda su longitud, consistente en la colocación de:

- Geotextil drenante, de 500 g/m<sup>2</sup> de peso, colocado sobre el sostenimiento terminado.
- Lámina de PVC impermeable de 2 mm de espesor, colocada entre el geotextil y el anillo de revestimiento definitivo.

La misión del geotextil es filtrar los finos que, procedentes del lavado del sostenimiento, pudieran acompañar al agua de filtración en su evacuación, drenar los caudales filtrados y proteger la lámina de PVC contra roturas causadas por salientes irregulares de la sección sostenida.

Se prevé, además, la colocación al pie de los hastiales de sendos tubos de PVC ranurado, comunicados periódicamente con los tubos dren que discurren longitudinalmente bajo la calzada a cada lado de la sección.

Independientemente del drenaje de sostenimiento, la sección está provista de un sistema de drenaje y evacuación de posibles vertidos que pudieran darse en el interior de los túneles en su etapa de servicio. El sistema consiste en la colocación de un caz continuo en el lado exterior de la sección, al pie de la acera de ese lado, comunicado periódicamente con arquetas (practicables desde el exterior) especialmente diseñadas para la dilución de las sustancias potencialmente peligrosas y para evitar la propagación de incendios a través de las sustancias transportadas por el caz.



En cuanto al drenaje exterior en las zonas de boca, se ha previsto un sistema de recogida, canalización y evacuación de las aguas pluviales compuesto por:

- La realización de una cuneta en todo el perímetro de la excavación de cada una de las bocas, con la misión de recoger el agua de escorrentía de la ladera y canalizarla hacia las bajantes que se dispondrán sobre el relleno definitivo.
- La construcción de bajantes, a partir de elementos prefabricados, que conducirán el agua recogida hasta el sistema general de drenaje de la autovía.
- El agua infiltrada a través del relleno se evacuará mediante tubos ranurados de PVC situados a cota de zapata de los falsos túneles a cada lado de la sección. El agua captada se conducirá por estos tubos hacia la red general de drenaje.

## 6.- REVESTIMIENTO E INYECCIÓN

Tras el sostenimiento y, si es necesario, la impermeabilización, se prevé la ejecución de un revestimiento integral sistemático de hormigón encofrado, de 30 cm de espesor mínimo.

El revestimiento cumple la doble función de:

- Cubrir los elementos de impermeabilización de la sección en cada zona del túnel y servir, en si mismo, como sistema de impermeabilización en las zonas en las que no se ha colocado ésta por ser muy escasas las filtraciones o goteos en la fase de ejecución de la obra.
- Prevenir los eventuales problemas derivados de posibles deformaciones a largo plazo en algunas zonas del macizo.

Se prevé la inyección de los túneles en toda su longitud tras la ejecución del revestimiento para garantizar el relleno de los huecos que hubieran podido quedar entre el sostenimiento y el revestimiento.

## 7.- INSTALACIONES

Las actuaciones principales en materia de instalaciones que se estudian se dividen a efectos de estudio en las siguientes tipologías:

- Instalaciones eléctricas MT, BT y alumbrado
- Instalaciones de Seguridad y Control

### 7.1.- INSTALACIONES EN MT Y BT

La alimentación de sendos túneles de Belate y Almandoz se realiza por doble alimentación con línea de MT 15 kV entroncando con las líneas propiedad de la red de distribución de Iberdrola en la zona de Navarra.

Para evaluar la necesidad de ampliación de las líneas existente, se analiza la corriente capaz de transportar una línea. Dada la sección del conductor LA-56 (supuesto ya que es el más común), 54,6 mm<sup>2</sup>, la densidad máxima de corriente en régimen permanente según indica el Reglamento de Líneas de Alta Tensión en el apartado 4.2.1. de la ITC-07 para su sección total, es de algo más de 3,7 A/mm<sup>2</sup>, de este modo se tiene que la potencia máxima a transportar por el conductor LA-56 será:

