

ANEJO Nº 17.
INSTALACIONES DE TÚNEL

ÍNDICE

MEMORIA	1		
1 INTRODUCCIÓN.....	1		
2 ANÁLISIS DE RIESGO.....	1		
3 ESTUDIO DE VENTILACIÓN	1		
4 SISTEMA DE ENERGÍA	2		
4.1 SISTEMA DE ALTA TENSIÓN	2		
4.2 SISTEMA DE BAJA TENSIÓN.	4		
5 SISTEMA DE ALUMBRADO	7		
5.1 ALUMBRADO DE INTERIOR DE TÚNEL	7		
5.2 ALUMBRADO EXTERIOR.....	8		
5.3 CONTROL DE ALUMBRADO.....	9		
6 SISTEMA DE GESTIÓN DEL TRÁFICO	11		
6.1 SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN DINÁMICA	11		
6.2 SISTEMA DE DETECCIÓN, CLASIFICACIÓN Y CONTAJE DE VEHÍCULOS.....	16		
7 SISTEMA DE CCTV.....	17		
7.1 INTERIOR DEL TÚNEL	18		
7.2 EXTERIOR DEL TÚNEL	19		
7.3 RED DE COUNICACIONES. TRANSMISIÓN DE SEÑAL	19		
8 DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE INCIDENTES (DAI)	21		
		8.1 REQUISITOS Y FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA DE DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE INCIDENTES (DAI).....	22
		8.2 ARQUITECTURA DEL SISTEA DAI	23
		9 SISTEMA DE COMUNICACIONES	24
		9.1 POSTES SOS	25
		9.2 RADIOCOMUNICACIONES.....	29
		10 SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	32
		10.1 SISTEMAS DE DETECCIÓN DE INCENDIOS	32
		10.2 INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	34
		10.3 SEÑALIZACIÓN	37
		11 SISTEMA DE CONTROL AMBIENTAL.....	38
		11.1 OPACÍMETROS	38
		11.2 DETECTORES DE CO.....	39
		11.3 DETECTORES DE NO2.....	40
		12 CONTROL Y COMUNICACIONES DE DATOS	41
		12.1 ARQUITECTURA DE CONTROL	41
		12.2 NIVEL 0: NIVEL DE CAMPO	42
		12.3 NIVEL 1: NIVEL DE CONTROL Y COMUNICACIONES	44
		12.4 NIVEL 2: NIVEL DE CENTRO DE CONTROL.....	46
		PLANOS	48
		VALORACIÓN ECONÓMICA	62

MEMORIA

1 INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es la descripción de las instalaciones del túnel de la variante Markina-Etxebarria. Dicho túnel se sitúa sobre el vial de conexión de la carretera BI-633 con la BI-2636 de Markina a Etxebarria (Bizkaia) y tiene una longitud de 335 metros compuestos por 290 metros más falsos túneles de 20 y 25 m.



El proyecto de las instalaciones de seguridad se centra fundamentalmente en las instalaciones propias del túnel que es objeto de estudio; sin embargo, no se entiende como viable un proyecto en el que se considere los túneles como infraestructuras viarias aisladas y no tenga en cuenta su entorno, como son los enlaces con otras vías. Resumiendo, el objetivo principal del proyecto es la descripción de los elementos de seguridad del túnel, pero entendiendo éste de manera global dentro del trazado completo del tramo.

En cada uno de los capítulos se ha pretendido justificar y razonar la solución propuesta, haciendo referencia a la normativa existente, las recomendaciones internacionales, el análisis de la problemática particular de este escenario y la experiencia adquirida en proyectos similares.

2 ANÁLISIS DE RIESGO

Se ha realizado el Análisis de Riesgo del túnel de la variante de Markina siguiendo el Método General descrito en la Metodología de Análisis de Riesgos de Túneles de la Red de Carreteras del Estado (MARTE) adaptado a los requerimientos de las Instrucciones Técnicas del DF 91/2012 de seguridad en túneles de Bizkaia.

El equipamiento mínimo que debería tener el túnel, y que se recoge en el proyecto viene establecido en el Decreto de la Diputación Foral de Bizkaia 91/2012, del 2 de abril, a través del cual se aprueban las Instrucciones Técnicas y Explotación en Túneles de Carreteras.

El principal objetivo del método general es establecer un método que permita la comparación del riesgo del túnel objeto de estudio con el correspondiente a un túnel calificado como “túnel virtual” que, tomado como referencia, marcará el nivel de riesgo aceptable para su diseño y posterior explotación.

El Método General de análisis de riesgo en túneles se basa, a su vez, en la integración de tres modelos, cada uno de los cuales trata de reproducir un determinado aspecto del riesgo del túnel, para llegar finalmente a cuantificar el riesgo del túnel analizado.

Estos modelos son:

- Modelo de riesgo del túnel.
- Modelo de ventilación.
- Modelo de comportamiento de los usuarios.

Los criterios de aceptación definidos en la Metodología de análisis de riesgos son los siguientes:

- Túneles seguros: serán aquellos que presenten un valor del índice de riesgo muy próximo a la unidad. Se considerarán aceptables todos los túneles que presenten un valor del índice de riesgo inferior a 1'15.
- Túneles con posibles restricciones: serán aquellos que presenten un valor del índice de riesgo comprendido entre 1'15 y 1'50.
- Túneles con peligrosidad elevada: serán aquellos que presenten un valor del índice de riesgo superior a 1'50 y no se considerarán seguros. Estos túneles requerirán la adopción de medidas complementarias para aumentar su seguridad y poder mantenerse o ponerse en servicio, según su caso. En cada caso, será la Autoridad Administrativa la que deba aprobar las medidas a adoptar.

A partir del análisis de riesgo realizado teniendo en cuenta el túnel con el equipamiento proyectado que se indica en los apartados siguientes y conforme a los criterios de aceptación descritos, el túnel de la variante de Markina con un valor de **IR= 0,851** se considera un túnel seguro.

3 ESTUDIO DE VENTILACIÓN

El Decreto Foral 91/2012 de 2 de abril en su Instrucción Técnica número IV “Ventilación” señala que, para el caso de túneles bidireccionales de tipo II, como es el caso del túnel de la variante de Markina, se solicitará

un análisis de ventilación que evalúe la necesidad de implantación de un sistema de ventilación. Por ello se ha realizado un estudio de necesidad de ventilación forzada, tanto para ventilación sanitaria como para ventilación de emergencia, específico para el túnel de la variante de Markina.

El estudio llevado a cabo llega a la conclusión, para el caso de la ventilación sanitaria, de que la ventilación natural en el túnel de Markina es suficiente para asegurar unos niveles de concentración de CO y visibilidad aceptables dentro de unas condiciones de operación normales.

Para el caso de la ventilación de emergencia se obtiene como resultado que no existe la necesidad de instalar un sistema de ventilación forzada para gestionar los escenarios de incendio. La escasa longitud del túnel permite que la nube de humos y gases evacúe mayoritariamente estratificada a través de las bocas durante el tiempo en que se produce la evacuación de los pasajeros. Al tratarse de un túnel bidireccional, la implementación de un sistema de ventilación longitudinal no garantizaría un resultado más favorable, pues la nube de humos inexorablemente debería empujarse hacia uno de los dos lados del túnel, ambos ocupados con personas que, debido a la mayor desestratificación de los humos causada por la ventilación, podrían resultar afectadas.

Debido a estas conclusiones no se proyecta un sistema de ventilación forzada en el túnel de Markina.

Pese a la baja probabilidad de ocurrencia de escenarios de riesgo en relación a la ventilación sanitaria, se recomienda la implementación de un protocolo de actuación que combine la actuación con barrera automática para el cierre del túnel con la lectura de los detectores de CO y opacidad en el centro del túnel.

Dicho protocolo deberá cerrar la barrera del túnel si:

- Se produce un accidente en el interior del túnel o en una ubicación próxima a la salida de este que pueda provocar la congestión del túnel.
- Si se registra una retención o congestión del túnel. La barrera debería cerrarse hasta que el túnel quede libre de vehículos.
- Si la lectura de algún detector de CO u opacímetro está por encima de los valores máximos admisibles, la barrera debería bajarse hasta que la lectura del detector vuelva a parámetros admisibles.

Asimismo, se recomienda la implementación en el protocolo de actuación del túnel del cierre de la barrera del mismo cuando se registre un incendio en el interior.

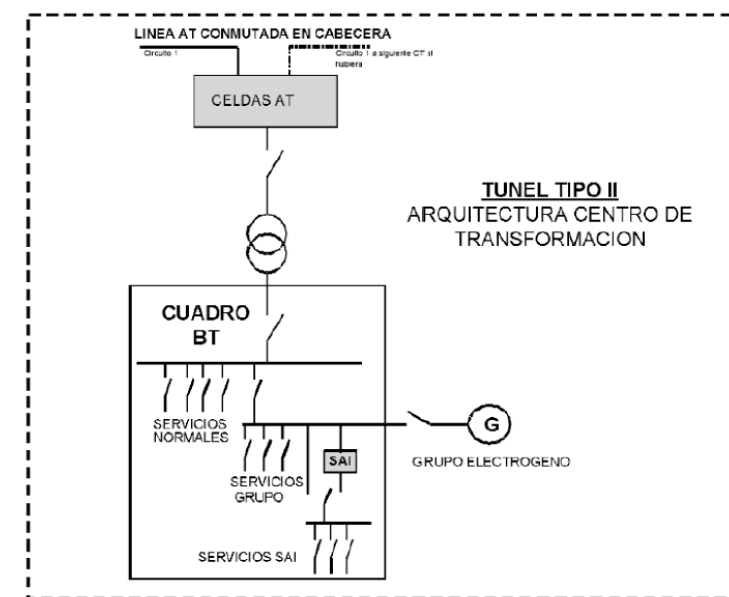
4 SISTEMA DE ENERGÍA

La alimentación eléctrica a los túneles tipo II, como es el túnel de Markina puede ser en A.T. o en B.T. En el caso del túnel de Markina será en AT, en una línea con doble circuito proveniente de una única subestación o de un enganche, aéreo o subterráneo, que proceda de un mismo centro de reparto de compañía.

Con el fin de garantizar la seguridad del suministro eléctrico se debe instalar un sistema de respaldo, grupo electrógeno, que garantice la alimentación a los circuitos que lo requieran.

El SAI que alimente a los servicios de emergencia deberá estar colgado de este grupo tal y como se indica en el punto 4.5 de la IT.

El esquema definido para los túneles de tipo II será similar al definido en la figura



4.1 SISTEMA DE ALTA TENSIÓN

El sistema de alta tensión, las redundancias necesarias y los límites de propiedad se fijarán en función de la arquitectura diseñada y los requerimientos de la Compañía Eléctrica.

El sistema de Alta Tensión se compone de los elementos siguientes:

4.1.1 PUNTO DE ENGANCHE CON LA COMPAÑÍA ELÉCTRICA.

Es el punto de la red de la Compañía Eléctrica donde ésta nos dará conexión a su red, este punto, a definir por la Compañía Eléctrica, será el arranque de la instalación y deberá realizarse según la normativa vigente además del condicionado técnico y la normativa de dicha Compañía.

De este punto, que será punto de partida para los cálculos del proyecto, se conoce la tensión de suministro (13,2 Kv) y se deberán conocer también las intensidades, de cortocircuito, trifásica y monofásica a tierra, y el número de reenganches si los hubiera.

4.1.2 LÍNEA DE ACOMETIDA.

Es el tendido eléctrico comprendido entre el punto de enganche con la red de la Compañía y el de entrega en la instalación. Esta línea será subterránea y se realizará según la normativa vigente además del condicionado técnico y la normativa de dicha Compañía.

4.1.3 PUNTO DE ENTREGA AT.

Este punto es donde la Compañía Eléctrica entrega el suministro y usualmente marca el límite de propiedad de las instalaciones, habitualmente el límite se establece en el punto de entrega de la línea de acometida, siendo este punto de conexión el límite de la propiedad de la Compañía.

Al ser acometida subterránea se conectará directamente en una celda compacta de entrada de un centro de transformación. El equipamiento de la celda de entrada deberá poder señalar sus estados y /o faltas por lo que incluirá los accesorios necesarios.

4.1.4 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

En este equipamiento se adapta la tensión proveniente del suministro de la compañía eléctrica a los niveles de tensión necesarios, 400V trifásico, para que por medio de los cuadros y líneas de baja tensión sea distribuido a los consumidores.

En el proyecto constructivo se fijará el régimen de neutro de dicho centro, la determinación del régimen de neutro permitirá el correcto diseño en BT y la correcta elección de protecciones, distribución de conductores y redes de tierra en baja tensión.

La elección de uno u otro régimen de neutro se argumentará debidamente en el proyecto, justificando razonadamente su elección y/o ventajas e inconvenientes de la misma. Se incluirán además las intensidades de cortocircuito simétrica y de pico en equipos de celdas de alta tensión, bornas de conexión de alta y baja tensión del o los transformadores y cuadros eléctricos de baja tensión para diseñar de forma correcta la instalación.

El centro de transformación estará compuesto por los siguientes equipos generalmente:

- Equipos de entrada de línea.
- Equipos de conmutación de líneas.
- Equipo de protección general.
- Equipos de medida en caso necesario.
- Equipos de protección de salidas en AT (a transformadores o a líneas de reparto).
- Transformadores de potencia.
- Interruptor Automático de control de salida en BT. (si fuese necesario).
- Condensador de compensación de reactiva.
- Iluminación.
- Elementos de seguridad.
- Redes de tierra.

El transformador de potencia que se instale en el centro de transformación situado en el exterior del túnel será de tipo seco. Estará protegido contra sobrecargas, cortocircuitos, cuba a tierra, etc. por equipos situados en las celdas de media/alta tensión. Dispondrá de señalización de temperatura indicando niveles de alarma y disparo, que deberán ser integrados en el sistema de control del túnel, la señal de disparo se llevará además a la celda de protección lo que provocará la apertura del interruptor automático de protección en caso de sobrecalentamiento (temperatura de desconexión) del transformador.

Las soluciones adoptadas para las redes de tierra se justificarán razonadamente en el proyecto constructivo definiendo detalladamente su disposición, geometría, ubicación, parámetros de cálculo y resultados esperados, en función de las características del terreno y condiciones de falta. Se definirá el régimen de neutro para la correcta definición de las protecciones eléctricas.

4.1.5 DEMANDA DE POTENCIA

La demanda de potencia del túnel de la variante de Markina será la generada por las instalaciones proyectadas, estando todo ello debidamente comunicado y con alimentación segura mediante la instalación de equipos que cubran la demanda de potencia cuando sea preciso.

Para poder estimar el dimensionado de la potencia del grupo electrógeno y del SAI se debe efectuar la previsión de cargas y consumos de las instalaciones y circuitos que son alimentados desde el centro de transformación. La carga correspondiente se calcula a partir de la previsión de consumos y cargas, aplicando un coeficiente de seguridad del 30%, por criterios de seguridad de servicio y de reserva para futuras ampliaciones en las instalaciones.

Para la estimación de la carga atribuida al CGBT, se ha tomado un coeficiente de simultaneidad 1 para todas las cargas, porque en determinadas circunstancias críticas, se puede dar que todas las instalaciones y equipos se encuentren funcionando a la vez.

En la siguiente tabla se resume la estimación del consumo de potencia aparente (VA) previsto por las instalaciones del túnel. La estimación de la potencia aparente demandada por los equipos e instalaciones se realiza a partir de su potencia consumida en vatios, considerando generalmente el valor del factor de potencia ($\cos \phi$) de 0,9 y para elementos con motor como las barreras 0,85.

Túnel de la Variante de Markina	Red (VA)	Grupo (VA)	SAI (VA)
Alumbrado interior nocturno (base o permanente)	3.165	3.165	3.165
Alumbrado interior de refuerzo	42.006	3.783	0
Alumbrado interior de evacuación	3.087	3.087	3.087
Alumbrado exterior	0	0	0
Ventilación longitudinal	0	0	0
Sensorización ambiental	153	153	153
Detección de incendios	41	41	41
CCTV y DAI	1.080	1.080	1.080
Señalización exterior de cierre de túnel	5.365	5.365	5.365
Aforadores	235	235	235
Comunicaciones con los usuarios (SOS, radio)	3.260	3.260	3.260
Red de comunicaciones (plc, eru, switch..)	2.353	2.353	2.353
Tomas de fuerza	9.600	4.800	0
Local Técnico (elementos auxiliares)	8.277	8.277	0
SAI (baterías)	3.000	0	0
SUMA	81.623	35.600	18.740
Reserva (30%)	24.487	10.680	5.622
DEMANDA TOTAL DE POTENCIA	106.109	46.280	24.362

Esta estimación se deberá ajustar con los cálculos correspondientes en el proyecto constructivo y será la que se tomará como referencia a la hora del dimensionado.

4.2 SISTEMA DE BAJA TENSIÓN.

El sistema de baja tensión comprende algunos de los elementos indicados anteriormente, es el caso del interruptor automático general colocado en cuadro a situar en el Centro de Transformación próximo al transformador, situación que se da cuando el cuadro general se encuentra en recinto diferente al que se encuentra el transformador o a una distancia apreciable del mismo.

Al recibirse el suministro de la Compañía Eléctrica en alta tensión su origen será el centro de transformación correspondiente

El sistema comprende: la acometida de BT, el cuadro general, las líneas de distribución, los cuadros secundarios de mando y control, canalizaciones, redes de tierra, red equipotencial y consumidores eléctricos.

4.2.1 ACOMETIDA DE BT.

En el caso de suministros en alta tensión con centro de transformación propio, como será el caso del túnel de Markina, incluye desde el punto de conexión, bornas del secundario del transformador o palas del interruptor de control si lo hubiera, hasta las bornas de entrada del cuadro correspondiente.

Para los cálculos de caída de tensión se ha considerado que el origen de esta acometida está en las bornas del transformador. Por lo que se incluye el tramo de línea entre el transformador y el interruptor de control de potencia y se considera una potencia de 1,15 la del transformador, para prever posibles ampliaciones de potencia del transformador o sobrecargas del mismo, de tal forma que ante estas eventualidades no se superen las caídas de tensión admitidas, garantizando el correcto funcionamiento de los equipos instalados.

4.2.2 CGBT Y CUADROS SECUNDARIOS DE DISTRIBUCIÓN DE MANDO Y CONTROL.

El cuadro general de baja tensión se encarga de la distribución de la energía eléctrica hacia los cuadros secundarios y a los consumidores que se encuentren conectados directamente en este cuadro. La

alimentación a cuadros secundarios y consumidores se realiza por las acometidas y líneas de alimentación que se conectan en este cuadro.

Los cuadros secundarios de distribución control y medida alimentan a consumidores o a su vez a otros cuadros secundarios. Estos cuadros tienen como misión la de realizar el reparto de la energía, la protección de las personas frente a fallos eléctricos, la protección de las acometidas a otros cuadros y líneas de reparto a los consumidores, protección de los consumidores, que de ellos dependen, así como de alojar los equipos de automatización y control que se consideren necesarios para la señalización, control y mando parte del sistema de control.

Para la ejecución de la instalación eléctrica, en la IT se fijan una serie de parámetros que se reflejarán en el proyecto constructivo para asegurar el correcto diseño de los mismos.

Se seguirán las directrices de diseño que marca la IT, teniendo en cuenta que el objetivo de los sistemas a instalar es la seguridad de las personas y la protección de los equipos:

4.2.3 LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN.

Las líneas de distribución de fuerza, y alumbrado en el interior del túnel tendrán tensión de aislamiento mínima de 0,6/1 kV, aislamiento XLPE, libre de halógenos y no propagadores de la llama ni del incendio (RZ1-K o SZ1-K). Se diferenciarán en función de los equipos o servicios que alimentan. Para los equipos o servicios esenciales serán cables resistentes al incendio 842°C 90 minutos.

Preferentemente las conexiones de los secundarios de los transformadores con los interruptores generales de los cuadros serán realizadas con canalizaciones eléctricas blindadas IP54 con una resistencia al fuego de 90 minutos como mínimo.

Los cables de control y señales de servicios esenciales de tensión inferior a 110 V, serán del tipo SOZ1-K (AS+) resistentes al incendio 842°C 90 minutos, para el resto serán del tipo RC4Z1- K llevando las protecciones necesarias y pantallas que precisen según su utilización.

4.2.4 BANDEJAS Y CANALIZACIONES.

En la realización de canalizaciones se prestará especial atención en garantizar que por éstas no se pueda propagar un incendio o pasar el humo, sellando adecuadamente los elementos que lo requieran (pasamuros, salidas de arqueta, tubos en el interior de arquetas, tapas de arquetas.).

Las canalizaciones serán enterradas, en tubos embebidos en dados de hormigón con arquetas con una interdistancia máxima de 50 metros en las canalizaciones de baja tensión o justificando la solución

adoptada cuando la interdistancia sea mayor. Las arquetas llevarán tapas ajustadas y selladas en las conexiones de las canalizaciones en las mismas con el fin de evitar la entrada de roedores, líquidos y/o otros materiales. En el proyecto constructivo quedarán definidos los dados de hormigón con los tubos y circuitos que canalizan y diámetros de los mismos, así como las arquetas con su situación a lo largo de la traza.

Se proyectarán al menos 4 tubos enterrados de 110 mm para suministro de energía y 6 de 50 mm para comunicaciones que irán enterrados poa ambos márgenes entre las dos gloriets de la variante. Además, se añadirán bandejas en el interior del túnel que puedan soportar el nuevo cableado a través de los hastiales.

En el interior del túnel según la finalidad a la que se destinen las bandejas, es decir si sólo se destinan a soportar cables y no están sujetas a daños mecánicos podrán ser de material aislante ausente de halógenos y gases tóxicos y corrosivos no propagadores del incendio y de la llama al igual que sus soportes y accesorios de montaje. Cuando las bandejas puedan estas sujetas a daños mecánicos o se destinen además de la canalización de los cables al soportado de luminarias y cajas de derivación serán metálicas galvanizadas al fuego por inmersión después de construidas al igual que todos los accesorios, herrajes y tornillería utilizada. El espesor mínimo a utilizar será de 1,5 mm.

Las bandejas de enlace entre las canalizaciones enterradas y las que discurren por el hastial serán metálicas y con tapa galvanizada al fuego con un espesor que oscila entre las 70 y 120 micras.

4.2.5 REDES DE TIERRA.

Ya que el túnel dispondrá de centro de transformación el cálculo de las redes de tierra se realizará partiendo de las condiciones técnicas de suministro facilitadas por la Compañía Eléctrica en concreto de la Intensidad de falta monofásica a tierra y número de reenganques y de la investigación del tipo de terreno donde se implanta el centro o centros de transformación y redes de tierra. Se tendrán en cuenta los posibles tipos de defecto a tierra y las intensidades máximas en los distintos niveles de tensiones existentes en la instalación, tomando el valor más desfavorable.

Para el cálculo de las redes de tierra se aplicarán los reglamentos electrotécnicos de Alta y Baja Tensión y en concreto la MIE-RAT 13: Instalaciones de Puesta a Tierra ((Reglamento Electrotécnico de Alta Tensión) y las ITC-BT 18 Instalaciones de Puesta a tierra e ITC-BT 24 Instalaciones Interiores o Receptoras Protección Contra los Contactos Directos e Indirectos (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión).

Igualmente se aplicarán métodos sancionados por la práctica para el cálculo como la IEEE 80-2000 y el Método de Cálculo y Proyecto de Instalaciones de Puesta a Tierra para Centros de Transformación conectados a Redes de Tercera Categoría cuando sean de aplicación.

4.2.6 RÉGIMENES DE NEUTRO ADOPTADO EN EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

En función de las posibilidades de conexión del neutro a tierra de la facilidad de mantenimiento, de la fiabilidad requerida y de las ventajas e inconveniente que presente la conexión del neutro a tierra, se elegirá el régimen de neutro de la instalación.

En el Proyecto se prestará especial atención a la conexión a tierra del neutro del transformador, con objeto de no transferir potenciales peligrosos en la distribución interior del túnel. Se considerará la separación de las tierras de neutro de las de herrajes, siempre manteniendo los criterios de distancia mínima entre tierras independientes fijados en la ITC-18 del Reglamento de Baja Tensión.

Asimismo, para la elaboración del proyecto constructivo se estudiará cuál de las siguientes configuraciones se adaptará mejor en las instalaciones.

- Régimen TT: El esquema TT tiene un punto de alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.
- Régimen TN: Los esquemas TN tienen un punto de la alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante conductores de protección. Se distinguen dos tipos de esquemas TN según la disposición relativa del conductor neutro y del conductor de protección:
- Esquema TN-S: En el que el conductor neutro y el de protección son distintos en todo el esquema.
- Esquema TN-C: En el que las funciones de neutro y protección están combinados en un solo conductor en todo el esquema.
- Régimen IT: El esquema IT no tiene ningún punto de la alimentación conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están puestas directamente a tierra.

4.2.7 GRUPO ELECTRÓGENO

Se instalará un grupo electrógeno asociado al túnel de Markina, pudiendo alimentar a todos los “circuitos críticos” y asegurando para ellos unas condiciones adecuadas de seguridad y continuidad de suministro. El grupo entra automáticamente en funcionamiento cuando se produce un fallo de suministro por parte de la compañía eléctrica, a través del sistema de conmutación red-grupo, pero con un leve retardo para descartar un fallo transitorio (microcorte).

Las condiciones en las cuales se prevé el arranque del grupo son, fundamentalmente, las siguientes:

- Fallo total del suministro de la compañía eléctrica.

- Descenso de la tensión por debajo del 70 % de su valor nominal.
- Fallo de una fase.
- Desequilibrio de tensión entre fases cuando éste sea superior a cierto porcentaje.

Cuando se produce alguna de estas situaciones, se efectúa el arranque automático del grupo, que reanuda el suministro de consumo a las instalaciones. Al normalizarse el suministro de la compañía, se desconecta el consumo de las líneas del grupo y se reconecta a la misma.

El grupo se ubica en el interior de un local habilitado, habiéndose previsto la salida de humos mediante un conducto hasta una chimenea vertical que comunica con el exterior del mismo. Para el suministro de combustible, el grupo electrógeno dispondrá de un depósito. Dicho depósito estará debidamente homologado por el Ministerio de Industria y por la compañía suministradora de combustible.

El grupo electrógeno incluye un cuadro automático que realiza la puesta en marcha del grupo electrógeno al fallar el suministro eléctrico de la red y da la señal al cuadro de conmutación para que se conecte la carga al grupo. Estos cuadros incluyen protecciones tanto del grupo electrógeno, como eléctricas y alarmas preventivas. Al mismo tiempo, el grupo electrógeno previsto posee equipos de medida y analizadores digitales de redes eléctricas.

Los circuitos críticos a los que proporcionará servicio el grupo electrógeno son:

- Alumbrado del túnel.
- Alumbrado y fuerza de salas técnicas.
- Servicios auxiliares, seguridad, control y señalización.

Las principales características del nuevo grupo electrógeno serán las siguientes:

- Combustible: diésel
- Frecuencia: 50 Hz
- Tensión: 400/230 V, trifásica
- Potencia de emergencia: 50 kVA
- Sistema de refrigeración: radiador

La autonomía mínima del grupo electrógeno será de 2 horas de funcionamiento alimentando a todas las cargas de emergencia simultáneamente.

4.2.8 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA

La instalación necesita de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida para dar una alimentación segura a las cargas críticas, como pueden ser el mando y control de todos los cuadros eléctricos, celdas de 13.2kV, PLC's, armarios de comunicaciones, etc.

Se instalará un SAI en el cuarto técnico de 30 kVA y 60 minutos de autonomía.

El SAI se dimensionará para dar alimentación a los equipos de seguridad con una autonomía de una hora para las siguientes instalaciones:

- Alumbrado emergencia y evacuación.
- Alumbrado de evacuación por refuerzo de la seguridad.
- Alumbrado de la zona de acceso.
- Parte del alumbrado permanente o nocturno reducido.
- Alumbrado sistema contraincendios.
- Alumbrado Centros de Transformación.
- Señalética de seguridad.
- Sensores de polución.
- Sistemas de adquisición y tratamiento local de datos y transmisión de la información.
- Alimentación comunicaciones y postes SOS.
- Equipos de mando desde la sala de control.
- Equipos de control y gestión de tráfico.
- Dispositivos de señalización de tráfico (semáforos).
- CCTV, y detección automática de incidentes (DAI).
- Detección automática de incendios.
- Equipos de transmisión y radiocomunicación.
- Barreras de cierre de túnel y neutralización de vía.
- Y los diferentes equipos que, aunque no estén definidos, intervengan en la seguridad de las personas.

Para garantizar la vida de las baterías asociadas a los equipos SAI, se requiere mantener unas condiciones de temperatura y humedad establecidas dentro de unos límites, por lo que la ubicación de los mismos se realizará en un local dotado de aire acondicionado.

4.2.9 BATERÍA DE CONDENSADORES

Se ha previsto la instalación de una batería de condensadores de 35 kVAr en el cuarto técnico a fin de mejorar el actual factor de potencia, siendo este, a raíz de las instalaciones proyectadas, de entorno al 0,9.

