

A CONTINUACIÓN MUESTRO MI PARTICIPACIÓN (MARCADO EN COLOR VERDE) EN LA OFERTA DE SERVICIO DE ASISTENCIA TECNICA DE TEKIA INGENIEROS PARA LA ADECUACIÓN Y AMPLIACIÓN DEL TÚNEL DE LA AVANZADA EN BILBAO.

VALORACION APROXIMADA DE LA PARTE DE INSTALACIONES: 1.000.000 €

VALORACION TOTAL DEL PROYECTO: 2.290.000 €

ENLACE AL BOE.

<http://www.boe.es/boe/dias/2010/08/04/pdfs/BOE-B-2010-28054.pdf>

PLIEGO DE LA OFERTA DESCARGABLE DESDE LA DIPUTACION FORAL DE BIZKAIA

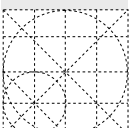
http://www.bizkaia.net/herri_administrazioa/kontratu_publicoak/condetalle.asp?Idioma=CA&expe=2010/016/061/06&nummesacont=06



Bizkaiko Foru Aldundia
Diputación Foral de Bizkaia

Proyecto de construcción de ampliación y adecuación del túnel de La Avanzada y aumento de la capacidad en la BI-637 sentido Getxo-Uribekosta. Tramo Landabarri-Arataza-Bolue.

- Oferta de servicios de Asistencia Técnica de TEKIA.



Índice

1	MEMORIA	4
1.1	GRADO DE ESTUDIO DEL PROYECTO Y DESARROLLO DE ASPECTOS ESPECÍFICOS	4
1.1.1	Criterios para la instalación de rociadores en túneles (Jorge)	4
1.1.2	Criterios para estudios de ventilación (Pendiente-Ismael) ¡Error! Marcador no definido.	
1.1.3	Planeamiento preliminar y justificación de sistemas de seguridad, vigilancia y control (Pendiente-Juan Manuel) ¡Error! Marcador no definido.	
1.1.4	Criterios sobre mercancías peligrosas: metodología, tratamiento, estudios de riesgos, utilización de programas informáticos ¡Error! Marcador no definido.	
1.1.5	Estudio de riesgo (Pendiente-Marciano) ¡Error! Marcador no definido.	
1.1.6	Estudio de Explotación y Mantenimiento (Pendiente-Marciano) ¡Error! Marcador no definido.	
1.2	METODOLOGÍA DE TRABAJO	14
1.2.1	Metodología de estudios de tráfico y microsimulación (Pendiente-Marciano)..... ¡Error! Marcador no definido.	
1.2.2	Metodología de diseño de instalaciones eléctricas (Pendiente- Juan Manuel) ¡Error! Marcador no definido.	
1.2.3	Metodología de estudios de alumbrado (Pendiente-Ismael) ¡Error! Marcador no definido.	
1.2.4	Metodología de estudios de ventilación (Pendiente-Ismael/Jorge) ¡Error! Marcador no definido.	
1.2.5	Metodología de diseño y cálculo de instalaciones de protección contra incendios (Jorge).....	14
1.2.6	Metodología de diseño de instalaciones de seguridad, vigilancia y control (Pendiente-Juan Manuel) ¡Error! Marcador no definido.	
1.2.7	Metodología de diseño de redes de comunicaciones y gestión centralizada (Pendiente-Juan Manuel)..... ¡Error! Marcador no definido.	
1.2.8	Metodología de realización de análisis de riesgos, con particular atención al análisis de riesgos de paso de mercancías peligrosas ¡Error! Marcador no definido.	
1.2.9	Metodología de estudio de explotación (Pendiente-Marciano) ¡Error! Marcador no definido.	
2	EQUIPO DE TRABAJO (CCVV A PREPARAR POR WERNER, CON AYUDA DE LOS AFECTADOS)	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1	APORTACIONES DE TEKIA AL EQUIPO DE REDACCIÓN DEL PROYECTO ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
2.2	APORTACIONES DE TEKIA AL EQUIPO DE SUPERVISIÓN DEL PROYECTO ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
3	PROPUESTA ECONÓMICA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ANEXO A.	EXPERIENCIA DE TEKIA EN RELACIÓN CON EL CONTRATO (A PREPARAR POR WERNER)	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

1 MEMORIA

1.1 GRADO DE ESTUDIO DEL PROYECTO Y DESARROLLO DE ASPECTOS ESPECÍFICOS

1.1.1 Criterios para la instalación de rociadores en túneles

1.1.1.1 Introducción

En este apartado de la oferta se definirán y desarrollarán las actuaciones que se van a realizar para realizar el “**Estudio sobre la implantación de Sistemas Fijos de Extinción por Agua (S.F.E.A.)**” en el túnel de **La Avanzada**.

La decisión de instalar un S.F.E.A. en un túnel debe de exigir de un exhaustivo estudio de “*ingeniería de seguridad contra incendios*” que demuestre que la instalación del sistema consigue un nivel de seguridad adecuado para el túnel en cuestión.

Partiendo de unas hipótesis iniciales se debería realizar un “*análisis de riesgos*” que nos permitiría evaluar los riesgos y de esta manera fijar una serie de **objetivos**. Para alcanzar estos objetivos podría ser necesario la instalación de varios sistemas, entre ellos un S.F.E.A.

Además se debe de estudiar las ventajas y desventajas de la instalación de este sistema en función del tipo de túnel, geometría, sistema de ventilación, carriles, etc. Se debe tener en cuenta que esas ventajas y desventajas pueden variar simplemente por la operativa del sistema, el tipo de sistema a instalar (agua nebulizada, pulverizada, rociadores convencionales, etc), el propio diseño del sistema, etc.

Siempre que se estudie la instalación de cualquier sistema de protección contra incendios (hidrantes, bies, columna seca, etc) se debería consultar a los servicios de extinción (Bomberos) que los fueran a utilizar. Sus sugerencias, peticiones, etc, pueden ser claves para conseguir todos o algunos de los **objetivos** iniciales.

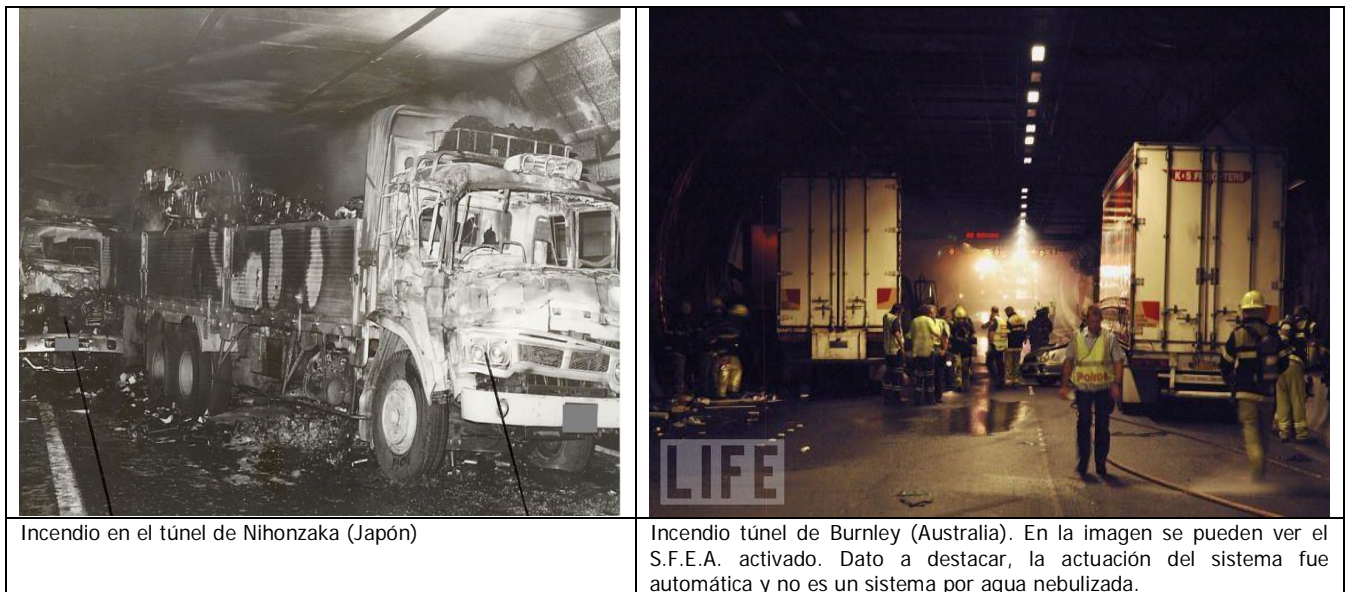
Esto es debido, por ejemplo, a que no todos los Bomberos utilizan los mismos protocolos específicos de actuación y estos protocolos pueden variar en función del Parque de Bomberos que se vea afectado. Esto es importante porque existe la posibilidad de que a un mismo túnel concurren bomberos de diferentes Parques. Por este motivo, en el momento de estudiar la instalación de un S.F.E.A. no es recomendable sino imprescindible la consulta a los diferentes Parques de bomberos que puedan concurrir en caso de incendio en un túnel. Cabe destacar, que en caso de que se decidiese instalar un S.F.E.A. a la hora del diseño del **sistema de operación**, el criterio de los Bomberos es clave.