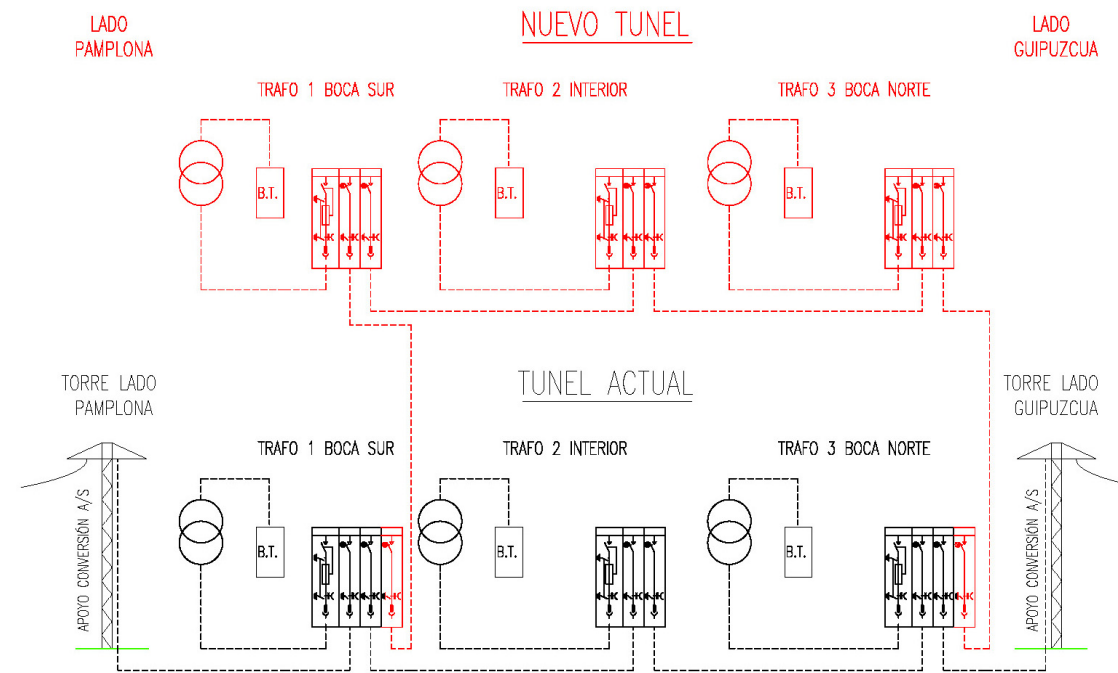
$$P_{MAX} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{MAX} = \sqrt{3} \cdot 15 \cdot 202 = 5.250 \text{ kVA}$$

Por tanto entre las dos líneas se tiene la capacidad de suministrar más de 10 MW.

En la actualidad el consumo punta entre las dos alimentaciones no excede nunca los 1000 kW (1 MW).

La previsión de potencia en punta tras la duplicación de los túneles en ningún caso excede los 2 MW, por tanto la sobrecarga adicional sobre la situación actual en cuanto a capacidades eléctricas es de un 10%. Salvo situación actual de líneas muy sobrecargadas debidas a otros consumos de otros suministros (ajenos al túnel) se considera muy

probable que las líneas de alimentación no tengan que ser ampliadas. No obstante, este extremo deberá ser corroborado por Iberdrola en fase de proyecto de construcción mediante la solicitud de ampliación de suministro.



En cuanto a instalación eléctrica interior, hay que distinguir entre media tensión y baja tensión. Respecto a la media tensión se propone remodelar los transformadores externos de ambas bocas añadiendo 2 nuevas celdas de línea. En paralelo, el nuevo túnel contará con 3 nuevos transformadores que cerrarán anillo con las instalaciones existentes. La inclusión del segundo transformador intermedio no sólo atiende a criterios de dimensionamiento eléctrico sino que además posibilita el funcionamiento en modo degradado de todas las instalaciones (con el fallo de uno de los trafos). Esta situación se aplica a sendos túneles de Belate y Almandoz.

