

MEDIDAS DE SEGURIDAD FINALMENTE IMPLANTADAS EN LOS TÚNELES DE AP-8 SEGÚN ANÁLISIS DE RIESGO REALIZADO COMO ALTERNATIVA A LAS MEDIDAS CONTEMPLADAS EN LOS ANEXOS DE LA DIRECTIVA COMUNITARIA

Alejandro Sánchez Cubel
TEKIA INGENIEROS

Gorka Alvear Arcelus
TEKIA INGENIEROS

1. Introducción

Desde 1999 a 2001 una serie de graves accidentes en túneles - Mont Blanc, Tauern y St. Gothard – contribuyeron a aumentar el interés por la seguridad y la percepción del riesgo asociados a estas infraestructuras singulares. De las iniciativas reguladoras y legislativas que comenzaron a raíz de estos sucesos, la Directiva 2004/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004 fija los requerimientos básicos de seguridad para los túneles de la Red TransEuropea de Carreteras (TERN) y sirve de marco legislativo para los diferentes estados miembros a través de la transposición de la misma a cada ordenamiento particular.

Dado que Guipúzcoa tiene competencias exclusivas en la planificación, proyecto, construcción, conservación, modificación, financiación, uso y explotación de carreteras y caminos, y no habiendo generado una transposición propia, la Directiva Europea debería ser el marco normativo de referencia para los túneles de la AP-8 en territorio Guipuzcoano. No obstante, se seleccionó el RD635/2006, transposición de la Directiva de aplicación a los túneles dependientes del Estado y más exigente que la propia Directiva, como criterio de diseño del proyecto.

2. Estado del arte del análisis de riesgos en túneles de carretera. Elección de la metodología de análisis

La Directiva 2004/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras, en su versión corregida del 7-6-2004 dice en su Artículo 3 “Medidas de Seguridad”.

“1. Los Estados miembros garantizarán que los túneles situados en su territorio que entren en el Ámbito de aplicación de la presente Directiva cumplan los requisitos mínimos de seguridad establecidos en el anexo I.

2. En los casos en que determinados requisitos estructurales establecidos en el anexo I sólo puedan satisfacerse recurriendo a soluciones técnicas que o bien no puedan cumplirse o que sólo puedan cumplirse con un coste desproporcionado, la autoridad administrativa a que se refiere el artículo 4 podrá aceptar que, como alternativa a dichos requisitos, se apliquen medidas de reducción del riesgo, siempre y cuando las medidas alternativas den lugar a una protección equivalente o mayor. La eficacia de dichas medidas deberá demostrarse mediante un análisis del riesgo, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 13.

Los Estados miembros informarán a la Comisión de las medidas de reducción del riesgo aceptadas a modo de alternativa, y presentarán la correspondiente justificación. El presente apartado no será aplicable a los túneles que se encuentren en fase de proyecto a los que se refiere el artículo 9.”

El Artículo 13 se refiere de forma monográfica al análisis de riesgo, y profundiza algo más en el contenido del mismo en su punto 1:

“1. Los análisis del riesgo serán realizados, cuando resulten necesarios, por un organismo funcionalmente independiente del gestor del túnel. El contenido y los resultados de los análisis del riesgo se incluirán en la documentación de seguridad que se remita a la autoridad administrativa. Un análisis del riesgo de un determinado túnel tiene en cuenta todos los factores de proyecto y todas las condiciones del tráfico que afectan a la seguridad, en particular las características del tráfico, la longitud del túnel, el tipo de tráfico y la geometría del túnel, así como el número previsto de camiones por día.

2. Los Estados miembros garantizarán que se emplee a escala nacional una metodología detallada y bien definida, en consonancia con las mejores prácticas dispo-

nibles, e informarán a la Comisión de la metodología aplicada; la Comisión pondrá esta información a disposición de los demás Estados miembros en formato electrónico.

3. A más tardar el 30 de abril de 2009, la Comisión publicará un informe sobre la práctica aplicada en los Estados miembros. Cuando resulte necesario, propondrá la adopción de una metodología común armonizada de análisis del riesgo, conforme al procedimiento mencionado en el apartado 2 del artículo 17”.

A falta de mayor definición por parte de la Comisión, la referencia desde el punto de vista técnico lo constituye PIARC (Asociación Mundial de la Carretera), que ya en su Plan Estratégico 2004-2007 abordó esta materia en su documento R01-07 “Risk Analysis for Road Tunnels” (análisis de riesgos para túneles de carreteras).