1.1.1.2 Los S.F.E.A. y el Estudio para su implantación en los túneles

La metodología para realizar el “Estudio de Ingeniería para la implantación de S.F.E.A. en el túnel de la Avanzada” incluirá los siguientes puntos:

Recopilación de documentación:

- **Antecedentes:** Se analizarán algunos incendios que se han producido en túneles europeos, casualmente en túneles donde no existía un S.F.E.A., donde los daños en vidas y en costes han resultado muy elevados. A raíz de estos incendios en Europa se lleva estudiado hace tiempo las ventajas y desventajas para la implantación de S.F.E.A. como una de las medidas para evitarlos. Diferentes túneles europeos ya instalan S.F.E.A.: Austria (túnel de Mona Lisa y Flebertauern), Francia (A 86), Italia (Brenero), Holanda (Roermond), Noruega (Vålreng y Floyfjell), España (Vielha y M-30), Suecia (Tefelacken).
- **Experiencias en el resto del mundo:** No es habitual encontrarse en el mundo la instalación de S.F.E.A. en túneles, no obstante, mientras que en Europa desde hace unos años que se están haciendo diferentes estudios y haciendo test a escala real incluso instalando los sistemas en algunos túneles, en **Japón** se llevan instalando desde hace cuatro décadas y tienen estudios desde los años 60. En **Australia** desde hace no mucho se están instalando en los **principales túneles urbanos**. En **Estados Unidos** también existen túneles donde están instalados diferentes S.F.E.A..



Como **caso de éxito** se estudiaría el incendio en el túnel Burnley en Australia, el túnel es un túnel Urbano unidireccional de varios carriles con casi 3,5 km. En el incendio varios camiones se vieron involucrados produciéndose un incendio. Tras un choque en cadena de varios vehículos entre ellos 2 camiones se produjo inmediatamente un incendio creando prácticamente un muro de fuego. En ese incendio el S.F.E.A. consiguió controlar el incendio y el sistema de ventilación consiguió extraer los humos. En el siguiente enlace se puede ver al Jefe de bomberos agradecer la actuación del S.F.E.A., gracias al cual pudieron extinguir el incendio, y destaca también la actuación del sistema de ventilación.

<http://www.youtube.com/watch?v=gA9N-YSn67s>

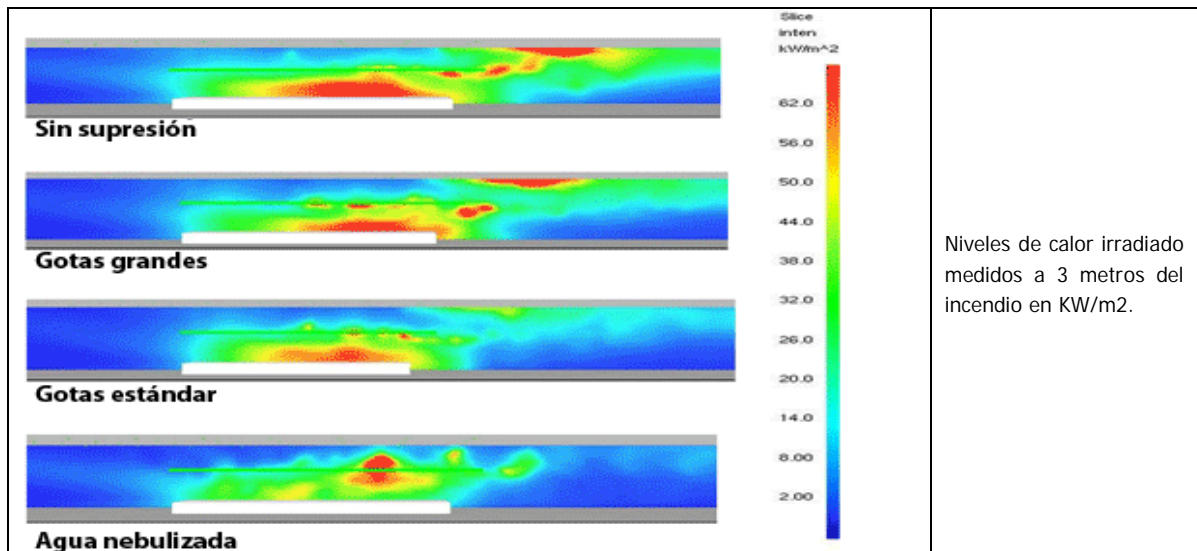
También es de interesante la lectura esta noticia sobre el mismo incendio:

<http://www.theage.com.au/news/national/deluges-crucial-aid-role/2007/03/23/1174597890517.html>

En ella se habla entre otras cosas: de estudio de lo ocurrido en el túnel del Mont Blanc, previsión para evitar otro accidente similar, hubo explosiones, indica que el S.F.E.A. fue clave y la activación automática del sistema.

- **Normativas:** se estudiarán diferentes documentos normativos, empezando por el que exige el Pliego de la Oferta : “Road tunnels: an assessment of fixed fire fighting Systems” (de la P.I.A.R.C.), pero también la “NFPA 502: Standard for Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways”, cuya última edición es del año 2011, la cual incluye un anexo específico sobre S.F.E.A. . También se estudiará la normativa Japonesa y Australiana.
- **Documentos de interés:** Existen diferentes estudios, comparativas de sistemas, etc sobre S.F.E.A. realizados por diferentes organismos y profesionales del sector. Esta documentación resultará imprescindible para poder valorar en el Estudio si puede ser ventajoso la instalación de S.F.E.A. en el túnel de La Avanzada. También se recopilará documentación por autores japoneses donde explican el porqué de su elección y los objetivos que persiguen.
- **Test a escala real:** Diferentes test se han hecho a escala real para probar la efectividad de diferentes S.F.E.A. El estudio de estos test resulta también imprescindible pues de ellos se podrá sacar entre otros datos que sistema S.F.E.A. puede ser el más ventajoso.
- **Incendios en túneles con S.F.E.A.:** Se han producido incendios en túneles equipados con S.F.E.A. en Australia y Japón donde el S.F.E.A. fue determinante para conseguir los objetivos iniciales, entre estos objetivos se puede destacar, la extinción del incendio por los bomberos o la protección de la infraestructura. El estudio de estos incendios es importante pues proporciona datos como el tipo del sistema que actuó y su operación. Pero también existe algún incendio en un túnel el cual estaba equipado con S.F.E.A. y no pudo contener el fuego, estudiar el “por qué” no funcionó, es importante.
- **Test hechos con programas CFD:** No solo se han hecho estudios a escala real de incendios en túneles con S.F.E.A. sino que también se han hecho estudios mediante programas CFD (Dinámica Computacional de Fluidos). Los resultados de estos test se estudiarán para conseguir datos y evaluar si es o no interesante proyectar un S.F.E.A. y de qué tipo en el túnel de La Avanzada.
- **Costes de los S.F.E.A.:** Un dato que puede determinar la *conveniencia o no de instalar* un S.F.E.A. y también el *tipo el sistema es el coste de la instalación y su mantenimiento*, pero también los costes indirectos de las instalaciones necesarias que son complementarias. Por ejemplo, habrá que tener en cuenta que es necesario contar con el drenaje del agua en caso de mantenimiento o uso y por consiguiente se debería dimensionar el Saneamiento del propio túnel para ello. También el aljibe que almacene el agua para los sistemas contra incendios que en caso de instalar un S.F.E.A. deberá tener en cuenta la reserva de agua no solo el del propio Sistema sino también de los hidrantes y las BIEs. Por consiguiente en el Estudio sería recomendable presentar una estimación de costes en función del tipo de S.F.E.A. a proponer (agua nebulizada, agua pulverizada, gota gorda, sistemas de diluvio o sistemas convencionales, sistemas agua-espuma, etc).