Respecto a la instalación en baja tensión, partirá de los cuadros generales de baja tensión de los transformadores y enlazará con sendos cuadros a ambos lados del túnel e intermedio de baja tensión. En ellos se centralizará la alimentación y protección de los sistemas de alumbrado, ventilación, seguridad, megafonía, emergencias, etc.

## 7.2.- INSTALACIONES DE SEGURIDAD Y CONTROL

A la hora de definir los criterios de seguridad que aplican a los túneles, nuevos y actuales, se toma como referencia la Directiva Europea 2004/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004, sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras. No obstante, se analizan los posibles requisitos exigidos por el RD 635/2006 para evaluar la idoneidad de su aplicación.

En la siguiente tabla se presenta el equipamiento mínimo que deberán tener los túneles actuales de acuerdo con el R.D. 635/2006.

TÚNEL BIDIRECCIONAL (L > 1000 m e IMD/carril > 1000)
INSTALACIONES
Aceras
Salidas de emergencia
Drenaje de líquidos tóxicos
Centro de control
Circuito cerrado de TV
Sistema informático de extracción de humos, automático y manual
Iluminación normal
Iluminación de seguridad
Iluminación de emergencia
Ventilación
Doble suministro eléctrico
Generadores de emergencia
Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)
Detectores de CO
Opacímetros
Cable para detección de incendios
Detección automática de incendios
Puestos de emergencia
Señalización salidas y equipamientos de emergencia
Señalización según Norma 8.1 y 8.2 IC
Paneles de señalización variable
Barreras exteriores
Semáforos exteriores
Semáforos interiores (si el tubo mide igual o más de 3.000 metros)
Megafonía
Red de hidrantes
Aforadores
Sistema de radiocomunicación para servicios de emergencia
Mensajería de emergencia por canales de radio para usuarios (cuando existan)

A continuación se incluye una nueva tabla con el equipamiento mínimo que deberán tener los túneles en la nueva situación, una vez realizada la duplicación de los mismos, de acuerdo con el R.D. 635/2006.

TÚNEL UNIDIRECCIONAL (L > 1000 m e IMD/carril > 1000)
INSTALACIONES
Aceras
Salidas de emergencia
Conexiones transversales para acceso de los servicios de emergencia
Cruce de la mediana fuera de cada boca
Apartaderos
Drenaje de líquidos tóxicos
Centro de control
Circuito cerrado de TV
Sistema informático de extracción de humos, automático y manual
Iluminación normal
Iluminación de seguridad
Iluminación de emergencia
Ventilación
Doble suministro eléctrico
Generadores de emergencia
Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)
Detectores de CO
Opacímetros
Cable para detección de incendios
Detección automática de incendios
Puestos de emergencia
Señalización salidas y equipamientos de emergencia
Señalización según Norma 8.1 y 8.2 IC
Paneles de señalización variable
Barreras exteriores
Semáforos exteriores
Semáforos interiores (si el tubo mide igual o más de 3.000 metros)
Megafonía
Red de hidrantes
Aforadores
Sistema de radiocomunicación para servicios de emergencia
Mensajería de emergencia por canales de radio para usuarios (cuando existan)

### 7.3.- ANÁLISIS DE LAS PRINCIPALES INSTALACIONES

#### - Salidas de emergencia

Según la directiva europea se disponen cada 500 m en el presente estudio.

- **Señalización de las salidas y equipos de emergencia** y demás señalización según Normas 8.1 y 8.2 IC.

Las salidas de emergencia se señalarán mediante marcas fotoluminiscentes y con indicación de las salidas de emergencia más cercanas, además de rotulados a lo largo del túnel en señales que indicarán la distancia a la salida de emergencia más cercana cada 80 m.

- **Modos de iluminación:** Normal/ seguridad/ emergencia

En cuanto al alumbrado se diseña el refuerzo del alumbrado en la entrada y salida de cada túnel, lo cual suele ser un problema bastante común y aceptado en la mayoría de casos y que se puede solucionar con un buen diseño de las luminarias de refuerzo y adecuación en la dirección incidente solar de la franja horaria en la que la luz del sol deslumbra a los conductores a la salida de los túneles y evitar el efecto de agujero negro a la entrada de los túneles con el correspondiente refuerzo lumínico.

