

Normalización de tipología de incidentes en túneles de carretera



Standardization of incidents categories in road tunnels

Comité Técnico de Túneles

Asociación Técnica de Carreteras

Autores:

Ramón Morera, Vanessa Piris, José Ramón Ochoa, Manuel Alberto Abella, Juan Zamorano, M^a Cristina Zamorano, Mar Martínez Yebra, David Zamora, Enrique Segura Echániz e Íñigo Pérez

La seguridad en los túneles depende de numerosas circunstancias que a su vez son consecuencia de situaciones o acciones fortuitas o provocadas, que tienen como consecuencia una alteración del riesgo inherente al propio túnel, situación que comúnmente se viene a conocer como incidente.

El presente artículo tiene como objetivo identificar, ordenar y clasificar los incidentes potenciales, partiendo de una definición de incidente y de un análisis de los factores que pueden condicionar la incidencia, tanto desde los puramente estructurales y de proyecto como hasta la sección transversal, el trazado en planta, el equipamiento y el nivel de servicio y la formación del personal encargado de la seguridad, el de la sala de control y del mantenimiento.

Establecidas estas premisas, se establece una clasificación de las situaciones en función de su origen: factor humano, factor técnico, o factor natural.

Asimismo, se establece otra clasificación según la forma de actuación para su resolución y según las posibles afecciones o consecuencias que puedan derivarse de cada uno de los incidentes, realizando un listado de incidencias y una reseña de estudios del comportamiento de los conductores en túneles.

Safety in tunnels depends on circumstances, which are, in turn, the consequence of fortuitous or provoked situations or actions, which have consequently an alteration of the risk inherent in the tunnel itself, which soon becomes known as an incident.

The objective of this document is to identify, order and classify potential incidents, for which, based on an incident definition, and an analysis of the factors that can condition the incidence, from the purely structural and design factors: cross section, tracing in plant, equipment, level of service, training of the personnel in charge of security, both in the control room, as well as in maintenance and road workers.

Once established these premises, a classification of the situations is established according to their origin: Human factor, technical factor, or natural factor.

Another classification is established according to the form of action for its resolution, and according to the possible conditions or consequences that may arise from each of the incidents, a list of incidents, and a review of studies of the behaviour of drivers in tunnels.

1. Introducción y objeto

La Norma Básica de Autoprotección, aprobada por Real Decreto (RD) 393/2007, y las Normas de algunas Comunidades Autónomas, como el Decreto 82/2012 de la Generalitat de Cataluña, indican que un Plan de Actuación en Emergencias debe definir las acciones a desarrollar por parte del operador de los túneles para que éste lleve a cabo el control inicial en una situación de emergencia hasta la llegada de los servicios externos. Esta tarea incluye:

- Identificar, ordenar y clasificar los incidentes potenciales;
- Definir un procedimiento de actuación para cada uno de ellos.

El presente artículo se refiere a la primera de ellas y no a las peculiaridades de los procedimientos de actuación que se abordarán en otro posterior, si bien algunos de ellos deben ser considerados en la clasificación de incidentes por compartir acciones con los planes de respuesta.

Por otra parte, el RD 635/2006, exige que el Manual de Explotación contenga un plan de respuesta a situaciones de emergencia, elaborado conjuntamente con los organismos competentes en materia de protección civil, que incluya las fichas de incidencia y los protocolos de actuación.

Realizar una lista exhaustiva de las posibles incidencias que acontecen en un túnel sería una tarea enorme a la par que inútil pues la realidad siempre superará a las imaginadas.

Clasificar las incidencias es una tarea compleja pero siempre es posible, atendiendo a distintos patrones, de forma que ayuden al personal con inquietudes en la seguridad de los túneles a homogeneizar las distintas incidencias que se produzcan



Ilustración 1. Avería del turbo de un camión

con un mínimo esfuerzo de implementación de medios materiales, y especialmente en la formación de personal.

El artículo tiene como objeto establecer una tipología de los incidentes basada en los criterios que se enumeran, que permita realizar una clasificación homogénea de causas y tratamientos con las singularidades inherentes a cada túnel en cuanto a su equipamiento, tipología, tráfico, etc.

2. Definición de incidencia/incidente

Como primer paso para la “normalización de tipología de incidente”, es necesario definir el significado de “incidencia/incidente” en el ámbito que nos ocupa, ya que en los “planes de autoprotección” se asigna la resolución de distintos acontecimientos acaecidos a distintos equipos, en función del propio término empleado, a saber “incidencia”, “accidente” u otros, y a partir del término empleado se indicará su tipología, gravedad y otros factores que van a condicionar los equipos que se vayan a emplear en su resolución

y en consecuencia la asignación de responsabilidades.

INCIDENCIA/INCIDENTE:

La definición que da la RAE para el concepto de “incidencia/incidente” es demasiado genérica, pero consideramos más adecuada *“Cualquier acción o suceso ajeno al normal comportamiento de tráfico y usuarios y al correcto funcionamiento de las instalaciones, que implica una actuación o modificación de las condiciones normales de explotación”*.

Hechos concretos que suceden durante la incidencia, caso de existir, serían los considerados incidentes y de aquí la importancia de definir y clasificar su tipología.

Para su mejor comprensión, a continuación, se incluye un ejemplo práctico, la congestión de un túnel sería la “Incidencia” y la causa, si se tratara de un alcance entre vehículos sería, el “Incidente” cuya tipología debería valorarse. Es importante que los datos se recojan de tal forma que faciliten su gestión posterior.

Desde un punto de vista más técnico, el alcance del concepto

podría establecerse como “Incidente significativo es aquel que puede suponer un riesgo potencial sobre la seguridad de los usuarios o sobre la integridad de la infraestructura o de las instalaciones que impida su normal funcionamiento”. En concreto se consideran los siguientes tipos de incidentes:

- al menos 1 víctima (herido leve, grave o fallecido),
- incendio en el túnel, incluyendo sus plataformas,
- fuga de Mercancías Peligrosas,
- fallo de la estructura o de alguna instalación que afecte a la seguridad,
- cierre no programado del túnel ocasionado por: exceso de CO, NOX u opacidad, presencia de un peatón, animal o ciclista, pavimento deslizante, vehículo detenido, etc.

3. Factores que condicionan la incidencia

Prácticamente cualquier aspecto relacionado con el túnel puede suponer un factor condicionante de la incidencia, ya sea por su influencia sobre la probabilidad de que ésta ocurra, o bien por la gravedad asociada o las acciones de respuesta.

Para poder identificarlas y clasificarlas será necesario el conocimiento de las características del túnel, el análisis de las peculiaridades de las instalaciones de seguridad, la interacción con el entorno que lo rodea y con los principales factores que condicionan las incidencias.

3.1. Tipología de túnel

El RD 635/2006 considera que un túnel con diversos tubos supone un factor adicional de seguridad ya

que la existencia de más de un tubo habilita, por defecto, que el modo de tráfico sea unidireccional.

Tal es la influencia de este factor que en los túneles bidireccionales hay que ser mucho más exigente con las instalaciones, sobre todo con una tan crítica como es la ventilación.

La tipología de túnel no solamente puede repercutir significativamente sobre la actuación asociada a la incidencia sino también en la clasificación de su gravedad.

3.2. Tráfico

3.2.1. Intensidad de tráfico

Es uno de los parámetros fundamentales para tener en cuenta en el proyecto de un túnel. De la intensidad de tráfico y de su composición depende el equipamiento mínimo exigible, el número de tubos, el número de carriles y por lo tanto la sección, todo ello necesario para evitar congestiones. Los vehículos deben mantener una distancia de separación entre ellos, incluso parados, regla ésta que generalmente se indica mediante balizas luminosas situadas en los hastiales.