La conexión y desconexión de los condensadores se gobernará automáticamente por medio de un regulador varimétrico, que controlará el factor de potencia de la instalación, aportando energía capacitiva para mantener el factor de potencia deseado.

Los condensadores llevarán integradas resistencias de descarga y serán conectados y desconectados mediante contactores del tipo y calibre adecuados al mando de condensadores. Irán protegidos por fusibles de alto poder de corte.

Los condensadores serán del tipo seco (sin impregnante) autocicatrizante compatible con todos los ambientes con dieléctrico a base de propileno metalizado. El regulador de la batería dispondrá de un sistema automático de desconexión de los condensadores en caso de ausencia de tensión en la red.

5 SISTEMA DE ALUMBRADO

La solución de alumbrado se proyecta de acuerdo a las normativas vigentes, de manera que se adoptarán los siguientes criterios:

Para el alumbrado de interior y de exterior de túnel (desde las bocas de túnel hasta las glorietsas), fundamentalmente:

- Decreto Foral 91/2012, de 24 de abril, por el que se aprueban las Instrucciones Técnicas de Seguridad y Explotación en Túneles de Carreteras, especialmente la Instrucción Técnica VI sobre Sistemas de Seguridad, Vigilancia y Control.
- Orden circular 36 /2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles. Recomendaciones para la iluminación de túneles. Ministerio de fomento.

5.1 ALUMBRADO DE INTERIOR DE TÚNEL

Para el túnel de Markina se preverá el alumbrado de túnel largo, alumbrado de emergencia por interrupción del servicio eléctrico e iluminación de evacuación en caso de incendio, tal que:

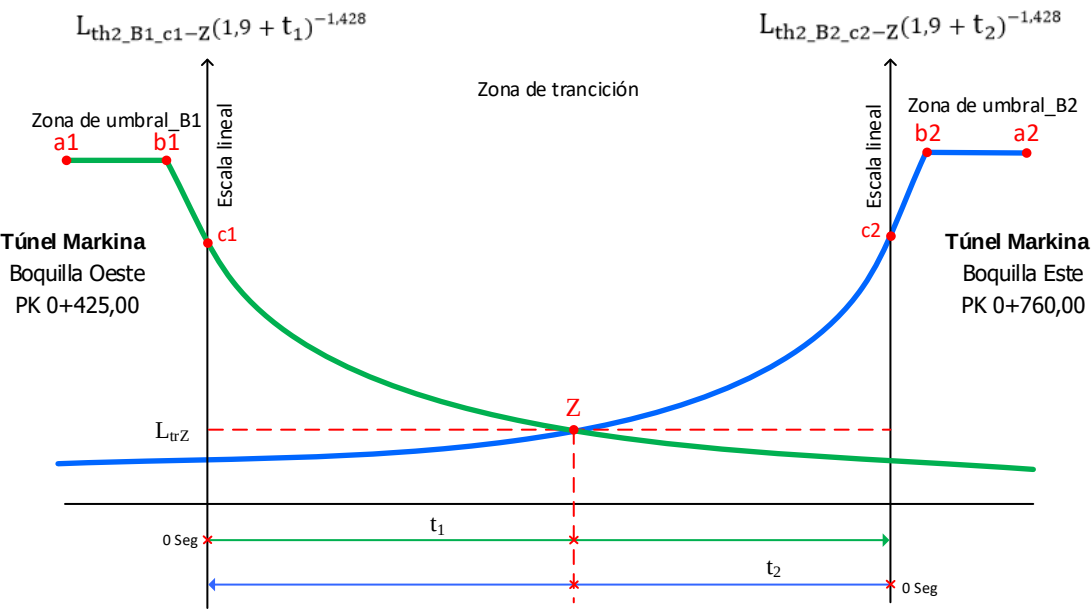
- El alumbrado de túnel largo asegurará a los conductores una visibilidad adecuada de día y de noche en las zonas de entrada del túnel y de la zona transición. El túnel de Markina carecerá de la zona interior debido a que por su longitud no se llega alcanzar estas condiciones.
- El alumbrado de emergencia por interrupción del servicio eléctrico asegurará una visibilidad mínima para que los usuarios del túnel puedan evacuarlo en sus vehículos en caso de avería del suministro eléctrico, de al menos 10 lux de iluminancia media, siendo 2 lux el nivel mínimo en cualquier punto del túnel.
- Las luminarias de la iluminación de evacuación en caso de incendio permanentemente encendidas, con una iluminancia horizontal mínima de 2 lux, se situarán en la pared del túnel a una altura aproximada de 0,5m-1m por encima de la superficie de la calzada, simétrico en los dos hastiales (no a tresbolillo), colocadas cada 50 metros como máximo.

En el túnel de Markina, la solución adoptada para el alumbrado está basada en un sistema de alumbrado simétrico pareado en hastiales, consistente en el empleo de luminarias LED colocadas a una altura de 5,5 m. Con este sistema de iluminación, la percepción de los objetos se realiza por contraste positivo, es decir, el objeto claro sobre fondo oscuro.

5.1.1 ILUMINACIÓN DE LAS ZONAS DE TÚNEL MARKINA

La zona de entrada de cada boca del túnel incluye la zona de umbral y la zona de transición.

El túnel de Markina carecerá de zona interior por la relación de su longitud (335 m) y la velocidad de diseño de túnel (60 km/h), por tanto, existe el punto de intersección (Z) de las curvas de iluminación de las zonas de transición (parte de las zonas de entrada) de las bocas Este y Oeste.



Los valores obtenidos de iluminación de las zonas de entrada son siguientes:

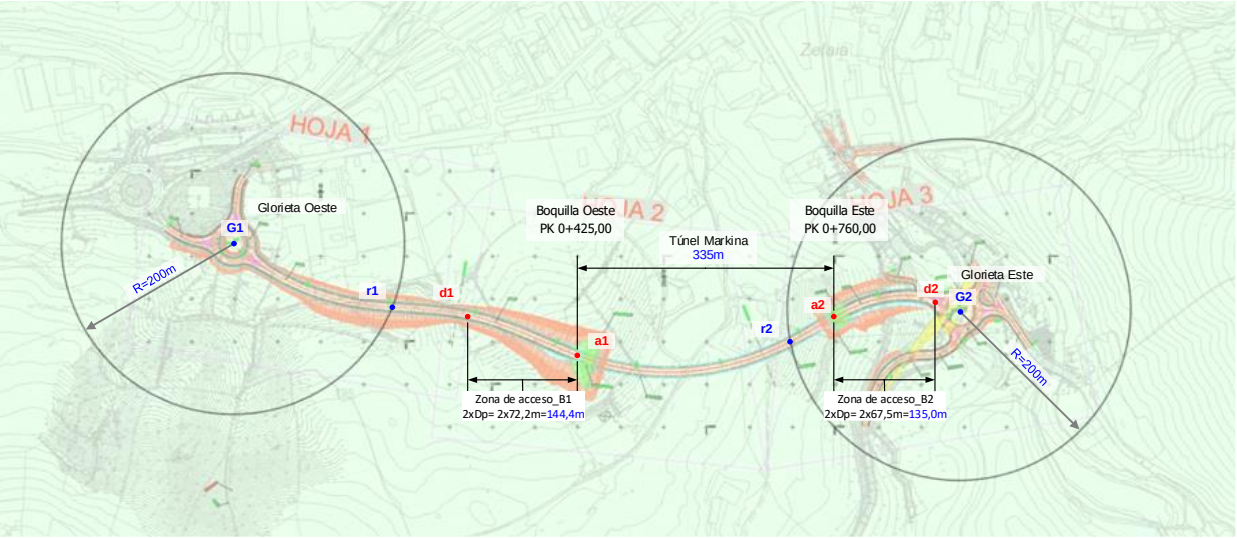
Boca Oeste		Boca Este	
L _{20_B1} (cd/m ²)	2362,2	2260,5	L _{20_B2} (cd/m ²)
L _{th1_B1} (cd/m ²)	118,1	113,0	L _{th1_B2} (cd/m ²)
L _{tr_c1} (cd/m ²)	47,2	45,2	L _{tr_c2} (cd/m ²)

El valor de la iluminación en el punto de intersección de las curvas de iluminación de las zonas de transición (Z) es de 6,2 cd/m2.

El punto de intersección de las curvas de iluminación de las zonas de transición (Z) se encuentra en una distancia 171,6m del umbral de la boca de Oeste y de 163,4 m del umbral de la boca Este.

5.2 ALUMBRADO EXTERIOR

Para el túnel de Markina, al ser un túnel bidireccional, se proyectará el alumbrado exterior desde ambas bocas hasta una longitud de dos veces la distancia de seguridad (DS).



La boca este del túnel de Markina se encontrará a una distancia menor de 200m de la glorieta y por tanto en esa boca el nivel de iluminación de la glorieta deberá extenderse a la vía de acceso al túnel.

Los valores obtenidos para la iluminación de las zonas exteriores del túnel (desde las bocas hasta dos veces la distancia de seguridad) son los siguientes:

Longitud	Clase de alumbrado	Iluminancia horizontal E_m (lux) (mínima)	L_m (cd/m ²) (mínima)	U_o (mínima)	U_1 (mínima)	Incremento de umbral TI (%) (máximo)
Boca Oeste						
144,4 m	CE2	20	1,6	0,4	0,6	10
Boca Este						
135 m	CE1	40	2,2	0,5	0,7	10

5.3 CONTROL DE ALUMBRADO

La necesidad de mayor o menor nivel de iluminación en la boca de un túnel varía a lo largo del día en función de las condiciones de luz exterior en cada momento. Para poder hacer una adaptación precisa de la iluminación del túnel en función de esta circunstancia, se prevén los siguientes niveles de iluminación:

- Nivel 1: Soleado
- Nivel 2: Nublado
- Nivel 3: Nocturno o permanente (conseguido mediante la regulación DALI de las luminarias LED).

Adicionalmente, existen otros dos niveles, que sólo serán de aplicación en circunstancias excepcionales, a saber:

- Nivel Emergencia
- Nivel Evacuación

Dos aspectos serán fundamentales a la hora de conseguir la luminancia adecuada en cada zona: (1) el número, disposición y características de los proyectores y lámparas con los que se equipa el túnel y (2) las propiedades reflexométricas y lumínicas de los materiales con los que se revisten los túneles. Este segundo aspecto será particularmente cuidado en el proyecto de iluminación, ya que mejora notablemente las condiciones de visibilidad en el interior de los túneles y disminuye las necesidades de consumo energético, lo cual redundará indirectamente en una mejora medioambiental.

La iluminación diurna limitada estará en servicio durante períodos en los que la penetración de la luz solar diurna no proporciona un fondo de luminancia suficientemente elevada, tales condiciones pueden plantearse después del crepúsculo, antes del amanecer y en días nublados.

Por la mañana, el alumbrado diurno limitado deberá encenderse media hora después de la salida del sol y apagarse cuándo la luminancia en la zona de acceso L20 sobrepase las 150 cd/m² ($L20 > 150$ cd/m²). Por la tarde, se encenderá cuando la luminancia en la zona de acceso L20 descienda por debajo de ($L20 < 150$ cd/m²) y se efectuará el apagado media hora antes de la puesta de sol.

El alumbrado exterior del trazado se controlará únicamente mediante dos niveles de alumbrado:

- Nivel 1: Nocturno
- Nivel 2: Nocturno reducido

5.3.1 ELEMENTOS DE REGULACIÓN.

Para el control del encendido de los diferentes circuitos de la iluminación de los túneles y del alumbrado exterior, se prevén luminancímetros en cada boca de entrada al túnel, colocados a la distancia de parada (DP) y enfocados hacia el portal del túnel, tal y como recomienda la CIE-88.

Adicionalmente, en el interior del túnel se instalará un luxómetro en la zona central para tener un control más sencillo de los niveles de alumbrado proporcionado. Así, si se observara que el valor medido por el luxómetro disminuye, se procedería a la limpieza inmediata de las luminarias, aumentar el % de la regulación o sustituir lámparas, pero la medida del luxómetro no serviría para calcular el factor $k = L_{th} / L20$ o regular el flujo de forma precisa, sin embargo dan una idea del nivel de ensuciamiento y envejecimiento de las luminarias y lámparas.

Para el paso de nivel Nocturno a Nocturno reducido se utilizarán relojes astronómicos, programados a una hora tal que la intensidad de vehículos sea suficientemente baja.

Estas señales son adquiridas por el sistema de control del túnel que es el encargado de accionar los circuitos y niveles correspondientes según los datos obtenidos. Estarán monitorizados, desde el centro de control, el estado de todos los circuitos de alumbrado, con lo que el operador sabrá en cada instante el estado del alumbrado en el túnel (pudiendo apagar o encender circuitos en modo manual si fuera necesario).

5.3.2 FUNCIONES DE CONTROL SOBRE LA ILUMINACIÓN.

Por defecto, la regulación de los niveles de iluminación se realizará automáticamente a partir de los niveles de luminosidad exterior registrados mediante luminancímetros. No obstante, el sistema de control permite también el modo manual tal y como exige la ITC-BT-09 del REBT, teniendo así dos modos de operación:

- En el modo remoto automático la regulación se realizará de manera automática.
- En el modo manual el operador podrá activar y desactivar los distintos circuitos de alumbrado desde un sinóptico interactivo de la aplicación de control. Las funciones de gestión del alumbrado en modo manual permiten las siguientes actuaciones:
 - Activación o desactivación de los distintos niveles, de manera independiente en cada uno de los tubos.
 - Supervisión del estado de encendido/apagado de cada circuito.
 - Supervisión de alarmas de funcionamiento y protecciones eléctricas de los circuitos de iluminación.

Considerando el impacto de la iluminación sobre los costes de explotación, el sistema de control contará con funciones de estimación del coste energético diario, en función del tiempo de encendido de cada uno de los circuitos.

5.3.3 GESTIÓN AUTOMÁTICA DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN.

En circunstancias normales, la iluminación estará regulada automáticamente. El sistema de control supervisará permanentemente y presentará en pantalla el nivel de luminosidad exterior.

Igualmente, se ofrece al operador a través de las pantallas de control, información sobre el estado de las protecciones de cada uno de los circuitos de iluminación. El disparo de una protección genera una alarma acústica y visual que alerta al operador del problema.

5.3.4 FUNCIONES MANUALES DE CONTROL DE ILUMINACIÓN.

En determinadas circunstancias se requerirá la intervención del operador del centro de control, activando o desactivando circuitos. Se consideran, al menos los siguientes casos:

- Cuando se halle en el interior del túnel personal de mantenimiento. Se procurará un óptimo nivel de iluminación interior, incrementando los niveles normales.
- Siempre que ocurra un accidente o se identifique un incremento significativo del riesgo (por ejemplo, identificación de objetos sobre la calzada), además de cursar aviso a los equipos de intervención, se incrementarán los niveles de iluminación interior.
- Cuando reciba una alarma de disparo de protecciones de un determinado circuito. Además de cursar el correspondiente aviso a los equipos de mantenimiento, podrá activar manualmente otros circuitos para compensar el efecto del fallo.

El sistema de control tendrá programadas las secuencias de actuaciones o macrocomandos de control necesarios que permitan que estas actuaciones se desarrollen de manera sencilla, simplificando las actuaciones de los operadores y reduciendo las posibilidades de error.

6 SISTEMA DE GESTIÓN DEL TRÁFICO

El sistema de gestión viaria abarca un conjunto de instalaciones específicas, cuyos objetivos son informar adecuadamente a los usuarios que circulan por la autopista, tanto en los tramos a cielo abierto como en los túneles, de los aspectos necesarios para garantizar la máxima seguridad en la circulación, conocer en todo momento el estado del tráfico, informar de situaciones de riesgo o emergencia, así como dar instrucciones sobre las acciones a llevar a cabo.

El sistema de gestión viaria abarcará un conjunto de instalaciones específicas, cuyos objetivos serán:

- Asegurar unas condiciones operativas razonablemente seguras para los conductores, pasajeros, servicios de emergencia y servicios de conservación, minimizando los efectos adversos de accidentes, condiciones meteorológicas y ambientales adversas, obstrucciones en la vía, firme deslizante, etc.
- Mantener la capacidad operativa de la vía mediante la prevención de situaciones de congestión.
- Minimización del impacto de la congestión y mejora de la fluidez y de los tiempos de recorrido.
- Informar adecuadamente a los usuarios que circulan por los túneles de los aspectos necesarios para garantizar la máxima seguridad en la circulación.
- Conocer en todo momento el estado de tráfico en los túneles y en la autopista.
- Informar de situaciones de riesgo o emergencia.
- Dar instrucciones sobre las acciones a llevar a cabo y evitar el acceso a los túneles de vehículos que presenten un gálibo excesivo.
- Proveer medios de ayuda a usuarios que han sufrido algún problema (accidente, avería, confusión, etc.).

Se puede establecer que las principales funciones de gestión viaria son las siguientes:

- Supervisión del estado de la vía: El conocimiento del estado de la vía es el punto de partida para el resto de las funciones de gestión de tráfico. Este conocimiento se obtiene mediante una combinación de procedimientos y actuaciones automáticos y atendidos, alimentados por los diferentes sensores y sistemas situados en la autopista (meteorológicos y ambientales, aforadores, DAI, etc).
- Información al viajero: En este punto se ha considerado la difusión de información local a los conductores a través de los Paneles de Mensaje Variable (PMV) instalados en la vía y en los accesos a la misma.

Las instalaciones que se dispondrán para la gestión viaria serán las siguientes:

- Sistema de señalización dinámica.
- Equipamiento en los accesos de los túneles.
- Sistema de detección, clasificación y conteo de vehículos.

La siguiente tabla muestra los criterios de diseño de cada instalación para el túnel de Markina especificados en el DFST, siendo túnel interurbano, bidireccional y de clase II.

SISTEMA	EQUIPAMIENTO
Señalización Dinámica Exterior, en los accesos a las bocas	• Sección de señales aspa-flecha y señal limitadora de velocidad en el dintel de la boca de entrada. • Barrera con semáforo doble rojo y alarma acústica a una distancia no inferior de 50 m. • Sección de semáforos rojo-ámbar-verde sobre báculo a 100 metros de la entrada del túnel. • PMV 2G+3L al inicio del ramal que da acceso al túnel.
Sistema de detección, clasificación y conteo de vehículos	• Mínimo de dos secciones de detectores, situadas en las proximidades del acceso y de la salida del mismo.

A continuación, se desarrollan cada una de las instalaciones anteriormente mencionadas.

6.1 SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN DINÁMICA

La señalización dinámica permitirá a los operadores del Centro de Control informar a los conductores sobre el estado de los túneles, de las situaciones de riesgo y de las medidas de protección que deberán adoptar para minimizar los daños ante escenarios imprevistos, facilitando la gestión tanto de los túneles y sus accesos como del trazado a cielo abierto de autopista.

La gestión del sistema de señalización dinámica será realizada por los operarios del Centro de Control, que controlarán los distintos elementos a través de las redes de comunicaciones.

El sistema de señalización estará basado en un sistema dinámico que permitirá variar la información emitida a los usuarios en función de las circunstancias particulares que en cada momento se den.

Las causas que pueden aconsejar la exhibición de señalización dinámica son las siguientes:

- Causas producidas por los propios vehículos: incendios, accidentes, averías, retenciones y congestiones.
- Causas producidas por el incorrecto funcionamiento de otras instalaciones en los túneles: baja luminosidad, alta concentración de humos, etc.
- Condiciones meteorológicas en los accesos de los túneles: lluvia, niebla, hielo, nieve.
- Mantenimiento y conservación del túnel.

La información que se presentará a los usuarios será la siguiente:

- Información de carácter general: obras, estado de la vía y de los túneles, y condiciones meteorológicas que afecten a la visibilidad y al deslizamiento.
- Información con datos que se obtendrán por el sistema de vigilancia y detección de incidentes: accidentes, retenciones, congestiones, cierre y carriles inutilizados, necesidad de cambio de carril, conveniencia u obligación de utilizar un carril, velocidad aconsejable de forma circunstancial, tiempos de recorrido, etc.
- Información con datos obtenidos fuera de los túneles y que se presentará en los accesos a los mismos: desvíos aconsejables, estado de congestión en itinerarios alternativos o complementarios.

6.1.1 EQUIPAMIENTO DE SEÑALIZACIÓN DINÁMICA

El equipamiento a instalar en los accesos a los túneles se ha realizado tomando las recomendaciones propuestas en el DFST para túneles de Clase II bidireccionales con un carril por sentido.

Previamente a proyectar el equipamiento en los accesos a los túneles, se deben analizar los factores que influyen en su diseño, como son las características del trazado (distancia a cielo abierto previa a la boca, visibilidad de la boca, existencia de desvíos o incorporaciones,...), y las características geométricas de la vía (anchura de arcones y carriles, existencia de paso entre calzadas y ubicación...). En el caso de este túnel se deben modificar ligeramente con respecto a la norma las secciones de la señalización dinámica en los accesos debido a la existencia de enlaces próximos a las bocas de entrada.

Se ha previsto la instalación de los siguientes elementos de señalización redundante en los accesos al túnel de Markina:

- Sección de señales de aspa – flecha y señal limitadora de velocidad en el dintel de la boca de entrada.
- Barreras con semáforo doble rojo, alarma acústica y detector de presencia de vehículo en el ramal de acceso al túnel y en la entrada del mismo.

- Sección de semáforos rojo/ámbar/verde sobre pórtico en los accesos al túnel. Se instalarán dos espiras después de esta sección para automatizar la gestión de colas en caso de cierre del túnel.
- Paneles de Mensaje Variable 2G+3L de 12 caracteres. Se ubicarán con anterioridad al ramal de acceso al túnel.

Paneles de Mensaje Variable

Los Paneles de Mensaje Variable (PMV) señalarán las distintas incidencias y recomendaciones con respecto al estado del tráfico. La información que se presentará dependerá de si la situación en el túnel de Markina o sus proximidades.

En una situación normal, la información será principalmente la siguiente:

- Estado del tráfico.
- Situaciones de congestión.
- Salidas a los diferentes enlaces para rutas alternativas.
- Prohibiciones, obligaciones, recomendaciones y avisos, tales como circular por determinados carriles por obras, salidas a enlaces cortados, desvíos u otros.
- Consejos de seguridad vial

Ante una emergencia, se considerará prioritaria la difusión de la siguiente información:

- Localización, severidad y consecuencias de los incidentes.
- Afecciones al tráfico, estado de las salidas a los enlaces.
- Posibles rutas alternativas.

Las características de los PMV serán las siguientes, en cumplimiento de la norma UNE-EN 12966 y marcado CE, con los siguientes parámetros mínimos de prestaciones fotométricas:

- Luminancia: Clase L3
- Relación de Contraste: Clase R2
- Ángulo: B6.
- Color: Clase C2
- Temperatura: T2 (entre -25°C y 55°C)
- Protección: P2 (IP55)
- Resistencia a la polución clase D3

La zona gráfica normalmente indicará la prohibición de circular a más velocidad de la permitida en el interior del túnel. En caso de que el túnel se encuentre cerrado, los paneles informarán de esta circunstancia, mostrando también la dirección donde debe realizarse el desvío con una flecha en la zona gráfica del panel.

La ubicación de los paneles será la siguiente:

Código equipo	Localización
PMV-01	Rotonda Oeste de acceso al túnel
PMV-02	Rotonda Este de acceso al túnel

Los mensajes mostrados en los PMV se gestionarán desde el Centro de Control MKZ de Malmasín. Para ello, la aplicación de gestión integral dispondrá de un módulo específico dedicado a los PMV. La aplicación de gestión centralizada permitirá visualizar simultáneamente los mensajes mostrados en todos los PMV gestionados. Los mensajes que se muestren podrán editarse manualmente o seleccionarlos de una lista de mensajes preconfigurados.

La aplicación de gestión centralizada contará con funciones que permitan crear planes de señalización en los PMVs en respuesta a situaciones recurrentes. Estos planes de señalización podrán ser activados por iniciativa de los operadores o a propuesta del sistema mediante el gestor de planes en el que se integrarán los protocolos de actuación definidos en el Plan de Autoprotección (P.A). El objetivo de esta medida será acelerar el flujo de información desde que ocurre un incidente hasta que los usuarios de la vía afectada son informados de ello. Reducir este tiempo será vital para minimizar el impacto de las incidencias. Cuanto antes se avise a los conductores para que detengan sus vehículos o tomen rutas alternativas, existirá menor riesgo de colisiones por alcance o de formación de congestión.

Los PMV contarán con funciones de mantenimiento y diagnóstico de errores, enviando al Centro de Control información sobre fallos tales como píxel fundido, fallo en carga de baterías u otros.

Semáforos rojo-ámbar-verde

El túnel de Markina dispondrá de diez 2 semáforos rojo-ámbar-verde (en adelante RAV) de tipo LED en los accesos de las bocas del túnel.

Serán de tres focos de Ø300 mm y estarán instalados sobre pórticos de acero no visitables. Los semáforos cumplirán los requisitos establecidos en las “Recomendaciones para la aplicación de la Norma Europea de semáforos UNE-EN 12368:2015 a los semáforos de LEDs”. A continuación, se muestra la ubicación de los semáforos.

Código equipo	Localización
SEM-01	P.K. 0+275
SEM-02	P.K. 0+820

Señal Aspa-Flecha (ASF)

Las señales aspa-flecha (ASF) indican la situación de carril abierto, cerrado o desvío, cumplirán la UNE-EN-12966 y marcado CE. Dispondrán de 4 caracteres posibles, todos ellos sobre fondo negro:

- Aspa roja. Indicación de cierre de carril.
- Flecha verde. Indicación de carril abierto.
- Flecha inclinada ámbar a la izquierda. Indicación de cambio de carril a la izquierda.
- Flecha inclinada ámbar a la derecha. Indicación de cambio de carril a la derecha.



Las características de las señales aspa-flecha a instalar serán las siguientes:

- Luminancia: Clase L3
- Relación de Contraste: Clase R2
- Ángulo: B4 para tronco de autopista e interior de túnel, B6 para entornos urbanos y ramales de accesos.
- Color: Clase C2
- Temperatura: T2 (entre -25°C y 55°C).
- Protección: P2 (IP55).
- Resistencia a la polución clase D3.-
- Dimensiones de 1000 x 1000 x 1000 mm.
- Altura del pictograma será de 800 mm.
- Sistema de anclaje definible.

La ubicación de estos equipos es la siguiente:

Código equipo	Localización
ASF-01	Sobre el dintel de la boca de entrada Oeste
ASF-02	Sobre el dintel de la boca de entrada Este

Señales de Control de Velocidad (CLV)

Las señales de Control de Velocidad (CLV) indicarán la velocidad máxima de circulación en el túnel, cumplirán la UNE-EN-12966 y marcado CE. La señal de control de velocidad (CLV) tendrá las siguientes características:

- Orla roja: formada por tres circunferencias concéntricas de leds rojos. El diámetro de la circunferencia de radio mayor debe ser de 800 mm.
- Dígitos. Se podrá representar tres (3) dígitos mediante una placa visualizadora de leds formada por una matriz de píxeles. Los píxeles estarán compuestos con un mínimo de 4 leds. El tamaño del dígito será de 300 mm.



Las características de las señales aspa-flecha a instalar serán las siguientes:

- Luminancia: Clase L3
- Relación de Contraste: Clase R2
- Ángulo: B4 para tronco de autopista e interior de túnel, B6 para entornos urbanos y ramales de accesos.
- Color: Clase C2
- Temperatura: T2 (entre -25°C y 55°C)
- Protección: P2 (IP55)
- Resistencia a la polución clase D3
 - Dimensiones de 1000 x 1000 x 1000 mm
- Altura del pictograma será de 800 mm.
- Sistema de anclaje definible

La ubicación de estos equipos es la siguiente:

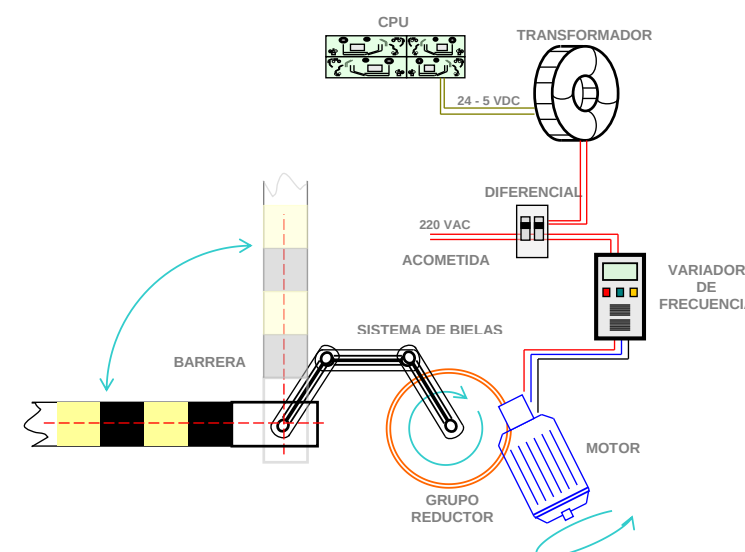
Código equipo	Localización
CLV-01	Sobre el dintel de la boca de entrada Oeste
CLV-02	Sobre el dintel de la boca de entrada Este

Barreras de Cierre

Las barreras son un sistema cuya finalidad es la de informar al usuario de que el túnel se encuentra cerrado. Se ha previsto la instalación de dos barreras para cada carril en ambas bocas del túnel. Una que impide el acceso al ramo donde se ubica el túnel y otra situada con anterioridad a la boca de entrada.