#### - SAI. Sistema de alimentación ininterrumpida y Grupo Electrónico

Se dispondrá de suministro en caso de emergencia de los equipos mínimos que se acuerde funcionar en cada túnel (iluminación de evacuación y servicios auxiliares). Para ello se diseñará un sistema de conmutación red-grupo electrónico-SAI.

#### - CCTV

Se plantearán cámaras de Circuito Cerrado de Televisión cada 100 m, adecuadas a la visibilidad de la longitud completa de los túneles, con lo que no quedará distancia sin poder ser visualizada desde el Centro de Control por los operadores de gestión y

mantenimiento. Este sistema servirá para disponer de imágenes de toda la longitud de los túneles en ambos sentidos, y de las salidas de emergencia con cámaras domos controlables.

Además se proyectará la situación de cámaras móviles por medio de columnas para disponer de imágenes en los exteriores de los emboquilles de los túneles a controlar.

Todas las imágenes serán grabadas por servidores locales de los túneles y podrán ser visualizadas bajo autorización en el Centro de Control.

#### - Cable detección de incendios

Se plantea un sistema de detección de incendios que identifique el incendio y temperatura de túnel en tramos de longitud determinada mediante cable termosensible y detección por cortocircuito, o de forma continua de tipo cable lineal a lo largo del túnel, que permita conocer la temperatura lineal y las alarmas en caso de incendio del túnel.

Este sistema estará coordinado con el sistema de ventilación, para poder llegar al control adecuado en caso de incendio de los humos en el túnel.

Además de detección de incendio también puede realizarse por medio del sistema asociado a las cámaras de CCTV por el sistema de **Detección Automática de Incidentes**, que vigilará el túnel 24 horas al día y se implantará en las galerías auxiliares de seguridad y locales técnicos (centros de transformación, cuartos de baja tensión, equipos de comunicaciones, etc.

#### - DAI. Detección automática de incidentes.

La detección de incidentes se realizará conjuntamente con las imágenes adquiridas por las cámaras del túnel en el cual se programarán incidentes que serán detectados automáticamente tales como vehículo parado, en sentido contrario, enclavamientos con puerta abierta, peatón, vehículo en sentido contrario, disminución anómala de velocidad, etc.

Se propone la instalación de 30 ventiladores en el túnel de Belate y 16 en el de Almandoz. La alimentación de estos túneles desde los cuadros de baja tensión se realizará con cable afumex cero halógenos resistente al fuego.

Además para el control de los ventiladores se instalarán:

- Detectores de CO y NO cada 400 m.
- Opacímetros cada 200 m.
- Anemómetros interiores y exteriores cada 300 m.
- Estaciones meteorológicas o modernización de la existentes en las bocas de los túneles.

- **Paneles de mensaje variable.** Paneles de señalización y paneles aspa-flecha. Semáforos interiores y exteriores. Este sistema se complementa con el de megafonía, siendo los más efectivos para comunicación entre el Centro de Control y los usuarios de los túneles.

- **Puestos de emergencia.** Se planteará colocar los equipos de postes SOS en las bocas de acceso al túnel, en las galerías de evacuación y en el interior del túnel cada 200 m. El sistema de postes SOS estará vinculado por situación con la cámara más cercana y con el altavoz de megafonía que corresponda.

- **Barreras exteriores.** Para controlar el acceso al interior en caso de incidente en las rampas de entrada al túnel; junto con los aforos que servirán para conocer el tráfico, incidencias o accidentes que se produzcan y cerrar el túnel.

- **Control de Gálibo.** Se proyectarán en la entrada de los túneles, para evitar la intrusión de vehículos con gálibo no permitido por control electrónico o mecánico.

- Red de **hidrantes** (se deben disponer cerca de la entrada y en el interior de los túneles) cada 200 m junto con los postes SOS.