Más allá de los condicionantes de proyecto y de la definición del equi-

pamiento, la intensidad de tráfico es uno de los factores que más clara influencia tiene en las incidencias ya que en general a mayor número de vehículos se incrementa el número de éstas.

Las circunstancias excepcionales que se dieron durante el año 2020, con severas restricciones de movilidad promovidas para hacer frente a la pandemia por COVID-19, fueron un escenario único para estudiar el efecto del volumen e intensidad del tráfico.

Así lo recogen los datos de siniestralidad de 2020 publicados por la Dirección General de Tráfico, en lo referente a número de muertos en 24 horas en vías interurbanas. El informe “Siniestralidad mortal a 24h en vías interurbanas” asocia y atribuye, sin ningún tipo de reserva, al estado de alarma las variaciones encontradas en los datos respecto al año precedente:

- con anterioridad al primer estado de alarma (1 de enero al 14 de marzo), la tendencia en el número de muertos era ascendente respecto a 2019 (+8%),
- durante el primer estado de alarma (del 15 de marzo al 20 de junio) se registró un descenso de esta cifra del 59% respecto al año



Ilustración 2. Túnel Calle 30

2019. En este periodo se registraron 32 días con 0 fallecidos frente a los 10 de 2019,

- después del primer estado de alarma (del 21 de junio al 31 de diciembre) el número de muertos descendió un 12% respecto de ese mismo periodo en 2019.

Las estadísticas anteriores tienen un comportamiento correlativo con los datos de movilidad, es decir, con la intensidad de tráfico:

- las cifras de muertos y la movilidad de largo recorrido tienen un comportamiento similar,
- a partir del mes de abril descendió el número de muertos todos los meses excepto septiembre (+1%),
- los máximos descensos en las cifras de muertos se registraron en abril (-59%) y en mayo (-50%) de manera equivalente a los mayores descensos en movilidad del año (-75%, y -60%, respectivamente),
- los menores descensos en cuanto al número de muertos fueron en julio (-3%), en agosto (-11%) y en octubre (-8%).

Como aclaración a estos datos debe recordarse que después del estado de alarma, hasta finalizar el año, todavía se mantuvieron medidas que afectaban a la movilidad, variables en cuanto a intensidad y modo de restricción según comunidades autónomas. Los meses de julio a octubre se corresponden al periodo en el que las restricciones fueron menores.

Tabla 1. Accidentes mortales y movilidad de largo recorrido. Comparativo 2019-2020

La población estadística resulta mucho más extensa que la correspondiente a datos específicos de túneles, evitando así que los resultados puedan atribuirse como circunstanciales para un túnel concreto. Estos datos son excepcionales de la situación, pero existen multitud de estudios específicos de túneles que ponen de manifiesto la relación entre la intensidad de tráfico media y el número de incidencias de determinadas tipologías, aunque no todas son dependientes del tráfico. Ello también se observa en las horas punta y en los días laborables que, por lo general, llevan asociado un aumento en el tráfico.

3.2.2. Nivel de servicio

El nivel de servicio es una medida cualitativa relacionada con las condiciones de explotación de un flujo de tránsito y su percepción por los conductores. Al contrario que la intensidad de tráfico es un indicador sobre las condiciones de circulación por el túnel, desde la idealmente fluida hasta la completa congestión de la vía.

Por ello, el nivel de servicio es un factor que puede utilizarse para identificar y clasificar algunas incidencias. Cabría esperar que con niveles de tráfico congestionado se produjera un mayor número de incidencias, sin embargo, es necesario estudiar las condiciones particulares de cada túnel dado que con menor densidad de tráfico se desarrollan velocidades más elevadas, lo que da lugar en algunos casos a registrar un mayor número de incidencias.

Es posible afirmar que las incidencias generalmente relacionadas con la velocidad aumentan en condiciones de tráfico fluidas, mientras que otras lo hacen en condiciones de congestión, siendo ya ésta una incidencia por sí misma.

El número de incidencias acumuladas en un mes tipo, es decir sin

Tabla 1. Accidentes mortales y movilidad de largo recorrido. Comparativo 2019-2020

	Accidentes mortales				Fallecidos 24h				Heridos Hospitalizados 24h				Movimientos de largo recorrido		
	2019	2020	Dif. Nº	Var %	2019	2020	Dif. Nº	Var %	2019	2020	Dif. Nº	Var %	2019	2020	Var %
Enero	68	73	5		73	82	9		281	295	14	5%	30.016.067	30.702.414	2%
Febrero	73	73	0		82	82	0		319	299	-20	-6%	28.279.088	30.889.482	9%
Marzo	92	47	-45		100	53	-47		369	167	-202	-55%	33.655.767	20.416.792	-39%
Abril	69	26	-43		74	30	-44		345	49	-296	-86%	35.471.625	8.794.791	-75%
Mayo	77	43	-34		86	43	-43		378	247	-131	-35%	35.272.292	13.979.380	-60%
Junio	74	47	-27		78	50	-28		447	350	-97	-22%	35.877.904	25.435.958	-29%
Julio	104	105	1	1%	117	114	-3	-3%	445	442	-3	-1%	43.316.118	40.179.246	-7%
Agosto	94	79	-15		98	87	-11		447	419	-28	-6%	47.841.400	42.612.377	-11%
Septiembre	92	95	3		97	98	1		364	368	4	1%	36.119.069	33.325.107	-8%
Octubre	93	90	-3		106	97	-9	-8%	380	323	-57	-15%	35.397.201	28.991.562	-18%
Noviembre	81	50	-31		89	54	-35		314	243	-71	-23%	31.807.221	21.509.570	-32%
Diciembre	93	69	-24		101	80	-21	-21%	344	261	-83	-24%	34.092.860	24.382.523	-28%

eventos estacionales que condicionan el comportamiento del tráfico y por lo tanto el nivel de servicio, distribuidas por horas, permite observar que en los tramos horarios denominados “hora punta” se produce un incremento de incidencias, mientras que éstas disminuyen en la “hora valle”.

En el Gráfico 2 se aprecia que en las horas con intensidades de tráfico más elevadas, las incidencias más frecuentes son las que tienen que ver con vehículos detenidos en la calzada sin obstruir el paso, con averías de equipos sin degradación del servicio y con accidentes leves por alcance.

3.2.3. Restricciones de tráfico

Las restricciones permanentes u horarias que el Gestor del túnel pueda establecer para determinados vehículos o usuarios: peatones, bicicletas, motos, vehículos pesados, mercancías peligrosas, etc., alterarán significativamente la clasificación de las incidencias.

La presencia en el túnel de usuarios restringidos, además de ser una infracción, debe identificarse como una incidencia en sí y considerarse en la evaluación del riesgo asociado a otras incidencias, así como a los posibles riesgos que ello supone.