En este documento se comentan los diferentes criterios disponibles para la evaluación de riesgos, entre los que se encuentran el “expert judgement” (juicio experto), los relativos a escenarios (uso de valores umbrales por escenario o tiempos de evacuación), riesgos individuales (probabilidad anual de muerte de una individuo expuesto al riesgo) o riesgos colectivos o sociales (número esperado de fallecidos/año por túnel o curvas FN de frecuencia de fallecidos).

De la misma manera se revisan las principales metodologías aplicadas a nivel mundial, destacando las ventajas y desventajas de las austriacas, holandesas, francesa e italiana, así como la metodología propia de OECD/PIARC para el análisis de riesgos específico del paso de mercancías peligrosas por los túneles de carretera, QRA.

Una de las conclusiones del documento destaca la dificultad en la armonización de los métodos de análisis, dada la variedad de situaciones que dan las particulares características nacionales y sus normativas propias. Sí parece ser posible avanzar al menos en la estandarización de algunos aspectos específicos del análisis, como son las características de los escenarios de incendio tipo.

Debemos establecer con claridad los límites del trabajo que deseamos exponer en la presente comunicación, para lo que seguimos la terminología empleada y aprobada por PIARC en el ciclo de trabajo actual de su Technical Committee 4 relativo al “Risk Assessment”, en el que reconoce estos tres elementos componentes:

- Risk analysis (análisis de riesgos): aproximación sistemática al análisis de secuencias e interrelaciones de potenciales incidentes o accidentes, identi-

ficando puntos débiles en el sistema y reconociendo posibles medidas que los mejoren. En la práctica suele ser necesario combinar metodologías cualitativas y cuantitativas.

- Risk evaluation (evaluación de riesgos): dirigido a poder establecer criterios de aceptación de los riesgos identificados, pudiendo ser fijados cualitativamente o cuantitativamente.
- Risk reduction (reducción de riesgos): procedimiento por el que se proponen medidas de seguridad adicionales, si el riesgo estimado se considera no aceptable

El tratamiento de los riesgos se puede enfrentar desde un punto de vista cuantitativo o cualitativo. Las metodologías cualitativas se centran en el análisis funcional de la secuencia de eventos y la interacción del personal de la explotación y servicios de emergencia, los sistemas presentes en el túnel y los procedimientos que se siguen en caso de incidente.

Las metodologías cuantitativas van a establecer unos parámetros numéricos (escalares o en forma de curva) del riesgo del túnel como sistema o bien de cada escenario analizado. En su proceso de análisis abordan tres aspectos:

- Hazard identification (identificación de peligros): proceso sistemático de identificación y clasificación de todas las posibles situaciones peligrosas, y la correlación que pueda existir entre ellas.
- Probability analysis (análisis de probabilidades): determinación de la probabilidad de ocurrencia de eventos o escenarios relevantes
- Consequence analysis (análisis de consecuencias): determinación de las consecuencias producidas en cada escenario relevante.

Cualquiera de las metodologías utilizadas están basadas en modelos que introducen necesariamente un error en la predicción por la simplificación de las condiciones reales que deben suponerse. Aquellas con resultado numérico precisan de una gran cantidad de datos específicos, tanto de las características del túnel como de la composición del tráfico y de las probabilidades de ocurrencia de cada incidente – fuegos, alcances, etc – datos que en su mayoría son propios de cada país y por tanto dificultan el uso de éstas fuera de su ámbito geográfico.

Además los resultados de una metodología cuantitativa precisan, según PIARC, ineludiblemente de una interpretación en términos de orden de magnitud y nunca como datos precisos, por lo que recomienda que sean técnicos con la suficiente ex-

MEDIDAS DE SEGURIDAD FINALMENTE IMPLANTADAS EN LOS TÚNELES DE AP-8 SEGÚN ANÁLISIS DE RIESGO REALIZADO COMO ALTERNATIVA A LAS MEDIDAS CONTEMPLADAS EN LOS ANEXOS DE LA DIRECTIVA COMUNITARIA

perencia los que afronten estos análisis y considera resultados más robustos los estudios de tipo comparativo (por ejemplo túnel frente a patrón)

TEKIA, para el proyecto objeto de esta comunicación tuvo en cuenta la situación de los túneles – con un vasto historial de explotación y un proyecto de adecuación en fase de redacción que ya trata desde el punto de vista numérico el riesgo de incendio en el proyecto de ventilación – y optó por una metodología cualitativa (prescriptiva, de contraste con normativa o túnel patrón apoyada por juicio experto). Como veremos, bajo la denominación de “análisis de riesgo” realmente se han abordado las tres fases del “Risk Assessment”, llegando a las propuestas de reducción de riesgos.