- **Diferentes S.F.E.A.:** Últimamente los S.F.E.A. por Agua Nebulizada se están instalando en los túneles de nueva construcción (Calle 30, A86 –Francia-, etc). Sin embargo en otros países como Japón, Australia y Estados Unidos incluso España (Túnel de Vielha) se utilizan otros sistemas como, por ejemplo, Agua Pulverizada con y sin aditivos de espuma. Por lo tanto en caso de que el Estudio llevara a la conclusión de que sería recomendable o necesario la instalación de un S.F.E.A. se realizará una recopilación de información sobre los diferentes S.F.E.A. Presentando ventajas e inconvenientes y también presentando “casos de éxito”.



NOTA: Dependiendo del S.F.E.A., se realizará un informe donde se valore la utilización de una sola red de protección contra incendios (con el ahorro económico que supondría) de donde se alimenten las BIEs, los hidrantes y el propio S.F.E.A.

Realización de un Análisis de Riesgos:

- Tal como recomienda la P.I.A.R.C. y la NFPA la posibilidad de instalar un S.F.E.A. en un túnel pasa por la necesidad de realizar un **Análisis de Riesgos** que lo justifique. Ese Análisis de Riesgos se presenta en esta oferta (en otro apartado) y es una herramienta esencial. Como puntos clave que afectan a esa decisión podrían ser la Potencia de Fuego elegida y si se autoriza el paso y de qué tipo de MMPP por el túnel de La Avanzada. De ese Análisis de Riesgos “puede” dar lugar a ser necesario la instalación de un S.F.E.A. para conseguir el nivel de seguridad **exigido por las Autoridades o/y Bomberos**.

Definición de Objetivos. Directrices de la Diputación Foral y de los Bomberos:

- Como se ha mencionado antes la opinión de **Bomberos** en fundamental. Las exigencias, recomendaciones, etc. serán un punto importante para la instalación o no de un S.F.E.A. Son ellos los encargados, entre otros cometidos, de acceder y extinguir cualquier incendio en el túnel de La Avanzada.

- Las **Autoridades** tienen en cuenta que es un túnel bidireccional el cual tiene una cantidad de Vehículos al día muy elevada y la interrupción de esta vía puede tener consecuencias para la economía de la zona y para la calidad de vida. Pero también tienen en cuenta que es sobre todo un túnel Urbano con todo lo que ello implica para la ciudad de Leioa y sus habitantes. Por consiguiente los Objetivos pueden aumentar y ser otro factor para la decisión de instalar un S.F.E.A..
- **Definición de Objetivos:** Algunos de los Objetivos y Metas marcados por las Autoridades y Bomberos pueden ser estos: Reducción de las consecuencias de un incendio para la *protección de la vida* de los usuarios del túnel y de los propios Bomberos, reducir las tasas de liberación de calor y la radiación debidas al incendio para *proteger la infraestructura y el resto de instalaciones*, controlar el incendio y reducir la radiación para que se pueda *atacar y extinguir* el incendio, *evitar molestias y daños* a los habitantes de las cercanías del túnel o los que usuarios del mismo, etc.
- **Revisión de Criterios de decisión en diferentes Países:** Es interesante evaluar los criterios que priman en otros Países y túneles para que en el túnel de La Avanzada se realice una valoración para la instalación de un S.F.E.A. En *Australia*, se instalan S.F.E.A. en los *principales túneles Urbanos* porque consideran que aunque los incendios en túneles comienzan siendo pequeños pueden desarrollarse rápidamente. En *Estados Unidos*, la instalación de S.F.E.A. se basa en *permitir el paso de MMPP*. Japón es un país que tiene una geografía que obliga a proyectar muchos túneles por consiguiente los daños en la infraestructura de un túnel tendría graves consecuencias económicas y sociales en las comunicaciones terrestres del país. Como un caso a destacar, en el túnel de Calle 30 en Madrid, el criterio de decisión de la instalación de un S.F.E.A. en ciertas zonas del túnel fue la posibilidad de que un incendio dañase la estructura del túnel y las aguas del río Manzanares lo inundasen con las nefastas consecuencias que esto conllevaría para la vida de los usuarios.

Estudio de las ventajas y desventajas de los S.F.E.A.:

- **Ventajas:** Se deberán evaluar las ventajas que implica la instalación de un S.F.E.A. frente a no tenerlo. Algunas de estas ventajas son las siguientes; evitar riesgo de BLEVE, evitar daños estructurales o de instalaciones, enfriar la zona y favorecer la actuación de los Bomberos, reducción de la tasa de liberación de calor, reducción de la tasa de producción de humo, mejora la capacidad del sistema de ventilación, evitar la propagación del incendio al resto de vehículos implicados.
- **Desventajas:** También se deberán evaluar las contrapartidas de su instalación. Algunas de estas desventajas son las siguientes; en caso de actuación del sistema en un incendio puede provocar la disminución de la visibilidad al reducir la flotabilidad de los humos y caer estos en las vías de evacuación, riesgos de producción de vapor sobrecalentado o deflagraciones en caso de actuación en fuegos generalizados con hidrocarburos, interacción del sistema de ventilación con la descarga de agua, la descarga de agua podría provocar patinazos, distracciones y sorpresa en los usuarios con lo que se podría provocar accidentes adicionales. Retrasos en la activación del sistema o una mala detección del foco del incendio podrían ser factores que hicieran poco eficiente el sistema. En otro apartado se ubicaría el coste de directo de la instalación y los indirectos de otras instalaciones, también el coste del mantenimiento del sistema.

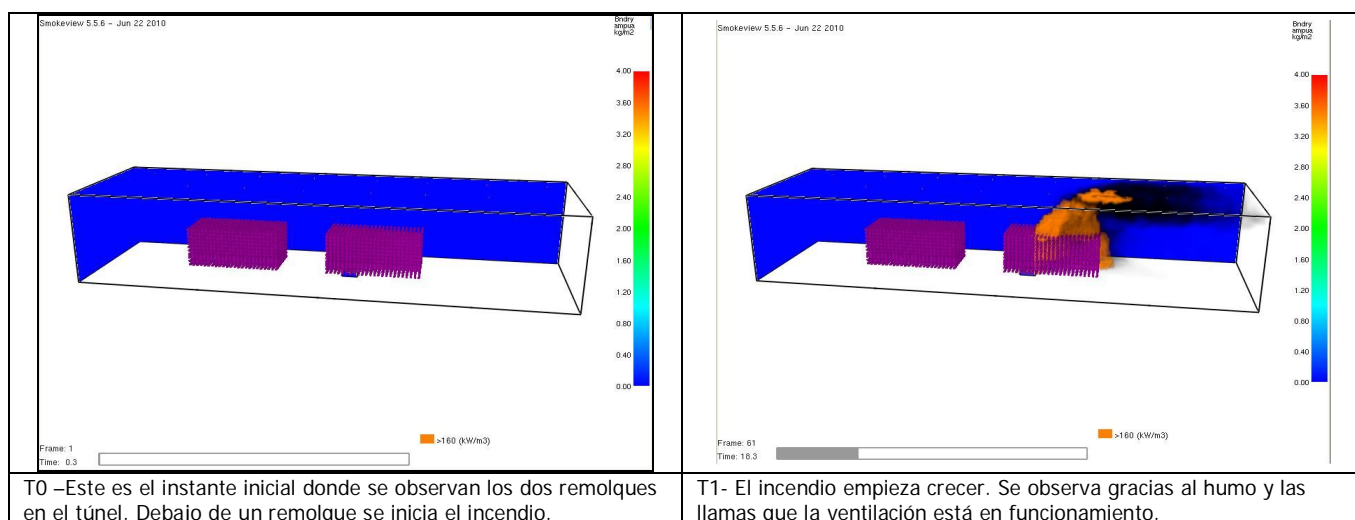
Estudio del sistema de control y operación del S.F.E.A.:

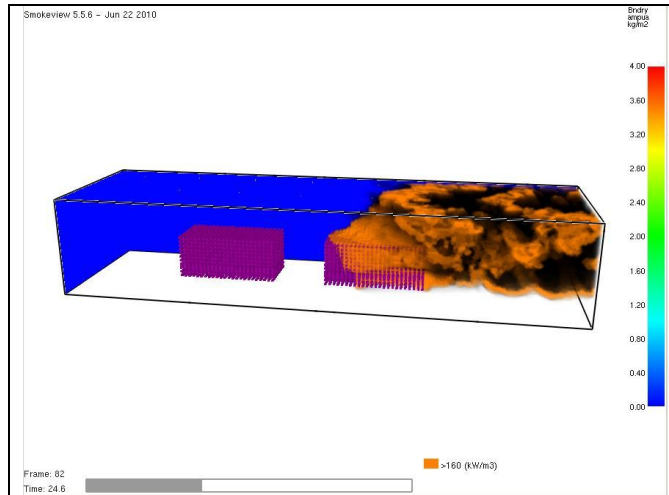
- Se realizará un informe con ventajas e inconvenientes para definir las pautas de funcionamiento del S.F.E.A. Existen sistemas instalados donde la pauta de funcionamiento de un S.F.E.A. es siempre *manual* desde el Centro de Control debido a múltiples motivos, uno de ellos es visualizar desde el centro de control que no existen personas evacuando. Pero también existen sistemas instalados donde la actuación es automática, aunque con un cierto retardo, esto es debido a que la experiencia ha demostrado que una activación tardía del sistema puede provocar que el incendio se extienda y sea demasiado grande para ser controlado por el S.F.E.A. diseñado. Para sacar decisiones de este informe es necesario un estudio entre todas las partes; el operador responsable del túnel, Diputación Foral y los bomberos.

Realización de un "Estudio de Humos y Fuego con y sin rociadores":

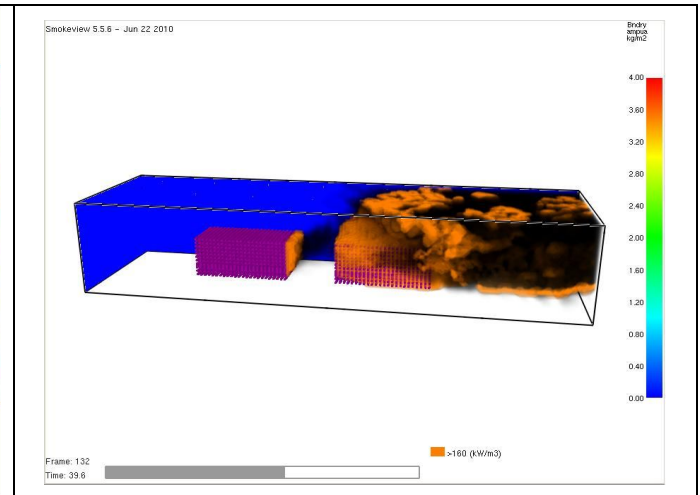
- Como parte de la petición de Oferta esta la realización de un Informe sobre un "*Estudio de Humos y Fuego con y sin rociadores*". Por consiguiente se realizará un estudio donde se podrán observar la temperatura, la generación del humo, la radiación alcanzada, etc, con y sin S.F.E.A.. Además se podrá comprobar como afecta la activación temprana o tardía del S.F.E.A. al desarrollo del incendio.
- También se podrá observar si la **velocidad del aire** del sistema de ventilación interfiere o no a la descarga del agua. Para ello, se deberá conocer la potencia del sistema de ventilación proyectado y la velocidad que existente en el túnel en caso de activación del sistema. Para conseguir esa velocidad se procederá a una simulación de incendios en el túnel con el programa SOLVENT, este programa es específico para túneles. Se tendrá en cuenta elementos como la existencia de camiones y vehículos, paneles de señalización, etc, en definitiva las pérdidas de carga que harán aumentar o disminuir la velocidad del aire en el túnel.
- Respecto a **los bomberos**, está demostrado que los bomberos pueden aguantar hasta 5 kW/m² de radiación durante 20 minutos por consiguiente se puede evaluar la radiación que puede existir con un fuego tipo (dependerá de la Potencia de Calculo definida en el Análisis de Riesgos) con y sin S.F.E.A.. También evaluar si consideran necesario instalar cuadros de control en el propio túnel para que los bomberos pueden abrir y cerrar las válvulas de control del sistema S.F.E.A. para poder atacar al incendio.
- Respecto a **los usuarios**, se tendrá en cuenta el nivel de radiación que se va a alcanzar a lo largo del túnel y concreto en las vías de evacuación a una altura determinada del suelo (aproximadamente 2 metros). Se trata de saber si la radiación desprendida por las llamas del incendio, los humos, vehículos y paredes va a afectar a las personas que estén evacuando. Obviamente se estudiarán esos niveles con y sin rociadores. Los valores conseguidos se evaluarán con los datos de resistencia máxima del cuerpo humano según la NFPA 502.
- En cuanto al **comportamiento de la infraestructura del túnel** en primer lugar se deberá definir la progresión del desarrollo del incendio y la tasa de liberación de calor máxima (es decir, si existe un fuego rápido o no, por ejemplo, teniendo en cuenta la presencia de MMPP). Para realizar el estudio se estudiarán dos situaciones.

- La primera situación, será el desarrollo del incendio hasta su estado generalizado donde se podrán observar las temperaturas máximas alcanzadas en paredes y techo del túnel en función del tiempo. Posteriormente se evaluará si se produce el calor suficiente durante el tiempo necesario para que la estructura se vea afectada. Se tendrá en cuenta la Temperatura Críticas del Acero de las estructuras y la posibilidad de existencia del efecto Spalling. En una segunda situación, se realizará el mismo proceso pero con la activación temprana y tardía del S.F.E.A.. Posteriormente se evaluarán los datos obtenidos para poder llegar a conclusiones donde se justifique el uso o no de un S.F.E.A. y el funcionamiento del mismo.
- Continuando con el comportamiento de la infraestructura del túnel, el proceso anterior se centrará en el estudio de **las dos Soluciones planteadas para el cerramiento**. Se trata de estudiar **como afectan las aperturas longitudinales** y el uso (o no) de S.F.E.A. y en que medida se **reduce el calor, las temperaturas alcanzadas, la radiación y el humo generado** por el incendio y sacar conclusiones sobre el comportamiento de las estructuras, la evacuación de las personas y la intervención de los bomberos. Por ejemplo una de las conclusiones podría ser que el uso del S.F.E.A. no se necesario si existen apertura longitudinales o que la existencia de aperturas longitudinales NO es suficiente y es necesario el uso de algún tipo de S.F.E.A..
- Para la realización del Estudio se utilizará un programa que permita la simulación de incendios, la interacción de la ventilación y la activación de los S.F.E.A. El programa a utilizar será el **FDS (Fire Dynamics Simulator)** o uno análogo. El programa FDS está desarrollado por el **NIST (National Institute of Standards and Technology** de Estados Unidos) y lleva más de una década utilizándose en la Ingeniería de Seguridad Contra Incendio y en el estudio de la Dinámica del Fuego.
- A continuación se muestra un ejemplo con el programa FDS de la efectividad de un S.F.E.A. en un túnel. El modelo simula el incendio de un remolque de un camión (potencia equivalente cercana 100 MW) y la propagación a otro camión adyacente. En este caso la ventilación del túnel está en funcionamiento. El S.F.E.A. descarga agua con una Densidad de Diseño de 10 litros/minm² (en este caso coincide con la norma Australiana).