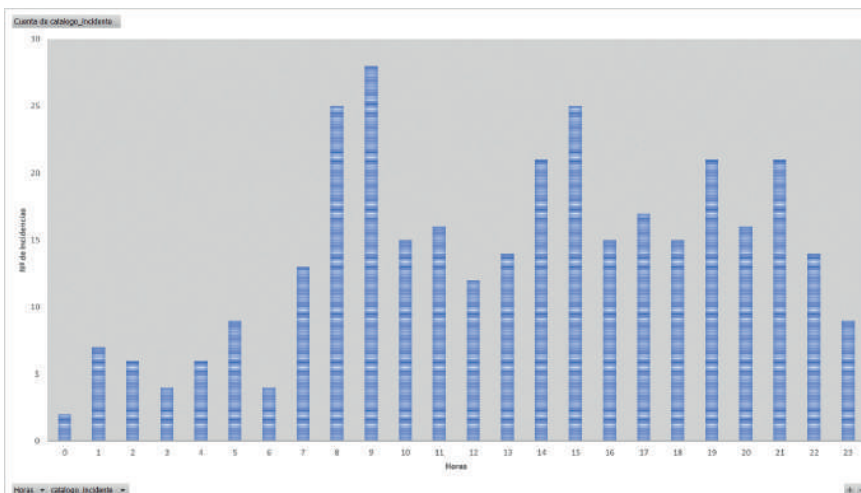


Gráfico 1. Número de incidencias acumuladas en un mes tipo

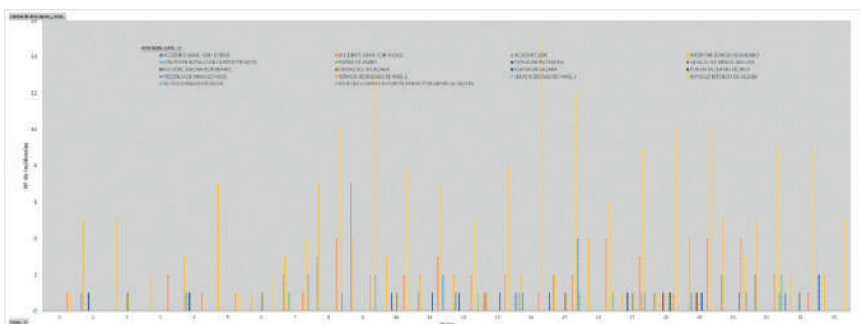


Gráfico 2. Frecuencia de las incidencias

A mayor longitud de túnel y en igualdad de otros factores, aumenta la probabilidad de que ocurra una incidencia y que sus consecuencias sean de mayor gravedad, debiéndose sumar posibles efectos de fatiga, monotonía y pérdida de concentración, así como fobias u otras alteraciones que un segmento de la población padece al atravesarlos, más si son de varios kilómetros.

3.3.2. Sección transversal

La amplitud de sección transversal es un bien escaso en los túneles ya que un aumento de ésta contribuye a incrementar considerablemente los costes de ejecución, algunas veces incluso de forma desproporcionada.

La disponibilidad de varios carriles en tubos unidireccionales proporciona un mejor escenario para



Ilustración 3. Cartel Autopista Tipo 1A

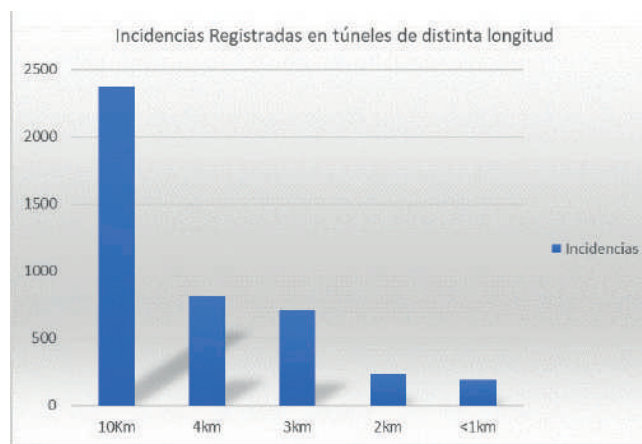


Gráfico 3. Incidencias Registradas en túneles en función de la longitud

resolver las incidencias e incrementa la seguridad, si se tiene en cuenta la posibilidad de impedir el adelantamiento a los usuarios en general o a los vehículos pesados en particular. A modo de ejemplo, un vehículo averiado en un carril de un tubo unidireccional que cuente con otros adicionales podría suponer únicamente el cierre de éste, sin alteraciones críticas en el tráfico de los adyacentes, facilitando el acceso de los servicios de emergencia propios y externos, si éstos fuesen requeridos. La misma incidencia en el carril de un túnel bidireccional con un solo carril por sentido implicará el cierre de éste, incluso el del túnel si a pesar de cometer una infracción se detectan usuarios que invadan el sentido contrario para sobrepasar el vehículo averiado.

Otros elementos de la sección transversal como los apartaderos, las aceras, los arcones y los escasamente disponibles en túneles españoles, carriles de emergencia, aunque puedan considerarse equipamientos, están condicionados por las dimensiones de ésta. Todos ellos resultan clave en las incidencias, reduciendo sus efectos en algunos casos (apartaderos y arcones), propiciando una correcta evacuación (aceras) o facilitando el acceso de los servicios de emergencia (carriles de emergencia). En conjunto, la disponibilidad de mayor sección transversal propiciará una mayor y mejor respuesta.

Incluso el gálibo en altura del túnel debe tenerse en cuenta como posible

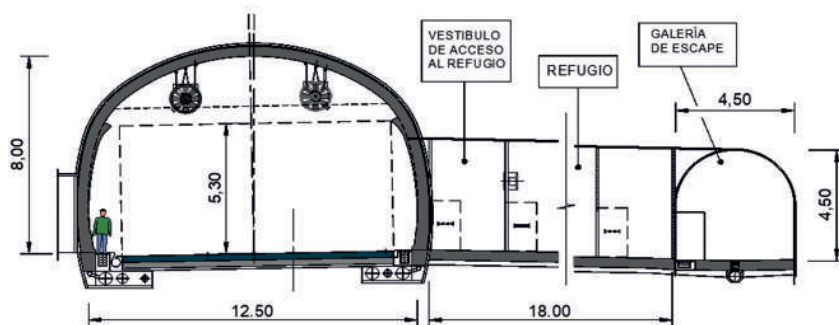


Ilustración 4. Sección transversal tipo con galería de emergencia

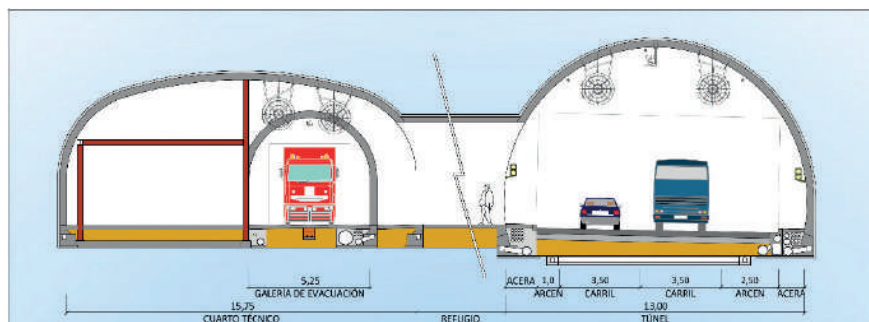


Ilustración 5. Túnel de Caldearenas. Sección tipo con galería

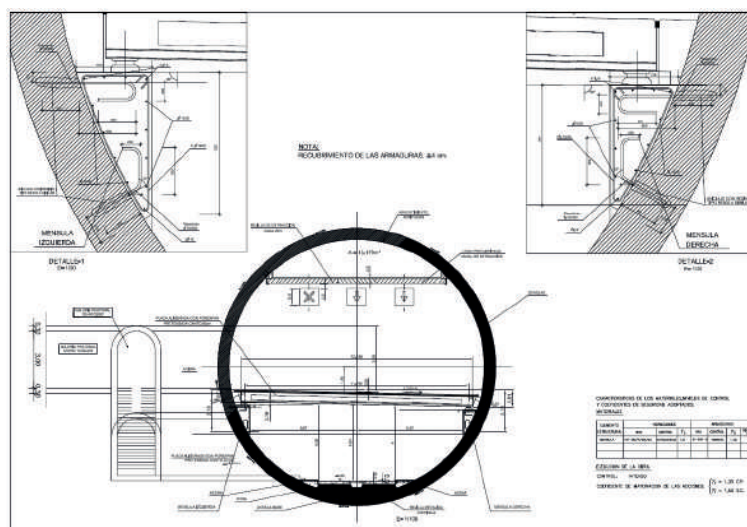


Ilustración 6. Sección tipo tuneladora-galería de emergencia

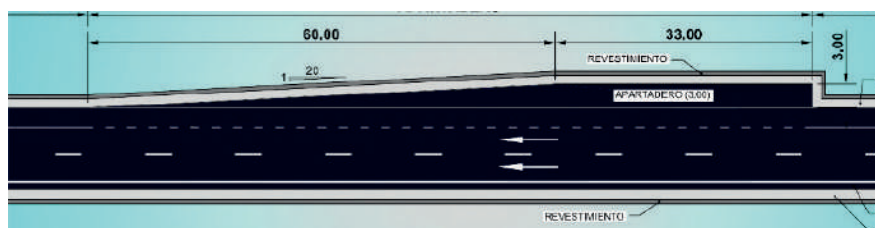


Ilustración 7. Planta apartadero. Túnel de Caldearenas



Ilustración 8. Detalle del cierre del apartadero. Túnel de Caldearenas

condicionante ya que la escasez de éste puede ser origen de incidencias, incluso adaptando todas las medidas de señalización y disuasión posibles.