Presentamos a continuación las líneas maestras del estudio, centrándonos en las conclusiones que se extrajeron.

3. Presentación del escenario

El escenario objeto de este análisis afecta al tramo guipuzcoano de la AP-8, infraestructura de titularidad del Gobierno Vasco, gestionada por BIDEGI, S.A. Gipuzkoako Azpiegituren Agentzia-Agencia Guipuzcoana de Infraestructuras.

El tramo de la autopista AP-8 en el Territorio Histórico se extiende desde el puente internacional de Behobia, hasta el límite entre los territorios de Gipuzkoa y Bizkaia. Dicha autopista constituye un sistema de peaje tanto abierto como cerrado, con un tramo libre de pago en las cercanías de San Sebastián de unos 10 km. conocido como variante de San Sebastián.



Figura 1. Trazado de la AP-8 en el Territorio Histórico de Gipuzkoa.

BIDEGI gestiona aproximadamente 70 km de autopista, de los cuales 1.210,3m discurren bajo túnel en ambos sentidos:

- Túnel de Meagas en el pk. 42+750 con una longitud total de 483,30 m en sentido San Sebastián y de 409,15 en sentido Bilbao.
- Túnel de Itziar en el pk. 55+830 con una longitud total de 527 m en sentido San Sebastián y de 453,80m en sentido Bilbao.
- Túnel de Iztiña en el pk. 58+265 con una longitud total de 200m en sentido Donostia de 210m en sentido Bilbao.

Todos ellos son de doble tubo, con tráfico unidireccional y doble carril. Meagas e Itziar, por su mayor longitud, cuentan con un importante equipamiento en instalaciones de seguridad, que son gestionadas desde un centro de control, atendido 24 horas al día, 365 días al año. El centro de control está ubicado junto al peaje de Zarautz, en el P.K. 38+000.

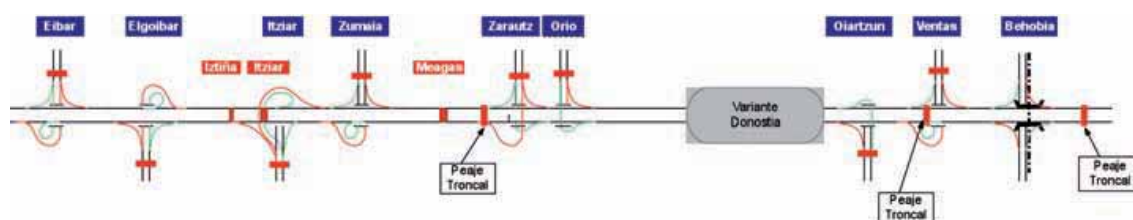


Figura 2. Trazado de la AP-8 en el Territorio Histórico de Gipuzkoa.

La autopista AP-8 se caracteriza por tener una IMD elevada, con un alto porcentaje de pesados:

Tabla 1. Composición del tráfico en la AP-8.

Composición de la circulación (IMD)	2006	2007	2008	%Incremento 2006-2007	%Incremento 2007-2008
Pesados	5050	5280	5156	4,55%	-2,36%
Ligeros	28131	28533	27821	1,43%	-2,50%
TOTAL	33181	33813	32976	1,90%	-2,47%
% Pesados	15,22%	15,62%	15,63%		
% Ligeros	84,78%	84,38%	84,37%		

Es de destacar el tráfico de pesados existente en el tramo Donostia/San Sebastián-Behobia, donde se une el tráfico de vehículos pesados procedentes de la A-1 con los que circulan desde el oeste en la propia AP-8.

4. Antecedentes

Mediante Decreto Foral 43/2002, de 16 de julio, se constituye la Sociedad Pública Unipersonal mandataria de la Diputación Foral de Gipuzkoa “BIDEGI GIPUZKO-

AKO AZPIEGITUREN AGENTZIA – AGENCIA GUIPUZCOANA DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.”, cuyo objeto, entre otros, es proyectar, construir, conservar, financiar y explotar, por si o por terceras personas, los nuevos tramos, mejoras, ampliaciones y prolongaciones de las infraestructuras que le sean encomendadas por la Diputación Foral de Gipuzkoa.