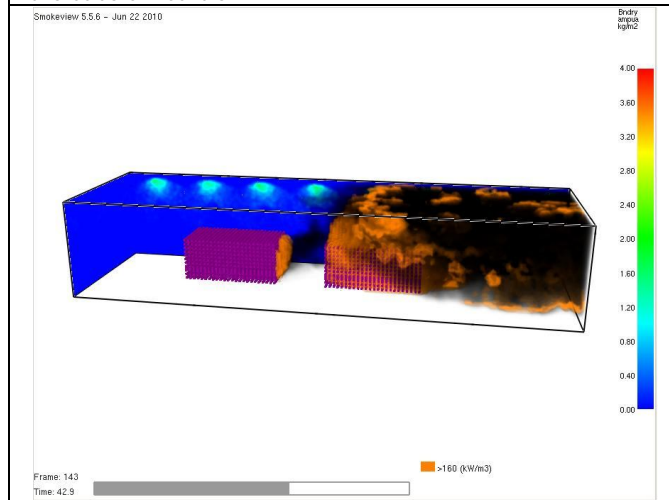




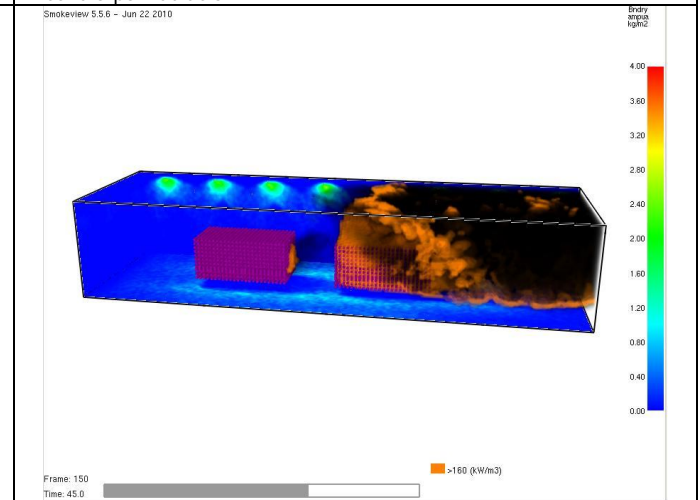
T2- El incendio se ha desarrollado completamente en el primer remolque. Se puede llegar a la conclusión que la ventilación ha favorecido el incendio.



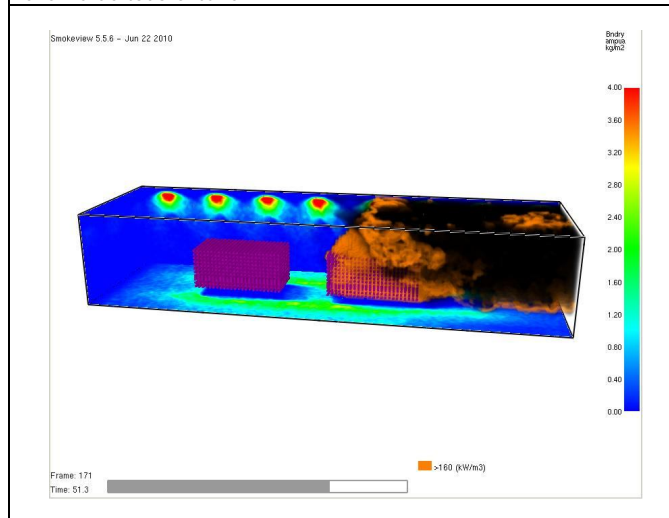
T3- La ventilación del túnel impide que el calor por convección afecte al segundo remolque pero no puede impedir la propagación del incendio por radiación.



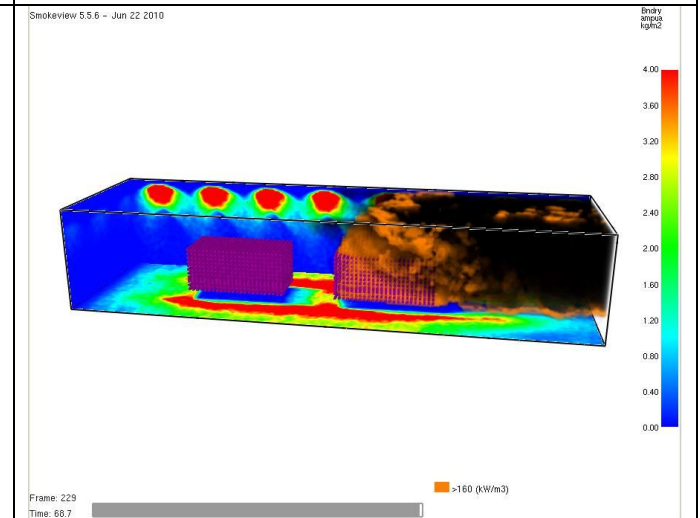
T4- En este instante el S.F.E.A. se ha activado, el índice de la derecha indica la cantidad de masa de agua (kg) por m2 que se descarga. El S.F.E.A. consiste en un sistema de diluvio con boquillas encima de todo el túnel.



T5- Se observa al poco de iniciada la activación del sistema que el fuego del segundo remolque está controlado.