Por otra parte, la sección transversal y más concretamente el gálibo libre del túnel son factores clave para la autoevacuación de los usuarios en caso de incendio ya que en los primeros minutos de éste es fundamental la estratificación de los humos para favorecer la visibilidad y la respiración bajo la capa creada, asegurándose una mayor velocidad en la evacuación cuanto mejor sea la visibilidad.

3.3.3. Trazado en alzado

La inclinación de la rasante y sus variaciones afectan al número de incidentes. El RD 635/2006 considera las limitaciones en la pendiente de los túneles como una medida de seguridad y considera que en el caso de tener tramos con pendientes superiores al 3% deberán tomarse medidas preventivas para evitar la incidencia o mitigar sus efectos.

Los carriles de entrada y salida con fuertes pendientes pueden afectar al número y gravedad de los accidentes, especialmente los de entrada con pendiente descendente ya que, en caso de incendio, debido al efecto de convección, los humos se desplazarán aguas arriba afectando a los usuarios que pudieran estar retenidos en la parte de atrás del carril.

3.3.4. Trazado en planta

En tramos en curva, la pérdida de visión es susceptible de aumentar la accidentabilidad, especialmente si converge con otros factores como pendientes descendentes, climatología, etc. Por lo contrario, los tramos con un trazado en recta acumulan menor número de incidencias.

Algunos de los puntos con mayor número de incidentes registrados se producen en trazados en curva.

3.4. Equipamiento

Aunque muchos de los equipamientos exigidos por el RD 635/2006 no tienen carácter preventivo, resultan fundamentales en el desarrollo de una incidencia mitigando en general sus consecuencias.

Por lo tanto, en el momento de evaluar las incidencias, deben tenerse en cuenta todos los equipamientos de los que dispone el túnel, en cuanto su aportación a:

- **Prevención:** Contribuyen a evitar la aparición de incidencias. Algunos son de tipo activo, como la señalización variable y las barreras de cierre, mientras que otros son pasivos o que contribuyen sin ser su función principal.
- **Detección y aviso:** Una vez se produce la incidencia, resulta clave una detección lo más temprana

na posible que permita la rápida actuación. Un ejemplo serían las cámaras con DAI.

- **Mitigación de efectos/resolución de la incidencia:** Podrían considerarse incluidas tanto las instalaciones que directamente sirven para luchar contra la incidencia: hidrantes, BIEs y la ventilación en caso de incendio, como todos los equipamientos que facilitan la rápida evacuación de los usuarios, los que impiden que nuevos usuarios accedan al túnel y los que facilitan el acceso de los equipos de emergencia, pudiendo actuar más precozmente. No debe olvidarse la importancia de las comunicaciones tanto en el interior del túnel como en las galerías y los avisos a través de las emisoras de radio comerciales.
- Las averías en las instalaciones de seguridad son incidencias en sí ya que la explotación se verá comprometida según sea la afectación al sistema o si éste cuenta con redundancia o medidas compensatorias que lo suplanen. Si concurrieran situaciones de incidencias y algún sistema del túnel degradado por una avería, el riesgo a la hora de catalogar la incidencia sería más elevado lo que pone de manifiesto la necesidad de un plan de contingencias que defina las Condiciones Mínimas de Explotación.

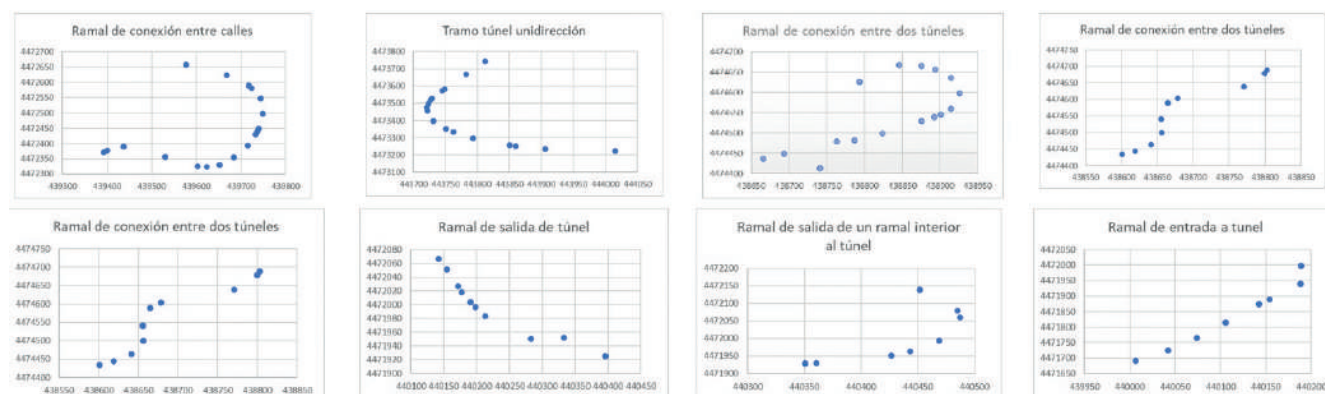


Gráfico 4. Concentración de accidentes en tramos en curva

Tabla 2. Plan de contingencia					
SISTEMA DE ESPECIAL RELEVANCIA PARA LA EXPLOTACIÓN	NORMATIVA DE REFERENCIA	ESTADO NOMINAL	SISTEMAS REDUNDANTE	CONDICIONES DE SERVICIO DEGRADADO	MEDIDAS COMPENSATORIAS PROPUESTAS
CCTV	EIT Sistema CCTV	Interdistancia de 80 m. Esta distancia puede variar para garantizar la cobertura completa de la zona y evitar ángulos muertos.	DAI	Imposibilidad de visionado de un tramo continuo de calzada que contenga al menos dos accesos a rutas de evacuación	- Control de tráfico en tiempo real: análisis aforamiento - Rondas de vigilancia
DAI	EIT Sistema DAI	Interdistancia de 80 m. Esta distancia puede variar para garantizar la cobertura completa de la zona y evitar ángulos muertos.	CCTV/VIDEO WALL	Fallo de dos analizadores DAI consecutivos	- Control de tráfico en tiempo real: análisis aforamiento - Rondas de vigilancia
DETECTORES ATMOSFÉRICOS	EIT Sistema de Detección de Condiciones Atmosféricas	Monitorización/lecturas de visibilidad, gases NO/CO y velocidad/sentido viento en cada Cantón	En caso de ausencia o fallo completo de un mismo tipo de sensor de gas se podrá gestionar en base a los valores de otro contaminante	2 cantones consecutivos sin lectura	- Reforzar rondas CCTV - Rondas de vigilancia - Mediciones portátiles "in situ"
SEMÁFOROS INTERIORES		1 semáforo doble ámbar cada 80 metros aprox.	Señalización variable	Imposibilidad de control de un tramo continuo de calzada que contenga al menos dos accesos a rutas de evacuación	- Rondas de vigilancia - Personal de señalización destacado a puntos de la calzada
SEMÁFOROS EXTERIORES DE CONTROL DE ACCESO A TÚNEL	EIT Equipamiento en Acceso a Túneles	1 semáforo verde, ámbar y doble rojo para cierre de túnel	Barreras y/o Señalización variable de acceso a túnel	Sin posibilidad de control en acceso a túnel	- Vehículo de señalización. - Personal de señalización destacado a puntos de la calzada