Cada barrera dispone de semáforos rojo/rojo y de una sirena. El movimiento natural de la barrera es vertical; si se encuentra subida permite el paso de los vehículos y si se baja para prohíbe la entrada al túnel. Además, tiene un movimiento horizontal para que si un usuario impacta contra ellas, las barreras cedan y se minimicen los daños humanos (propiedad de elongabilidad).

- El esquema del sistema se muestra en la siguiente figura, y se aprecian los siguientes componentes:
- Electrónica de control, compuesta por la fuente de alimentación, la CPU y el hardware de comunicaciones.
- Placa de interconexión, donde se integran bornas, magnetotérmico, tapas y topes.
- Motor asíncrono trifásico, con potencia suficiente para la tarea encomendada. Consta de grupo reductor de velocidad con accionamiento por bielas.
- Variador de velocidad.



Además de los elementos descritos, el sistema cuenta con sensores final de carrera que detectan la posición del mástil y de un detector de tráfico (tarea que realiza la CPU) que, advierte de la presencia de objetos o vehículos.

La ubicación de las barreras es la siguiente:

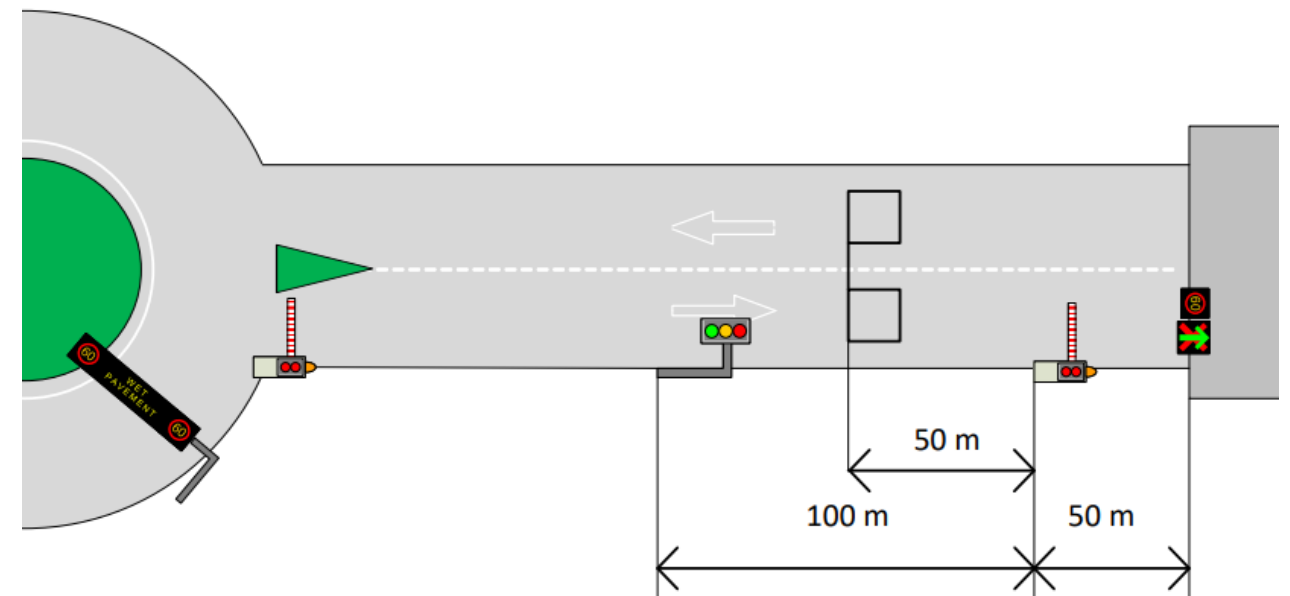
Código equipo	Localización
BAR-01	Rotonda Este
BAR-02	P.K. 0+375
BAR-03	P.K. 0+820
BAR-04	Rotonda Oeste

6.1.2 UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE SEÑALIZACIÓN DINÁMICA

A continuación, se resumen y se muestran de manera gráfica la ubicación de los equipos de señalización dinámica anteriormente descritos:

Acceso al túnel boca Oeste

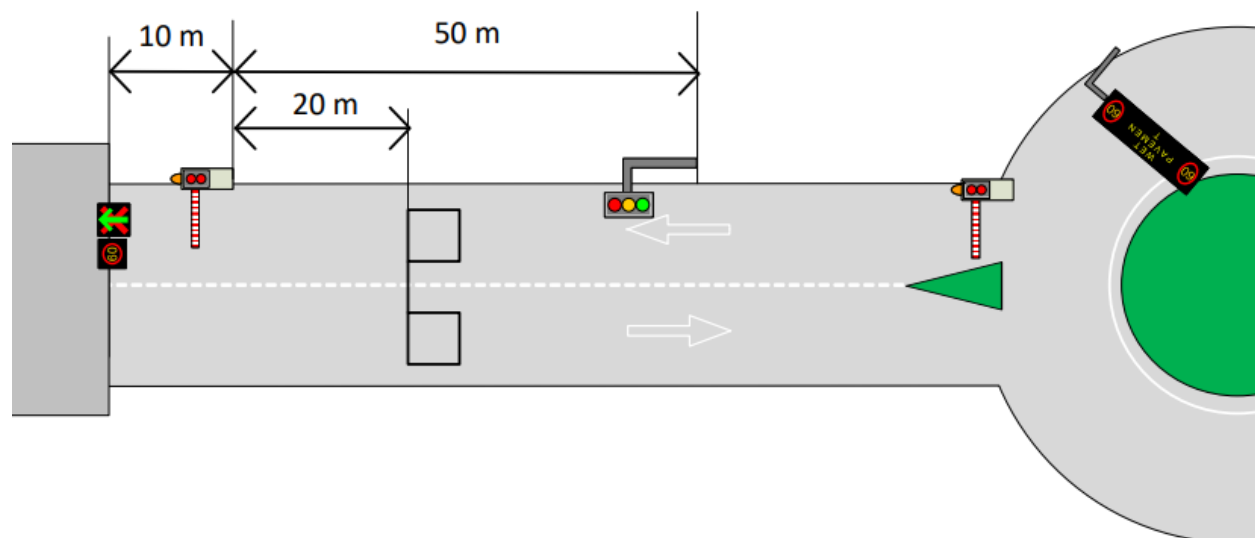
- Sección de señales de aspa – flecha y señal limitadora de velocidad en el dintel de la boca de entrada en sentido Etxebarria.
- Barrera con semáforo doble rojo y alarma acústica situada antes de la boca del túnel.
- Banderola de semáforos rojo-ámbar-verde sobre carril de entrada al túnel.
- Barrera con semáforo doble rojo y alarma acústica situada en la rotonda previa al túnel sobre la salida de acceso al mismo con el objetivo de evitar el colapso de este ramal en caso de cierre de tubo.
- Banderola con panel de mensaje variable formado por 2 gráficos y 3 líneas de 12 caracteres situada en la rotonda previa al túnel antes de la salida de acceso al mismo con el objetivo de tramitar la información a todo los usuarios.



Acceso al túnel boca Este

El equipamiento de esta boca se ve determinado por la cercanía entre la rotonda de acceso y la boca del túnel, separadas entre sí por apenas 100 metros. Los equipos a instalar son los siguientes.

- Sección de señales de aspa – flecha y señal limitadora de velocidad en el dintel de la boca de entrada en sentido Markina (o BI-633).
- Barrera con semáforo doble rojo y alarma acústica situada antes de la boca del túnel.
- Banderola de semáforos rojo-ámbar-verde sobre carril de entrada al túnel.
- Barrera con semáforo doble rojo y alarma acústica situada en la rotonda previa al túnel sobre la salida de acceso al mismo con el objetivo de evitar el colapsamiento de este ramal en caso de cierre de tubo.
- Banderola con panel de mensaje variable formado por 2 gráficos y 3 líneas de 12 caracteres situada en la rotonda previa al túnel antes de la salida de acceso al mismo con el objetivo de tramitar la información a todos los usuarios.



6.2 SISTEMA DE DETECCIÓN, CLASIFICACIÓN Y CONTAJE DE VEHÍCULOS

En el conjunto de los sistemas para la gestión y control del tráfico, la adquisición de datos tiene una vital importancia, ya que a partir de ellos se elaboran las estrategias de gestión, se facilita la información al usuario y se detectan incidencias anormales en la vía.

El DFST obliga a que los túneles cuya longitud supere los 200 metros dispongan de un sistema de detección, clasificación y conteo de vehículos. Siguiendo las indicaciones del DFST, se ha previsto la instalación de sistemas de detección, clasificación y conteo de vehículos en el túnel de Markina, aunque el elemento principal de detección de incidentes se basará en la visión artificial a través del CCTV.

Dentro del sistema de detección, clasificación y conteo de vehículos propuesto, las Estaciones de Toma de Datos (ETD's) son las encargadas de captar dicha información y procesarla de tal manera que sea comprensible y útil para los responsables de la explotación de la red viaria.

Las ETD aportan datos de interés para análisis instantáneos de tráfico, dentro de la gestión integral del túnel y sirven de base para el análisis a posteriori de estrategia para el futuro:

- Nivel de servicio del túnel.
- Cumplimiento de los límites de velocidad por parte de los conductores.
- Tiempo de normalización después de un cierre de túnel. Efecto en el tráfico y mejora de las secuencias programadas.
- Dependencia de horas punta de coches pesados con aumento de los niveles de CO y opacidad.
- Análisis para mejora de infraestructuras para el futuro.

El sistema de detección, además de contar con la ETD, consta de otros elementos auxiliares que transforman la realidad física del paso de un vehículo en una señal eléctrica (digital, 0-5 voltios). Por tanto, el sistema completo de detección de tráfico se compone de:

- Sensor, en este caso de tipo inductivo o espira, enterrada bajo el pavimento de la calzada.
- Detector electromagnético, tarjeta electrónica en formato rack, encargado de acondicionar la señal procedente del sensor y transmitirla a la ETD. Consta de un circuito RLC oscilador que alimenta a la espira y de un circuito que interpreta las variaciones de frecuencia originadas por el paso de vehículos sobre la misma.
- Estación de Toma de Datos (ETD), cuya función es la de procesar las señales medidas por el detector. La ETD podrá cumplir dos funciones diferentes: conocimiento exacto del tipo y aforo de tráfico, para finalidades estadísticas, y la detección de incidentes. Normalmente, las ETD's se dimensionan para un máximo de 24 detectores simples o 12 en el caso de que fueran dobles. Constará de los siguientes elementos:
 - Fuente de alimentación
 - Unidad Central de Proceso (CPU)
 - Tarjeta de memoria
 - Tarjeta de entradas/salidas digitales

6.2.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El circuito oscilador del detector es el encargado de producir un campo electromagnético de una determinada frecuencia. Este campo se ve alterado cuando las piezas metálicas de los vehículos entran en la zona de influencia del mismo. Las alteraciones consisten en una variación de la inductancia característica de la espira que se traduce, asimismo, en una variación de la frecuencia del circuito RLC oscilador. La medición de dicha frecuencia permite registrar el paso o estacionamiento de un vehículo sobre la espira; de ello se encarga también el detector, convertir las variaciones del campo magnético de las espiras en pulsos, que serán posteriormente enviados, mediante par trenzado, a la ETD.

Las ETD, a su vez, se comunican con las ERU o con las Unidades de Periferia Descentralizada mediante línea de comunicación sobre protocolo serie (RS-232, RS-422, RS-485). Habitualmente el detector y la ETD

se encuentran integrados en el mismo armario, haciéndolos coincidir en la mayoría de los casos en los armarios donde se ubican los postes SOS en el interior de los túneles. En otras ocasiones tanto detector como ETD se integran en el armario de la ERU, en el supuesto de que las espiras se encuentren cercanas al centro de ubicación de la misma.

La estación de toma de datos, cumpliendo con la Norma UNE 135421 “Equipamiento para señalización vial. Estaciones de toma de datos” sobre funcionalidad y protocolos aplicativos, estará configurada para suministrar, en tiempo real e integrado para un periodo de tiempo establecido, los datos siguientes:

- Intensidad. Número de vehículos que han pasado por un detector durante el periodo de integración.
- Velocidad (Km/h). Velocidad media de los vehículos en el periodo de integración.
- Longitud (decímetros). Longitud media de los vehículos que han pasado por las espiras durante el período de integración.
- Distancia media entre vehículos (metros). Promedio de distancias entre la parte trasera de un vehículo y la delantera del siguiente.
- Ocupación (%). Tanto por ciento del periodo de integración que una espira ha permanecido ocupada por vehículos.
- Detección de congestión (booleano: 1 = Hay congestión; 0 = No hay congestión).
- Detección de Intensidad inversa. Booleano que indica si ha circulado algún vehículo en sentido contrario al establecido.(1= Algún vehículo ha circulado en sentido contrario; 0 = Ningún vehículo ha circulado en sentido contrario).
- Sentido de Circulación Establecido. Para caso de detectores dobles indica cual de los dos sentidos (0 = Directo, 1 = Inverso) es el vigente actualmente.
- Clasificación de Vehículos por Longitud. En número absoluto de vehículos y por clase, clasificación mínima en 2 umbrales de longitud.
- Clasificación de Vehículos por Velocidad. En número absoluto de vehículos y por clase, clasificación mínima en 3 umbrales de velocidad.

Los datos se obtendrán como resultado de la integración de los datos instantáneos de tráfico en periodos de 1, 5, 10, 15, 30 ó 60 minutos, configurable según los requerimientos.

Además de estos datos estadísticos es capaz de proporcionar las siguientes alarmas:

- Congestión de Carril. La ETD ha de poder determinar el estado de “Congestión en Carril”.
- Vehículo en Sentido Contrario por carril.
- Cambio de Sentido en carril. Se determinará automáticamente tras la detección de paso de 3 vehículos consecutivos en sentido contrario.

6.2.2 UBICACIÓN DE EQUIPOS

Se proyectan espiras aforadoras sobre ambos carriles de circulación a la entrada y a la salida del túnel. De esta forma se controla tanto el flujo de vehículos entrantes como salientes del túnel. La siguiente tabla muestra la ubicación de estos puntos de aforo:

P.K.	Código equipo
0+325	ETD-001
0+840	ETD-002

7 SISTEMA DE CCTV

El circuito cerrado de TV (CCTV) es una instalación muy recomendada en los túneles por todas las guías existentes en los países occidentales, al ser una de las herramientas que más confianza crea en los operadores a la hora de detectar y analizar desde el Centro de Control, posibles problemas en los tubos o en los accesos a los túneles.

El CCTV permite que el conjunto de operadores consiga por inspección visual una información adicional en tiempo real que mejore la explotación del túnel. En el caso de detección automática por otro medio, el CCTV se utiliza para confirmar el riesgo detectado y calibrar la magnitud del incidente, además de ayudar al diseño de la respuesta y de realizar un análisis posterior a partir de las situaciones registradas.

Los principales objetivos del sistema de CCTV son los siguientes:

- Detección y vigilancia de acontecimientos y situaciones especiales de la circulación y otros que puedan incidir en la coordinación de las funciones de vigilancia y protección.
- Ayuda a la detección y evaluación del alcance de las incidencias. La videovigilancia constituye uno de los elementos clave en el control y seguimiento de las distintas fases en las que se puede dividir la gestión de incidentes.
- Detección temprana de incrementos térmicos y visión en condiciones adversas, así como supervisar la evacuación de los usuarios del túnel en condiciones de baja visibilidad.
- Análisis y supervisión de alarmas y demandas de ayuda cursadas desde los postes SOS dentro del túnel.
- Obtención de información sobre el estado de funcionamiento de las instalaciones.

El sistema de CCTV permitirá que el operador del centro de control pueda visualizar imágenes del túnel para:

- Monitorización del tráfico: La visión de la carretera sirve de apoyo a los operadores para comprobar el estado real del tráfico, bien por observación directa, o bien como medio de verificación de informaciones de otros sistemas.
- Monitorización de las condiciones meteorológicas: La visión de la carretera como del área circundante a ella sirve de apoyo a los operadores para comprobar las condiciones climatológicas de la zona y su posible influencia en la seguridad de los conductores o en el estado de la vía.
- Servir de apoyo a los operadores en labores de explotación. En este sentido, la visión directa es la única forma posible de verificación de una determinada circunstancia (correcto funcionamiento de una parte del sistema, validación de fases en un determinado protocolo de actuación que permita la autorización para la ejecución de fases posteriores, etc).
- Servir de apoyo en la gestión de incidentes. La videovigilancia constituye uno de los elementos clave en el control y seguimiento de las distintas fases en las que se puede dividir la gestión de incidentes:
 - Detección. La detección de un incidente en el momento en que se produce es clave a la hora de minimizar tanto el tiempo de respuesta (aviso a los agentes externos apropiados para su resolución) como el posible impacto sobre el resto de los usuarios de la vía (información del incidente y situación).
 - Por otro lado, la posibilidad de que el incidente quede registrado por el sistema (grabación del momento del incidente), puede permitir el estudio posterior de las causas y de las posibles responsabilidades de los elementos implicados; posteriormente se utilizará para la mejora de la explotación tanto en aspectos preventivos como correctivos de la gestión de incidentes.
- Verificación. La verificación real del incidente permite confirmar que el incidente ha ocurrido, realizando una primera valoración visual del alcance y situación.
- Información. Advertir al resto de conductores de que se ha producido un incidente (paneles de mensaje variable, radio, megafonía, semáforos, etc).
- Respuesta. La respuesta al incidente conlleva la movilización del personal apropiado, equipos y medios de coordinación, tan pronto se tenga la certeza de que el incidente se ha producido.
- Trabajos en campo. Aquellos que permiten solucionar el incidente de la manera más rápida y eficaz: valoración precisa del mismo, establecimiento de niveles de prioridades, notificación y coordinación de los distintos agentes externos implicados en la solución del incidente, actuación sobre el tráfico afectado mediante la apropiada señalización (canalización, rutas alternativas, etc).
- Restablecimiento de condiciones de la zona. Proceso por el cual se devuelve la zona del incidente a la situación en la que se encontraba antes de producirse éste (retirada de vehículos, limpieza de cristales, eliminación de líquidos vertidos, etc).

En todas y cada una de las fases del procedimiento de gestión de incidentes, el apoyo por parte de los operadores en el sistema de captación de imágenes es fundamental, no tanto en la detección del incidente en sí, como en su verificación, primera evaluación y seguimiento del tráfico en las zonas afectadas.

Los principales elementos de los que consta un circuito cerrado de televisión son:

- Cámara: elementos encargados de recoger la información visual y transformarla en señal de vídeo.
- Sistema de transmisión de la señal: conjunto de emisores, receptores y cableado empleados en la transmisión de la señal de vídeo desde la cámara hasta el Centro de Control.
- Sistema de selección, control y visualización de las imágenes: a partir de las señales de vídeo que llegan desde el túnel se realiza el control de alarmas y conmutación (matrices o servidores de vídeo) a los monitores donde se reconvierte la señal de vídeo en imagen luminosa visible.
- Detección Automática de Incidentes (DAI): sistema de procesamiento digital de imágenes para la detección de incidencias en tiempo real.
- Equipos de grabación: almacenan las imágenes de forma temporal o permanente.
- Elementos auxiliares de fijación, conexionado y alimentación.

Existen distintas arquitecturas posibles para el Circuito Cerrado de Televisión, según la forma de realizar la transmisión de las imágenes al centro de Control. Este procedimiento se explicará más adelante.

De acuerdo con la DFST, se prevé la instalación de un sistema de CCTV en el interior del túnel de Markina al superar este los 200 metros. Además, se instalarán cámaras en todos los enlaces del trazado y en aquellos puntos en los que se considere fundamental que estén monitorizados. De esta forma, se dispondrá de un control de todo el trazado a través de cámaras de vídeo.

7.1 INTERIOR DEL TÚNEL

Se instalarán cámaras IP fijas de alta definición (1080p) repartidas en el interior del túnel de Markina. Estas cámaras cuentan con módulo de procesamiento DAI cuyas funcionalidades se describen en un apartado posterior. El criterio que se seguirá para la ubicación de estas cámaras tiene en cuenta la posibilidad de controlar todos los postes SOS, buena visibilidad de los carriles de circulación y de los arcones (generalmente donde los usuarios detendrán sus vehículos en caso de incidente) y dar cobertura completa a todo el trazado de cada uno de los túneles, de forma que se puedan determinar los incidentes por el sistema DAI con mayor facilidad. Se evitará la instalación de cámaras en aquellas ubicaciones en las que la visión de las mismas pueda ser entorpecida por elementos de señalización, ventiladores u otros equipos.

La ubicación de las cámaras permitirá conseguir una cobertura visual del 100% de los túneles, sin ángulos muertos ni puntos ciegos. Para ello, la distancia entre las mismas no superará los 100 metros. Las cámaras se instalarán en la parte central del tubo con el objetivo de visualizar de forma correcta ambos sentidos de circulación. La ubicación de las cámaras cumplirá con las condiciones de gálibo establecidas en los túneles y con las distancias de separación con los elementos de señalización y ventiladores.

Como se ha especificado en el apartado correspondiente al sistema de gestión de tráfico el túnel cuenta con un sistema de contaje de vehículos basadas en cámaras de visión artificial. Estas cámaras se incorporan al circuito cerrado de TV, consistirán en dos cámaras fijas en las bocas del túnel orientadas hacia el exterior. Así mismo, también se instalarán cámaras térmicas IP en el interior del túnel, las cuales ayudarán a monitorizar el túnel en condiciones de baja visibilidad.

Cámaras fijas HD IP:

Se instalarán 5 cámaras fijas el interior del túnel, 4 orientadas en sentido Etxebarria y una orientada con sentido Markina con el objetivo de cubrir de forma adecuada esa boca del tubo. La distancia entre cámaras que se orienten en el mismo sentido será de aproximadamente 80 m. Las características principales de las cámaras fijas que se instalarán serán las siguientes:

- Cámara de color IP Full HD, con análisis DAI integrado.
- Resolución 1920x1080, 30 fps y con formato de codificación H.264.
- Lente 1/2.7i-7-22mm-DC-AutoIR-3MP o equivalente.

P.K.	Código equipo	Orientación
0+455	CAM-01	Etxebarria
0+495	CAM-02	Markina
0+535	CAM-03	Etxebarria
0+615	CAM-04	Etxebarria
0+695	CAM-05	Etxebarria

Cámaras Térmicas IP

Se instalarán 2 cámaras térmicas IP en el interior del túnel, una a la altura de la boca oeste del túnel y otra en el punto intermedio del mismo. Estas cámaras tienen una doble funcionalidad, por un lado, servirán como sistema redundante a las cámaras fijas que incorporan el sistema DAI a la hora de controlar la actividad dentro del túnel en circunstancias de funcionamiento normal y por otro lado cobrarán una especial relevancia en aquellas ocasiones en las que se quiera visualizar el interior del túnel bajo condiciones de poca visibilidad, en particular en situaciones de incendio. Las características principales de las cámaras térmicas son las siguientes:

- Cámara IP térmica de alta sensibilidad para uso exterior, <9Hz,
- Resolución VGA 640x480p a 9ips.
- Sensibilidad térmica <50mK. Pixel pitch 17µm.
- Varios flujos H.264 (MP) y adicional M-JPEG

- Analítica de vídeo integrado para aplicaciones críticas que permite detectar, seguir y analizar objetos, además de generar alarmas predefinidas, reduciendo las falsas alarmas, ampliando el rango de identificación, gestionando multitudes y colas, flujos y contra flujos.

La ubicación de las cámaras se muestra a continuación:

P.K.	Código equipo	Orientación
0+425	CAT-001	Etxebarria
0+593	CAT-002	Etxebarria

7.2 EXTERIOR DEL TÚNEL

Con el objetivo de controlar las bocas del túnel desde el exterior, así como los diferentes equipos exteriores que regulan su funcionamiento tales como barreras, paneles de mensaje variable o barreras se instalarán cámaras PTZ IP tipo DOMO de alta definición (1080p) sobre báculos de 15 metros de altura. Se instalarán un total de 3 cámaras DOMO. Una en cada rotonda previa a los ramales este y oeste de acceso al túnel y otra en el ramal oeste. Estas cámaras servirán para vigilar los PMV del exterior y el acceso a los locales técnicos, así como posibles retenciones e incidentes que se produzcan en los accesos del túnel. Las características principales de las cámaras domo que se instalarán serán las siguientes:

- Cámara de exterior PTZ para ubicar en báculo abatible de 15 m.
- Cámara domo IP, color, 1920x1080, zoom 30X y compresión H.265.

La siguiente tabla muestra los puntos de ubicación de las cámaras DOMO en el trazado.

CÁMARA	P.K.	COMENTARIOS
DOM-01	-	Cámara situada en la rotonda oeste de acceso al túnel.
DOM-02	0+325	Situada en el ramal oeste del túnel, orientada sentido Etxebarria.
DOM-04	-	Cámara situada en la rotonda este de acceso al túnel.

7.3 RED DE COUNICACIONES. TRANSMISIÓN DE SEÑAL

Los sistemas utilizados para la transmisión de las señales de vídeo desde los puntos de cámara hasta el Centro de Control han evolucionado a lo largo de los años, tanto en redes de comunicación como en los

medios físicos de transmisión. A la vista de las funcionalidades del sistema de captación de imágenes, los requerimientos mínimos exigibles a la red de comunicación son:

- En cuanto a la información intercambiada entre la cámara y el Centro de Control, la red de comunicaciones debe ser capaz de transmitir la señal de vídeo en sentido cámara -> Centro, y por otro lado debe ser capaz de transmitir la señal de datos del telemando para cámaras exteriores (telemetría de movimientos del posicionador y óptica zoom) en sentido Centro -> cámara.
- La utilización del sistema para videovigilancia, exige que la transmisión de la señal de vídeo se realice en tiempo real: tanto las imágenes que un operador está visualizando en el Centro de Control como las que sirven de fuente al sistema de detección automática de incidentes, deben ser las que en ese momento se estén produciendo en la carretera.
- La exigencia de una transmisión de vídeo en tiempo real, exige que el telemando de las cámaras también lo sea: cuando un operador desde el Centro de Control está enviando las de movimiento a una cámara debe poder observar que la imagen que se recibe de dicha cámara se corresponde con el movimiento deseado. Retardos entre la orden de movimiento y la imagen de la cámara producen un menor rendimiento del operador en sus labores de explotación.

7.3.1 SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE LA SEÑAL DE VÍDEO Y TELEMANDO DE LOS TÚNELES.

Teniendo en cuenta (según se explicará en el siguiente apartado) que se ha optado por una arquitectura DAI con cámaras CCTV fijas con módulos integrados de procesamiento de imágenes, el sistema de transmisión de las señales de vídeo se basará en una red multiservicio 1 Gigabit Ethernet. Para las funciones de administración y control se utilizará el protocolo SNMP (Simple Network Management Protocol).

Para cubrir el enorme ancho de banda y capacidad de almacenamiento que requiere el vídeo digitalizado se realizará una compresión de vídeo mediante el algoritmo H.264 o MPEG-4. Para transmitir el vídeo a través de la red Gigabit Ethernet, se codificará el vídeo comprimido de acuerdo con el protocolo TCP/IP.

El sistema de transmisión de la señal de televisión al Centro de Control se compone de los elementos que se describen a continuación:

- Cableado de cámara
- Switches industriales
- Red troncal

Cableado de cámara

Las cámaras fijas, DOMO y térmicas IP se conectarán mediante cable SFTP CAT 6 a la red de comunicaciones multiservicio 1 Gigabit Ethernet sobre la fibra óptica de túnel. Para aquellas cámaras que estén separadas a más de 100 metros de un switch de la red de comunicaciones, se utilizará una conexión mediante fibra óptica y sus correspondientes conversores de medio (FO/UTP).

Switches industriales

Estos equipos se encargarán de implementar la red de comunicaciones multiservicio sobre la fibra óptica. Conectarán tanto los equipos del circuito cerrado de televisión como el resto de equipos que componen las instalaciones de campo del túnel (señales Aspa-Flecha, PMVs, PLCs de conteo de vehículos...). Se dispondrá de switches industriales de 8 puertos con Gigabit Ethernet 10BaseT/100Base-Tx/1000BaseT

Todos ellos contarán con las siguientes características:

- 2 puertos SFP Gigabit con conectores 1000-Base LX/LC sobre fibra óptica monomodo.
- Soporte de protocolos Spanning Tree y Rapid Spanning Tree
- Soporte de protocolos de gestión SNMP, http/TFTP
- Soporte de protocolos de configuración TELNET, Boota, DHCP
- EtherNet/IP, PROFINET

Red troncal

La red troncal o backbone permitirá la conexión con el Centro de Control de la red de túnel y las redes de equipos ITS. Esta red proporcionará servicios de vídeo, voz y datos en tiempo real, será una red de comunicaciones multiservicio Gigabit Ethernet (1000 Mbps) sobre fibra óptica monomodo con una topología en anillo.