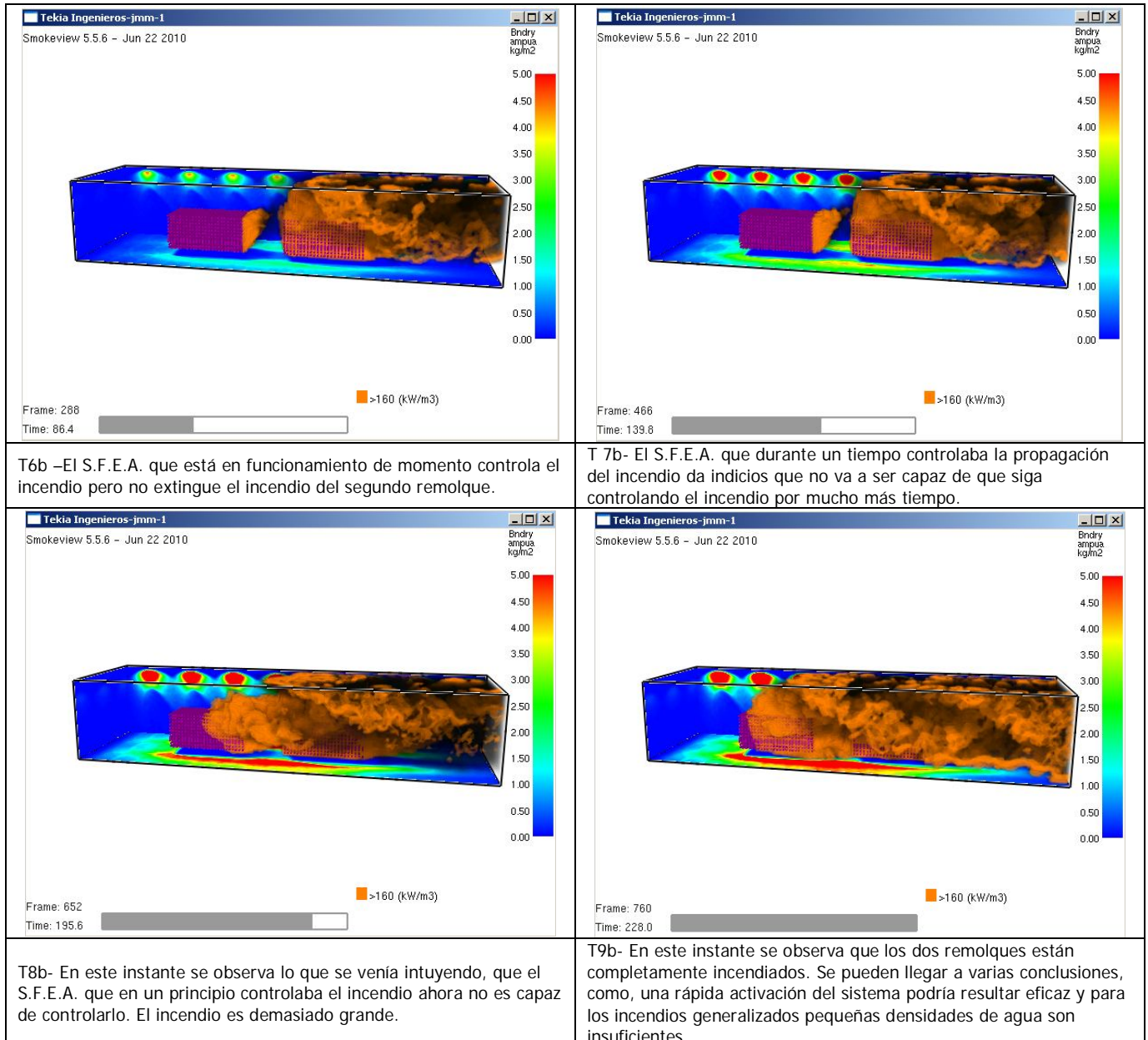


T6- El fuego del segundo remolque queda completamente extinguido por lo que el objetivo de controlar el incendio y evitar su propagación se ha conseguido.



T 7- En este instante se observa que el incendio sigue controlado pero no es capaz extinguir el fuego del primer lugar. Se puede destacar que en el suelo del túnel se acumula el agua descargada por el sistema siendo menor junto al primer remolque debido a la evaporación del agua por el calor producido.

- En el siguiente ejemplo, análogo hasta el instante T5, se puede observar el mismo modelo de túnel pero en este caso la Densidad de diseño del S.F.E.A. es inferior, 2 litros/minm2:

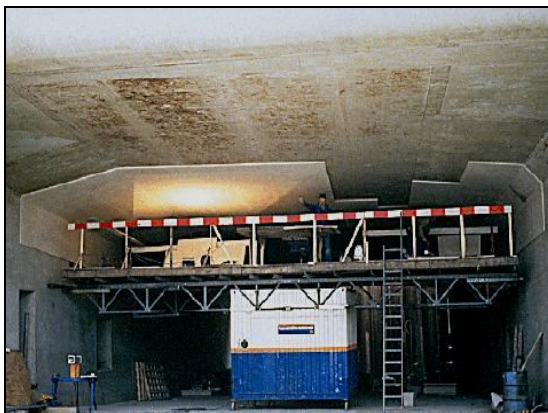


Este Estudio **ayudará** a la toma de decisión de la conveniencia o no de un S.F.E.A. e incluso podrá ser un factor que determine la elección del tipo de sistema a instalar y su operación.

Estudio de soluciones alternativas. Cercanía de Bomberos y La Protección Pasiva:

- Según estudios del Instituto Torroja muestran que temperaturas de 300 °C deshidratan el gel de cemento produciendo una pérdida de resistencia mecánica. Como se sabe el desprendimiento de parte del hormigón debido por ejemplo al efecto Spalling deja las armaduras al descubierto, por consiguiente, se producirá pérdida de resistencia mecánica.

- Si al definir con Diputación Foral y los Bomberos los criterios de la instalación del S.F.E.A. y **sólo** existe la intención de **proteger la estructura frente a daños o a un colapso**, se propondrá a los agentes anteriores soluciones alternativas basadas en Protección Pasiva. Este método de protección tiene ciertas ventajas para el Objetivo anterior frente a los S.F.E.A. (no necesita de ninguna alimentación eléctrica, no necesita de instalaciones auxiliares, apenas tiene mantenimiento, etc). Si los agentes están de acuerdo se entregará un Estudio donde aparezcan enfrentados el coste de la Protección Pasiva frente a la Protección Activa (S.F.E.A.).
- La situación del Parque de Artaza respecto al túnel La Avanzada de aproximadamente 500 metros **puede ser** (consulta obligada a Bomberos) un punto a valorar para la necesidad o no de instalar un S.F.E.A. o la Protección Pasiva.



Placas de fibrosilicatos. Uno de los sistemas de Protección Pasiva existentes para proteger estructuras.



Parque de Bomberos de "Artaza". Situación de los Bomberos de Leioa respecto al túnel.

Conclusiones

- Independientemente de que la PIARC y la NFPA indiquen la necesidad de realización un Análisis de Riesgos es razonable visto todo lo anterior que el primer paso para el Estudio de implantación de un S.F.E.A. sea el de realizar dicho Análisis de Riesgos.
- Es necesario realizar un Estudio de Implantación de S.F.E.A en el túnel de La Avanzada no sólo para tener argumentos para la conveniencia o no de su instalación sino para que en caso de que se vaya a instalar se llegue a tener datos suficientes para definir la operativa de control, las pautas de funcionamiento del sistema de ventilación, la interacción del S.F.E.A. con los protocolos de actuación de los Bomberos, indicar la recogida y entrega de señales (**SVC**) proporcionar datos para realizar el **Manual de Explotación**, etc. Estas conclusiones se presentarán en su correspondiente "Informe Final".
- Para realizar un completo Estudio de Implantación de un S.F.E.A. deberían tenerse en cuenta muchos factores (sistema de ventilación, aperturas naturales, detección de incendios, actuaciones de **explotación**, etc) y muchos profesionales (Bomberos, autoridades, operadores del Centro de Control, ingenieros para el diseño de los sistemas de ventilación y ingenieros de sistemas de protección contra incendios, etc).
- La Protección Pasiva es una solución para la protección de la infraestructura del túnel que se podría estudiar como alternativa a los S.F.E.A.

1.2 METODOLOGÍA DE TRABAJO

1.2.1 Metodología de diseño y cálculo de instalaciones de protección contra incendios

En este apartado de la oferta se enumeran y desarrollan los puntos de la metodología que se realizará para poder diseñar y calcular las instalaciones de protección contra incendios. En primer lugar se expone un índice inicial para posteriormente desarrollar cada punto:

Metodología:

1. Estudio de la tipología del túnel y evaluación de riesgos.
2. Estudio de la normativa prescriptiva de aplicación.
3. Evaluación de los datos aportados por el "Análisis de Riesgos" y el "Estudio de implantación del "S.F.E.A.".
4. Realización del Prediseño de los sistemas de protección contra incendios y de señalización de emergencia.
5. Evaluación del Prediseño para fijar criterios de diseño. Consulta a Bomberos y a Diputación Foral.
6. Realización de la Ingeniería Básica.
7. Definición definitiva de los sistemas a proyectar. Consulta a Bomberos y a Diputación Foral.
8. Realización de la Ingeniería de Detalle.
9. Verificación y presentación del diseño de los sistemas. Consulta a Bomberos y a Diputación Foral.
10. Realización del Proyecto Constructivo. Realización de la Memoria, Planos, Pliego y Presupuesto.