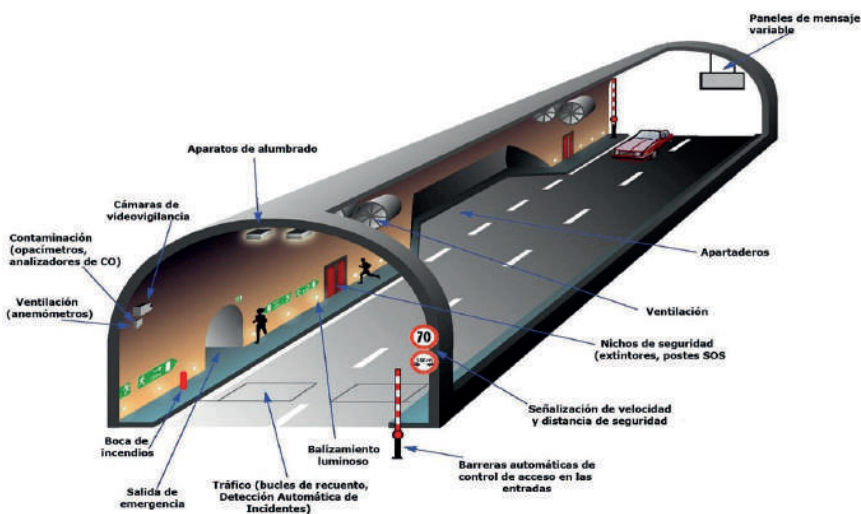


Ilustración 10. Esquema con diversos equipamientos del túnel (PIARC)

3.5. Configuración de la red

3.5.1. Ramales de conexión

El RD 635/2006 no permite la variación del número de carriles en el interior y en las proximidades del túnel (en una distancia equivalente a 10 veces la velocidad máxima permitida, expresada en metros por segundo; aspecto ya mencionado), excepto los carriles de emergencia.

Esta limitación tiene la finalidad de evitar en el interior y en los accesos al túnel la existencia de zonas notoriamente asociadas a una mayor accidentabilidad.

Los tramos de trenzado en el interior del túnel suponen un factor de riesgo y afectan a las incidencias

que sucedan en él, que debe tenerse en cuenta en los casos en que sea necesario proyectarlos.

3.5.2. Conexiones con otras infraestructuras

La existencia de infraestructuras cercanas, con conexión a la vía donde está situado el túnel, puede producir una alteración en el tráfico de éste. Dependiendo de su posición relativa al túnel, las incidencias que se produzcan en las infraestructuras adyacentes pueden provocar aumentos o descensos del tráfico en el túnel, incluso llegar a congestionarlo (conviene recordar que debe cerrarse la entrada al túnel para evitarlo). Deberá tenerse en cuenta esta circunstancia a fin de evitar que derive

en otras afectaciones concatenadas por lo que la existencia de planes de actuación de coordinación conjunta con infraestructuras adyacentes evita la propagación del incidente, minimizando así sus consecuencias.

Por contra, la presencia de otras vías cercanas puede proporcionar alternativas ante las incidencias que se originen, permitiendo reconducir parcial o totalmente el tráfico, descongestionando así la vía para un mejor acceso y actuación por parte de los servicios de emergencia y del personal del túnel. En este sentido, los ramales de conexión, si bien pueden complicar la gestión del túnel también pueden contribuir favorablemente en caso de incidencia.

3.6. Velocidad

Como se ha indicado anteriormente, la velocidad es un factor relacionado con el aumento de las incidencias, así como con la magnitud de los daños personales y materiales ocasionados por éstas. Esta circunstancia no se limita únicamente a los excesos de velocidad, sino que resulta también aplicable a la velocidad máxima permitida e incluso a la velocidad mínima (la mitad de la velocidad de la vía, salvo que esté permitido el paso de peatones y/o ciclistas).



Ilustración 11. Limitación de velocidad, túnel de Caldearenas y control de velocidad túnel de Petralba

Si bien pudiera deducirse que para aumentar la seguridad fuera conveniente aplicar mayores reducciones de la velocidad máxima permitida en el túnel, esta práctica podría ocasionar la aparición de otro tipo de incidencias, tales como los accidentes por alcance y el aumento de la contaminación. Según los túneles y el tipo de combustible de los vehículos, por debajo de 30 km/h se eleva mucho la contaminación por mala combustión. En general, se puede afirmar que por encima de 40 km/h, los túneles se autoventilan.

Por otra parte, para evitar la concatenación con nuevas incidencias, es necesario verificar si la disponibilidad de los equipos de señalización variable resulta adecuada a las limitaciones excepcionales que se pretendan establecer en caso de incidencia, así como su correcta utilización.

3.7. Entorno de la explotación

El entorno es un factor condicionante importante en los incidentes en los túneles. Una clasificación simple es:

- Urbano: Este tipo de entorno suele implicar altos volúmenes de tráfico y por lo tanto mayor número de incidencias relacionadas, in-

cluso dar lugar a la aparición regular de congestiones y otro tipo de eventos que tienen que ver con los accesos no permitidos al túnel como el de los peatones y ciclistas, en caso de que tengan restringido su paso.

- Interurbano: Asociado típicamente mayores velocidades y a niveles de servicio más favorables, excepto en los accesos a las grandes ciudades. Dichos entornos suelen ser más propensos a incidencias meteorológicas, animales en libertad, desprendimientos (muchos túneles interurbanos responden a una necesidad de atravesar entornos montañosos).

3.8. Grado de supervisión y respuesta de los equipamientos

El objetivo de la supervisión es mantener los equipamientos del túnel en perfectas condiciones para que estén disponibles en el momento de la incidencia y su respuesta sea la esperada.

En este sentido debe garantizarse un correcto mantenimiento predictivo y preventivo de los equipamientos de seguridad y control.

Es necesario contar con un plan de contingencias que describa los

protocolos a seguir en el caso de averías que obligue a una explotación del túnel en modo degradado y se establezcan las Condiciones Mínimas de Explotación.

3.9. Respuesta de los servicios de emergencia

Este factor puede resultar clave para salvaguardar la vida humana, tanto en lo que supone una rápida respuesta como en que ésta sea eficaz.

La rapidez de respuesta no depende únicamente de aspectos ajenos al túnel sino también de la efectividad de los sistemas de detección y aviso, así como de la formación del personal del Centro de Control tanto para conocer la incidencia como para elaborar correctamente la información a comunicar a los servicios de emergencia a través del teléfono único 112.

Los tiempos de respuesta del personal para atender la incidencia/incidente dependerán de la distancia a la que estén ubicados con relación al túnel, que debe ser conocida.

Los trabajos previos realizados conjuntamente con los servicios de emergencia para un mejor conocimiento de la instalación, sus



Ilustración 12. Ejemplo túneles cortados

accesos, los procedimientos de actuación, etc., sin duda mejorarán la respuesta.

3.10. Entrenamiento del personal de explotación

La actuación del personal propio de explotación resulta un condicionante importante para resolver las incidencias, independientemente de que se requiera o no la intervención de los servicios de emergencias externos.

Además de contribuir ocasionalmente a la detección de incidencias, es habitual que el personal de explotación se persone antes que los servicios de emergencia en el lugar de la incidencia, pudiendo tener asignadas funciones de intervención, de evacuación o de confinamiento e incluso de primeros auxilios, siempre en función de su formación y atribuciones y sin poner en riesgo sus vidas.