Con fecha 16 de julio de 2008 Bidegi publica los pliegos para el concurso abierto de licitación del contrato para la Redacción del Proyecto de Instalaciones “Adecuación de los túneles en servicio y mejora de la gestión viaria de la Autopista AP-8”.

Dicho contrato es adjudicado a TEKIA INGENIEROS el 22 de octubre de 2008, con el objetivo de la adecuación de las instalaciones y la infraestructura de los túneles a los requerimientos del Real Decreto 635/2006 de 26 de mayo sobre requisitos mínimos de seguridad de los túneles y otras normas de ámbito foral, autonómico o nacional que pudieran ser de aplicación, teniendo en cuenta la antigüedad de la infraestructura y debiendo analizar la viabilidad técnica y económica de determinadas actuaciones en base a un análisis de riesgos.

5. Normativa de referencia

Se ha tomado como documento de referencia para el estudio el Real Decreto 635/20006 del 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado, que establece el nivel de equipamiento mínimo en función de la longitud del túnel, del sentido del tráfico (unidireccional o bidireccional), la intensidad de media diaria de paso de vehículos por carril, y el carácter urbano o interurbano.

En el caso del presente análisis, las longitudes de los túneles de Meagas, Itziar e Iztiña son respectivamente 494, 527 y 200 metros. El sentido es unidireccional para los tres túneles, se tiene una IMD superior siempre a 2.000 vehículos por carril, y todos tienen carácter no urbano. Estas características clasifican los túneles de esta manera:

- 2.21.1.2.1: Túneles unidireccionales de longitud igual o menor que 1.000 metros y mayor que 500 metros con una IMD por carril superior a 2.000 veh/día: Meagas e Itziar.
- 2.21.1.3.1: Túneles unidireccionales de longitud igual o menor que 500 metros y mayor que 200 metros con una IMD por carril superior a 2.000 veh/día: Iztiña.

Como parte del análisis de riesgos, debemos hacer el contraste con la normativa para detectar posibles puntos débiles que merezcan nuestra atención. Con respecto a las infraestructuras obtenemos la siguiente tabla:

	Meagas / Itziar	Iztiña
Túneles Unidireccionales	1000>L>500	500>L>200
(IMD por carril)	IMD>2000v/c	IMD>2000v/c
Referencia RD 635/2006	2.21.1.2.1	2.21.1.3.1
Infraestructuras de seguridad		
Geometría según Norma 3.1 IC	X	X
Pendiente inferior al 3% o medidas adicionales	Meagas (Donostia)	X
Carril lento >3,5 o medidas compensatorias		
Medidas para eliminar deslumbramiento en salida	X	X
Pavimento	CRT>60	CRT>60
Aceras	Itziar	
Salidas de emergencia	Cada 400 m	Cada 400 m
Conexiones transversales para acceso de servicios de emergencia		
Cruce de mediana fuera de la boca	Valorar / Proyectar	
Apartaderos		
Drenaje de líquidos inflamables y tóxicos	Proyectar	

Tabla 2. Medidas de seguridad relativas a la infraestructura.

Deben ser objeto de evaluación de riesgos son los siguientes aspectos:

- La pendiente excesiva en los túneles de Meagas e Iztiña.
- Las características geométricas de la sección transversal, por no disponer de gálibo suficiente en el túnel de Meagas.
- La excesiva interdistancia entre salidas de emergencia en los túneles de Meagas e Itziar.
- La insuficiente anchura de acera en el túnel de Itziar.
- La insuficiente anchura de arcén en los túneles de Meagas, Itziar e Iztiña.

Estudiar con el detalle necesario todos estos aspectos excede el objeto de este documento. Para ilustrar el procedimiento que se siguió, resumiremos la evaluación de riesgos referida a la altura libre (gálibo) en alguno de los túneles.

6. Evaluación de riesgos EVALUACIÓN DE RIESGOS

6.1. Altura libre (Gálibo)

6.1.1. Normativa de referencia

La Norma de Trazado 3.1-IC establece que la altura libre en túneles no será inferior a 5 metros en ningún punto de la plataforma ni en las zonas accesibles a los vehículos.

6.1.2. Problemática de los túneles en relación al gálibo

Los gálivos de las bocas y de circulación por el túnel de Meagas son de 4,60 metros, inferiores a lo estipulado por la norma.