La red troncal será una red robusta, de forma que existirá redundancia de caminos de acceso a cada uno de los nodos que la conforman. De esta forma, se garantizará que el fallo en uno de los equipos de comunicaciones no impida el acceso al resto de elementos de la red. Además, Ancho de banda suficiente para permitir la correcta transmisión de toda la información.

Sistema de recepción de señales de vídeo en el Centro de Control

El Centro de Control recepcionará las imágenes de las cámaras de vídeo y será el punto donde se gestionarán, operarán y visualizarán todas las cámaras instaladas a lo largo del trazado.

Las funciones del sistema de recepción serán las siguientes:

- Gestión, operación y control integral del sistema CCTV:
 - Visualización de las imágenes de vídeo de las cámaras.
 - Telemando de las cámaras monitorizadas.
 - Configuración de los codificadores de vídeo. Recepción y supervisión de estado de los codificadores.
 - Registro e histórico de alarmas.
 - Gestión de las peticiones de streams de vídeo por parte de los usuarios.
 - Generación de secuencias, con funciones de creación, modificación y borrado de las mismas.
 - Programación de preposiciones de las cámaras.
 - Recuperación y visionado de videgrabaciones. Funciones de pausa y velocidad de avance y rebobinado.
 - Gestión de las grabaciones de vídeo.
- Grabaciones discretas de cámaras:
 - Grabaciones automáticas de cámaras seleccionadas.
 - Generación de grupos de cámaras para grabaciones múltiples.
 - Posibilidad de visualización y grabación de imágenes pregrabadas.

El sistema de recepción en el Centro de Control deberá contar con el siguiente equipamiento:

- Servidores DAI.
- Switch Gigabit Ethernet, que implementará la red de área local del Centro de Control y que estará conectado al nodo troncal que mediante un enlace de doble fibra óptica monomodo se comunicará con el nodo troncal del túnel de Markina.
- Servidor con la aplicación de gestión de vídeo.
- Sistema de almacenamiento. Vídeo-Disco-Grabador digital con disco duro interno de 8,25 Tbs, con capacidad de ampliación. Se almacenarán las imágenes de las cámaras durante 15 días.
- Puestos de operación que permitirán la gestión del sistema de visualización y la gestión de vídeo.
- Sistema de visualización a modo de Videowall.

Desde el Centro de Control se transmitirá la señal de telemando hasta las diferentes cámaras DOMO de los túneles y tramos de cielo abierto vía TCP/IP a través de las redes de comunicaciones de la autopista.

8 DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE INCIDENTES (DAI)

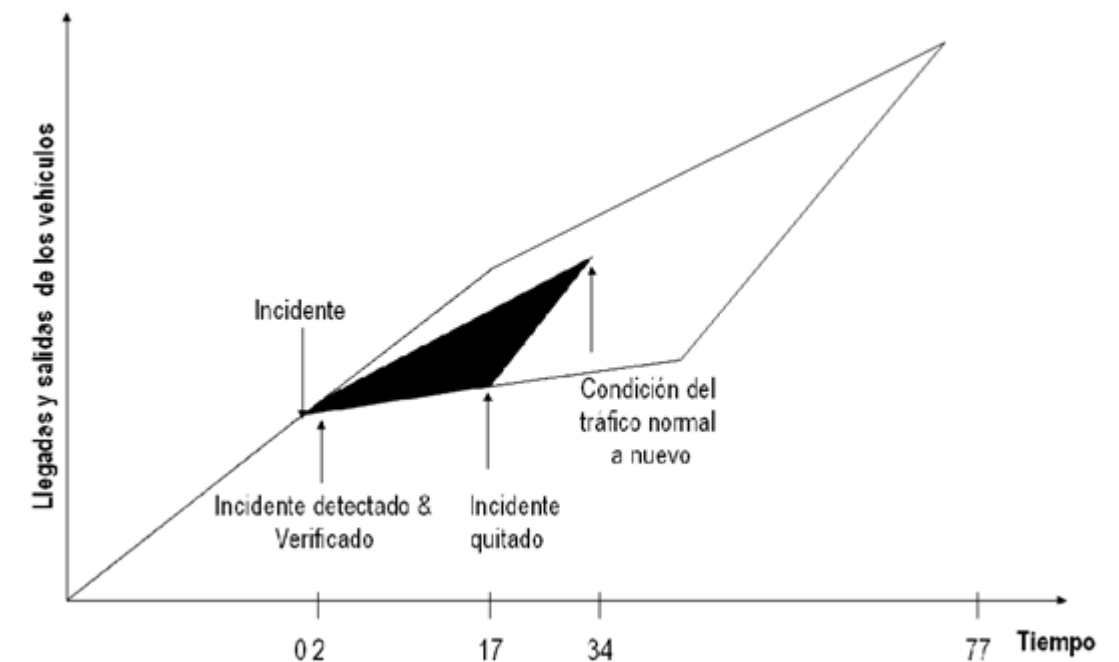
El túnel de Markina dispondrá de cámaras CCTV fijas IP con un módulo integrado para la detección automática de incidentes (DAI) en tiempo real basado en técnica de procesado digital de imágenes. El sistema de detección automática de incidentes del Túnel de Markina se integrará en el sistema de DAI existente en el Centro de Control.

La detección de incidentes por vídeo será para todos los niveles de tráfico y en todos los carriles. Las características principales del sistema serán las siguientes:

- Eficiencia en la detección de incidentes en todas las condiciones.
- Frecuencia de falsas alarmas muy baja.
- Reducir al máximo el retraso de la detección.
- Verificación inmediata del incidente.

La gestión de incidentes tendrá los siguientes procesos:

- Detección. Determinación de que un incidente ha ocurrido y transmisión de la información del mismo al Centro de Control, en donde pueden iniciarse medidas correctoras.
- Proceso de análisis del incidente, que podrá llevar consigo una verificación del mismo, debiendo estar programados planes de actuación y emergencia cubriéndose la mayoría de los incidentes posibles.
- Actuación. Aplicación de medidas de control de tráfico en el área del incidente, incluyendo el cierre y apertura de carriles, establecimiento de rutas alternativas, área de estacionamiento de vehículos de emergencia y acciones para la seguridad de los usuarios y personal de emergencia.
- Recuperación de la capacidad. Trabajos de limpieza y recuperación de la capacidad de la autopista en las condiciones existentes antes del incidente.



8.1 REQUISITOS Y FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA DE DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE INCIDENTES (DAI)

El sistema DAI deberá proporcionar:

- Alarma inmediata y automática sobre la detección de un nuevo evento, antes que las consecuencias del incidente puedan ser advertidas por el operador.
- Un análisis rápido de la situación para tomar una decisión inmediata y adecuada.
- Alarmas técnicas:
 - Pérdida de señal de una cámara.
 - Cámara movida de su posición de referencia.
 - Calidad pobre en la señal de vídeo.
 - Fallo en uno de los equipos del sistema.
 - Problema en la red de comunicaciones.

Este sistema es un complemento idóneo a los sistemas tradicionales de detección como postes SOS, y permite la detección de situaciones no contempladas por sistemas de detección basados en espiras, fundamentalmente vehículos que circulen muy lentamente o que se detengan en cualquier parte del túnel, la existencia de obstáculos importantes en la calzada (mercancías caídas, etc.), y la circulación de peatones y ciclistas.

El sistema debe poder reconocer incidentes para no dar múltiples alarmas producidas por el mismo incidente. Detectará los siguientes incidentes:

- Alarmas principales:
 - Parada de vehículo con tráfico fluido o con congestión, ya sea en la calzada o en el arcén.
 - Detección de varios niveles de colas.
 - Vehículo circulando en contrasentido en calzada o arcén.
 - Vehículo con velocidad baja.
- Otras alarmas:
 - Presencia de viandantes, ya sea en la calzada o en el arcén.
 - Presencia de obstáculos en la calzada.
 - Pérdida de visibilidad/detección de humo

Complementariamente a la detección de incidentes, el sistema DAI proporcionará información adicional relativa al tráfico:

- Datos de flujo de tráfico por carril:
 - Velocidad del tráfico

- Ocupación de una determinada zona
- Datos integrados del tráfico de vehículos:
 - Volumen (cantidad de vehículos) y velocidad media de cada tipo de vehículo por carril.
 - Espacio entre vehículos por tipo de vehículos por carril.
 - Ocupación, densidad y longitud del vehículo por carril.
- Datos del tráfico de vehículos individuales:
 - Velocidad, espacio entre vehículos, distancia entre frentes y clasificación del vehículo.

El sistema DAI deberá ser fiable y proporcionar un índice marginal de falsas alarmas para permitir una vigilancia totalmente automática. Las características del sistema serán las siguientes:

- Procesará las imágenes de las cámaras fijas instaladas en el interior de los túneles.
- Secuencias de vídeo de pantalla completa mediante compresión MPEG-4-
- Base de datos de secuencias de vídeo relacionadas con los eventos.
- Sistema modular.
- Ajuste a distancia.
- Alta calidad de información visual con análisis previo y posterior al incidente.
- Tiempo de detección inferior a 10 segundos, con un alto índice de detección y bajo índice de falsas alarmas.

El sistema DAI deberá ofrecer las siguientes posibilidades de grabación:

- Grabación de secuencias de incidentes. Las secuencias de grabación empezarán desde 1 minuto antes de que se produzca el incidente. De esta forma, permitirá evaluar las causas y la gravedad del incidente. La grabación continuará hasta que se vuelva a una situación normal (fin de la alarma) o durante un periodo de tiempo definido por el cliente, después de la detección del incidente.
- Grabación de vídeo multicámara. Permitirá la grabación de secuencias de vídeo de una o varias cámaras situadas antes o después de la cámara en alarma para analizar y comprender las causas de un incidente en diferido.

El sistema enviará al operador:

- Alarmas de incidentes.
- Alarmas técnicas de funcionamiento del sistema.
- Camino sobre el servidor hasta las secuencias.
- Información adicional relativa al tráfico.

El algoritmo usado para la detección de incidentes tendrá que adaptar su detección a los cambios de medio ambiente para minimizar las falsas alarmas: cambios en condiciones de tráfico, cambios en las condiciones de luz y cambios de condiciones meteorológicas.

8.2 ARQUITECTURA DEL SISTEA DAI

El sistema DAI que se instalará en el túnel de Markina estará compuesto por cámaras CCTV fijas con módulos integrados de procesamiento de imágenes y un servidor DAI con la plataforma software correspondiente para la gestión del sistema. Las señales de las distintas cámaras fijas se transmiten hasta los armarios de los postes SOS, donde se encuentran los switches de comunicaciones industriales. La comunicación entre las cámaras CCTV con módulo DAI integrado y el servidor DAI, ubicado en el Centro de Control, se realizará a través de la red de comunicaciones multiservicio del túnel y el doble enlace de fibra óptica entre el túnel y el Centro de Control.

8.2.1 SERVIDORES DAI

Los servidores DAI consistirán en equipos con suficiente espacio de disco duro como para almacenar el software de gestión del sistema DAI. Estos servidores se encontrarán conectados con las cámaras CCTV con el sistema DAI integrado de los túneles a través de la red troncal de la autopista.

En el Centro de Control se instalará un servidor con capacidad de controlar todas las cámaras.

Los requerimientos mínimos para el servidor DAI son los siguientes:

- Procesador Pentium IV a 3,2 GHz o superior.
- 4 GB DDR SDRAM a 33 MHz
- Windows Server 2003
- 160 GB de disco duro
- 2 Tarjetas de red

El servidor permitirá cumplir las siguientes funciones:

- Comunicación con cámaras CCTV con módulo DAI integrado.
- Centralización de datos (alarmas, secuencias de imágenes).
- Gestión de la Base de Datos de secuencias de vídeo de incidentes y alarmas.
- Comunicación con el sistema de gestión integral del túnel vía TCP/IP.
- Interfaz para la administración técnica y funcional del sistema DAI.
- Auto testeo continuo del sistema.

- Mantenimiento y supervisión técnica de los equipos.
- Configuración del sistema DAI: parámetros, configuración de las máscaras, activación o inhibición de pistas o de cámaras, etc.

La plataforma de software para la gestión del sistema DAI tendrá dos aplicaciones principales:

- Herramienta de control:
 - En caso de incidente, presentará en pantalla una imagen de alarma.
 - Generará una secuencia de vídeo con informaciones previas y posteriores al incidente.
 - El software examinará continuamente los diversos módulos de detección. (Las alarmas y las secuencias de vídeo serán comunicadas al servidor y almacenados en un banco de datos)
 - Interfaz entre el sistema de detección de incidentes y el sistema de gestión integral del túnel.
- Herramienta de informe:
 - Generación de cuadros y diagramas.

8.2.2 BASE DE DATOS DE INCIDENTES Y ALARMAS

Para el almacenamiento del conjunto de datos compuesto por las secuencias de imágenes de vídeo digitalizadas y la información relativa a los incidentes y alarmas, se utilizará un servidor en el Centro de Control.

Los servidores mantendrán en todo momento la configuración del sistema de Detección Automática de Incidentes completo (incluyendo los umbrales de detección) en una base de datos local. El sistema permitirá realizar de manera sencilla y rápida cualquier cambio en la configuración del sistema.

8.2.3 INTERFAZ GRÁFICA DE OPERADOR

En el Centro de Control se dispondrá del software, que contiene la aplicación para el completo manejo y supervisión de todos los túneles y equipos.

Esta aplicación se mostrará al operador mediante un interfaz gráfico, que permitirá a éste conocer en todo momento el estado de los túneles, mediante la visualización del estado del mismo en tiempo real.

Las principales operaciones que se podrán realizar a través del interfaz del operador serán las siguientes:

- Visualización y gestión de las secuencias de alarmas.
- Administración técnica del sistema DAI.

8.2.4 VISUALIZACIÓN Y GESTIÓN DE LAS SECUENCIAS DE ALARMAS

- Visualización del nivel de servicio.
- Visualización de las secuencias de alarmas.

La supervisión funcional del sistema se efectuará a través de una interfaz de operador que presentará una vista del conjunto de las cámaras procesadas.

Esta interfaz permitirá:

- Listado de incidencias en los equipos DAI.
- Identificación visual de las cámaras implicadas en el incidente.
- Visualización inmediata de la secuencia de vídeo de la alarma pendiente.
- Visualización en tiempo real de las imágenes de cualquier cámara.
- La visualización de las alarmas de disfunción del sistema.
- Supervisión cada uno de los túneles por medio de una representación gráfica. La representación gráfica permitirá:
 - Identificación de la cámara en alarma.
 - Indicación en pantalla de alarmas.
 - Localización del incidente en el túnel.
 - Visualización inmediata de la secuencia de vídeo de la alarma pendiente.
 - Visualización de las alarmas de disfunción del sistema.
 - Visualización de las medidas de tráfico.
- Gestión de la base de secuencias sobre alarmas:

La gestión de la base de datos de secuencias se realizará en el servidor DAI. Un programa específico permitirá manejar todos los ficheros de grabación digital almacenados y de todos los tipos (secuencia de incidente, grabación a petición del operador, extracción de una parte de la grabación permanente, etc.).

Una interfaz permitirá efectuar búsquedas según varios criterios para tener acceso rápido a la grabación deseada. La búsqueda se podrá realizar por: fecha, cámara, tipo de incidente, carril, comentario, etc.

8.2.5 ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DAI

La interfaz gráfica de operador permitirá llevar a cabo la configuración del sistema DAI:

- Configuración del sitio. Cada cámara fija será asociada a una definición geométrica del sitio controlado. La interfaz permitirá definir gráficamente las áreas de detección.

- Ajuste de los umbrales de detección. Para cada tipo de incidente, los niveles de detección son ajustables independientemente, carril por carril, así como: tiempo de parada de los vehículos, longitud de colas, inicio de la disminución de la velocidad, fin de disminución de la velocidad, etc.
- Ajuste de la configuración del hardware del sistema.
- Ajuste a distancia de los módulos de procesado de imagen de vídeo y de los módulos de comunicación.
- Actualización del firmware.
- Listado de cámaras, así como de las especificaciones y propiedades del detector.

El sistema informará al operador de las diferentes incidencias que tengan lugar en el funcionamiento de los equipos DAI, como pueden ser:

- Fallo de vídeo.
- Equipo manipulado.
- Fallo en las comunicaciones.
- Recuperación de las comunicaciones.
- Sincronización del equipo.
- Movimiento de cámara.
- Pérdida de la señal de vídeo de una cámara.
- Fallo de un módulo de procesamiento.

También se dispondrá de una herramienta de mantenimiento del sistema DAI, que permitirá:

- Controlar el estado y actividad de todos los procesos y programas.
- Controlar las comunicaciones.
- Diagnóstico del estado de todos los procesos (fallos, disfunción).
- Parada/reinicio de los procesos de video detección.

Las principales operaciones que se podrán realizar a través del interfaz del operador son las siguientes:

- Envío de órdenes a los equipos DAI.
- Orden de arranque y parada.
- Sincronización de equipos.

9 SISTEMA DE COMUNICACIONES

El DFST especifica un conjunto de instalaciones de comunicaciones para los túneles en función de la longitud y características de los mismos. Éstas son:

- Postes SOS.
- Megafonía.
- Radiotelefonía. Retransmisión por radio.

Según los criterios de diseño definidos por el DFST, el túnel de Markina debe disponer de postes SOS y sistemas de radiotelefonía, no siendo necesarias las instalaciones de megafonía al ser el túnel de Markina de tipo II sin galería de evacuación.

9.1 POSTES SOS

Los sistemas de llamada en caso de emergencia se han convertido en un equipamiento estándar de las carreteras de cierto tráfico, no sólo en túneles o en tramos de concentración de riesgo, sino en carreteras abiertas, siendo un elemento esencial de comunicación entre el usuario y el centro de operaciones o centro de emergencia de la ruta, a través del cual, aquél recibe asistencia en ruta, sea sanitaria o mecánica.

La Directiva Europea obliga a la instalación de postes SOS cerca de las bocas y en el interior de los túneles, situadas intervalos no superiores a 150 m para los túneles nuevos cuya longitud supere los 500 metros. Los postes SOS deberán estar equipados de un teléfono de emergencia y de dos extintores, aunque este tema será tratado en su correspondiente apartado de equipamiento contra incendios.

Mientras, el DFST establece que los túneles de Clase I y II deben estar dotados de un sistema de postes SOS, ubicados:

- En el interior de los túneles, ubicados cada 150 metros, en el hastial derecho.
- En las vías de evacuación (galerías de intercomunicación entre tubos u otros pasillos o escaleras que comuniquen con el exterior).
- En las bocas de entrada y salida. Con ello se pretende evitar que un incidente en el exterior pudiera incitar a algún usuario a entrar en el túnel, en busca de un poste SOS.
- En los apartaderos, en caso de existir.

9.1.1 FUNCIONES GENERALES

El sistema está configurado en redes de postes que se controlan desde el Centro de Control. Allí, el módulo de adquisición de datos de postes obtiene los datos que se reciben de un controlador de líneas para representarlos en un interfaz gráfico, su almacenamiento en archivos históricos y su registro en la impresora de alarmas.

El interfaz gráfico con el operador del Sistema en el Centro de Control y la aplicación informática correspondiente se encuentra implementada en una estación de trabajo del Centro de Control. Sobre dicha interfaz gráfica se muestran los datos de los postes de auxilio. La elección de un determinado poste (mediante click de ratón) permite realizar las operaciones deseadas con dicho poste: poner en fonía (atención de llamada), realizar test, anular poste, etc.

Las funciones generales que el sistema realiza son:

- Comunicaciones fónicas entre el Centro de Control y el poste.
- Pruebas de postes.
- Registro de incidencias.
- Realización de mediciones de línea.
- Manejo del sistema a través de interfaz gráfica con el trazado de las autovías controladas.

El sistema está compuesto por:

- Equipos de campo: red de campo de postes SOS (parejas de postes SOS situadas en carretera).
- Equipos de Centro de Control:
 - Un servidor de gestión y mantenimiento del sistema de postes SOS.
 - Uno o varios terminales telefónicos.
 - Puesto/s de operación con la aplicación software de postes SOS.

En el túnel de Markina se dispondrá un sistema de postes SOS con tecnología IP. Este sistema estará formado por un conjunto de postes IP distribuidos a lo largo del túnel y en las bocas del mismo, que se conectarán con el Centro de Control a través de las redes de comunicaciones. Las comunicaciones serán mediante VoIP (protocolo SIP)

El sistema constará de los siguientes elementos:

- Postes SOS IP maestros.
- Postes SOS esclavos.
- Redes de comunicaciones, para el intercambio de información (señalización y audio) entre los postes SOS y el Centro de Control.
- Servidor de la aplicación de postes SOS IP y puestos de operación con la aplicación de gestión centralizada que integrará la gestión del sistema de postes SOS IP.
- Teléfonos IP dedicados exclusivamente a la gestión del sistema de postes SOS.
- Matriz digital de audio, que integrará los diferentes sistemas de comunicaciones (postes SOS, megafonía y radiocomunicaciones).

9.1.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Se ha previsto un sistema de postes SOS, normalizado según UNE 135701 “Equipamiento para Señalización Vial. Sistemas de ayuda y transmisión de datos mediante postes SOS”. Los postes SOS estarán compuestos por los siguientes elementos:

- Circuitos electrónicos, incluyendo los módulos IP en el caso de los postes maestros, alojados en una carcasa de acero inoxidable y con grado de protección IP65.
- Pulsador de auxilio, totalmente estanco, tipo seta y con una indicación de pulsar en caso de incendio.
- Detector de demanda de servicio, cápsula red sellada situada debajo del pulsador de auxilio y activable por proximidad con un imán; su función se reduce a tareas de mantenimiento.
- Detector de puerta abierta, tipo ballesta o magnético, que se activa al abrirse la puerta. Ubicado tanto en la puerta superior como en la inferior.
- Altavoces y micrófono, diseñados para obtener un alto rendimiento acústico.
- Módulos de alimentación. El poste está equipado con una batería que le brinda una autonomía de 20 días de funcionamiento, disponiendo de un módulo integrado de control para la recarga de dicha batería. Los módulos de alimentación pueden ser por panel solar, por red o por tele-alimentación.
- Regleta de interconexión, alojada en una caja estanca, contiene los elementos de interconexión y protecciones de la electrónica del poste.
- Peana (postes de exterior), soporte del poste a la cimentación, con las necesarias vías de paso de cables.
- Instrucciones de uso en varios idiomas, como mínimo en Euskera, Castellano, Inglés y Francés.
- Identificación del poste SOS de forma visible para el usuario, de tal forma que en el transcurso de la conversación con el operador pueda indicar de forma unívoca y clara la identificación del poste SOS desde el que está haciendo la llamada.
- Puertos de conexión externa. Los postes SOS IP maestros deberán disponer de los siguientes puertos de conexión externa:
 - Puerto de conexión con los elementos del poste esclavo.
 - Puerto de conexión de carga de batería y tierra eléctrica.
 - Puerto Ethernet para conexión con el switch asociado de las redes de comunicaciones.
 - Puerto de Entradas/Salidas auxiliares.

Existen dos tecnologías para la transmisión de la fonía y los datos al Centro de Control, ambos sobre fibra óptica:

- Tecnología DGT
- Tecnología IP

Mediante la tecnología DGT, las redes de postes SOS sobre fibra óptica se conectan a nodos SDH utilizando canales E1 de 2 Mbps. La conexión se hace en los dos extremos de la red para conseguir redundancia en las comunicaciones.

Los postes SOS sobre tecnología IP integran en un mismo elemento la gestión de voz y datos y su transmisión a través de una red Ethernet de fibra óptica al Centro de Control. Como se explicará en apartados posteriores, se ha optado por un sistema de Postes SOS sobre tecnología IP.

Se instalarán dos tipos diferentes de postes SOS, ambos de las mismas características técnicas:

- Postes SOS IP maestros.
- Postes SOS esclavos, que se conectarán mediante cable de cuadretes a los postes SOS IP maestros.

9.1.3 FUNCIONAMIENTO DEL POSTE SOS

Las funcionalidades de los postes SOS maestros IP, así como de los postes esclavos asociados a los mismos, se podrán dividir en:

- Funcionalidades de cara al usuario.
- Funcionalidades respecto al mantenimiento y control.
- Funcionalidades respecto a la configuración.

Las funcionalidades de cara al usuario serán las siguientes:

- Llamada de auxilio. Como respuesta a la activación del pulsador de auxilio, se establece una comunicación vocal con el teléfono activo de la central.
- Llamada de servicio: Idéntico al caso anterior pero como respuesta a la activación del pulsador de servicio.
- Generación de tono de llamada: Desde que se produce la activación del pulsador hasta que se produce el establecimiento de la llamada, se genera un tono audible similar al de un teléfono convencional.
- Generación de mensaje de espera: Cuando se ha establecido la llamada y se está a la espera de que el operador la atienda, se genera un mensaje audible por los altavoces del poste. Este mensaje es configurable.
- Generación de mensaje de fallo: Si la comunicación falla y la llamada no se puede procesar, se genera un mensaje audible por los altavoces del poste indicándolo. Este mensaje es configurable.
- Generación de luz de aviso de utilización del poste: Mientras se está realizando una llamada (y durante un tiempo después de finalizarla), se hace parpadear una luz que avisa al resto de usuarios

de que dicho poste está siendo utilizado. El tiempo de mantenimiento posterior y los tiempos de parpadeo son configurables.

- Una vez se corte la comunicación con el Centro de Control, deberá pasar a operativo en un tiempo reducido, de tal forma que si el usuario necesita volver a contactar con el Centro de Control pueda hacerlo sin necesidad de la intervención del operador.

Las funcionalidades respecto al mantenimiento y control serán las siguientes:

- Test de mantenimiento: Desde el ordenador de control se enviará un mensaje que devuelve el estado de las siguientes variables internas del módulo:
 - Tensión de alimentación.
 - Tensión en bornes de la batería.
 - Nivel de salida de audio.
 - Nivel de entrada de audio / C.A.G. activado.
- Test de fonía: Cuando se solicita desde el ordenador central, se emitirá un tono por los altavoces que se intenta detectar por el micrófono. Se devuelve el resultado de esta operación como el nivel máximo detectado por el micrófono, lo que se utiliza por parte del ordenador de control para detectar si hay algún posible problema en el sistema de audio del poste.
- Ajuste de los volúmenes de audio y activación / desactivación del CAG de entrada.
- Envío de alarmas: Un cambio en cualquiera de las alarmas generará un mensaje hacia la central con el estado de todas las alarmas definidas.
- Reseteo de alarmas: Existe la posibilidad de realizar un filtrado individual de las alarmas, de forma que cuando una se dispara, se fija un tiempo durante el cual no se atiende a esta alarma. De esta forma se evitará el envío de alarmas repetitivas debidas a fallos mecánicos, etc. Este tiempo será configurable. Este modo implica que para volver a atender la alarma hay que resetearla desde el ordenador central.
- Lectura de las entradas digitales auxiliares.
- Escritura y lectura de las salidas digitales auxiliares.
- Envío y recepción de datos a través del puerto RS-232 auxiliar vía TCP/IP.

Las funcionalidades respecto a la configuración serán las siguientes:

- Posibilidad de proteger la configuración del módulo mediante una clave de acceso.
- La configuración se puede realizar vía TCP/IP, localmente a través del puerto serie de mantenimiento y por web.
- Hasta 5 puestos de control redundantes.
- Hasta 10 destinos de llamada.
- Configuración de los parámetros de la comunicación IP:

- Dirección IP local del poste.
- Máscara de red.
- Dirección IP del router por defecto.
- Direcciones IP de los puestos de control y de los receptores de las llamadas
- Clave de acceso
- Configuración de protocolos: tipo de codificación a usar, etc.
- Mensajes de audio: Se pueden cargar en el módulo dos mensajes de audio personalizados para indicar llamada en espera y poste fuera de servicio.
- Auto-configuración del cancelador de eco: El algoritmo de cancelación de eco debe adaptarse a la geometría del poste y las características físicas de los elementos utilizados (micrófono, altavoces, etc.). Esta adaptación se hace de forma automática a petición del puesto de control del sistema.
- Configuración de las alarmas: Se configura qué entradas auxiliares se utilizan como fuente de alarma, además de las 2 prefijadas (puertas maestro y esclavo). Para cada alarma se puede configurar el estado de reposo (normalmente abierto, normalmente cerrado) y el tiempo de filtro.
- Configuración de alarma de alimentación: Se configura con qué niveles de alimentación y/o batería se provoca el envío de la alarma correspondiente.
- Puerto serie: configuración de los parámetros de configuración del puerto serie auxiliar.
- Luz de aviso: se configura a qué salida se asigna esta funcionalidad y los tiempos asociados a ella.
- Ganancia de la salida de megafonía.