Es esencial una formación y entrenamiento adecuados a las actuaciones que el personal de explotación pueda desempeñar, complementada, tanto a nivel teórico como práctico, con la realización de ejercicios y simulacros tal y como se indica en la publicación de PIARC (2012) “BUENAS PRÁCTICAS PARA LOS EJERCICIOS DE EMERGENCIA EN TÚNELES DE CARRETERA”. Los principales objetivos de la formación son:

- Conocimiento del túnel y su entorno, especialmente de aquellas características que tienen influencia sobre las incidencias;



Ilustración 13. Simulacro en el túnel de Somport



Ilustración 14. Publicaciones PIARC 2007 y 2012. Comité de Explotación de túneles

- Identificación y clasificación de las incidencias;
- Organigrama en caso de emergencia;
- Servicios de emergencia;
- Manual de actuación.

Del mismo modo, el personal del Centro de Control deberá ser seleccionado, formado y entrenado.

Cuando se habla de “seleccionado” hay que tener en cuenta la importancia del perfil psicológico de los operadores de Centro de Control para que no se bloqueen frente a un incidente de cierta gravedad, por

ejemplo, un incendio. En este sentido la realización de test de estrés, test de ansiedad de Hamilton, test de psicopatías de Robert Hare, han demostrado ser herramientas muy útiles, no solamente como elementos clasificatorios en la elección de personal sino también en cuanto a la formación específica de los operadores.

A este respecto es interesante la publicación de PIARC (2007) "GUÍA PARA LA ORGANIZACIÓN, CONTRATACIÓN Y FORMACIÓN DEL PERSONAL DE EXPLOTACIÓN DE TÚNELES DE CARRETERA".

4. Criterios principales para la clasificación

A la hora de clasificar los incidentes en varias categorías pueden establecerse diferentes formas de hacerlo. Se puede hacer una clasificación en función del origen o causa del incidente (un accidente de tráfico, un fallo en el funcionamiento en las instalaciones, una mala visibilidad en el túnel o sus accesos). También se puede diferenciar según la forma de actuación para solucionar el incidente (con medios propios o con medios externos, con cierre del túnel, con cierre de carril o sin necesidad de afectar al flujo circulatorio). Cabe considerar una clasificación en función del nivel de gravedad, del riesgo generado y de los medios necesarios para su resolución (prelerta, alerta, nivel de emergencia o crisis). Los incidentes también se pueden valorar en función de sus consecuencias en cuanto a la afectación a usuarios o a los equipamientos o sistemas, por el modo o medio de detección.

4.1. Considerando su origen, las situaciones de riesgo se pueden clasificar en:

- Factor humano: su origen está relacionado con la actividad del

hombre. Este grupo incluye los riesgos derivados de la circulación de vehículos, tales como accidentes de tráfico, incendios de vehículos, derrames o explosiones de mercancías peligrosas, presencia de peatones en la vía, etc.

- Factor técnico: se trata de situaciones asociadas al mal funcionamiento, tales como averías de los equipamientos o sistemas o de los propios vehículos que circulan.
- Factor natural: incidencias relacionadas con condiciones meteorológicas adversas, causas geotécnicas y causas relacionadas con la fauna.

Las situaciones de riesgo relacionadas con factores humanos pueden provenir de:

- Infracciones en la conducción;
- Accidentes de circulación en los que se vean implicados uno o más vehículos, de la misma o distinta clase, que puedan generar heridos de diferente gravedad (incluso muerte) y daños tanto a los vehículos como a las instalaciones del túnel;
- Presencia de peatones, bicicletas o vehículos de tracción animal;

- Paso de vehículos especiales por sus dimensiones, con restricciones de paso o incluso prohibición;
- Congestión (retenciones y atascos), más probables en túneles de entorno urbano, pero no desechables en túneles interurbanos, por ejemplo, por accidente en el túnel;
- Contaminación producida por los vehículos propulsados por motores de combustión interna, que puede repercutir en la explotación del túnel y en la seguridad de sus usuarios por la emisión de partículas contaminantes (CO, NOX y CO₂), y que además puede producir una disminución de la visibilidad;
- Pérdidas de carga o de mercancías por los vehículos que han circulado por el túnel;
- Incendio en el interior del túnel de uno o varios vehículos cuya gravedad está relacionada directamente con la potencia del incendio generado, según se trate de un incendio de un vehículo ligero, de un vehículo pesado o de un vehículo que transporte MMPP. Se puede generar a raíz de un accidente o por problemas mecánicos o eléctricos del vehículo:



Ilustración 15. Colisión entre dos vehículos



Ilustración 16: Incendio de camión dentro del túnel



Ilustración 17: Situación de riesgo por infracción en adelantamiento

- Implicación de materias peligrosas en accidentes, fugas o derrames.
- Manifestaciones o desórdenes públicos. No son habituales, pero se pueden llegar a producir sobre todo en entornos urbanos;
- Atentados, sabotajes o robo de materiales de las instalaciones. La posibilidad de atentados debe recogerse en el Manual de Explotación, no debiéndose olvidar los Centros de Control y la ciberseguridad;
- Obras o labores de mantenimiento. No se tratan propiamente de incidentes sino más bien de incidencias en la normal explotación del túnel para las que hay que estudiar previamente un procedimiento de trabajo en condiciones de seguridad tanto para los trabajadores como para los usuarios;

Las situaciones de riesgo asociadas a factores técnicos pueden ser debidas a:

- Averías y fallos técnicos de las instalaciones que afecten a las condiciones de circulación y que puedan llevar consigo restricciones en el túnel e incluso a la necesidad de su cierre. Normalmente este tipo de incidencias se suelen analizar en las Condiciones Mínimas de Explotación (CME) para determinar, en función del núme-



Ilustración 18: Situación de riesgo por incendio en cuadro eléctrico de mando

ro de equipamientos afectados, su ubicación y los plazos de resolución de las averías, y si es necesario o no aplicar restricciones y/o medidas compensatorias para seguir operando de forma degradada;

- Fuego en las instalaciones; en este caso además de las CME que pueden conllevar el incendio debido a la inutilización de las instalaciones, debe tenerse en cuenta el procedimiento a seguir para la extinción del incendio o conato de incendio;
- Fallos en la infraestructura u obra civil del túnel, que pueden producirse en el pavimento, en las aceras, en el revestimiento y en

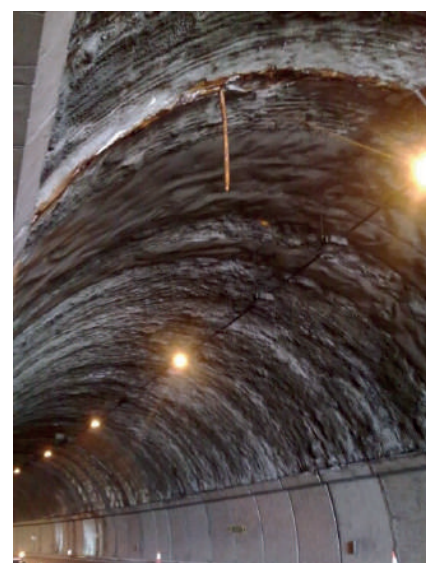


Ilustración 19: Situación de riesgo por deterioro de revestimiento flexible

el sistema de drenaje que pueden llegar a generar condiciones de circulación no seguras en el túnel que obliguen a su cierre. El alcance de este tipo de circunstancias puede ser muy importante y sus plazos de resolución muy dilatados, por lo que ésta debe analizarse en profundidad;

- Averías de vehículos que circulan por el túnel, de diferentes tipos y de diferente gravedad, que pueden influir en la circulación;

Las situaciones de riesgo asociadas a factores naturales pueden ser las siguientes:

- Condiciones meteorológicas adversas en las plataformas de ac-

ceso/salida y/o en los primeros metros del túnel;

- Características geotécnicas del terreno que puedan producir hundimientos o corrimientos de tierras, tanto en el interior del túnel como en sus accesos;
- Presencia de animales en el interior del túnel que supone un riesgo importante dado que éstos no tienen salida fácil por lo que normalmente supone el cierre del túnel hasta que se produzca.