En este caso, modificar el gálibo de los túneles para que cumpla con el requerimiento del 5 m en toda la sección tiene un coste desproporcionado en comparación con el incremento de la seguridad asociado. En consecuencia, el incremento de riesgo que supone esta circunstancia debe ser compensado con medidas adicionales o reforzadas, según se establece en el RD 635/2006 (Anexo I, 2.2.2).

6.1.3. Evaluación de los riesgos asociada al gálibo reducido

- Mayor probabilidad de accidentes por colisiones de vehículos altos contra la estructura o instalaciones o del túnel.
- Mayor riesgo de falta de disponibilidad en las instalaciones colgadas de la clave del túnel.

6.1.4. Identificación de medidas compensatorias

6.1.4.1. Medidas de seguridad existentes o en proyecto

- Existe un control de gálibo en las cercanías de cada boca de entrada a los túneles. La actual configuración del sistema de control de gálibo permite detectar los vehículos con exceso de altura y avisar mediante señales luminosas ubicadas a unos 100m de las bocas de los túneles, para que el conductor pueda parar en el arcén antes de entrar en el túnel. Sin embargo, no hay posibilidad de tomar una ruta alternativa o un cruce de calzada transitable en la cercanía de las bocas, por lo que el procedimiento para retirar el vehículo con exceso de gálibo de la calzada implica importantes afecciones al tráfico.

Está previsto en el proyecto la mejora del sistema de control de gálibo, de forma que se pueda detectar y desviar a tiempo los vehículos problemáticos.

6.1.4.2. Posibles medidas de seguridad adicionales a implantar

En caso de que la altura libre en los carriles de circulación sea mayor de 5 metros, se propone:

- Instalación de controles de gálibo adicionales en ambos sentidos tipo barrera infrarroja con detección inductiva de presencia o similar como recordatorio en el tronco, a una distancia de la entrada a los túneles que permita

avisar al conductor para que abandone la autopista y que alerte automáticamente al Centro de Control en caso de vehículo con exceso de gálibo.

- Limitación de velocidad a 60 km/h en caso de detección de vehículo con exceso de gálibo, para limitar el riesgo de colisión con los elementos del túnel con menor gálibo, al poder rectificar con mayor rapidez la salida de la calzada.
- Utilización de marcas viales sonoras para delimitar los arcenes, disminuyendo el riesgo de salida de la calzada y por consiguiente, disminuyendo el riesgo de colisión con los elementos del túnel con menor gálibo.

7. Conclusiones

La puesta en servicio de los túneles data de los años 70, por lo que las instalaciones e infraestructuras de seguridad de los túneles de la AP-8 fueron proyectadas considerando los criterios de las normas más exigentes en el momento de la redacción de sus proyectos.

En la actualidad está en fase de redacción el proyecto de adecuación de los túneles a las exigencias de seguridad establecidas en el RD 635/2006. En algunos casos el cumplimiento de los requerimientos del RD exigiría actuaciones cuyo coste es desproporcionado en relación al incremento de seguridad conseguido.

A lo largo de la presente comunicación, se ha seguido un procedimiento razonado de selección de la metodología de análisis de riesgos, han sido evaluados los aspectos en los que los túneles constituyen una excepción a la citada norma y que por tanto deben ser objeto de una atención especial. Para uno de estos aspectos se han identificado los riesgos asociados, contrastando que estos están siendo o serán compensados con otras medidas de seguridad, e identificando en su caso las posibles medidas adicionales que contribuirían a elevar el nivel de seguridad.

Siguiendo la metodología expuesta, TEKIA propuso incorporar medidas de seguridad adicionales para compensar el incremento del riesgo en:

- Pendiente excesiva.
- Gálibo insuficiente.
- Excesiva interdistancia entre salidas de emergencia.
- Anchura de aceras.
- Anchura de arcén insuficiente.

8. Bibliografía

- PIARC “Cross Section Design for bi-directional tunnels”, (2004)
- PIARC “Road Tunnels: vehicle emissions and air demand for ventilation”, (2004)
- PIARC "Fire and smoke control in road tunnels" (1999)
- PIARC Report R01-07 “Risk Analysis” (2007)
- Corrección de errores de la Directiva 2004/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras, Diario Oficial de la Unión Europea 7-6-2004
- Real Decreto 635/20006 del 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado. BOE 27-5-06
- Norma de Trazado 3.1-IC del Ministerio de Fomento.

9. Autores

- Alejandro Sánchez Cubel. TEKIA Ingenieros.
- Gorka Alvear Arcelus. Tekia Ingenieros.