A continuación, se describe de forma más detallada el funcionamiento de los postes SOS.

Atención de llamadas

Cuando un usuario oprime el pulsador de auxilio de un poste, éste envía un mensaje hacia el Centro de Control, indicando dicho evento.

Por otro lado, al pulsar el poste SOS, éste deberá generar un mensaje de voz mediante un sintetizador con el mensaje "Su llamada está siendo cursada. Por favor espere". Además, deberá encenderse de manera intermitente el correspondiente piloto instalado en el mismo.

A su vez, el poste espera recibir el acuse de recibo por parte de la central. Si éste no lo recibe en 5 segundos enviará la demanda 3 veces, en tiempos de 5 segundos. Si ninguno de los intentos fuera positivo pasará a estar en estado de "Fuera de Servicio" y activará el sintetizador de voz con el mensaje oportuno durante 1 minuto. Durante el tiempo de espera del acuse de recibo, el poste activa el tono de llamada similar al de un teléfono convencional.

Los mensajes de "Su llamada está siendo cursada. Por favor, espere" y "Poste fuera de servicio" deberán emitirse como mínimo en castellano, euskera e inglés.

En caso de recibir el acuse de recibo, dicho mensaje contiene información de la acción a realizar por el poste, esta acción será:

- Llamada en espera, en cuyo caso el poste activará el sintetizador de voz con el mensaje correspondiente durante un tiempo máximo de 2 minutos.
- Activación de fonía, en cuyo caso el poste activará la fonía y enviará el mensaje correspondiente al Centro de Control.

De producirse la acción llamada en espera, el Centro de Control enviará cuando lo provoque el operador (que ha sido informado del evento), la orden de fonía, lo que provocará que el poste active la fonía y envíe el mensaje correspondiente al Centro de Control.

Cuando el operador decida cortar la comunicación de voz con el poste y el Centro de Control, la central enviará la orden de desactivación de fonía, lo que provocará que el poste desactive los circuitos de fonía y envíe al Centro de Control el mensaje correspondiente.

Con el objeto de no permitir que un poste pudiera quedar por avería en fonía permanente, y proteger la confidencialidad de la conversación, deberá enviarse un mensaje de activación de fonía cada 2 minutos, pues de lo contrario el poste desactivará sus circuitos, pasando a estado de reposo.

Esta acción de refresco/mantenimiento de fonía la realizará la Central de forma automática, sin intervención del operador, mediante una orden y su correspondiente acuse de recibo por parte del poste.

Llamadas de servicio de mantenimiento

Cuando el personal de mantenimiento acerca un imán a un punto determinado del poste, se activa un mecanismo oculto que genera un mensaje hacia el Centro de Control.

En este caso la actuación por parte del sistema es la misma que se expresa en el punto anterior, con la diferencia de que la Central dará máxima prioridad a las llamadas de usuario

Tratamiento de alarmas

Además de las funciones principales de fonía, el poste SOS envía un mensaje conteniendo el estado de sus componentes cada vez que esta información cambia. Las alarmas que el poste controlará son las siguientes:

- Batería baja.
- Puerta abierta.
- Fallo de telealimentación (si la hubiera)

Con el fin de evitar colisiones repetitivas en línea, se implementará un filtrado lógico de alarmas basado en:

- El poste enviará SOLAMENTE UNA VEZ la alarma (Puerta abierta, batería baja, llamada de servicio permanente y fallo de telealimentación si lo hubiera) reflejándose en la ventana de alarmas pendientes.
- Cuando el operador haga un test de mantenimiento al poste emisor de la alarma, se refrescará (reseteará) indicando en la respuesta el estado de la alarma en dicho momento.
- Suponiendo que una alarma, en el momento del test, se hubiera corregido momentáneamente, en el resultado del test se reflejará como alarma O.K., anulándose automáticamente de la ventana de alarmas pendientes.
- Si después del test se volviese a producir de nuevo la misma alarma anterior, el poste volverá a enviar de nuevo SOLAMENTE UNA VEZ dicha alarma reflejándose otra vez en la ventana de alarmas pendientes.

9.1.4 RED DE COMUNICACIONES

Arquitecturas de comunicaciones de un sistema de postes SOS

Las comunicaciones con el Centro de Control pueden realizarse, según sea la complejidad de la red de túneles a controlar:

- Transmisión analógica: con el método tradicional (conexión eléctrica mediante cable de cuadretes), con un sistema mixto de cable y fibra óptica, o con una comunicación completa por fibra óptica.
- Transmisión digital: sistema de transmisión sobre IP y solución proyectada para el túnel de Markina.

Ubicación y canalización de la red de postes SOS

Prácticamente toda normativa de referencia en la construcción de túneles de carretera posee un criterio uniforme a la hora de establecer las condiciones para la ubicación de los postes o nichos de puesto SOS.

Cumpliendo con las recomendaciones que establece el DFST, se proyecta la instalación de un sistema de postes SOS, ubicados en:

- En el interior del túnel de se instalarán parejas de postes SOS maestro-esclavo ubicados cada 115 metros, el poste SOS maestro se ubicará en el arcén sentido Etxebarria.
- Tanto en las bocas de entrada y salida del túnel se instalarán postes SOS por parejas del tipo maestro-esclavo. El poste maestro se ubicará en arcén sentido Etxebarria. El poste esclavo se instalará siempre en el sentido contrario.

Los armarios de interior donde se ubican los postes SOS están dotados de los siguientes módulos:

- Módulo de la electrónica propia del poste SOS, así como el pulsador de alarma.
- Módulo de electrónica de control (emisor/multiplexor de vídeo, switch industrial de comunicaciones, cabeceras distribuidas, etc.) y alimentación a los sistemas de SVC.

Los Postes SOS exteriores e interiores deberán llevar las instrucciones de uso en varios idiomas en su exterior (mínimo en castellano, euskera e inglés).

La señalización de los postes SOS de interior se realizará mediante:

- Rótulos luminosos que se ubicarán encima de la entrada al nicho y que contarán con un piloto de señalización, constituido preferiblemente por una banda roja de 10 mm de anchura. Cuando un usuario active el pulsador del poste SOS para solicitar una llamada, el piloto se iluminará de manera intermitente, hasta que la llamada haya sido atendida.
- Señales fotoluminiscentes de indicación de 50 m a izquierda y derecha de la ubicación de un poste SOS.
- Los postes SOS exteriores, en cambio, estarán recubiertos por una barandilla de protección.

La siguiente tabla muestra la ubicación de los postes SOS tanto a cielo abierto como en el interior del túnel:

Código	P.K.	Sentido
SOS-001M	0+420	Etxebarria
SOS-001E	0+420	Markina
SOS-002M	0+535	Etxebarria
SOS-002E	0+535	Markina
SOS-003M	0+650	Etxebarria
SOS-003E	0+650	Markina
SOS-004M	0+765	Etxebarria
SOS-004E	0+765	Markina

Red de postes SOS con tecnología IP sobre fibra Óptica

Las comunicaciones entre los postes SOS y el Centro de Control se realizarán usando el nivel de aplicación de la pila de protocolos TCP-IP.

En los postes SOS se utilizarán módulos VoIP (voz sobre IP) que realizan la conversión de las señales analógicas de audio y datos a señales digitales IP (convertidores IP de audio y datos).

Los módulos utilizarán la red de comunicaciones del túnel para el intercambio de información (señalización y audio) con el Centro de Control.

Así, en el interior de los túneles, tal y como se muestra en los planos, cada uno de los postes SOS maestros (interior o exterior) estará conectado al nodo de comunicaciones más cercano a través de la correspondiente red de comunicaciones.

Cada uno de los postes SOS IP maestros se conectará con los switches mediante cableado FTP y conectores RJ-45.

A su vez, los postes esclavos se conectarán a los postes SOS maestros IP mediante cable de cuadrete (4 x Ø0,90 mm).

Gestión del sistema de postes SOS

En el Centro de Control se recibirán las llamadas y serán atendidas por operadores, para lo cual deberán tener comunicación con los postes a través del conjunto de las redes de comunicaciones del túnel y la red troncal.

Los puestos de operación del sistema dispondrán de una aplicación software de gestión centralizada, que integrará el módulo del sistema de postes SOS, siendo a la vez interfaz de usuario y gestor de la funcionalidad del sistema. Las funciones que llevará a cabo serán las siguientes:

- Atención de llamadas.
- Recepción y presentación de alarmas.
- Tareas de mantenimiento (test de mantenimiento, test de fonía, etc.)
- Elaboración de partes de incidencias
- Gestión de la Base de Datos

Los postes SOS IP deberán conocer en todo momento la dirección IP de los puestos de operación del sistema y viceversa.

Los puestos de operación dispondrán de una conexión a red siempre operativa, a través de la cual, podrá dialogar con los postes de emergencia o cualquier otro equipo conectado a la red. Las funcionalidades del módulo del sistema de postes SOS se explicará en la aplicación de gestión centralizada.

9.2 RADIOCOMUNICACIONES

Con el fin de extender los servicios en el interior del túnel de Markina y según indica El Decreto Foral de Seguridad de Túneles de Carreteras, se propone la implantación de un sistema de radiocomunicaciones

que proporcione cobertura a los servicios de emergencia y de radiodifusión comercial, ofreciendo las mismas prestaciones de las que se dispone en el exterior del túnel, dado que lo que realmente se realizará es una extensión de la cobertura radioeléctrica existente en el exterior del túnel al interior del mismo. Gracias a este sistema se incrementará la seguridad en el interior del túnel y a su vez, en condiciones extremas producidas por cualquier incidencia, los servicios de emergencia dispondrán de un sistema de comunicaciones eficaz que posibilitará la coordinación de todos los servicios involucrados en el mismo.

Los servicios de comunicaciones a incorporar en el túnel de Markina serán:

- Radiotelefonía privada. Se deberá de proporcionar cobertura para los sistemas de radiotelefonía privada de los siguientes servicios: SOS DEIAK, Bomberos, servicios sanitarios, Ertzaintza y explotadora de la autopista.
- Radiodifusión de emisoras comerciales. Se deberá de proporcionar cobertura para las emisoras comerciales de radio FM.

Teniendo en cuenta los servicios considerados, el sistema diseñado deberá proveer comunicaciones para:

- 1 Radiocanal por cada Estación Base en la banda de 380-400 MHz de UHF para la red TETRA de los siguientes servicios:
 - Ertzaintza
 - SOS-DEIAK
 - Bomberos Bilbao
 - Bomberos Diputación Foral Bizkaia
 - Servicio de explotación de la autopista
 - DYA y Cruz Roja
 - Red de Transporte Sanitario Urgente (RTSU)
- 12 Canales para radiodifusión de FM comercial

El sistema deberá permitir una serie de facilidades de comunicación de los terminales radio que se encuentren en el interior del túnel para cada uno de los servicios soportados:

- Para el sistema de emergencia vía radio:
 - Inicio y mantenimiento de radiocomunicación desde el Centro de Control y un dispositivo radio móvil desplazándose dentro del túnel.
 - Inicio y mantenimiento de radiocomunicación desde un dispositivo radio móvil desplazándose dentro del túnel y un dispositivo radio móvil que se encuentre fuera del mismo, pero bajo la cobertura de las estaciones de captación y retransmisión de señales.
 - Inicio y mantenimiento de radiocomunicación entre dos dispositivos radio móviles desplazándose dentro del túnel.

- Para el sistema de radiodifusión FM comercial
 - Recepción de doce emisoras comerciales de FM y de mensajes de SOS en el autorradio del vehículo, cuando este se encuentre dentro del túnel.
 - Recepción del sistema de radiodifusión de datos (RDS), que permitirá añadir, de forma inaudible, información relacionada con los programas de radio FM. Entre los servicios que contempla destacan los siguientes:
- Sintonía automática en los receptores de FM-RDS.
- Presentación de datos en la pantalla del receptor: nombre del programa, tipo de programa, fecha y hora, radio texto, etc.
- Recepción automática de anuncios de tráfico.
- Canal de Mensajes de Tráfico Codificado (TMC).

Sólo se podrán retransmitir al interior del túnel aquellos canales radio que dispongan de cobertura radioeléctrica en el exterior del túnel con un nivel de señal adecuado a los requerimientos del sistema, porque señales muy deficientes en el exterior proporcionará una señal muy deficiente en el interior del túnel y, por lógica, unas comunicaciones deficientes o no admisibles. Lo indicado anteriormente se hace también exigible a las señales procedentes de las emisoras comerciales de FM.

Los equipos del sistema de radiocomunicaciones se instalarán en el interior del local técnico de Markina. Las antenas se instalarán en el exterior, en una zona lo más próxima al local técnico, y se encargarán de enlazar con las estaciones radio (estaciones repetidoras, estaciones base de cobertura de los servicios a incorporar en el túnel y emisoras comerciales de FM) encargadas de proporcionar cobertura del sistema de comunicaciones en las zonas exteriores del túnel.

9.2.1 SISTEMA DE CABLE RADIANTE

La comunicación vía radio en el interior del túnel de Markina se basará en un sistema de cable radiante que proporcionará la cobertura radioeléctrica para los servicios requeridos mediante la radiación de las señales inyectadas por las estaciones repetidoras del sistema.

La comunicación se realizará por medio de un cable coaxial, al que se le han practicado una serie de aberturas en el conductor exterior, que permitirán la radiación de las señales que serán inyectadas por el rack de radiocomunicaciones del Local Técnico.

La arquitectura del sistema se basa en la transmisión por cable radiante de las señales radio permitiendo una distribución de banda ancha a lo largo del túnel. La señal radiada permitirá una distribución de campo mucho más precisa que en el caso de utilización de antenas. Asimismo, dado que permite mayor gama de

frecuencias, supondrá una mayor flexibilidad a la hora de añadir nuevos servicios de cobertura en el interior del túnel, sin necesidad de añadir nuevas antenas.

El sistema de radiocomunicaciones estará integrado por tres subsistemas:

- Sistema de captación de señales.
- Sistema de enlace y transmisión de señales al interior del túnel.
- Sistema de radiación de señales en el interior del túnel.

El cable radiante tiene muchas ventajas frente al uso de antenas cuando se trata de dotar a un túnel de carretera de cobertura. Algunas de las ventajas son las siguientes:

- Inmunidad de la señal de frecuencias más bajas ante curvaturas.
- Inmunidad de señales de bajas frecuencias ante vehículos de grandes dimensiones.
- Radiación de señal de forma más equitativa.

El cable radiante que se instalará en el túnel de Markina corresponde a un cable con sección 7/8". Y deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- Libre de halógenos.
- Cubierta no corrosiva.
- Bajo en emisión de humos.
- Llama retardada.
- Retardante al fuego.

La sujeción del cable radiante al techo del túnel se realizará mediante soportes metálicos y de plástico, de llama retardada y libres de halógenos. Se instalará un soporte de plástico cada 1,3 m, mientras que los metálicos se instalarán cada 9,1 m.

9.2.2 SISTEMA DE CAPTACIÓN DE SEÑALES

El sistema de captación de señales del túnel será el encargado de capturar las señales de los repetidores externos y estaciones base de cobertura de los servicios a incorporar al sistema de radiocomunicaciones del túnel y de su envío al sistema de retransmisión, encargado de realizar la cobertura interior del túnel.

El sistema de captación de señales estará compuesto por las siguientes unidades:

- Antenas de enlace.
- Mástil para el soporte de las antenas.

Antenas de enlace:

El sistema de antenas de enlace es el encargado de transmitir y recibir las señales procedentes y destinadas a las estaciones repetidoras de los canales de comunicaciones radio que se desean incorporar al sistema de radiocomunicaciones del túnel. Estará compuesto por una antena omnidireccional para la captación de las doce emisoras comerciales de FM.

La antena se conectará a su respectivo equipo amplificador de Radio frecuencia, situado en los Racks de las estaciones maestras a través de cable coaxial de media pulgada. En los casos en los que la distancia entre la estación maestra y las antenas fuera considerable, la conexión se realizará mediante cable coaxial RG214.

Mástil para soporte de antenas:

Las antenas precisarán ser montadas en una torre o mástil en las proximidades de la ubicación de las estaciones maestras. La altura y la ubicación vendrán determinadas por las medidas de nivel de señal recibido que se obtengan.

9.2.3 SISTEMA DE ENLACE Y TRANSMISIÓN DE SEÑALES AL INTERIOR DEL TÚNEL

El sistema de enlace y retransmisión de señales al interior del túnel tendrá las siguientes funciones:

- Amplificar las señales capturadas por las antenas de los repetidores externos y estaciones base de cobertura de los servicios a incorporar al sistema de radiocomunicaciones.
- Enviar las señales al sistema de radiación, encargado de realizar la cobertura interior del túnel.
- Hacer llegar las señales generadas en el interior del túnel por los terminales radio a las estaciones repetidoras externas y estaciones base de cobertura de los servicios a incorporar al sistema.

Las funciones de las estaciones maestras serán las siguientes:

- Transmitir y recibir las señales RF desde y hacia las antenas.
- Procesar y recuperar las frecuencias de las señales recibidas de las estaciones repetidoras.
- Amplificar las señales a incorporar al sistema de radiocomunicaciones.
- Enviar las señales a las estaciones repetidoras a través del transmisor óptico.

El sistema de equipos amplificadores de enlace y de cobertura del túnel se alojará dentro de un rack de 19" en el interior del local técnico. Estará compuesto por los siguientes equipos:

- 1 amplificador unidireccional selectivo de canal correspondiente a las 12 emisoras comerciales de FM, con una potencia máxima de salida en el enlace descendente de 40 W. Este amplificador

incluirla una entrada de audio para permitir la retransmisión de mensajes de información o emergencias en los canales de FM.

- 1 amplificador bidireccional selectivo TETRA Gobierno Vasco en la banda 380-395 MHz para 4 portadoras.
- 1 amplificador bidireccional selectivo TETRA Itelazpi en la banda 410-430 MHz para 2 portadoras.

El subsistema de enlace se completará con un acoplador multibanda de señales de RF. El sistema acoplador multibanda será el encargado de proporcionar una única salida de la vía de transmisión y una única salida de la vía de recepción de las señales procedentes y destinadas al túnel de FM y UHF, mediante la combinación de las señales que se encuentran en las diferentes bandas de frecuencia.

El subsistema de transmisión de las señales al túnel estará formado por una conexión entre la fuente de alimentación y las unidades amplificadoras, entre éstas y el acoplador multibanda, y entre el acoplador y el cable radiante mediante cable coaxial RG-214.

9.2.4 RETRASMISIÓN DE MENSAJES DESDE EL CENTRO DE CONTROL

Se dotará al sistema de radiocomunicaciones de la posibilidad de transmisión de mensajes de auxilio o ayuda (mensajes SOS) en las frecuencias de las doce emisoras comerciales de FM.

Para ello se contará con un pupitre microfónico de sobremesa instalado en el Centro de Control de MKZ para la transmisión de audio y datos por IP con el túnel de Markina. Dispondrá de una pantalla y teclado de control y doble conexión a Ethernet. Este pupitre microfónico permitirá el envío de avisos en directo y el de mensajes pregrabados sobre el sistema de radiocomunicaciones de Markina.

Los mensajes enviados desde el centro de control se recibirán en el rack de comunicaciones, el cual tendrá instalado un conjunto de doce moduladores de FM para la incorporación de los mensajes SOS en las frecuencias de las emisoras comerciales de FM seleccionadas para el túnel.

Las señales moduladas se llevarán mediante cable coaxial RG-58 al amplificador unidireccional selectivo de canales FM, que tendrá una entrada que incluye un relé de conmutación.

10 SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Los túneles de carretera son tramos viarios de especial riesgo, y cuanto mayor es su longitud mayor es su riesgo intrínseco. Estadísticamente, los tramos bajo túnel se pueden considerar dentro de la red de carreteras como los más seguros. Este hecho se debe a que, tanto los usuarios como las autoridades

competentes, extreman las precauciones en ellos. Sin embargo, pese a que ese porcentaje de riesgo de incidente grave es pequeño, en caso producirse, las consecuencias son mayores y más graves que las producidas en un tramo de carretera que discurre a cielo abierto. De ahí que no se escatimen esfuerzos a la hora de proyectar equipos para detectar incendios, o, en caso de propagarse, para anular o minimizar sus efectos.

Los sistemas de protección contra incendios deben ser imprescindibles en las instalaciones de un túnel. Habitualmente en función de la longitud del túnel, sentidos de circulación, si discurren transportes de MMPP, etc, existirán diferentes sistemas de protección contra incendios.

10.1 SISTEMAS DE DETECCIÓN DE INCENDIOS

Según indica el DFST (Decreto Foral sobre Seguridad en Túneles carreteros), los túneles de Clase I y II (longitud superior a los 200 metros) deben contar con sistemas específicos de detección de incendios. Este proyecto prevé por tanto la instalación de una central de incendios analógica ubicada en el cuarto técnico del túnel y que se conectará a la red de comunicaciones.

El sistema de control global utiliza las distintas señales y alarmas que tiene monitorizada en el centro de control para detectar y localizar un incendio, ya que algunos sistemas, aunque instalados con otra finalidad, se pueden emplear para estos fines. Para ello el software de control procesa las siguientes señales:

- DAI: el humo generado en el incendio provoca una alarma en el DAI que avisa con prontitud del incidente.
- Sensores de CO y opacidad: una concentración excesiva de CO o una falta de visibilidad puede ser provocada por un incendio, por lo que tanto el software de control como el operador de consola, han de verificar la causa de la alta concentración de gases.
- Sistemas específicos: sistemas específicos de detección de fuego instalados en el interior del túnel y en los locales técnicos, se detallarán a continuación.

El software de control funciona de una forma semiautomática; cuando recibe una señal de incendio, a través de cualquiera de los sistemas, genera una alarma al operador que será el encargado de confirmar el incidente y su localización para iniciar las actuaciones establecidas en el Manual de Explotación.

10.1.1 DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE INCENDIOS EN EL TÚNEL

Los sistemas de detección automática de incendios tienen como objetivo el alertar con la máxima rapidez y antelación posible al Centro de Control, de la existencia de un foco de incendio. Dado el enorme peligro que supone un incendio en un túnel, será éste un sistema vital para posibilitar una rápida intervención de

los Servicios de Extinción de Incendios y Salvamento, Protección Civil y de asistencia sanitaria a fin de garantizar la seguridad de los usuarios del túnel en caso de incendio.

La detección de incendios en el túnel se basa en el sistema de Detección Automática de Incidentes (DAI), que analiza las imágenes del Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) dando una alarma en caso de detectar algún problema. Este sistema se ha descrito en profundidad en un apartado previo.

10.1.2 CENTRAL ANALÓGICA DE INCENDIOS

La central analógica de incendios será el equipo de control y señalización en el que se recogerán todas las incidencias de la instalación y, en base a programación, tomará las decisiones de activación de los dispositivos.

La central será analógica inteligente y estará compuesta por:

- Microprocesador.
- Memoria.
- Fuente de alimentación.
- Baterías.

La central supervisará cada detector y módulo del lazo de detección inteligente de forma individual, de manera que alarmas, prealarmas y averías sean anunciadas independientemente para cada elemento del lazo. La central analógica de detección se instalará en el cuarto técnico del túnel de Markina.

La central de incendios se conectará con la unidad analizadora del sistema de detección lineal de incendios para centralizar las alarmas y poder transmitir las al Centro de Control, donde se tratará la información y realizará la vigilancia tanto de alarmas, incidencias, averías, etc.

Por tanto, se elegirá una central de alarma compatible con la unidad analizadora y que permita su interconexión para la transmisión de los datos de alarma.

Arquitectura de control

El túnel y los locales técnicos deben disponer de una serie de sensores y alarmas para la detección y ubicación de incendios. Al menos debe disponer de:

- Detector de incendios en los locales técnicos.
- Alarmas de activación de medios de extinción de incendios (retirada de extintor).

Esta última alarma además de su labor principal de ayuda en la detección y ubicación del foco del incendio también será empleada como sistemas de vigilancia contra intrusos.

Típicamente los detectores lineales ubicados a lo largo del túnel y los detectores de incendios de los locales técnicos son gestionados por controladores y centrales de sistemas de incendios.

El software de control debe detectar automáticamente la existencia de un incendio, proponiendo al operador del centro de control la posible existencia de un incidente con fuego y su posible ubicación. Una vez confirmado por el operador el incidente, se realizarán las actuaciones pertinentes que estarán definidas en el Plan de Autoprotección y el Manual de Explotación. Si después de un tiempo configurable desde la alarma de incendio el operador de consola no ha confirmado, ni rechazado la alarma se activarán las actuaciones pertinentes programadas en la lógica de campo de forma automática. Este software de control quedará definido íntegramente en la disciplina de señales débiles de este proyecto.

10.1.3 DETECCIÓN DE INCENDIOS EN EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El sistema de detección de incendios estará formado por una detección centralizada que se podrá realizar mediante dos tecnologías:

- Detección puntual mediante detectores analógicos inteligentes.
- Detección mediante sensores ópticos de humos por aspiración.

Detección puntual mediante detectores analógicos inteligentes

En los Centros de Transformación se dispondrán detectores analógicos de incendio multisensores. Incorporarán cuatro elementos de detección independientes:

- Detección óptica.
- Detección térmica.
- Detección IR para medir los niveles de radiación en el ambiente.
- Detección de CO (con célula electroquímica) para supervisión de los productos de CO procedentes de un fuego.

Cada detector tendrá dos leds que permitirán ver el estado del detector desde cualquier posición. Parpadearán cada vez que sean interrogados por la central analógica de detección. Si el detector estuviera en alarma, los leds estarán permanentemente iluminados.

Cada detector responderá a la central con información relacionada con sus medidas e identificación de su tipo.

También se recomienda la instalación de detectores de humo. Se deben instalar tantos detectores de incendios como sea necesario para dar cobertura a todo el local técnico, estos deben cumplir la UNE 23007-14:2014.

Detección mediante sensores ópticos de humos por aspiración

El sistema de detección de humos por aspiración es un sistema basado en el muestreo del aire aspirado de la zona protegida. Permitirá utilizar detectores del tipo iónico, óptico, láser o combinación de estos, según las características del riesgo a proteger.

El sistema de aspiración será de conexión directa al lazo de comunicaciones de la central analógica de incendios, en la que se realizará el ajuste de la sensibilidad y aplicación de algoritmos de análisis a los detectores, para acomodarlos a diferentes ambientes de trabajo.

En los Centros de Transformación se empleará detección por aspiración con una tubería que recorrerá todas las salas de los mismos y se conectará con la central de extinción automática que gobierna el sistema de supresión de incendios por agente limpio, para poder activar el disparo del mismo.

10.1.4 PULSADORES DE ALARMA

Se dispondrán pulsadores manuales en puntos visibles en los locales técnicos y en los postes SOS distribuidos a lo largo del túnel. A fin de impedir la activación involuntaria de dichos pulsadores, estos dispondrán de dispositivos de protección.

10.1.5 LAZO DE DETECCIÓN ANALÓGICO

A lo largo del túnel y los locales técnicos se dispondrá un lazo de detección analógico al que se conectarán todos los elementos analógicos como lo son los detectores de incendio, los pulsadores de alarma, sirenas, en definitiva, la totalidad de los elementos analógicos de detección. Cada detector, pulsador de alarma, sirena y módulos restantes tendrá asignada una única dirección en el lazo de detección. El lazo de detección será un par de hilos trenzado y apantallado de sección 1,5 mm², cableado en lazo cerrado y sobre el que se instalarán directamente los dispositivos. El cable deberá ser resistente al fuego, libre de halógenos, baja emisión de humos y baja corrosividad.

10.1.6 SISTEMA DE ALARMA

Los Sistemas de Alarma de incendio estarán formados por los sistemas de seguridad instalados en el interior de los túneles, con el objetivo que de forma automática (cable detección de incendios, DAI, etc.) o manual (llamada desde postes SOS, retirada de extintor) se pueda monitorizar la correspondiente alarma en el Centro de Control.

En los cuartos técnicos se dispondrá de pulsadores manuales, deberán ser fácilmente visibles y la distancia a recorrer para pulsarlos debe cumplir con la norma UNE 23008. A fin de impedir la activación involuntaria de dichos pulsadores, estos dispondrán de dispositivos de protección.

En el interior de túnel y en sus locales técnicos, se dispondrán sistemas de seguridad que permitirán proporcionar de forma automática o manual una alarma de incendio.

En el software de centro de control, se tratarán como una alarma los siguientes eventos:

- Alarmas en el interior de Túnel.
- Alarma proveniente de las alarmas de las cámaras térmicas.
- Alarma de humo por el sistema DAI.
- Llamada desde un postes SOS.
- Retirada de extintor.
- Alarmas en locales técnicos.
- Apertura de puertas de Salas Eléctricas, grupo de bombeo, comunicaciones y control.
- Alarma de incendio en las Salas Eléctricas.