A continuación se desarrolla cada punto anterior:

1. Estudio de la tipología del túnel y evaluación de riesgos.

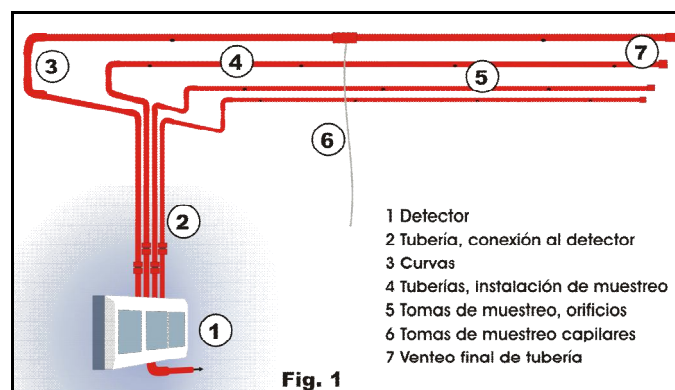
Antes de definir los sistemas de protección contra incendios y de señalización de emergencia es necesario y recomendable realizar un "Estudio de Ingeniería" que englobe multitud de aspectos que pueden afectar a la seguridad de las personas, bomberos, infraestructura, resto de instalaciones, etc.

Se empezará analizando la **tipología del túnel**: intensidad de vehículos que circulan por el túnel (esto es uno de los factores que marcará la probabilidad de existencia de una accidente y también de la carga al fuego que puede llegar a generarse), longitud, anchura y altura (a menor altura y anchura en caso de incendio este es más probable que su desarrollo sea rápido pues la concentración de temperaturas así lo permitirá), túnel unidireccional o bidireccional (esto afectará, por ejemplo, a la necesidad de instalar o no en cada hastial sistemas de protección contra incendios y su número), número de carriles, separación entre ellos, existencia o no de arcén (la

existencia de barreras de hormigón, pilares, acera, etc o la existencia de arcén puede afectar a la intervención de los bomberos, al paso de mangueras, al auxilio de otros usuarios, etc), es un túnel Urbano o No (que sea un túnel Urbano o no afecta a multitud de puntos, uno de ellos es la gran cantidad de coches que existirá, los parques de bomberos es más probable que estén cerca pero en caso de accidente en el túnel es posible que no pueda acceder el camión hasta el incidente y por consiguiente sea necesario instalar columna seca en las galerías de evacuación, instalaciones auxiliares, etc).

Se evaluarán los **riesgos del propio túnel**, no se trata de realizar un Análisis de Riesgos, sino evaluar de una manera somera si puede existir algún derrame de gasolina, accidentes por choques y su probabilidad para de esta manera adaptar los sistemas a diseñar al túnel de La Avanzada. Por ejemplo, evaluar la realización de nichos o retranqueos para evitar choques con los hidrantes, bies, etc.

También se evaluarán los riesgos en los **locales técnicos**. Por ejemplo, si los locales técnicos estuviesen dentro del túnel, se puede evaluar el riesgo de que un transformadores se incendiase por mala ventilación y sobrecalentamiento y por consiguiente el humo se propagase al túnel, esto podría significar la decisión de instalar un sistema de extinción automática, como puede ser por agua nebulizada o por agente gaseoso. También se podría estudiar la instalación de un sistema de detección de incendios precoz por aspiración de humos (ASD) para detectar rápidamente cualquier incendio. Y por su puesto estudiar la sectorización de los locales para tener en cuenta la protección pasiva a instalar.



Las **galerías de evacuación** también serán objeto de este análisis, donde primará el estudio de la protección pasiva de la misma (sectorización de la galería respecto al túnel o los locales técnicos) y la protección activa (detección de incendios y extintores).

2. Estudio de la normativa prescriptiva de aplicación.

Como base de diseño se tomará la Instrucción Técnicas sobre protección contra incendios del Decreto Foral para seguridad en carreteras. Esta normativa proporciona criterios para definir las instalaciones necesarias, evaluar los riesgos e incluso algunos datos para diseñar en detalle las instalaciones.

También se tendrá en cuenta, como recomendaciones, normativas de reconocido prestigio como la NFPA 502, en sus correspondientes anexos sobre instalaciones.

3. Evaluación de los datos aportados por el Análisis de Riesgos y el Estudio de implantación de S.F.E.A.

Los datos aportados por el Análisis de Riesgos y el Estudio de implantación de S.F.E.A. Proporcionarán los datos para ajustar los sistemas de protección contra incendios (por ejemplo, si es necesario instalar un S.F.E.A y de qué tipo) y sus requerimientos de diseño al túnel de La Avanzada para conseguir un nivel de seguridad adecuado (por ejemplo, si es o no necesario ajustar diámetros de tubería al caudal necesario para el S.F.E.A. o el consumo eléctrico de grupos específicos contra incendios).

4. Realización del Prediseño de los sistemas de protección contra incendios y de señalización de emergencia.

Con todos los anteriores datos recogidos en los apartados anteriores y con el estudio de las soluciones análogas en otros túneles de Bizkaia se realiza un *Prediseño* de los sistemas de protección contra incendios y de señalización de emergencia para servir de base para su consulta a Bomberos y a Diputación Foral.

Este Prediseño solo indica los equipos a instalar, su ubicación aproximada y las instalaciones o acciones directas y complementarias necesarias.

5. Evaluación del Prediseño para fijar criterios de diseño. Consulta a Bomberos y a Diputación Foral.

Con el Prediseño realizado se podrá realizar la primera consulta con bomberos y con Diputación Foral.

Por la parte de Bomberos, se pretende principalmente presentarle esta primera solución para intercambiar impresiones, información sobre protocolos de actuación, recoger preocupaciones y exigencia (de instalaciones complementarias y requerimientos de materiales), adaptaciones de sistemas (por ejemplo, instalación de hidrantes de columna seca en vez de arqueta, instalación de columna seca, etc). Como dato importante, se consultará sobre la Reserva de Agua de los sistemas principalmente si se va a instalar un S.F.E.A..(se debe de tener en cuenta que al ser un túnel Urbano el abastecimiento de agua de reposición del aljibe/s puede estar asegurado-se realizará un consulta al Consorcio de Aguas- por consiguiente el tiempo de autonomía puede ser inferior al fijado en la Instrucción Técnica por lo que las necesidades de espacio para ubicar la reserva de agua serán inferiores). También se fijará el tipo de S.F.E.A. a diseñar y los procedimientos de operativa del S.F.E.A, si este finalmente se decidiera instalar, dado que esto afectará al diseño del sistema.

Con respecto a Diputación Foral, se presenta el Prediseño para validarlo, intercambiar impresiones, recoger exigencias y recomendaciones. Y especialmente para intercambiar problemática con otros tipo de instalaciones o de ámbito de Obra Civil (consumos eléctricos, requerimientos de espacio para las tubería y equipos, soportaciones, etc), para evitar que estas interacciones afecten seriamente a los plazos de ejecución del proyecto constructivo y a su nivel de definición.

6. Realización de la Ingeniería Básica.

Tras fijar los “criterios de diseño” con Bomberos y con Diputación Foral se procede a realizar la Ingeniería Básica. Donde será necesario recopilar Normativa Especifica de Diseño de sistemas (Normas UNE de obligado cumplimiento, como la UNE-23500 –sistemas de abastecimiento de agua contra incendios- , RIPC1, normas CEPREVEN –Reglas técnicas-, también normativas de reconocido prestigio como son, la norma NFPA-502, la NFPA-13 –sobre rociadores-, la NFPA-15 –sobre agua pulverizada-, la NFPA-16 –sobre sistemas de espuma-, la NFPA 750 –sobre agua nebulizada-. Estas tres últimas principalmente si se opta por un S.E.F.A.. También normativas Japonesa y Australiana).

En el caso de instalar un S.F.E.A. se realizará un prediseño que se presentará para su validación posterior..