#### **7.4.- RESUMEN DE LAS INSTALACIONES A EJECUTAR**

En el túnel de Belate se dispondrá:

- Alumbrado e instalaciones MT/BT según descripción anterior.
- Ventiladores, 30 unidades.
- 11 semáforos.
- Paneles de mensaje variable, cada 400 m, 9 unidades en total.
- 31 cámaras de televisión, situadas cada 100 m.
- 15 estaciones de emergencia compuestas por postes SOS, 2 extintores, hidrante con dos bocas de 100 mm y pulsador de alarma.
- Detectores de CO cada 400 m, 8 unidades en total.
- 5 opacímetros.
- 118 megáfonos cada 25 metros.
- Sendas barreras y pórticos de control de gálibo en bocas norte y sur.
- 10 anemómetros.
- 2 estaciones meteorológicas.

En el túnel de Almandoz se dispondrá:

- Alumbrado e instalaciones MT/BT según descripción anterior.
- Ventiladores, 16 unidades.
- 6 semáforos.
- Paneles de mensaje variable, cada 400 m, 4 unidades en total.
- 14 cámaras de televisión, situada cada 100 m.
- 7 estaciones de emergencia compuestas por postes SOS, 2 extintores, hidrante con dos bocas de 100 mm y pulsador de alarma.
- Detectores de CO cada 400 m, 4 unidades en total.
- 3 opacímetros.
- 50 amegáfonos cada 25 metros.
- Sendas barreras y pórticos de control de gálibo en bocas norte y sur.
- 5 anemómetros.
- 2 estaciones meteorológicas.

#### **8.- TÚNEL EXISTENTE**

##### **8.1.- CUMPLIMIENTO DE LA DIRECTIVA EUROPEA DE 2004/54/CE**

En la siguiente tabla se analiza el cumplimiento de los requisitos mínimos en cuanto a instalaciones y medidas de seguridad del túnel de Belate, de acuerdo con la Directiva Europea 2004/54/CE. También se analizan los posibles requisitos exigidos por el R.D. 635/2006 para evaluar su idoneidad de aplicación.

INSTALACIONES Y EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD					
REQUISITOS MÍNIMOS	BELATE	D.E. 2004/54/CE		R.D. 635/2006	
Pendiente	2%	apart. 2.2 Anexo I	<b>CUMPLE</b>	apart. 2.2 Anexo I	<b>CUMPLE</b>
		≤ 5%		≤ 3% (Norma 3.1-IC)	
<b>Aceras (RD 635/2006)</b>	SI a = 0,30 m.	No hace referencia		apart. 2.4.2 Anexo I	<b>NO CUMPLE</b>
		<b>No obligatorio</b>		Cumplimiento Norma 3.1-IC: aceras = 0,75 m.	
Salidas de emergencia	NO	apart. 2.3.2 y 2.3.7 Anexo I túneles existentes (L >1000m y tráfico > 2000 veh/d carril): - medidas adicionales o reforzadas - evaluar viabilidad y eficacia de crear salidas (c/500 m)	<b>EVALUAR</b>	apart. 2.5 Anexo I túneles existentes (L >1000m): - evaluar viabilidad y eficacia de crear salidas (c/400 m)	<b>EVALUAR</b>
Apartaderos	SI d > 1000 m.	apart. 2.5 Anexo I túneles existentes (L >1500m y tráfico > 2.000 veh/d carril): - evaluar viabilidad y eficacia de crear apartaderos mediante analisis de riesgo.	<b>EVALUAR</b>	apart. 2.7 Anexo I túneles existentes (L >1500m y tráfico > 2.000 veh/d carril): - evaluar viabilidad y eficacia de crear apartaderos mediante analisis de riesgo	<b>EVALUAR</b>
		contarán con puesto de emergencia (teléfono de emergencia y dos extintores)	<b>NO CUMPLE</b>	contarán con puesto de emergencia (teléfono de emergencia y dos extintores)	<b>NO CUMPLE</b>
Drenaje de líquidos tóxicos	NO	apart. 2.6 Anexo I	<b>EVALUAR</b>	apart. 2.8 Anexo I	<b>EVALUAR</b>
		túneles existentes: análisis de riesgo		túneles existentes: análisis de riesgo	
Resistencia de las estructuras al fuego	SI	apart. 2.7 Anexo I	<b>CUMPLE</b>	apart. 2.9 Anexo I	<b>CUMPLE</b>
Centro de Control	SI	apart. 2.13 Anexo I	<b>CUMPLE</b>	apart. 2.15 Anexo I	<b>CUMPLE</b>
		<b>No obligatorio</b>			
Circuito cerrado de TV (CCTV)	SI	apart. 2.14 Anexo I	<b>CUMPLE</b>	apart. 2.16 Anexo I	<b>CUMPLE</b>
		Obligatorio si hay Centro de Control			
<b>Sistema informático de extracción de humos, automático y manual (RD 635/2006)</b>	SI	No hace referencia		apart. 2.21 Anexo I	<b>CUMPLE</b>
		<b>No obligatorio</b>			
Iluminación normal	SI	apart. 2.8 Anexo I	<b>CUMPLE</b>	apart. 2.10 Anexo I	<b>CUMPLE</b>
Iluminación de seguridad	SI	apart. 2.8 Anexo I	<b>CUMPLE</b>	apart. 2.10 Anexo I	<b>CUMPLE</b>
Iluminación de evacuación/emergencia	SI	apart. 2.8 Anexo I	<b>CUMPLE</b>	apart. 2.10 Anexo I	<b>CUMPLE</b>
		altura no superior a 1,50 m.		altura no superior a 1,50 m. iluminancia ≥ 10 lux luminancia ≥ 0,2 cd/m <sup>2</sup>	