10.2 INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

10.2.1 EXTINTORES

Al ser el túnel de Markina de tipo II la normativa vigente no obliga a la instalación de extintores, no obstante, con el fin de mejorar la seguridad del túnel se ubicarán junto con los postes SOS un extintor de 6 kgs de polvo polivalente de alta eficacia. Con objeto de detectar la retirada de estos equipos, se proyecta la instalación de un contacto para conocer el estado (abierto o cerrado) desde el Centro de Control.

Las características técnicas de los extintores se detallarán en el Pliego Prescripciones Técnicas.

A continuación, se muestra una tabla donde aparece la ubicación exacta de los extintores y su codificación que el integrador de sistemas debe implementar a cada equipo para poder crear el Sistema de Gestión Centralizado:

Ubicación y codificación de los extintores			
Sentido Etxebarria		Sentido Markina	
P.K.	Código equipo	P.K.	Código equipo
0+535	EXT-001	0+535	EXT-003
0+650	EXT-002	0+650	EXT-004

10.2.2 SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE LOS LOCALES TÉCNICOS

Además de proteger las instalaciones interiores del túnel, el sistema PCI debe de ser capaz de dar cobertura a los diferentes locales técnicos o recintos exteriores del túnel encargados del funcionamiento de los siguientes sistemas:

- Sala de transformador.
- Sala de baja tensión y electrónica.
- Sala de celdas.
- Sala de grupo electrógeno.

Se proyecta la instalación de los siguientes sistemas de seguridad en los recintos mencionados:

- Extintores.
- Sistema de extinción mediante agentes limpios.
- Sistema de detección de incendios y recogida de señales.
- Señalización.

Los cables necesarios para la instalación de cada uno de los sistemas serán autoextinguibles, libres de halógenos y resistentes al fuego. A continuación, se desarrolla cada uno de los sistemas en detalle.

10.2.2.1 Extintores para locales técnicos

Se proyecta la instalación de extintores de polvo de 6 kg de eficacia 27 A 183B – C. en las salas de baja tensión y para las salas de electrónica. Para las salas de trafos y grupo electrógeno los extintores serán de polvo de 9 kg, de eficacia 43 A-233 B-C.

Se instalarán en todas las dependencias extintores de CO₂ de 5 kg y de eficacia 89 B, específicos para fuegos de pequeña intensidad y para aparatos eléctricos, que resultan apropiados para el inicio de fuegos en cuadros eléctricos.

En previsión de la existencia de transformadores cuyo refrigerante es aceite, se proyecta la ubicación de extintores de polvo móviles en la sala del transformador, de cantidad mínima 25 kg y eficacia A-B-C.

En cumplimiento del RIPCI (Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios), el emplazamiento de los extintores será cerca del acceso al local y de modo que la parte superior del extintor quede, como máximo, a 1,70 metros sobre el suelo.

Las siguientes tablas muestran un resumen del equipamiento proyectado:

Salas	Extintor de CO ₂ de 5 kg	Extintor de Polvo manual de 6 kg.	Extintor de Polvo manual de 9 kg.
Electrónica y baja tensión	2	2	-
Alta tensión/Celdas	1	1	
Transformador	1	-	1
Grupo Electrónico	1	-	1
Totales	5	3	2

La ubicación exacta se reflejará en los planos correspondientes. Las características técnicas de todos estos equipos se mostrarán en el Pliego de Prescripciones Técnicas.

10.2.2.2 Sistema de Extinción Mediante Agentes Limpios

En las salas con riesgos eléctricos (cuartos técnicos) se instalarán sistemas de extinción de gases limpios.

Los sistemas de extinción de incendios de agente limpio para la protección por inundación total cumplirán con los requisitos de NFPA 2001 y las normas y regulaciones locales relevantes.

El gas de extinción de agente limpio propuesto es NOVEC, amigable con el medio ambiente y fácilmente disponible para rellenar en el mercado local.

Cada sistema protegerá solo un compartimento contra incendios.

El sistema de extinción automática por gas estará formado por:

- Centralita de Extinción Automática (Servirá la central analógica central del sistema de detección del Túnel).
- Una batería de botellas de elemento extintor.
- Sistema de Detección.
- Dispositivo automático de disparo.
- Una red de tuberías.
- Difusores de descarga.
- Válvulas selectoras y de seguridad.
- Pulsadores de bloqueo/disparo de alarmas acústicas.
- Señalización de “SISTEMA DE GAS DISPARADO”.
- Cableado correspondiente.

Los cilindros de agente limpio se ubicarán de manera segura dentro del bloque de cuartos técnicos o en un contenedor separado sin interferir con el acceso normal al bloque de cuartos técnicos, los pasillos o la ruta de evacuación.

La señal automática de liberación de gas del agente limpio se originará desde detectores conectados al Panel de control. El sistema incorporará una característica de retardo de liberación de gas variable dentro del rango de 0 a 30 segundos.

La liberación manual de los sistemas de gas inerte se realizará mediante unidades manuales ubicadas en cada entrada al recinto protegido.

Funcionamiento manual

En caso de iniciarse un incendio, se accionará el pulsador de disparo correspondiente al sistema de protección; la señal eléctrica accionará el mecanismo de apertura de las botellas y éste abrirá la válvula neumática de aislamiento situada en el colector de acceso al elemento incendiado.

Los pulsadores de disparo e inhibición de actuación, deberán estar situados en un lugar claramente visible y accesible, próximos a la zona protegida por la instalación y exterior a ella. Junto a dichos pulsadores estarán situadas las señales acústica y luminosa, las cuales se activarán con la actuación del detector.

La liberación manual del sistema de gas inerte iniciará una alarma de incendio en el Panel de Control de extinción. La unidad de liberación manual requiere de dos acciones distintas y separadas para su funcionamiento (por ejemplo, romper cristal y tirar) y será de color amarillo.

Funcionamiento automático

El correspondiente sistema de detección enviará una señal a la Central de Incendios, la cual, enviará una señal de apertura a las botellas continuándose como en el caso anterior. No obstante, la señal de apertura de las botellas no se hará efectiva hasta que no haya pasado un tiempo de espera definido previamente (0 – 30 segundos). De esta forma, durante ese tiempo de espera, si estuviese presente alguna persona en el local, éste podría decidir si acciona el pulsador manual para que se inicie inmediatamente la descarga del gas prescindiendo del tiempo de espera prefijado, o accionar el pulsador inhibidor, en caso de que hubiera podido extinguir el fuego de forma manual con los extintores portátiles, evitando de esta forma la descarga inútil del gas.

Con el fin de asegurar que la persona que pueda estar en la sala advierta la situación de fuego, en el momento en que éste se detecta, se activará la alarma acústica.

10.2.2.3 Sistema fijo de Extinción automática por aerosol en armarios eléctricos y electrónicos

Este sistema también de aplicación local, directamente en los armarios eléctrico/electrónicos. Es un sistema fijo de extinción por aerosol con inundación total del cubículo del armario. Se diseñarán conforme a las siguientes normas:

- Norma NFPA 2010. Fixed aerosol fire extinguishing system.
- UNE-ISO 15779: Sistemas de extinción de incendios. Aerosoles condensados. Requisitos y métodos de ensayo para los componentes y diseño del sistema, instalación y mantenimiento. Requisitos generales.

En este caso, el sistema está formado por:

- Un bote de aerosol situado en el interior.
- Sistema de Detección.
- Dispositivo automático de disparo.
- Pulsadores de bloqueo/disparo.
- Alarmas acústicas.
- Señalización de “SISTEMA DE AEROSOL DISPARADO”.

Funcionamiento manual

En caso de iniciarse un incendio, se accionará de forma manual el pulsador de disparo correspondiente al sistema de protección; la señal eléctrica accionará el mecanismo de apertura de los botes a través del detonador, que permite la impulsión del aerosol.

Los pulsadores de disparo e inhibición de actuación deberán estar situados en un lugar claramente visible y accesible, próximos a la zona protegida por la instalación y exterior a ella.

Junto a dichos pulsadores estarán situadas las señales acústica y luminosa, las cuales se activarán con la actuación del detector.

Funcionamiento automático

La Central de Incendios detectará el fuego y enviará una señal que permita que la señal eléctrica accione el detonador, el cual permita la apertura de los botes y la impulsión del aerosol.

No obstante, en este caso, la señal eléctrica que acciona el detonador y por tanto la apertura de los botes no se hará efectiva hasta que no haya pasado un tiempo de espera definido previamente. De esta forma, durante ese tiempo de espera, si estuviese presente alguna persona en el local, ésta podría decidir si acciona el pulsador manual para que se inicie inmediatamente la descarga del aerosol prescindiendo del tiempo de espera prefijado o, por el contrario, accionar el pulsador inhibidor, en caso de que hubiera podido extinguir el fuego de forma manual con los extintores portátiles, evitando de esta forma la descarga inútil del aerosol.

10.3 SEÑALIZACIÓN

Tal y como indica el DFST todo túnel cuya longitud supere los 300 metros debe disponer de la señalización adecuada para guiar a los usuarios hasta la salida más cercana, siguiendo las recomendaciones del Decreto Foral y la Norma 8.1-I.C. “Señalización vertical” aprobada el 20 de marzo de 2014. En el campo de la seguridad contra incendios se disponen básicamente de dos tipos de señalización:

- Señalización de los equipos de protección contra incendios.
- Señalización de evacuación.

En ambos casos, se puede contar con dos tipos diferentes de señales:

- Señales fotoluminiscentes.
- Señales luminosas.

La señalización permite informar a los usuarios sobre aspectos que mejoran la seguridad como la ubicación de:

- Las bocas del túnel.
- Los postes SOS.

- Los Extintores.
- Los Pulsadores.

También dan información sobre el recorrido de evacuación o sobre la situación de una persona con respecto al túnel.

10.3.1 SEÑALIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Para la señalización de equipos de lucha contra incendios del túnel y los postes SOS se instalarán rótulos luminosos con frontales fotoluminiscentes traslúcidos. Estarán alimentados por un circuito soportado por el sistema de alimentación de ininterrumpida (SAI). Solamente los rótulos luminosos de salida de emergencia ubicados en los accesos a las galerías de evacuación dispondrán de baterías de alimentación eléctrica para casos de emergencia.

En el Pliego de Prescripciones Técnicas se detallarán las características técnicas de estos rótulos luminosos.

Señalización de los Postes SOS, el extintor y el pulsador de alarma

Los postes SOS de dentro del túnel disponen de extintor, por consiguiente, para agrupar la señalización se proyecta la instalación en ese punto de un rótulo luminoso donde se refleje “el poste SOS y el extintor”.



“Rótulo luminoso de puesto SOS y extintor”

Para la señalización de “el Pulsador manual de alarma”, se proyecta otro rótulo luminoso, con las siguientes medidas aproximadas: 1000 x 500 (para poder cumplir la norma UNE 23.035, 500 x 500 para cada señalización).

Señalización del recorrido hasta el poste S.O.S.

Esta señal tendrá las dimensiones mínimas de 750 x 500 mm y será fotoluminiscente. Siendo su luminancia como mínimo categoría A, según la norma UNE 23.035.



“Señal fotoluminiscente indicadora para postes SOS”

10.3.2 SEÑALIZACIÓN DE EVACUACIÓN

En este apartado se describe toda la señalización que se ha proyectado y que está relacionada con la evacuación de las personas. Para señalar las distancias a cada una de las bocas del túnel se proyecta la instalación de señales fotoluminiscentes.



“Señalización de salidas dentro del túnel”.

Según el DFST, estas señales se deberán instalar en el hastial derecho, sin embargo al ser el túnel de Markina bidireccional, se ha proyectado la instalación de las señales al tresbolillo, en ambos hastiales.

Su separación no será mayor de 25 metros y su instalación se realizará a una altura aproximada de 1,5 metros de altura desde el suelo.

La dimensión de cada señal es de 600 mm x 300mm, será fotoluminiscente y como mínimo de categoría A, según norma UNE 23.035-4.

10.3.3 SEÑALIZACIÓN EN LOS LOCALES TÉCNICOS

En los locales técnicos se proyecta la instalación de la siguiente señalización fotoluminiscente:

- Extintores.

- Pulsadores de alarma.
- Pulsadores de paro y disparo del SEAG.

Las señales serán de tipo “pared” y de 297 mm x 210 mm, por ser distancias de observación menores a 10 metros. Las señales fotoluminiscentes serán de categoría A, según indica en el punto 5 de la norma UNE 23.035/4:2003 ya que su iluminación es exclusivamente artificial.

11 SISTEMA DE CONTROL AMBIENTAL

Es necesario equipar al túnel con una serie de equipos que doten al centro de control de información acerca de las condiciones en las que se encuentra el mismo y así poder actuar en consecuencia. El túnel contará por tanto con la siguiente instrumentación:

- Opacímetros: Los opacímetros son sensores que obtienen medidas de la visibilidad existente en el túnel.
- Medidores de CO: El gas contaminante más importante es el CO, resultado de la combustión incompleta de la gasolina. El sensor medidor de CO analizará la concentración de dicho gas en el aire.
- Medidores de NO₂ (Recomendados por DFST): Los gases nitróxidos pueden producir somnolencia, ataques de alergia y al igual que el CO, son tóxicos. Dentro de los nitróxidos el gas peligroso y que se recomienda tener controlado es el NO₂, para medir la concentración de este gas en el aire se emplean los detectores de NO₂.

11.1 OPACÍMETROS

Los humos emitidos por los vehículos diesel ocasionan la concentración en los túneles de partículas que disminuyen la visibilidad interna y se convierten en un riesgo a prevenir, a la vez que produce una disminución de la velocidad de circulación y el confort en la conducción.

La opacidad debe ser mínima, en el peor de los casos debe permitir la visibilidad a una distancia superior a la de frenado, la cual dependerá de la velocidad de circulación permitida en el túnel.

Los humos emitidos por los vehículos diesel ocasionan la concentración en los túneles de partículas que disminuyen la visibilidad interna y se convierten en un riesgo a prevenir, a la vez que produce una disminución de la velocidad de circulación y el confort en la conducción.

La opacidad debe ser mínima, en el peor de los casos debe permitir la visibilidad a una distancia superior a la de frenado, la cual dependerá de la velocidad de circulación permitida en el túnel.

11.1.1 REQUISITOS MÍNIMOS

De acuerdo con lo indicado en el DFST:

- Rango de medida: Se recomienda que el rango de medida de los sensores de visibilidad sea K 0 – 15 (10-3 m-1).
- Precisión: La precisión de la medida debería ser inferior al 2%.
- Tiempo de respuesta: El sensor debe realizar la medida y dar el resultado en menos de 60 segundos.
- Índice de protección: Se recomienda que el índice de protección sea al menos IP65.

11.1.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

El opacímetro es un sensor óptico cuya función es medir la opacidad. Para realizar dicha medida, el sensor genera una luz fuente con un diodo emisor, esta luz se enfoca hacia un espejo en el que se refleja de nuevo hacia el sensor. Éste mide las variaciones de la intensidad de la luz reflejada de lo que extrae un valor preciso de opacidad y visibilidad en el túnel.

Al tratarse de un detector óptico, el mantenimiento se limita a una limpieza anual de las lentes.

Además de los requisitos mínimos que se resumen en:

- Rango de 0 a 15 10⁻³ m⁻¹.
- Error inferior al 2%.
- Tiempo de respuesta inferior a 60 s.
- Índice de protección superior o igual a IP65.

Los equipos cumplirán las siguientes características mínimas:

- Salidas analógicas 2 x 4-20 mA.
- Consumo de potencia: 20 W típico, 45 W máx.
- Temperatura de trabajo de -30 °C a +60 °C.

11.1.3 UBICACIÓN

Se colocan opacímetros a la altura de los dos postes SOS del interior del túnel. A continuación, se presenta la ubicación de cada equipo:

Opacímetro	P.K.	Séntido
OPA-001	0+535	Etxebarria
OPA-002	0+650	Etxebarria

Los opacímetros se instalarán aproximadamente a 3,5 m de altura y se alimentan desde el Poste SOS más cercano.

11.2 DETECTORES DE CO

El monóxido de carbono (CO) es un gas venenoso, inodoro e incoloro, producto de la combustión incompleta de los combustibles fósiles, en este caso concreto de la gasolina. Este gas es muy peligroso al ser respirado incluso en pequeñas cantidades, por ello hay que realizar un control preciso de la concentración del mismo en el aire.

11.2.1 REQUISITOS MÍNIMOS

De acuerdo con lo que indica el DFST:

- Rango de medida: El sensor analizará la concentración de CO en el aire y muestra el resultado de dicha concentración en partes por millón (ppm). El rango necesario mínimo será de 0 a 300 ppm.
- Precisión: El error de la medida debería ser inferior al 1% a final de escala y la resolución de 0,5 ppm.
- Tiempo de respuesta: El sensor debe realizar la medida y dar el resultado en menos de 40 segundos.
- Índice de protección: Se recomienda que el índice de protección sea como mínimo IP65.

11.2.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Los sensores de CO electroquímicos permiten el cumplimiento de los requisitos indicados en el DFST, con un coste reducido comparado con el que se obtendría mediante el empleo de otras tecnologías como la óptica.

Los sensores electroquímicos de CO son equipos que generan cambios específicos de potencial o corriente eléctrica como consecuencia de la presencia de CO que interactúa con ellos.

Además de los requisitos mínimos que se resumen en:

- Rango de 0 - 300 ppm.
- Error inferior al 1%.
- Resolución de 0,5 ppm.
- Tiempo de respuesta inferior a 40 s.
- Índice de protección superior o igual a IP65.

Los equipos cumplirán las siguientes características mínimas:

- Lineal en toda la escala.
- Salida analógica: 4-20 mA.
- Alimentación de 10 V a 35 V DC.
- Consumo: 21 mA máx.
- Presión atmosférica de $\pm 10\%$.
- Temperatura de trabajo de -20 °C a +50 °C.

11.2.3 UBICACIÓN

El criterio que se ha seguido a la hora de ubicar los detectores de CO es el mismo que se ha seguido con los opacímetros, ubicándolos a la altura de los postes SOS.

Detector CO	P.K.	Sentido
DCO-001	0+535	Etxebarria
DCO-002	0+650	Etxebarria

La altura a la que se instalarán será de unos 1,5 m aproximadamente. Se alimentan desde el Poste SOS más cercano.

11.3 DETECTORES DE NO2

La legislación cada vez es más exigente con la emisión de humos, lo que provoca mejores acabados de los motores. La incorporación de catalizadores que mejoran la combustión han hecho disminuir sensiblemente las emisiones de CO. Esto provoca, que otros gases, que históricamente no se discriminaban en el control de ventilación por tener unas concentraciones muy inferiores al CO, puedan ser tenidas en cuenta actualmente para el control de la ventilación.

Es el caso de los nitróxidos (NOx) que pueden producir somnolencia, ataques de alergia y que, al igual que el CO, son tóxicos. La concentración necesaria para producir efectos a los usuarios varía en gran medida por la sensibilidad de las personas, de este modo un asmático reaccionará a concentraciones de nitróxido 10 veces menores de las de un usuario que no sufra de este tipo de problemas.

Dentro de los nitróxidos, el gas peligroso y que se recomienda tener controlado es el NO2. Se entiende por NOx la suma del NO y el NO2. Algunos sensores dan la medida de NOx, hay que tener en cuenta que el ratio NO2/NOx no es constante pero suele ser inferior al 10%. Por ello se recomienda realizar directamente la medida de NO2.

11.3.1 REQUISITOS MÍNIMOS

- Rango de medida: El sensor debe analizar la concentración de NO2 en el aire y mostrar el resultado de dicha concentración en partes por millón (ppm). El DFST recomienda que el rango de medida este entre 0 y 5 ppm.
- Precisión: El DFST indica que el error de la medida debería ser inferior al 1% a final de escala con una resolución mínima de 0,1 ppm.
- Tiempo de respuesta: El sensor debe realizar la medida y dar el resultado en menos de 40 segundos, según indica el DFST.
- Índice de protección: Se recomienda que el índice de protección sea como mínimo IP65.

11.3.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

La detección de concentración de NO2 se realizará también en base a detectores electroquímicos.

Además de los requisitos mínimos que se resumen en:

- Rango de 0-5 ppm.
- Error inferior al 1%.
- Resolución de 0,1 ppm.
- Tiempo de respuesta inferior a 40 s.
- Índice de protección superior o igual a IP65.

Los equipos cumplirán las siguientes características mínimas:

- Lineal en toda la escala.
- Salida analógica: 4-20 mA.
- Alimentación de 10 V a 35 V DC.

- Consumo: 10 mA máx.
- Presión atmosférica de $\pm 10\%$.
- Temperatura de trabajo de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

11.3.3 UBICACIÓN

Al igual que con los equipos anteriores los detectores de NO₂ se situan a la altura de los postes SOS del interior del túnel:

Detector NO ₂	P.K.	Sentido
NO2-001	0+535	Etxebarria
NO2-002	0+650	Etxebarria

Los detectores de NO₂ se instalarán a 1,5 metro de altura y se alimentan desde el Poste SOS más cercano

12 CONTROL Y COMUNICACIONES DE DATOS

El control centralizado permite a los operadores del Centro de Control supervisar, monitorizar y actuar sobre los equipos e instalaciones del túnel que forman los sistemas de seguridad y vigilancia (Alumbrado, Gestión de Tráfico, CCTV y DAI, Sistemas Contra Incendios y Sistemas de Comunicaciones). Al mismo tiempo, el sistema realiza un control de las distintas instalaciones o sistemas que dispongan de alarmas técnicas para tal fin.

El control centralizado tiene por objetivo principal la rápida detección de las emergencias y su inmediato tratamiento con actuación sobre los distintos sistemas. Además del objetivo primordial de la seguridad, el sistema de control centralizado, como encargado de controlar, gestionar y coordinar las instalaciones de vigilancia, control y seguridad de los túneles, tiene como objetivo conseguir las siguientes condiciones:

- Máxima seguridad y comodidad en las condiciones de conducción para el usuario en el tránsito por el túnel, así como para los operadores que realizan la explotación y mantenimiento del mismo.
- Óptimo rendimiento de los dispositivos: seguridad de los equipos, alargamiento de su vida útil, minimización de recursos de energía, reducción de la mano de obra al servicio de la explotación.
- Funcionamiento regular, estable y coordinado de todos los sistemas.

El sistema de control centralizado adquiere los datos e información de los elementos instalados en campo, procesa la información generando las órdenes adecuadas según los algoritmos de control implementados y las transmite a los elementos de campo.

Los datos e información obtenidos de los equipos de campo son transmitidos al Centro de Control, donde se muestra el estado actual de los túneles y de sus instalaciones, y se realizan actuaciones sobre los distintos sistemas. Estas actuaciones se transmiten a los equipos situados en campo. De esta forma, el sistema de control centralizado realiza las siguientes tareas:

- La adquisición de la información y datos generados por los equipos instalados en campo. Entre estos datos se encuentran tanto las medidas realizadas por los sensores como las alarmas técnicas del estado de funcionamiento de los equipos y sistemas de campo.
- La transmisión de todas las medidas y alarmas técnicas desde cada uno de los equipos de campo hasta el Centro de Control.
- Procesado de toda la información procedente de los diferentes sensores, mostrando la información del estado de la red viaria en tiempo real, y permitiendo el acceso a toda la información proporcionada por los sistemas de seguridad y vigilancia.
- Detección de incidentes a partir de las medidas y alarmas generadas por los sensores. Ejecución de acciones en función de estos incidentes.
- Transmisión de órdenes a los equipos y sensores instalados en el túnel y sus accesos, bien manualmente o a partir de estrategias de actuación programadas.
- Registro de históricos y posterior consulta.

El sistema de control centralizado deberá interactuar con el resto de sistemas de seguridad y vigilancia, gestionándolos de forma conjunta para controlar cada túnel como una sola unidad, de forma que los datos suministrados por un sistema permitan actuar de forma automática sobre cualquier otro sistema implicado.

El sistema de control centralizado debe permitir a los operadores del centro de control:

- Obtener y mostrar el estado de funcionamiento en tiempo real de todos los dispositivos de campo de los distintos sistemas.
- Actuar de forma automática, semiautomática (con confirmación del operador del centro de control) y/o manual sobre los dispositivos instalados a tal fin.

12.1 ARQUITECTURA DE CONTROL

La arquitectura del control se basa en un Sistema de Lógica Distribuida con Control Centralizado, en el que la lógica de control (algoritmos de control) de los sistemas se encuentran integradas en los PLC redundados

de gestión del túnel, que disponen de capacidad de control para gestionar de forma local los distintos sistemas y equipos de campo que se encuentran instalados en la autopista y en el interior de los túneles. El control es centralizado ya que los algoritmos de control de los sistemas de seguridad y vigilancia son modificables desde el Centro de Control desde donde se transmiten a las remotas.

El Sistema de Gestión Centralizada de la autopista se diseñará de forma que se garantice la integración de todos los sistemas, con una inteligencia distribuida, redundante y resistente a fallos.

Presentará una arquitectura dividida en tres niveles, según el siguiente modelo:

- Nivel 0 o Red de Control en campo. Es la encargada de la adquisición de la información y datos generados por los equipos instalados en el túnel y sus accesos, y de transmitir las órdenes desde el Centro de Control hasta los equipos instalados en campo.
- Nivel 1. Su labor principal es la de servir de concentrador de físico de los equipos locales y de menor inteligencia (elementos de señalización, control de gálibo, barreras, estaciones de tráfico,...), además de realizar la función de soporte de las comunicaciones de nivel superior. En este nivel se encuentran las estaciones remotas universales, tanto de túnel como exteriores.
- Nivel 2 o Nivel de Centro de Control. En este nivel se encuentran los puestos de operación del Centro de Control, los cuales dispondrán de una aplicación de gestión mediante la cual podrán visualizar el estado de todos los elementos de campo y en caso necesario actuar sobre los mismos. En este nivel se encuentran también todos los procedimientos y planes de mantenimiento y actuación necesarios para la gestión de la autopista.

12.2 NIVEL 0: NIVEL DE CAMPO

El Nivel de Campo es el nivel más bajo del Sistema de Gestión Centralizada. En este nivel se lleva a cabo el conexionado de los equipos de campo con las unidades de entradas y salidas que permiten su comunicación con los niveles superiores del Sistema de Gestión.

Como equipos concentradores de señales y para la transmisión de órdenes desde el Centro de Control se plantea la utilización de Cabeceras Distribuidas o autómatas programables, estando cada una de ellas formada por:

- Módulos de entradas analógicas.
- Módulos de entradas digitales.
- Módulos de salidas digitales.
- Módulo controlador de red Ethernet.
- Módulo de conexiones serie RS-232/RS-485.

- Módulo de final de línea.
- Fuente de alimentación.
- Bornero para realizar el conexionado de las señales entre los equipos de campo y la UPD.
- Módulos de protección contra sobretensiones (aisladores galvánicos) para entradas analógicas.
- Relés auxiliares para salidas digitales.

En el túnel de Markina se instalarán cinco Unidades de Periferia Distribuida (UPD). En la tabla siguiente se indica la nomenclatura y la ubicación de cada una de ellas.

UPD	Ubicación
UPD-001	Cuarto Técnico
UPD-002	Interior de postes SOS-003M
UPD-003	Interior de postes SOS-004M
UPD-004	Armario exterior de la boca Oeste
UPD-005	Armario exterior rotonda Oeste

El conexionado entre las Unidades de Periferia y los equipos de campo asociados se realizará con cable de pares de Ø 0,91 mm. Cada Unidad de Periferia se conectará mediante cable de par trenzado de pantalla global (SFTP) de categoría 6, con un switch industrial Gigabit Ethernet de campo, para su integración en la red de comunicaciones multiservicio. Este elemento se explicará en mayor detalle en el Nivel de Control y Comunicaciones.

12.2.1 SEÑALES A CONTROLAR PARA CADA SISTEMA

El Sistema de Gestión Centralizada controlará diferentes señales de cada uno de los sistemas instalados en la autopista, para poder realizar en tiempo real las tareas de monitorización y de actuación. En este apartado se incluye a continuación una descripción general de las mismas.

Sistema de Energía eléctrica

El Sistema de Energía proporciona alimentación eléctrica a todos los equipos instalados en la autopista. Los elementos que se controlarán mediante el Sistema de Gestión Centralizada dependerán en gran medida del diseño final del Sistema de Energía. Como primera aproximación, se deberán monitorizar al menos las siguientes señales:

- Señales de estado de las celdas de media tensión.
- Señales de estado de los Cuadros Generales de Baja Tensión.

- Señales de estado de los Cuadros de Distribución para la energización del equipamiento de campo.
- Señales de estado de los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI).
- Señales de estado de los Grupos Electrógenos (GE).