4.2. Atendiendo a la forma de actuación para su resolución, los incidentes se pueden diferenciar de la siguiente manera:

Resolución desde el Centro de Control o con medios sobre el terreno, si es que se disponen. Por tanto, según el tipo y la gravedad del incidente, éste se puede resolver de la siguiente manera:

- Desde el Centro de Control: muchos de los incidentes de menor gravedad pueden resolverse con una actuación sobre la señalización, indicando precaución en los PMV y/o limitaciones de velocidad (infracciones leves en la conducción, condiciones meteorológicas adversas, labores de mantenimiento, paso de vehículos especiales, averías...), con semáforos en ámbar intermitente, con mensajes a través de la emisora de los vehículos, aumentando la iluminación cerca de las bocas, actuando sobre la ventilación mediante el arranque de los ventiladores en caso de contaminación u opacidad, actuando sobre la iluminación poniéndola en el máximo nivel para mejorar la visibilidad, actuando sobre las barreras para cerrar el túnel y evitar la afección a más usuarios en incidentes más graves (averías



Ilustración 20. Centro de Control. Túneles de Calle 30

con corte de carril, objetos en calzada...), ...;

- Con medios propios sobre el terreno: en el caso en el que el incidente no se pueda resolver por medios propios, será necesario que el personal de apoyo compruebe la causa del incidente y ayude a su resolución. Este sería el caso de averías, accidentes y presencia de animales. Algunos túneles cuentan con personal de primera intervención para actuar si se produce algún incendio, pero en este caso también se solicitará la ayuda de los medios exteriores;
- Con ayuda de medios exteriores (bomberos, sanitarios, fuerzas de seguridad y protección civil): en el caso en el que el personal del túnel no tenga capacidad suficiente para atender un incidente se solicitará la ayuda de los Servicios de emergencia exteriores;
- Con/sin cierre de carril: en cierto tipo de incidentes (averías, objetos en calzada, accidente leve) puede ser necesario el corte de un carril, lo que supone una afección a la circulación en el túnel. En el caso de túneles unidireccionales, esta afección es leve ya que se dispondrá de otro carril para circular, pero en el caso de túneles bidireccionales la afección

será mayor ya que supondrá el corte de uno de los sentidos de circulación. En este caso si el corte persistiese en el tiempo debería establecerse tráfico alternativo en condiciones adecuadas de seguridad. Es de gran ayuda disponer de señales aspa-flecha y flechas inclinadas para facilitar la gestión inmediata desde el Centro de Control;

- Con/sin cierre de túnel: para el caso de los incidentes más graves (accidentes, incendio, fuga de MMPP, fallos graves en las instalaciones) puede ser necesario el corte completo del túnel hasta la resolución del incidente.

Relacionado con la clasificación anterior, pero en este caso dependiendo de la gravedad del incidente y de los riesgos generados, se pueden establecer diferentes niveles de actuación, según los medios necesarios para su resolución, tales como:

- Nivel de prealerta (nivel 0): Estado en respuesta a un incidente detectado que, sin haber producido daño sobre las personas, los materiales o el medio ambiente, supone un incremento del riesgo por encima de los niveles asumidos como aceptables, pudiendo ser controlado por los medios propios de la explotación, sin la intervención externa.

- Nivel de alerta (nivel 1): Estado en respuesta a un incidente detectado que, sin haber producido daño sobre las personas, los materiales o el medio ambiente, supone un incremento del riesgo por encima de los niveles asumidos como aceptables, requiriéndose para su control el aviso o alerta al servicio exterior de emergencias necesario, además de los medios propios de la explotación. Los servicios exteriores de emergencia permanecen en estado de alerta en espera de que se les comunique la evolución de la situación de emergencia. Durante este estado, se realizarán las operaciones que el Plan Exterior de Emergencias determine.
- Nivel de emergencia (nivel 2): Estado en respuesta a incidentes no catastróficos en los que para su resolución previsiblemente sólo será necesaria la movilización de los servicios ordinarios de intervención en emergencias exteriores a la explotación. Son supuestos incidentes sin daños o con daños limitados que requieren de la movilización de recursos de primera intervención, y en su caso coordinación suplementaria y apoyo técnico superior.
- Nivel de emergencia extraordinaria (nivel 3): Estado en respuesta a incidentes de cuya ocurrencia se deriva un daño importante para las personas e instalaciones, o en los que sin haberse materializado daño suponen un nivel de riesgo muy elevado. Se trata de situaciones de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública, en las que en función de su gravedad se pondrán en marcha distintos Planes de Emergencias Exteriores y que exigen, para ser resueltas, de la intervención coordinada

de todos los medios y recursos implicados en dichos Planes de Emergencia, así como aquellos otros que se consideren necesarios bajo la autoridad del Director del Plan Exterior.

4.3. Según las posibles afecciones o consecuencias que puedan derivarse de cada uno de los incidentes, éstos se pueden numerar de 0 al 4 según el siguiente orden:

0. Sin afecciones al tráfico: se trata de pequeñas incidencias resueltas rápidamente o de pequeña gravedad que no suponen ninguna afección a las condiciones de circulación del túnel. Este sería el caso de niveles de contaminación u opacidad resueltos con el arranque de la ventilación o pequeñas averías en las instalaciones u obra civil que no afectan a las condiciones de seguridad de los usuarios.
1. Entorpecimiento a la conducción: Este tipo de incidentes supone la aplicación de ciertas limitaciones a las condiciones normales de circulación como pueden ser la precaución (semáforos ámbar y mensajes PMV), la necesidad de reducir la velocidad, las retenciones, los atascos, los cortes de carril o incluso el cierre de túnel.
2. Daños sobre los vehículos en caso de accidentes.
3. Daños en la infraestructura: daños en la obra civil del túnel y/o en sus instalaciones.
4. Heridos de diversa gravedad como consecuencia de atropellos, accidentes entre vehículos o incendios.
5. Muertos.

4.4. En cuanto al modo o medio de detección pueden diferenciarse los siguientes tipos de incidencias:

- Detección automática: muchos túneles, sobre todo a partir de cierta longitud, disponen de un sistema de Gestión Técnica Centralizada (GTC) o Plataforma SCADA que controla el estado de todo el equipamiento y genera alarmas en caso de que alguno entre en fallo o no funcione correctamente. Esta GTC dispone en ocasiones de un sistema DAI (Detección Automática de Incidentes) que analiza el tráfico a través del sistema CCTV y que también genera alarmas por situaciones anómalas en la circulación (vehículo lento, vehículo rápido, vehículo parado, vehículo en sentido contrario, congestión, peatón, objeto...). Normalmente está configurada una alarma automática de incendio, de modo que en función de uno o varios de los sistemas instalados en el túnel (sistemas de detección de incendios, detectores de CO, NO, opacidad, extintores...) se activa e incluso localiza el incendio y propone una actuación al operador que debe validar o pasado un cierto tiempo de respuesta actúa de "motu proprio";
- Detección por medios propios: el personal dispuesto en el Centro de Control a través del sistema CCTV visualiza el estado del tráfico y detecta las incidencias del tráfico. El personal de mantenimiento o de conservación en sus rondas de inspección también puede detectar incidencias en el tráfico o en el estado de las instalaciones;
- Detección a través de los usuarios: en ocasiones los usuarios se comunican con el Centro de Control a través de los postes SOS para informar de un problema que han tenido;

- Aviso de terceros: el aviso al Centro de Control también puede llegar a través de los servicios de socorro o del 112, cuando éstos han sido alertados previamente por los usuarios.