Se realizará un posicionamiento aproximado de todas las instalaciones en el túnel para poder realizar en el caso de los sistemas por agua un primer cálculo hidráulico para tener unas estimaciones de caudales, presiones, diámetros de tubería y necesidades de reserva de agua. Esto permitirá definir unos primeros requerimientos de espacios (dimensiones de aljibes y sala de bombas, espacio en los hastiales y las aceras para las tubería, etc). También se realizará una estimación de consumos eléctricos que afectarán sensiblemente a los tamaños de los transformadores y por consiguiente a las dimensiones de los locales técnicos en incluso podría afectar al espacio de la sala de bombas.

Con respecto a la sala de bombas se recomendarán una serie de ubicaciones tanto al departamento de obra civil, a Bomberos (especialmente sobre las toma de agua desde el aljibe para sus camiones) y a Diputación Foral, para ello se tendrá en cuenta por ejemplo; si un incendio puede afectar a la sala de bombas, a la alimentación de oxígeno al grupo de bombeo diesel, acceso de los bomberos a la sala de bombas, etc.



Ejemplo de Sala de Bombas. En primer plano bomba de Cámara Partida impulsada por motor diesel.

7. Definición definitiva de los sistemas a proyectar. Consulta a Bomberos y a Diputación Foral.

La presentación de la Ingeniería Básica a Bomberos y a Diputación Foral es imprescindible para poder realizar la Ingeniería de Detalle y realizar el proyecto constructivo. Se realizarán las reuniones necesarias para ello, dado que es un paso muy importante y que cualquier modificación

posterior podría traducirse principalmente en retraso de tiempos, mala definición, interferencia con otros sistemas o requerimientos de obra civil, etc.

8. Realización de la Ingeniería de Detalle.

Tras fijar con Bomberos e Diputación Foral la solución definitiva de los sistemas, se procede a detallar los sistemas entrando en "detalle": elección del tipo de material, uniones y diámetros en función del tramo, elección de los equipos, etc.

Se ubicarán los equipos exactamente (extintores, bies, hidrantes, IPFs, etc) y se tendrán en cuenta ciertos detalles como espacio necesario para la instalación de las tuberías, equipos, válvulas, etc. También se tendrá en cuenta la protección de los diferentes equipos frente a impactos (quizás sea necesario realizar nichos para protegerlos), se tendrá en cuenta los protocolos de actuación de los bomberos para ubicar los equipos, tomas de alimentación o impulsión de agua para los camiones, materiales auxiliares (bidones con espumógeno, carros con mangueras, armarios auxiliares), etc.

También se tendrán en cuenta las válvulas de corte de la red de tuberías, la de los equipos (hidrantes, BIEs, etc), las de control de los S.F.E.A., las reguladoras de presión, las de alivio de presión, etc. También se tendrá en cuenta la señalización de su estado (abierto o cerrado).

Respecto al sistema de detección de incendios se definirán sistemas y ubicaciones exactas. Si finalmente se instala un S.F.E.A. se tendrá especial cuidado pues la detección exacta del incendio es uno de los factores claves para la efectividad del sistema.

Se tendrá en cuenta la soportación y fijación de las tuberías especialmente la de los S.F.E.A. dado que se verán afectados por altas tensiones debidas a la presión del agua en las tuberías y a las altas temperaturas que se podrán alcanzar en caso de incendio. Por ejemplo, no se deben instalar soportación con piezas de plástico o goma (ver isofónica de la foto) pues en caso de incendio estas podrían desaparecer dejando a la tubería con movilidad. También se deberá sujetar la tubería frente a los golpes de ariete o ondas de presión producidas por el arranque de las bombas, una buena solución son los abarcones.



En este apartado se diseñara la sala de bombas, dimensiones de los aljibes, diámetros de colectores (aspiración, impulsión, pruebas, etc), también las válvulas a instalar (de compuerta, de mariposa, de alivio de presión, etc), todas las señales a recoger, detectores de flujo, rociadores para proteger la sala especialmente si existen grupos diesel. Se tendrá especial cuidado en los planos para que la empresa instaladora autorizada de protección contra incendios la ejecute correctamente.

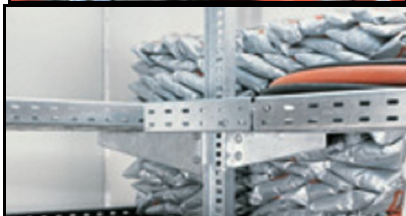
Con respecto a la señalización de emergencia se tendrá cuidado porque en caso de incendio el túnel se podría llenar rápidamente de humo y es imprescindible que los usuarios encuentren las salidas de emergencia y los extintores, bies, pulsadores, lo más rápido posible y sin dudas. Especialmente se diseñarán las dimensiones y ubicaciones de las señales para conseguir el objetivo marcado y cumplir la normativa vigente, en este punto se consultará a Bomberos sobre medidas adicionales a la normativa foral como puede ser la instalación de alguna “Línea de Vida”. También se seguirá con especial atención el punto de la señalización de las galerías de evacuación según marca el Decreto Foral por su implicación con la evacuación de las personas.

<p>Señalización tipo para los Bomberos</p>	<p>Señalización de las salidas de emergencia</p>

En cuanto a la sectorización y la protección pasiva se definirán los sistemas y equipos para conseguir confinar el incendio en cualquier Sector (locales técnicos, galerías, sala de bombas, etc), especialmente si los locales técnicos están dentro del túnel.



“Ladrillos intumescentes”



“Almohadillas intumescentes”



“Mortero de protección”



“Compuertas corta fuegos”

También se diseñará trabajando en común con el resto de especialistas de las instalaciones involucradas (SVC, electricidad, ventilación, obra civil, etc) para conseguir un nivel de definición y evitar modificaciones a la hora de ejecutar las instalaciones del túnel.

9. Verificación y presentación del diseño de los sistemas. Consulta a Bomberos y a Diputación Foral.

Tras ejecutar la Ingeniería de Detalle se presentará la solución a Diputación Foral para verificar el diseño e intercambiar posibles problemas con otras instalaciones o con Obra Civil para posteriormente ejecutar los cambios y dar por cerrado este punto.

También se consultará a los Bomberos para validar el diseño definitivo y repasar las ubicaciones definitivas de las tomas de alimentación para los camiones de bomberos y cualquier otro punto de interés.

Si todo el proceso anterior es el correcto, si apareciesen algún cambio este debería ser pequeño y no debería afectar en gran medida al resto de instalaciones.

10. Realización del Proyecto Constructivo. Realización de la Memoria, Planos, Pliego y Presupuesto.

Tras la Ingeniería de Detalle por último quedaría reflejar todo el diseño en la Memoria, en los Planos, en el Pliego y en el Presupuesto.

En la Memoria se reflejará las bases del diseño, las operaciones de funcionamiento, las características generales del grupo de bombeo y de la sala de bombas, las señales a recoger y proporcionar (Válvulas: de control, de corte, grupos de bombeo, ect), los cálculos hidráulicos definitivos, etc.

Con respecto a los planos se tendrá especial cuidado en los esquemas de principio de la sala de bombas y el propio diseño de la misma, también los cruces bajo calzada y la ubicación exacta de las tomas de alimentación de los camiones de bomberos. En caso de ser necesario instalar un S.F.E.A. se tratará con cuidado el tema de la operación del sistema, la soportación y las distancias entre tubería y elementos de descarga de agua (boquillas rociadotas).

En cuanto al Pliego, se presentarán las características técnicas de los equipos, materiales, grupo de bombeo, también se definirán de una manera más precisa las operaciones de ejecución, etc.

Para realizar el Presupuesto, se intentará ajustar al máximo las partidas de grandes cantidades aunque se tendrá en cuenta ciertas estimaciones para evitar posteriormente en obra partidas no incluidas en el mismo, como ejemplo los metros de tubería.

Todo lo anterior expone la metodología base que se realizará para diseñar y calcular los sistemas de protección contra incendios y de señalización para realizar el proyecto constructivo del túnel de La Avanzada.

VALORACIÓN DEL PUNTO 1.1.1 – Aproximadamente 60.000 €

METODOLOGIA Y EL DISEÑO 1.2.2 – Aproximadamente 25.000 €