Sistema de Alumbrado

El Sistema de Alumbrado garantizará en todo momento una visibilidad adecuada en el interior de los túneles y en los tramos a cielo abierto de la autopista. Desde el Sistema de Gestión Centralizada se controlarán las siguientes señales asociadas al mismo:

- Medida de luminancímetros y luxómetros. Conexión de tipo analógico 4-20 mA con las Cabeceras Distribuidas.
- Telecontrol de cada uno de los circuitos de alumbrado (Mediante el Sistema de Gestión Centralizada se activará/desactivará el modo de alumbrado correspondiente y se monitorizará el activo en cada momento. Para ello, existirán conexiones de tipo digital (contacto NA/NC) entre las Cabeceras Distribuidas y los interruptores de control correspondientes):
 - Alumbrado en modo permanente
 - Alumbrado modo nublado
 - Alumbrado modo pleno sol
- Regulación flujo alumbrado permanente (DALI)
- Gestión del alumbrado de guiado de emergencia

Sistema de Detección de incendios

Para detectar los incendios se proyectan los siguientes equipos:

- Detección mediante procesado de imágenes de las cámaras instaladas a lo largo del interior del túnel.
- Pulsadores manuales de alarma, a lo largo del túnel junto a postes SOS y en los locales técnicos. Estos equipos estarán conectados al lazo de la central de detección de incendios.
- Detectores ópticos de humos en los locales técnicos. Estos equipos estarán conectados al lazo de la central de detección de incendios.

El estado de todos los equipos se debe monitorizar por el Centro de Control. Aquellos que estén conectados a la central de incendios, se conectarán al bus de comunicaciones del túnel a través de las nodos de comunicación correspondientes. Las señales mínimas que se reportarán al Centro de Control y que aparecerán en la aplicación gráfica para los operadores serán:

- Identificación del equipo en alarma o avería, apareciendo el Código alfanumérico (que aparece en los planos) correspondiente que le identifique.

- Estado de avería de la central de incendios.
- Estado de la central de incendios: funcionamiento normal, mantenimiento, etc.

En el caso de la detección lineal, los equipos estarán conectadas a las cabeceras de distribución. Los estados a recoger serán los siguientes:

- Zona de incendios en prealarma o alarma.
- Equipo en avería o funcionamiento normal

Sistema de Protección Contra Incendios

Con respecto a los extintores, se monitorizarán la siguiente señal:

- Apertura del armario donde se encuentra el extintor.
- Retirada de extintor.

Sistema de Extinción Automática por Agente Gaseoso (SEAG)

El local técnico, la sala de alta tensión, la sala de baja tensión, la sala de electrónica y las salas donde se sitúan los trafos estarán protegidas mediante extinción automática por gas.

Se proyecta la monitorización de las puertas de acceso a los locales técnicos mediante contactos magnéticos. Solamente estas señales se recogerán mediante las Cabeceras Distribuidas. A continuación, se muestran la situación de los contactos magnéticos:

- Puerta de acceso a sala del grupo eléctrico.
- Puerta de acceso a Trafo.
- Puerta de acceso a sala de alta tensión.
- Puerta de acceso a sala de baja tensión.
- Puerta de acceso a sala de electrónica.

La sala de alta tensión y los dos trafos estarán protegidos por un SEAG. La detección de incendios se realizará mediante una serie de detectores ópticos de humos convencionales conectados a la central de extinción que gobierna el sistema.

La sala de baja tensión y la sala de electrónica estará protegida por otro SEAG. La detección de incendios se realizará mediante un sistema ASD el cual estará conectado a la central de extinción que gobierna el sistema.

La monitorización por el Centro de Control del SEAG, de ambos sistemas y de las compuertas cortafuegos, es imprescindible. Esta monitorización se hará a través de la central de detección de incendios y no a través de las cabeceras distribuidas.

Para ello existirán módulos monitor conexicionados al lazo de detección para recoger diferentes señales y módulos monitor para dar diferentes órdenes (proporcionadas por la central de incendios). A continuación, se muestra el listado de señales a monitorizar en la aplicación gráfica del Centro de Control y a suministrar por la central general de detección de incendios.

- Señales con respecto al sistema ASD: Avería general del sistema ASD.
- Señales con respecto a la fuente de alimentación que alimenta a la central de extinción para activar la solenoide.
 - Avería general de la fuente de alimentación. SEAG sala de alta y trafos.
 - Avería general de la fuente de alimentación. SEAG sala de baja y electrónica.
- Señales del sistema de pesaje para avisar de la pérdida de gas en los cilindros de la batería:
 - Aviso pérdida de gas. SEAG sala de alta y trafos.
 - Aviso pérdida de gas. SEAG sala de baja y electrónica.
- Señales a recoger desde cada central de extinción. En el Centro de Control aparecerá indicado a que SEAG se refiere:
 - Avería general.
 - Fallo.
 - Modo manual.
 - Modo automático.
 - Extinción anulada.
 - Sistema de extinción pre-activado.
 - Sistema de extinción activado.

Sistemas de señalización dinámica

El Sistema de Señalización Dinámica proporciona de forma inmediata información a los usuarios de la autopista, por lo que resulta vital su control desde los Centros de Control.

A continuación, se indican los elementos que se controlarán mediante el Sistema de Gestión Centralizada, así como el tipo de señal asociada a cada uno de ellos:

- Señales Aspa/Flecha. Conexión de tipo digital (contacto NA/NC) con las Cabeceras Distribuidas.
- Señales Control de Velocidad. Conexión de tipo digital (contacto NA/NC) con las Cabeceras Distribuidas.

- Paneles de Mensaje Variable exteriores (3 líneas y 2 gráficos) e interiores (2 líneas y un gráfico). Conexión de tipo serie RS-485 con las Cabeceras Distribuidas más próximas.
- Semáforos rojo/rojo de dos focos de las barreras de acceso a los túneles. Conexiones de tipo salidas digitales con relé.
- Semáforos RAV de tres focos. Conexiones de tipo salidas digitales con relé.
- Barreras de acceso a los túneles (contacto NA/NC) con las Cabeceras Distribuidas

Sistemas de Detección, Clasificación y Conteo de Vehículos

El Sistema de Detección, Clasificación y Conteo de vehículos tiene como objetivo medir el estado del tráfico en cada instante. Las Estaciones de Toma de Datos que lo conforman tendrán comunicación con los Centros de Control, para permitir la visualización desde el mismo de la información de intensidad del tráfico, tipos de vehículos, velocidad media, etc. Esta comunicación será sobre protocolo serie RS-485 con las Cabeceras Distribuidas o con las Estaciones Remotas.

Sistema de Postes SOS

El Sistema de Poste SOS permitirá la comunicación entre cualquier usuario de la autopista que requiera ayuda y los Centros de Control. Además de la comunicación de voz entre cada poste SOS y los puestos de operación, en los Centros de Control se monitorizará el estado de cada puerta de armario de poste SOS (abierta/cerrada). Para ello, existirá una comunicación de tipo digital (contacto NA/NC) entre cada armario de poste SOS, tanto de exterior como de interior de túnel, y la cabecera distribuida a la cual esté asociado.

12.3 NIVEL 1: NIVEL DE CONTROL Y COMUNICACIONES

El Nivel de Control y Comunicaciones estará formado por dos elementos fundamentales:

- Controlador Lógico Programable (PLC) redundante
- Red de comunicaciones IP multiservicio

12.3.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) REDUNDANTE

Los Controladores Lógico Programables (PLCs) redundantes será el elemento fundamental del Sistema de Gestión Centralizada. Su función principal es actuar como interfaz entre los equipos de campo y el Centro de Control, para lo cual desempeñará dos tareas:

- Recibirá la información recogida por los elementos del Nivel de Campo, la almacenan temporalmente y la transmiten al Nivel de Supervisión para su procesado.

- Transmiten las órdenes de actuación (arranque, paro, cambio de estado, etc.) desde el Nivel de Supervisión hasta los equipos del Nivel de Campo.

El túnel de Markina dispondrá de una PLC redundante, formando un sistema redundante de alta disponibilidad y para ello dispondrán de:

- Doble CPU en modo redundante.
- Doble fuente de alimentación.
- Doble conexión de fibra entre las CPU redundantes (sincronización entre CPU redundante con doble CPU).
- Doble conexión Ethernet hacia el centro de control, vía sistema procesador dedicado Ethernet/modbus TCP o similar en el controlador.

12.3.2 RED DE COMUNICACIONES MULTISERVICIO

Para permitir el intercambio de información entre los diferentes elementos del Sistema de Gestión Centralizada en el túnel se instalará una red de comunicaciones IP multiservicio, que deberá cumplir dos principios fundamentales:

- Será una red robusta, de forma que existirá redundancia de caminos de acceso a cada uno de los nodos que la conforman. De esta forma se garantiza que el fallo en uno de los equipos de comunicaciones no impide el acceso al resto de elementos de la red.
- Proporcionará un ancho de banda suficiente para permitir la correcta transmisión de toda la información entre los equipos de campo y los Centro de Transformación, y entre éstos y el Centro de Control.

Habrà que distinguir entre dos tipos de redes:

- Red de comunicaciones IP multiservicio 1 Gigabit Ethernet, que permitirá la transmisión de información entre los equipos de campo con los locales técnicos.
- Red de comunicaciones entre el túnel y el Centro de Control MKZ compuesta de dos etapas: radioenlace hasta el túnel de Uretamendi y canalización por medio de la red de fibra óptica 10 Gigabit Ethernet existente entre Uretamendi y MKZ.

Red de comunicaciones multiservicio del túnel

El medio físico que se empleará para la red de comunicaciones multiservicio será un cable PESP-R de 32 fibras ópticas monomodo. Se tenderá por uno de los tubos de Ø 50 mm de la canalización prevista en el túnel. Esta red de 32 fibras se conectará con el centro de transformación, en el resto de los puntos del túnel

donde es necesario el acceso mediante fibra óptica se realizará una segregación de fibras directamente en arqueta. Para ello, en la misma se colocará una caja estanca de empalmes de fibra, desde la cual se realizará la acometida mediante un cable auxiliar de 6 FO monomodo.

La red de comunicaciones multiservicio IP de Túnel será una red Gigabit Ethernet (1000 Mbps) y tendrá una configuración en anillo proporcionando que todos los elementos de la misma dispongan de doble camino de acceso físico.

La comunicación entre los Controladores Lógicos Programables (PLCs) y las Unidades de Periferia Distribuida se basará en la utilización de protocolos de bus de campo sobre TCP/IP como Modbus/TCP o Profinet. La red de comunicaciones multiservicio con topología en anillo dispondrá de los siguientes nodos o Switches Industriales Gigabit Ethernet:

- Un switch para la red de distribución en el cuarto técnico:
 - 2 puertos Gigabit SFP sobre fibra óptica monomodo con transceptores LX/LC, para conexión con la red de comunicaciones multiservicio en anillo.
 - 16 puertos 10Base-T/100Base-Tx/1000Base-T para la conexión con los equipos locales del emplazamiento.
- Cinco switches industriales para la red de acceso:
 - 2 puertos Gigabit SFP sobre fibra óptica monomodo con transceptores LX/LC, para conexión con la red de comunicaciones multiservicio en anillo.
 - 8 puertos 10Base-T/100Base-Tx/1000Base-T para la conexión con los equipos locales del emplazamiento.

En la tabla siguiente se muestra la ubicación exacta de los equipos:

Ubicación	Código equipo	Tipo Switch
Cuarto técnico	SAT-001	2 puertos Gigabit SFP+ 16 puertos 10Base-T/100Base-Tx/1000Base-T
	SAT-002	2 puertos Gigabit SFP+ 8 puertos 10Base-T/100Base-Tx/1000Base-T
Armario SOS-002M	SAT-003	2 puertos Gigabit SFP+ 8 puertos 10Base-T/100Base-Tx/1000Base-T
Armario SOS-003M	SAT-004	2 puertos Gigabit SFP+ 8 puertos 10Base-T/100Base-Tx/1000Base-T
Armario exterior boca Este	SAT-005	2 puertos Gigabit SFP+ 8 puertos 10Base-T/100Base-Tx/1000Base-T
Armario exterior rotonda Este	SAT-006	2 puertos Gigabit SFP+ 8 puertos 10Base-T/100Base-Tx/1000Base-T

12.4 NIVEL 2: NIVEL DE CENTRO DE CONTROL

El Nivel de centro de control cuenta con el equipamiento necesario para realizar la monitorización y control de los sistemas del túnel. Este equipamiento se conectará a la red local existente en el Centro de Control.

- Nodo Troncal, que será el SAT-01 en el Centro de Transformación.
- Dos PLC uno en el Centro de Transformación y otro en el armario de la rotonda Este:
 - Dos (2) chasis modulares y con dos fuentes de alimentación redundantes cada uno de ellos.
 - Dos (2) unidades supervisoras (una por chasis).
 - 1 puerto 10G Ethernet por unidad supervisora.
 - Una (1) tarjeta de 8 puertos Gigabit Ethernet sobre fibra óptica monomodo (una por chasis).
 - Una (1) tarjeta de 24 puertos 10Base-T/100Base-Tx/1000Base (una por chasis).
 - Soporte de los protocolos Spanning Tree (STP), Rapid Spanning Tree (RSTP), SNMP, HTTP y TELNET.

Para la red de comunicaciones con el Centro de Control se dispondrá un nodo Troncal. Para dotar de redundancia a la red de comunicaciones se conectará a los dos PLC de la red de distribución.

Comunicación con el Centro de Control MKZ

La comunicación entre los diferentes equipos del túnel y el Centro de Control de MKZ se realiza a través de dos etapas. En la primera etapa se utiliza un radio enlace por microondas con salto intermedio que

comunica el cuarto técnico de Markina con el del túnel de Uretamendi. En la segunda etapa, se canaliza el tráfico de datos del equipo de radio enlace situado en el túnel de Markina con la red de fibra existente en este túnel que comunica con el Centro de Control.

El radio enlace entre el cuarto técnico del túnel Markina y el de Uretamendi se realiza a través de equipos preparados para la transmisión por microondas compuestos por una unidad FODU (full outdoor unit) y una antena parabólica conectados entre sí por medio de un cable coaxial. Estos equipos estarán preparados para trabajar en la banda de frecuencias licenciadas para uso público. Las características principales de estos equipos son las siguientes:

- Puerto de fibra óptica SFP o puerto de Ethernet.
- Configuración a través de servidor web integrado en el propio equipo.
- Ancho de banda mínimo de 100 Mbps.

Para que sea posible la comunicación por microondas entre ambos túneles es necesario utilizar dos saltos intermedios para de esta forma garantizar visión directa entre antenas. Estos saltos intermedios se situarán en localizaciones de uso público priorizando aquellos puntos con infraestructuras para radiocomunicaciones ya existentes.

La comunicación entre los dos equipos del salto intermedio, el de recepción y el de redireccionamiento, se hará a través de una conexión ethernet con un switch intermedio.

Los equipos situados en las bocas de los túneles se instalarán sobre báculos de 15 metros de altura para de esta forma garantizar una visión directa entre antenas.

La unidad FODU ubicada sobre el túnel de Uretamendi se canalizará sobre la Fibra de acceso de dicho túnel para hacerla comunicar con la red de comunicaciones multiservicio IP de 10 Gigabit Ethernet que comunica el túnel de Uretamendi con el Centro de Control de MKZ

12.4.1 ARQUITECTURA DE CONTROL DE LOS SISTEMAS DE TÚNEL

En el Centro de Control se implantará una arquitectura de control de los túneles de tipo cliente-servidor, con las siguientes características básicas:

- Servidores de gestión centralizada: Los sistemas electromecánicos y de seguridad, vigilancia y control del Túnel de Markina se integrarán en el SCADA que gestionan los túneles de MKZ, que se empleará para la consolidación de toda la información de estado del túnel. Tendrá comunicación:
 - Con los Controladores Lógico Programables (PLCs) redundantes, para recibir la información de estado de los equipos de campo y enviar las órdenes de actuación correspondientes.

- Con los equipos cliente de los puestos de operación existentes en el Centrol de Control de MKZ, en los cuales se presentará en tiempo real la situación de todos los elementos del túnel.
- Servidor DAI: El sistema DAI diseñado en el Túnel de Markina se integrará en el servidor DAI y en SCADA existentes en el Centro de Control de MKZ.
- Videograbadores: En la actualizad en el Centro de Control de MKZ existe una red de videograbadores en los que se almacena las imágenes captadas en todos los túneles. En sistema CCTV del túnel de Markina se almacenará en nuevos videograbadores compatible con los existentes.
- VideoWall: Las imágenes del Túnel de Markina se visualizarán en el Videowall existente en el Centro de Control de MKZ.

12.4.2 APLICACIÓN DE GESTIÓN CENTRALIZADA

El Túnel de Markina se integrará en la aplicación de gestión centralizada existente (TrafikOA) en el Centro de Control de MKZ, que proporcionará las siguientes funcionalidades:

- Permitirá monitorizar en tiempo real y controlar remotamente todos los equipos y sistemas instalados en el túnel.
- Gestión de Eventos, Incidencias y Alarmas.
- Permitirá además visualizar en una tabla en tiempo real las diferentes incidencias y alarmas que se van produciendo.
- Creación y grabación de protocolos de actuación (apertura/cierre de carriles, señalización dinámica, señalización de incidentes/accidentes, informaciones varias, actuaciones sobre los sistemas de ventilación e iluminación, etc.) mediante sistemas automatizados en base a los datos obtenidos por los equipos de campo. Dichos planes podrán ser creados y ejecutados manualmente por parte de los operadores o bien automáticamente por el propio sistema.
- Herramientas para la generación de informes, realización de consultas sobre base de datos y explotación de históricos.
- Herramientas de administración.

La aplicación cliente proporcionará un entorno gráfico de trabajo con las funcionalidades habituales:

- Menús desplegables y contextuales
- Operación común con ventanas.
- Herramientas de visualización.
- Sinóptico del Túnel (ubicación de todos los equipos del Túnel)
- Sinóptico de locales técnicos

- Para algunos sistemas dispondrá de esquemas específicos, con indicación de estado de los elementos que lo conforman:
 - Sistema de energía: esquemas unifilares del sistema de energía (Media Tensión y Baja Tensión) en el que se muestre el estado (transformadores, grupos electrógenos, interruptores de acoplamiento, SAIs, etc.) de todos los equipos.
 - Red de hidrantes: diagrama general del sistema
 - Grupo de Bombeo. Esquema con el estado de válvulas, bombas y depósitos
 - Sistema de ventilación.
 - Red de comunicaciones: esquema de red

En cuanto a especificaciones técnicas, principalmente, la aplicación existente (TrafikOA) en el Centro de Control de MKZ reúne las siguientes características:

- La aplicación tipo SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Dispone por tanto de un entorno gráfico de usuario a través del cual se podrá llevar a cabo la gestión integral de todos los sistemas instalados.
- Arquitectura cliente/servidor.
- Aplicación abierta, modular y distribuida.

PLANOS

1 - ÍNDICE DE PLANOS	01
----------------------	----

TOTAL DEL GRUPO 01 HOJAS

2 - LOCAL TÉCNICO	
2.1- UBICACIÓN DEL LOCAL TÉCNICO	01
2.2- DETALLE LOCAL TÉCNICO	01

TOTAL DEL GRUPO 02 HOJAS

3 - SEGURIDAD VIGILANCIA Y CONTROL	
3.1- UBICACIÓN DE EQUIPOS EN PLANTA	03
3.2- SEÑALIZACIÓN DINÁMICA. ESQUEMA DE UBICACIÓN Y CONEXIONADO	01
3.3- SISTEMA DE CCTV Y DAI. ESQUEMA DE UBICACIÓN Y CONEXIONADO	01

TOTAL DEL GRUPO 05 HOJAS

4 - SEÑALÉTICA. UBICACIÓN EN PLANTA	01
-------------------------------------	----

TOTAL DEL GRUPO 01 HOJAS

5 - CENTRO DE CONTROL Y SISTEMA DE GESTIÓN CENTRALIZADA	
5.1- PLANO GENERAL DE COMUNICACIONES	01
5.2- ESQUEMA RED DE COMUNICACIONES	01

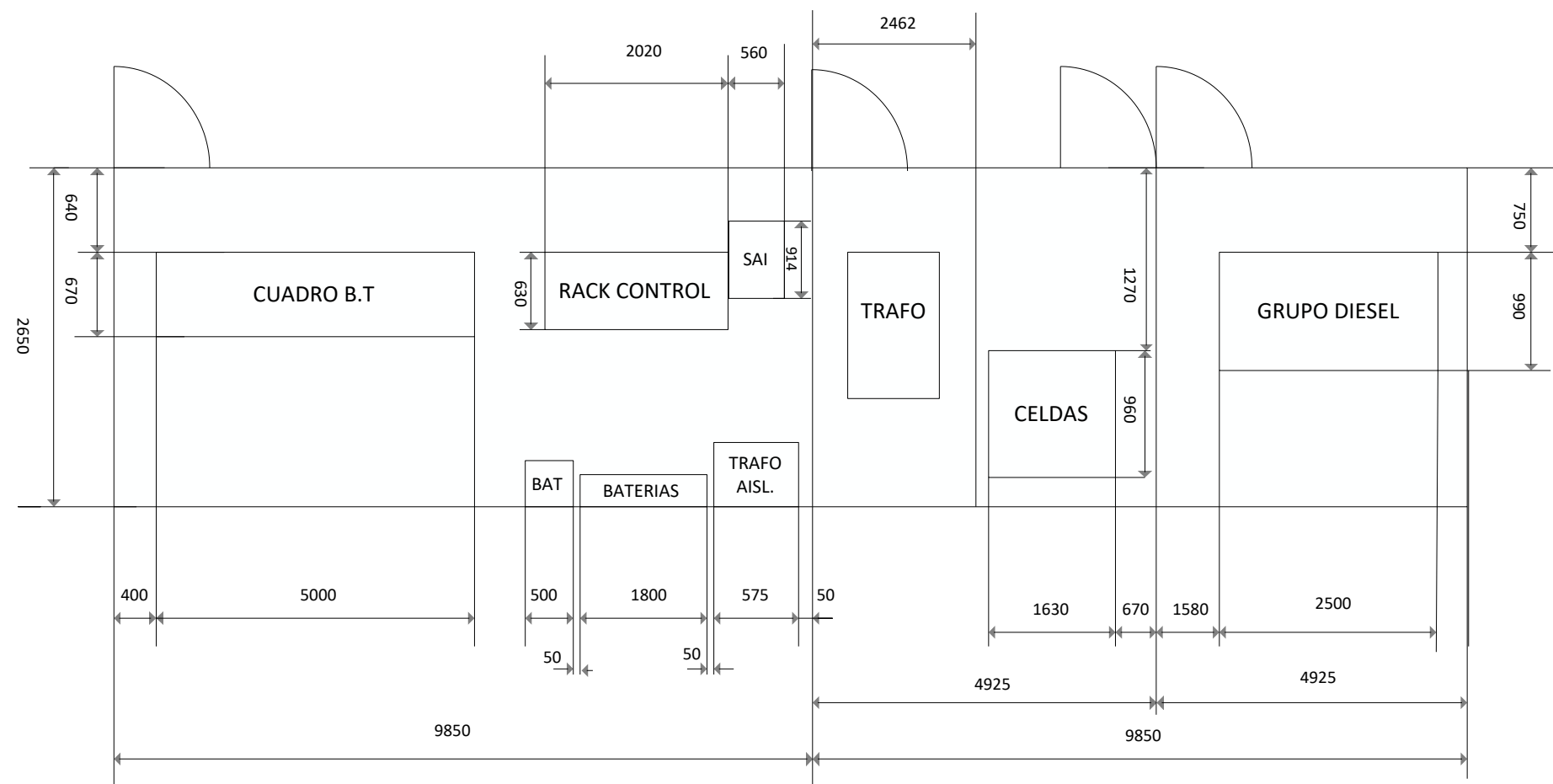
TOTAL DEL GRUPO 02 HOJAS

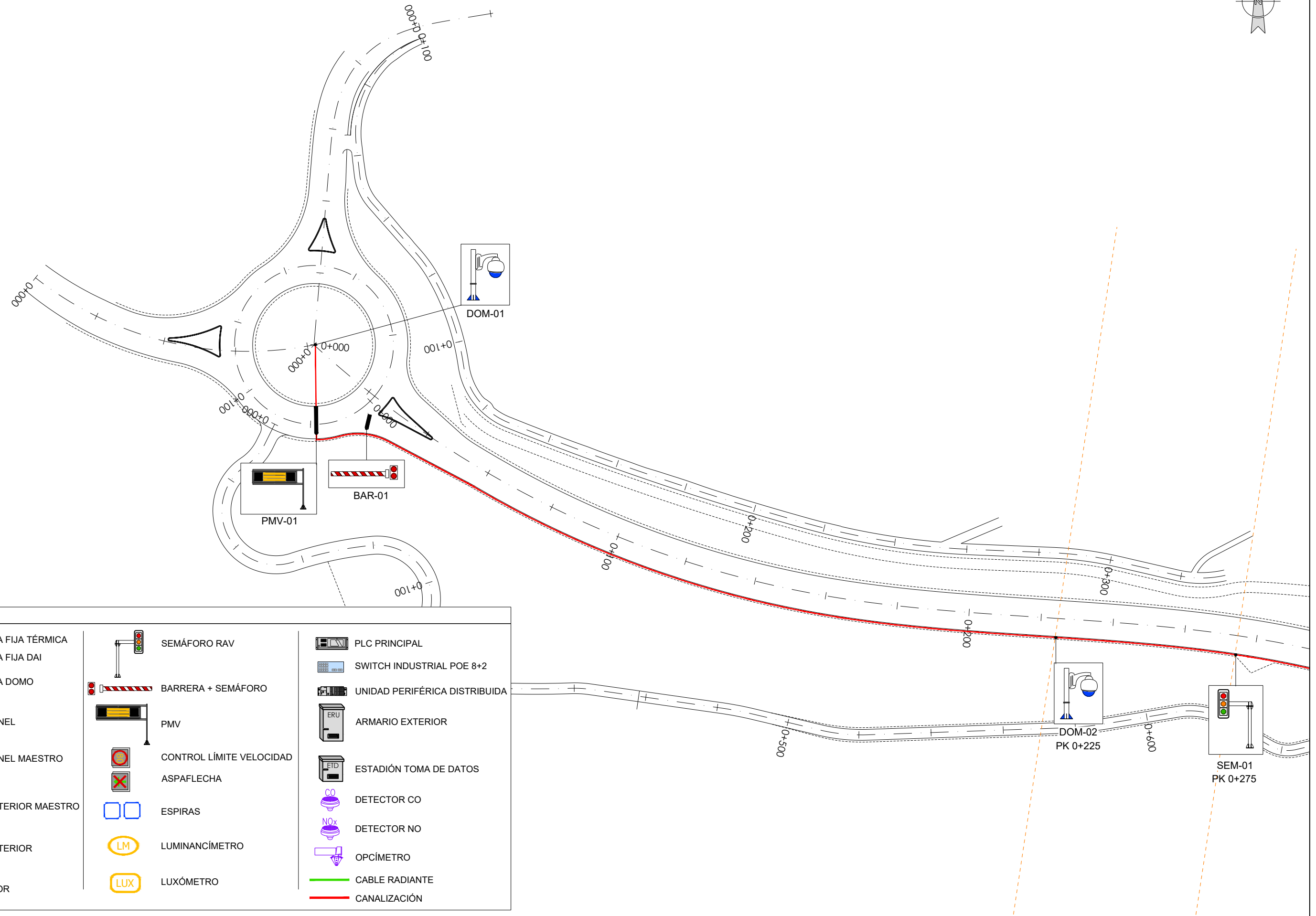
6 - ALUMBRADO	
6.1- DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS EN TÚNEL	01
6.2- DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS EN CIELO ABIERTO	01