INSTALACIONES Y EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD					
Ventilación mecánica	SI longitudinal	2.9 Anexo I túneles L > 1000m y tráfico > 2000 veh/d carril: ventilación mecánica ventilación longitudinal si análisis de riesgo muestra que es aceptable	EVALUAR	apart. 2.11 Anexo I  ventilación longitudinal si análisis de riesgo muestra que es aceptable	EVALUAR
Doble suministro eléctrico (RD 635/2006)	SI	No hace referencia  <b>No obligatorio</b>		apart. 2.19 Anexo I	CUMPLE
Generadores de emergencia (grupo electrógeno)	SI	apart. 2.17 Anexo I disponer de suministro eléctrico de emergencia (SAI + grupo electrog.)	CUMPLE	apart. 2.19 Anexo I	CUMPLE
Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)	SI	apart. 2.17 Anexo I disponer de suministro eléctrico de emergencia (SAI + grupo electrog.)	CUMPLE	apart. 2.19 Anexo I	CUMPLE
Detectores CO	SI	apart. 2.9.1 Anexo I	CUMPLE	apart. 2.11.2 Anexo I	CUMPLE
Opacímetros	SI	apart. 2.9.1 Anexo I	CUMPLE	apart. 2.11.2 Anexo I	CUMPLE
Cable para detección incendios	SI	apart. 2.14.1 Anexo I en tuneles dotados de CC sistema de detección automática de incidentes y/o incendios	CUMPLE	apart. 2.16.1 Anexo I	CUMPLE
Detección automática de incidentes (DAI)	SI	apart. 2.14.1 Anexo I en tuneles dotados de CC sistema de detección automática de incidentes y/o incendios	CUMPLE	apart. 2.16.1 Anexo I	CUMPLE
Estaciones de emergencia	SI cada 150 m.	apart. 2.10 Anexo I equipadas con un teléfono de emergencia (SOS) y dos extintores cerca de las bocas y en el interior cada 250 metros	CUMPLE	apart. 2.12 Anexo I equipadas con un teléfono de emergencia (SOS) y dos extintores cerca de las bocas y en el interior cada 250 metros	CUMPLE
Señalización salidas y equipamientos de emergencia	SI	apart. 2.12 Anexo I	CUMPLE	apart. 2.14.2 Anexo I	CUMPLE
Señalización según Norma 8.1 y 8.2-IC (RD 635/2006)	SI	No hace referencia  <b>No obligatorio</b>			CUMPLE
Paneles de señalización variable	SI	apart. 2.3 Anexo III  <b>No obligatorio</b>	CUMPLE	apart. 2.21 Anexo I	CUMPLE
Barreras exteriores	SI	apart. 2.15.1 Anexo I  <b>No obligatorio</b>	CUMPLE	apart. 2.17.1 Anexo I	CUMPLE
Semáforos exteriores	SI	apart. 2.15.1 Anexo I	CUMPLE	apart. 2.17.1 Anexo I	CUMPLE
Semáforos interiores (si algún tubo mide ≥ 3000 m)	SI	apart. 2.15.2 Anexo I  <b>No obligatorio</b>	CUMPLE	apart. 2.17.2 Anexo I  <b>No obligatorio</b>	CUMPLE