TOTAL DEL GRUPO 02 HOJAS

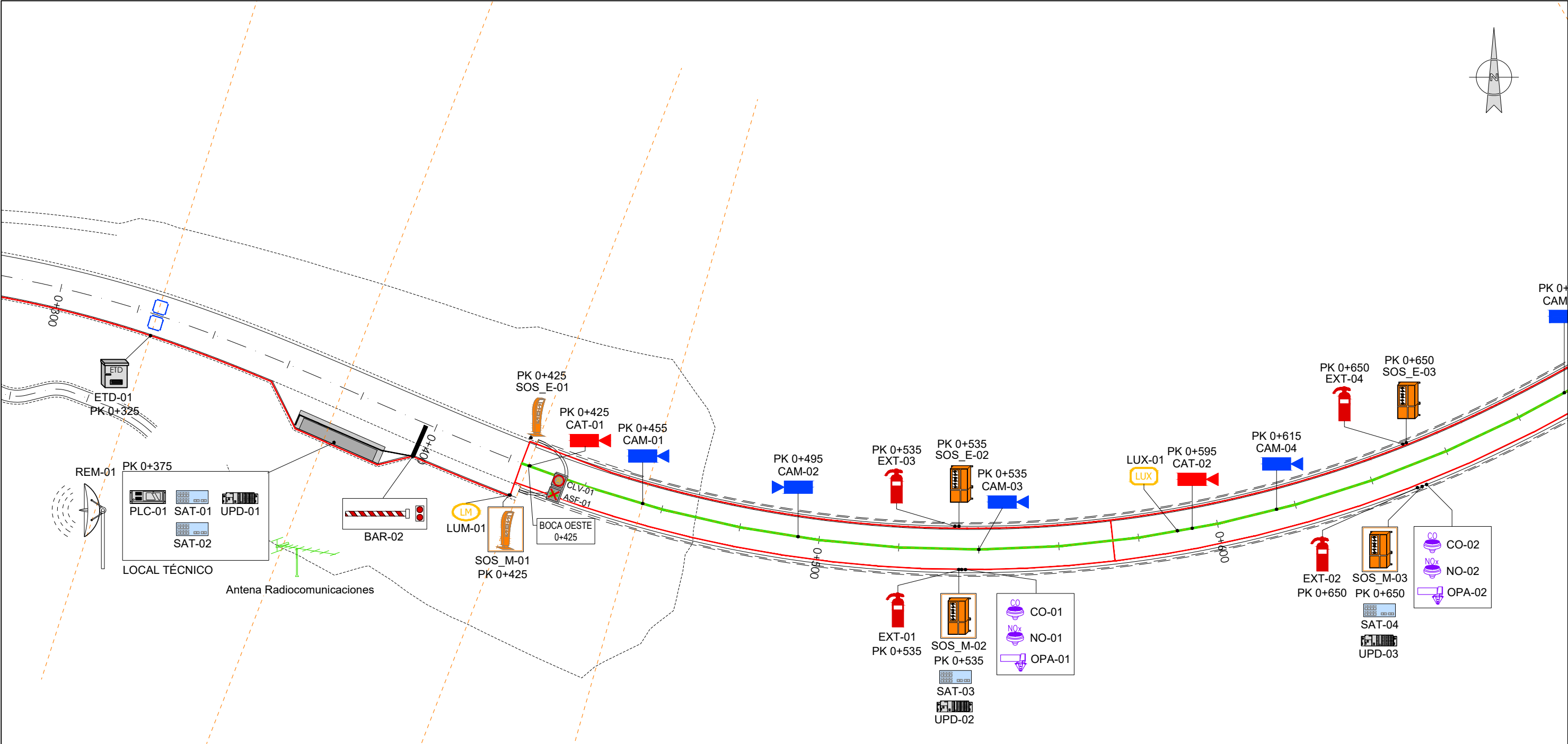




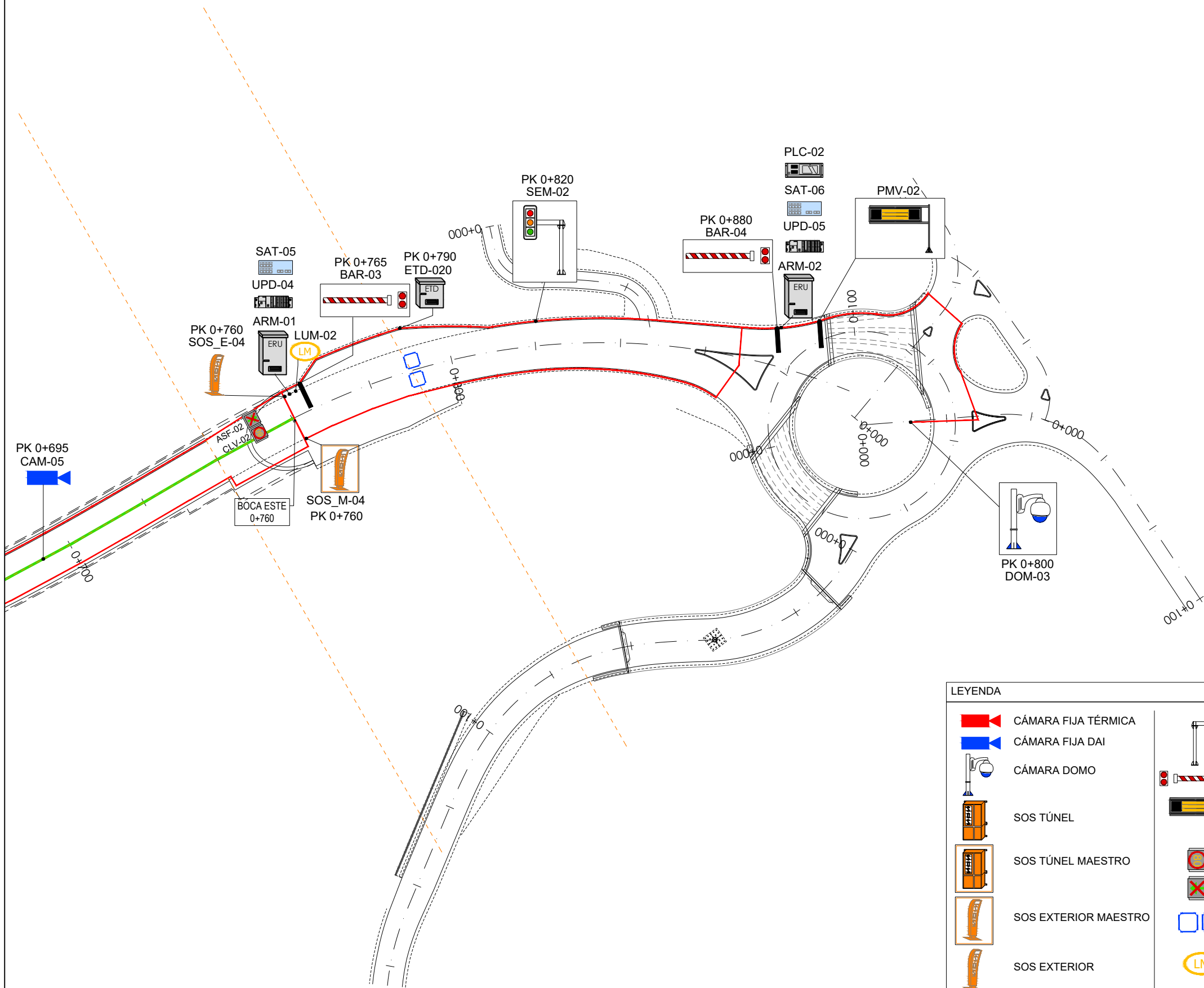
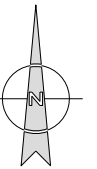




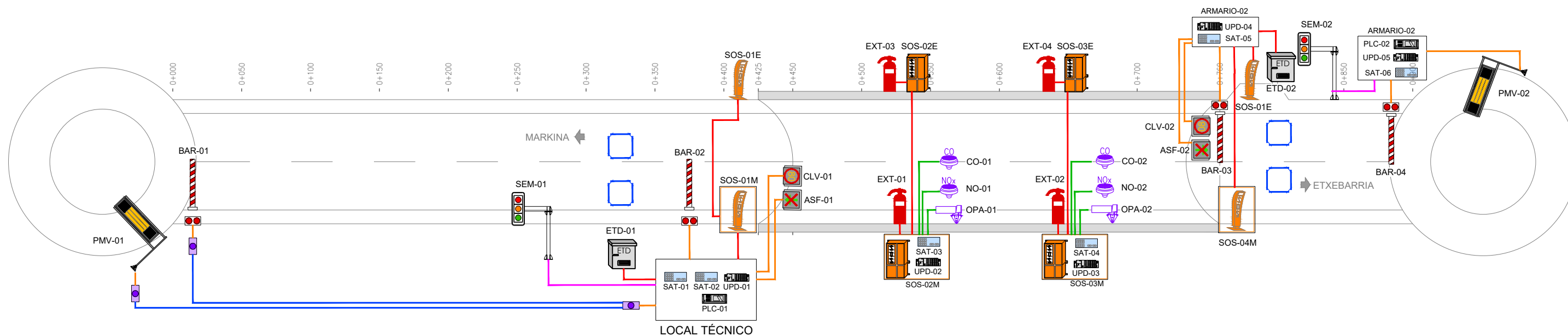
	CÁMARA FIJA TÉRMICA		SEMÁFORO RAV		PLC PRINCIPAL
	CÁMARA FIJA DAI		BARRERA + SEMÁFORO		SWITCH INDUSTRIAL POE 8+2
	CÁMARA DOMO		PMV		UNIDAD PERIFÉRICA DISTRIBUIDA
	SOS TÚNEL		CONTROL LÍMITE VELOCIDAD		ARMARIO EXTERIOR
	SOS TÚNEL MAESTRO		ASPAFLECHA		ESTADIÓN TOMA DE DATOS
	SOS EXTERIOR MAESTRO		ESPIRAS		DETECTOR CO
	SOS EXTERIOR		LUMINANCÍMETRO		DETECTOR NO
	EXTINTOR		LUXÓMETRO		OPCÍMETRO
					CABLE RADIANTE
					CANALIZACIÓN



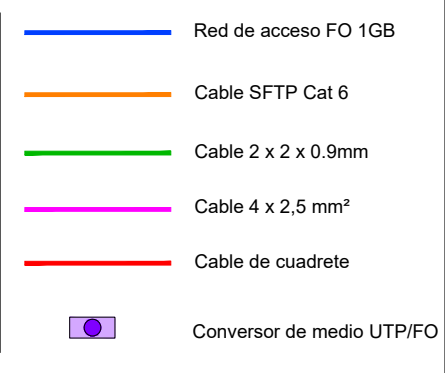
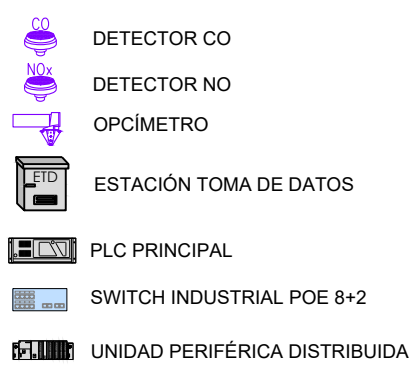
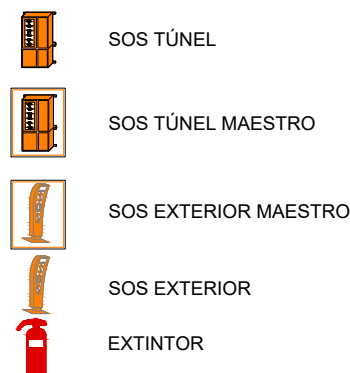
LEYENDA					
	CÁMARA FIJA TÉRMICA		SEMÁFORO RAV		PLC PRINCIPAL
	CÁMARA FIJA DAI		BARRERA + SEMÁFORO		SWITCH INDUSTRIAL POE 8+2
	CÁMARA DOMO		PMV		UNIDAD PERIFÉRICA DISTRIBUIDA
	SOS TÚNEL		CONTROL LÍMITE VELOCIDAD		ARMARIO EXTERIOR
	SOS TÚNEL MAESTRO		ASPAFLECHA		ESTADIÓN TOMA DE DATOS
	SOS EXTERIOR MAESTRO		ESPIRAS		DETECTOR CO
	SOS EXTERIOR		LUMINANCÍMETRO		DETECTOR NO
	EXTINTOR		LUXÓMETRO		OPCÍMETRO
					CABLE RADIANTE
					CANALIZACIÓN

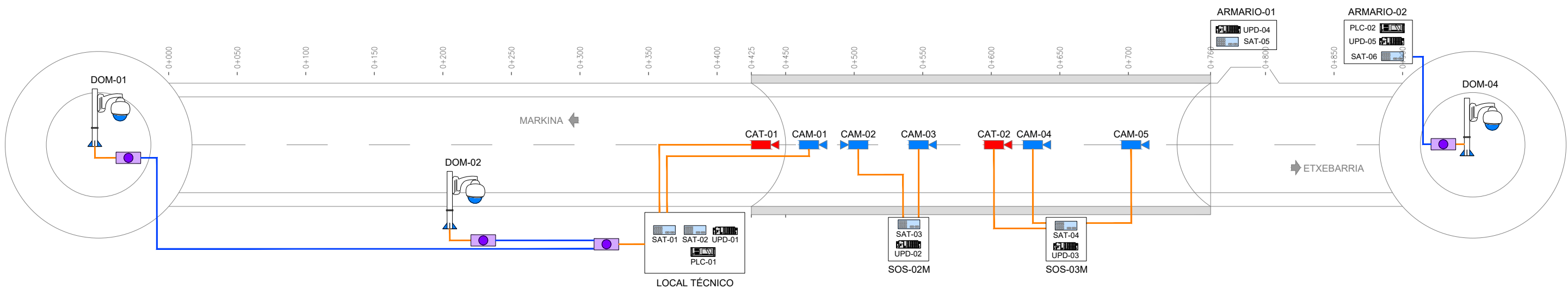


LEYENDA			
	CÁMARA FIJA TÉRMICA		SEMÁFORO RAV
	CÁMARA FIJA DAI		BARRERA + SEMÁFORO
	CÁMARA DOMO		PMV
	SOS TÚNEL		CONTROL LÍMITE VELOCIDAD
	SOS TÚNEL MAESTRO		ASPAFLECHA
	SOS EXTERIOR MAESTRO		ESPIRAS
	SOS EXTERIOR		LUMINANCÍMETRO
	EXTINTOR		LUXÓMETRO
	PLC PRINCIPAL		SWITCH INDUSTRIAL POE 8+2
	UNIDAD PERIFÉRICA DISTRIBUIDA		ARMARIO EXTERIOR
	ESTADIÓN TOMA DE DATOS		DETECTOR CO
	DETECTOR NOx		OPCÍMETRO
	CABLE RADIANTE		CANALIZACIÓN

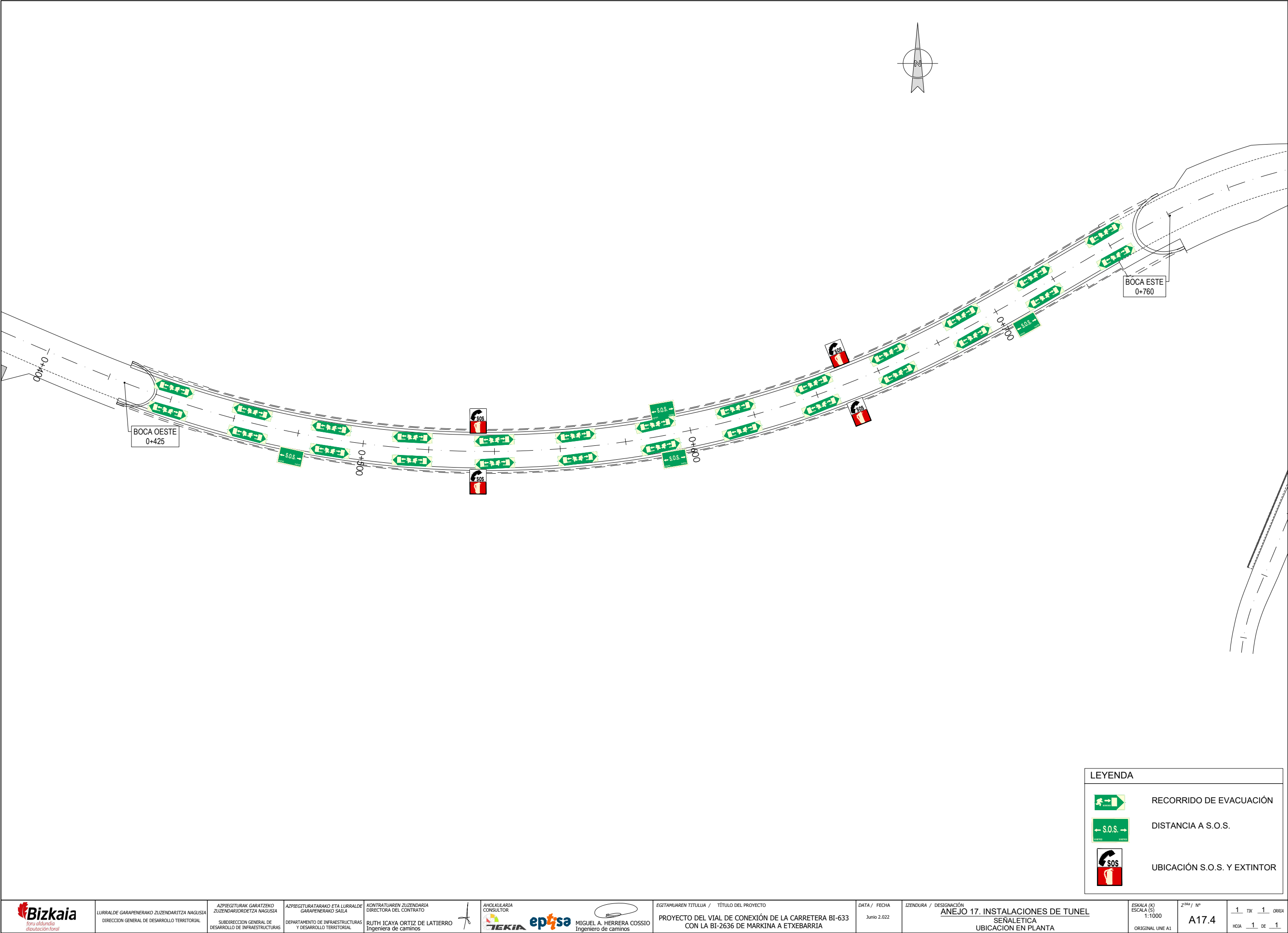


LEYENDA

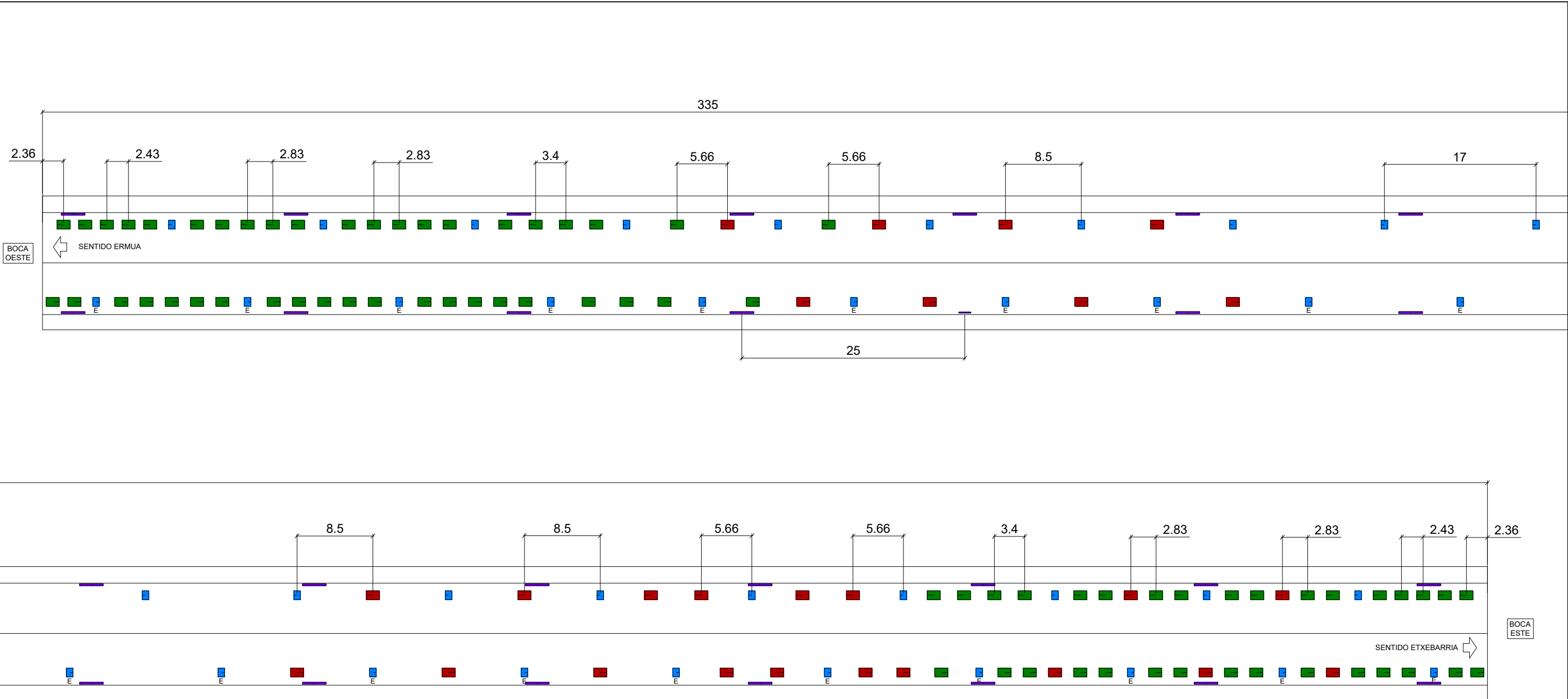




LEYENDA			
	Red de acceso FO 1GB		CÁMARA FIJA TÉRMICA
	Cable SFTP Cat 6		CÁMARA FIJA DAI
	Convertor de medio UTP/FO		CÁMARA DOMO
			SWITCH INDUSTRIAL POE 8+2
			UNIDAD PERIFÉRICA DISTRIBUIDA
			PLC PRINCIPAL



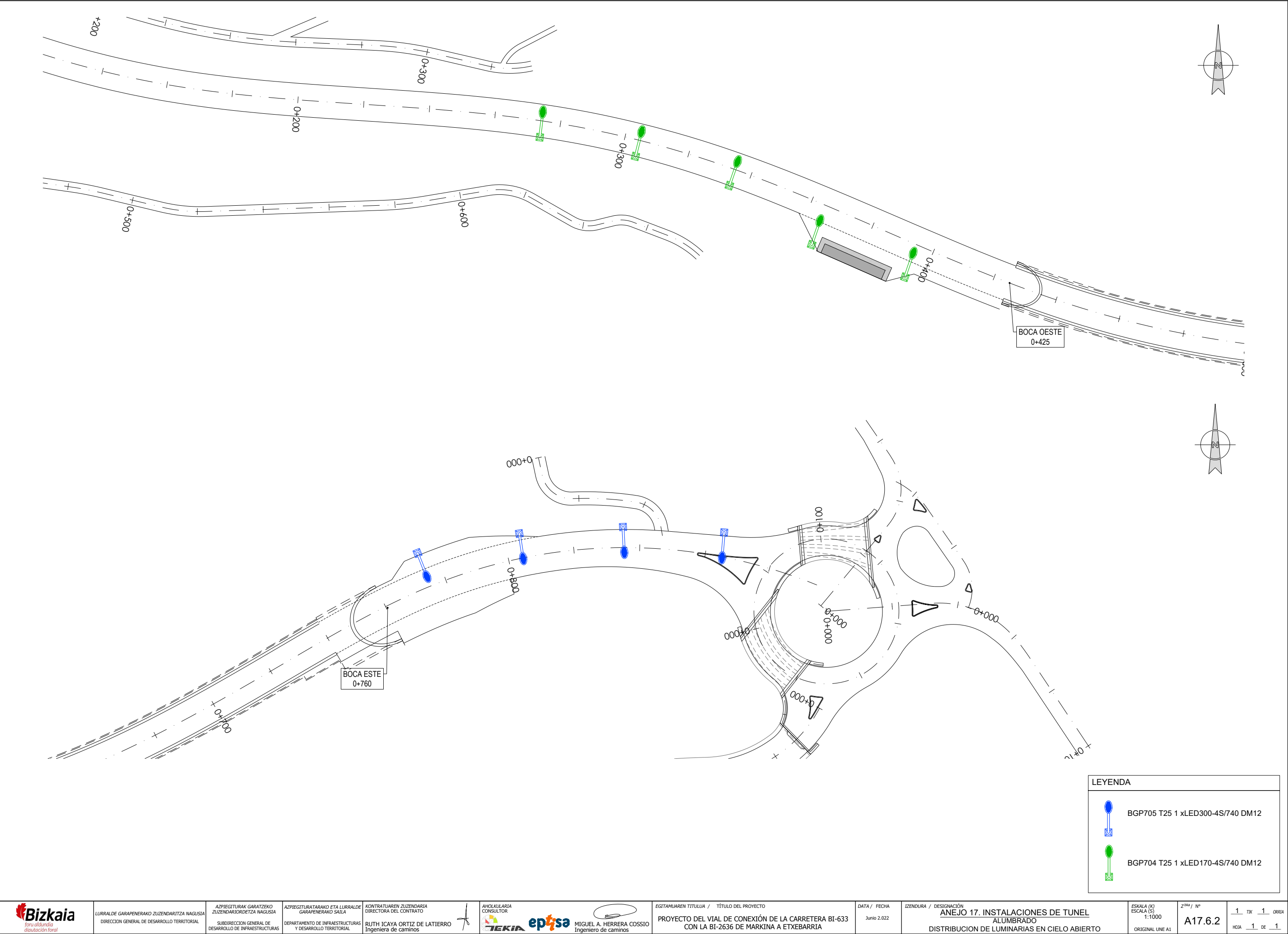




REGULACIONES

SOLEADO	100%	100%	100%	100%
NUBLADO	50%	50%	100%	100%
CREPUSCULAR	25%	25%	100%	100%
NOCHE	0%	0%	100%	100%
NOCHE REDUCIDO	0%	0%	50%	50%
EMERGENCIA	0%	0%	0%	100%

CANTIDAD	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
74		Proyector TubPoint BGP236 T25 DM12 LED520-4S 315W
26		Proyector TubPoint BGP236 T25 DM12 LED360-4S 210W
39		Proyector TubPoint BGP235 T25 DW10 LED90-4S 53W
28		Luminaria estanca Pacific LED WT470C LED 23S/840 WB L1300 16,4W.



LEYENDA	
	BGP705 T25 1 xLED300-4S/740 DM12
	BGP704 T25 1 xLED170-4S/740 DM12

VALORACIÓN ECONÓMICA

AVANCE DE PRESUPUESTO

TÚNEL DE LA VARIANTE DE MARKINA

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE
1	SISTEMA DE ENERGÍA	199.257,44 €
1.1	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	66.342,36€
1.2	CUADROS DE ALUMBRADO Y FUERZA	77.400,00€
1.3	CANALIZACIÓN B.T.	33.675,74€
1.4	REDES DE TIERRA	5.676,50€
1.5	INGENIERIA, DOCUMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA	16.162,84€
2	SISTEMA DE ALUMBRADO	413.201,00 €
2.1	ALUMBRADO INTERIOR	156.200,00€
2.2	ALIMENTACIÓN EQUIPOS ALUMBRADO INTERIOR	150.000,00€
2.3	ALUMBRADO EXTERIOR	34.240,00€
2.4	ALIMENTACIÓN DE EQUIPOS ALUMBRADO EXTERIOR	9.876,00€
2.5	SISTEMA DE CONTROL DE ALUMBRADO	62.885,00€
3	SISTEMA DE SEGURIDAD, VIGILANCIA Y CONTROL	454.494,83 €
3.1	SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN DINAMICA	67.190,86 €
3.2	SISTEMA DE DET. CLAS. Y CONTEO DE VEHÍCULOS	16.128,14 €
3.3	SISTEMA DE CCTV/DAI	63.389,27 €
3.4	SISTEMA DE POSTES SOS	30.211,56
3.5	SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES	179.075,00 €
3.6	ALIMENTACIÓN DE EQUIPOS SVC	98.500,00 €
4	SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	64.354,50 €
4.1	SISTEMA PCI EN TÚNEL	2.067,88 €
4.2	SISTEMA PCI LOCAL TÉCNICO	48.676,62 €
4.3	SEÑALIZACIÓN DE EMERGENCIA	13.610,00 €
5	SISTEMA DE VENTILACIÓN LOCAL TÉCNICO	23.992,64 €
6	SISTEMA DE CONTROL Y COMUNICACIÓN DE DATOS	177.003,64 €
6.1	SISTEMA DE CONTROL Y COMUNICACIÓN EN TUNEL	77.003,64€
6.2	SISTEMA RADIOENLACE	100.000,00€
7	INTEGRACIÓN CENTRO DE CONTROL	186.774,26 €
7.1	EQUIPOS	89.274,26€
7.2	INTEGRACIÓN EN CC MKZ	97.500,00€

8	PRUEBAS Y DOCUMENTACIÓN FIN DE OBRA	122.200,00 €
8.1	PRUEBAS DE CONJUNTO	20.000,00€
8.2	DOCUMENTACIÓN FIN DE OBRA	30.000,00€
8.3	ACTIVIDADES ASEGURAMIENTO DE SEGURIDAD	8.000,00€
8.4	FORMACIÓN SISTEMA PCI	1.200,00€
8.5	FORMACIÓN SISTEMA GESTIÓN DE TRÁFICO	2.000,00€
8.6	FORMACIÓN SVC	4.000,00€
8.7	FORMACIÓN GESTIÓN CENTRALIZADA	12.000,00€
8.8	SIMULACRO	20.000,00€
8.9	MANUAL DE EXPLOTACIÓN	25.000,00€

9	OBRAS COMPLEMENTARIAS	69.448,17 €
----------	------------------------------	--------------------

10	P.P. GESTIÓN DE RESIDUOS	10.264,36 €
-----------	---------------------------------	--------------------

11	P.P. SEGURIDAD Y SALUD	34.214,53 €
-----------	-------------------------------	--------------------

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	1.755.205,37 €
13,00% Gastos generales	228.176,70 €
6% Beneficio industrial	105.312,32 €
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN VA	2.088.694,39 €
21,00% I.V.A.	438.625,82 €
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	2.527.320,21 €