INSTALACIONES Y EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD					
Megafonía	SI	apart. 2.16.3 Anexo I	<b>CUMPLE</b>	apart. 2.18.3 Anexo I	<b>CUMPLE</b>
		Obligatorio si los usuarios deben esperar antes de llegar al exterior		en refugios y otros instalaciones en las que los usuarios puedan esperar antes de su evacuación al exterior	
Red de hidrantes (suministro de agua)	SI cada 50 m.	apart. 2.11 Anexo I	<b>CUMPLE</b>	apart. 2.13 Anexo I	<b>CUMPLE</b>
		cada 250 metros (máximo)		cada 250 metros (máximo)	
Aforadores (RD 635/2006)	SI	No hace referencia <b>No obligatorio</b>		apart. 2.21 Anexo I	<b>CUMPLE</b>
Sistema de radiocomunicación para servicios de emergencia	SI	apart. 2.16.1 Anexo I	<b>CUMPLE</b>	apart. 2.18.1 Anexo I	<b>CUMPLE</b>
Mensajería de emergencia por radio para usuarios	NO	apart. 2.16.2 Anexo I	<b>NO APLICA</b>	apart. 2.18.2 Anexo I	<b>NO APLICA</b>
		Obligatorio si hay transmisiones por radio destinadas a los usuarios del túnel y se dispone de CC		Cuando se disponga de CC	
Resistencia de los equipos al fuego	NO	apart. 2.18 Anexo I	<b>NO CUMPLE</b>	apart. 2.20 Anexo I	<b>NO CUMPLE</b>

Tomando como referencia la Directiva Europea, no se cumplirá la exigencia de contar con puesto de emergencia en todos los apartaderos ya que en el sentido Pamplona, éstos no cuentan con postes SOS. Por otra parte, tampoco se cumple el requisito de resistencia de los equipos al fuego.



## 8.2.- ACTUACIONES EN TÚNEL ACTUAL

En el túnel de Belate, de acuerdo con el seguimiento de la auscultación realizado hasta la fecha y los informes emitidos sobre las medidas de la instrumentación del túnel, las actuaciones sobre el sostenimiento se centran en las zonas de medición de convergencias (PP.KK. 29+559, 29+569, 29+584, 29+588, 29+607, 29+615 y 29+621).

Se plantean las siguientes actuaciones:

- Fase 1. Saneo superficial y colocación de bulones Ø25 y 2 m. de longitud, anclados con resina con una disposición en malla 1,00x1,00 m sobre mallazo galvanizado de simple torsión con Ø de hilo 3 mm.
- Fase 2. Retirada de mallazo colocado en fase 1, saneo de hormigón existente y ejecución de nueva capa de gunita u hormigón proyectado de 15 cm. de espesor mínimo sobre mallazo electrosoldado 150x150x6 mm.

En ambos túneles se debe de realizar una inspección de la bóveda, adoptando las medidas preventivas necesarias, y realizar la adecuación de las instalaciones para el cambio del sentido a unidireccional. Además, se ha estimado la necesidad de cambio del cableado existente a uno tipo afumex resistente al fuego, principalmente para las instalaciones de ventilación.

El conjunto de estas actuaciones tiene una valoración en ejecución material de 1.306.614,59 €, de los cuales 823.400,00€ corresponden al túnel de Belate y 483.214,59 al túnel de Almandoz, en conjunto 1.515.672,93 €, base de licitación.