Por último, cabe señalar que todos los incidentes producidos en un túnel deben quedar documentados y registrados por parte de la empresa explotadora, pero además en aquellos casos en los que los incidentes tengan cierta relevancia el Responsable de Seguridad de Túneles (RST) deberá redactar un informe específico del mismo para conocimiento del Gestor. Para distinguir qué tipos de incidentes se deben considerar relevantes se puede tomar como referencia el criterio fijado en el documento El Responsable de Seguridad de Túneles de Carretera elaborado por el Comité de Túneles de la ATC:

- Incidentes significativos:
 - o Al menos 1 víctima (herido leve, grave o fallecido),
 - o Incendio,
 - o Caída de materiales en boca o interior.
- Incidentes relevantes:
 - o Daños materiales en algún vehículo,
 - o Vehículo de MMPP implicado,
 - o Fallo generalizado de la estructura o de alguna instalación,
 - o Corte no programado de algún carril durante más de 2h o cierre no programado del túnel o 1 tubo de cualquier duración.

En ese documento se indica que los incidentes relevantes deben quedar registrados (en la base BIT 2.1 Base de datos de inventario, incidencias e inspecciones de los tú-

neles de la R.C.E.) y que los incidentes significativos requieren además evaluación e informe.

En el caso de países del entorno como Francia, la normativa de este país (Arrêté du 18 avril 2007) considera que en cuanto a la seguridad los incidentes y accidentes significativos son los siguientes:

- a) todos los accidentes con lesiones;
- b) todos los incendios dentro del túnel;
- c) otros sucesos que hayan requerido un cierre no programado del túnel, excepto los relacionados con la gestión del tráfico fuera de la estructura.

Además, para cada tipo de incidentes, en función de su gravedad y por tanto de la respuesta de acción necesaria, deben fijarse los niveles de emergencia a aplicar definidos en el apartado 4.3.

5. Listado de incidencias

Toda clasificación supone introducir un orden que ayuda a un tratamiento organizado y metódico de la información. El primer paso para la clasificación de incidencias es distinguir grupos más o menos homogéneos de tipologías de estas.

Como ya se ha visto en el apartado anterior, la clasificación puede obedecer a distintos criterios, que aunque todos sean válidos pueden presentar ciertos inconvenientes operativos que retrasen la respuesta.

Por una parte, en un primer momento el nivel de riesgo es subjetivo y la previsión de los servicios de emergencia necesarios puede no ser correcta debido a la evolución del incidente y por otra una clasificación basada en la respuesta so-

bre la señalización o en el modo de detección del incidente depende del equipamiento implementado en el túnel con lo que la casuística es muy variable.

Una propuesta de clasificación de causas, fundamentada en agrupar las tipologías en base al origen del incidente, añadiendo un grupo de afección a condiciones ambientales y otro reservado a situaciones de explotación con restricciones, y englobando cada uno de ellos en categorías de las incidencias más comunes, sin perjuicio de que una característica singular de un túnel concreto implique añadir o eliminar alguna de ellas, sería la siguiente: (tabla 3)

El grupo de Explotación responde a situaciones programadas, que deben planificarse adecuadamente y comunicarse con antelación a la autoridad de tráfico.

Debe observarse que en las categorías que hacen referencia a vehículos no se han introducido distinciones en cuanto al tipo: pesado o ligero, mercancía transportada, tipo de combustible, etc. La identificación del tipo de vehículo puede conllevar un retraso en el lanzamiento de la respuesta por parte del operador y además el túnel puede no contar con los equipos necesarios para detectar vehículos de forma específica.

No obstante, si se necesitase distinguir o complementar la respuesta ante un incidente originado por un vehículo de características concretas, pueden darse instrucciones específicas en la ficha de actuación correspondiente, por ejemplo, para la detención de un vehículo de mercancías peligrosas en el túnel.

Un aspecto muy importante, ya en el tratamiento del incidente, es el seguimiento de la evolución de éste para lo que es de vital importancia

Tabla 3 Clasificación de causas de incidencias basada en agrupar las tipologías en base al origen del incidente

Clasificación de causas de incidencias basada en agrupar las tipologías en base al origen del incidente											
Condiciones ambientales	Climatológicas y naturales: Originadas por fenómenos meteorológicos u otros factores naturales	Viento	Niebla	Lluvia	Nieve	Hielo	Alud o derrumbe en el exterior del túnel				
Explotación con restricciones	Tráfico rodado: El incidente es causado por vehículos, personas o animales en movimiento	Congestión	Vehículo rápido	Vehículo lento	Peatones	Ciclistas	Vehículo de tracción animal	Conducción temeraria / Kamikaze	Vehículo especial	Animal	Vehículo fuera de gallo
	Detenciones y obstáculos; El incidente está causado por vehículos u objetos ubicados en una zona concreta y localizada	Vehículo en apartadero	Vehículo u obstáculo en carril	Vehículo u obstáculo ocupando toda la calzada	Derrumbe interior u obstrucción de accesos	Calzada deslizante o vertido en interior del túnel	Accidente				
	Incendio en el interior del túnel	Incendio fijo	Incendio en movimiento	Incendio fijo de MMPP (en caso de agentes de intervención propios o para aviso a agentes exteriores)	Incendio fijo de MMPP (en caso de agentes de intervención propios o para aviso a agentes exteriores)						
	Orden público; Incidentes de origen puramente antrópico	Manifestación	Alerta de bomba o atentado (incluyendo ataques informáticos al centro de control)								
	Ambientales; Todas las relacionadas con el medio ambiente	Alta opacidad	Alta concentración de CO	Alta concentración de NOx							
	Averías y factores técnicos	Averías y fallos técnicos de las instalaciones	Fuego en las instalaciones de los locales técnicos	Fuga fija de MMPP	Fuga en movimiento de MMPP						
	Restricciones de tráfico para realizar trabajos de conservación y mantenimiento	Distintos tipos de corte de carriles	Distintos tipos de cierre de túneles	Gestión de desvíos provisionales en accesos u otras restricciones de circulación							

el sistema CCTV. Por ejemplo, la detección de un peatón que circula por la acera origina una respuesta de alerta para los vehículos y de alarma para el personal de explotación. Si se observa que este peatón actúa de forma anormal, la respuesta inmediata es el cierre de túnel.

En un futuro muy próximo, casi presente, habrá que analizar un nuevo tipo de incidente, el producido por los vehículos con conducción autónoma completa (nivel 6 de autonomía) que pueden aportar un mayor grado de complejidad a la actuación a realizar. Complejidad que disminuirá progresivamente entre los niveles 4 (conducción autónoma alta) y 1 (conducción asistida).

6. Otros datos de interés: estudios del comportamiento de los conductores en túneles

Un factor determinante para minimizar las incidencias en los túne-

les es concienciar a los usuarios de las particularidades de conducir por una infraestructura tan singular.

A lo largo de este artículo ha quedado patente que es posible mantener cierto control y seguimiento sobre las diversas variables que intervienen en una incidencia, pero sin duda, la variable de la que aún no se dispone de suficientes referencias es la del comportamiento de los usuarios ya que muchas veces no es el adecuado, pero no se puede analizar al no haberse involucrado en el accidente.

Un reciente estudio llevado a cabo en un túnel tipo evidencia que los excesos de velocidad, no mantener la distancia de seguridad y la indisciplina ante cambios en la señalización, son factores de riesgo sobre los que se debe insistir.

En la Ilustración 21 se resumen los resultados del estudio realizado en 2019 por Autopistas España:

7. Conclusiones y recomendaciones

El análisis realizado sobre Incidentes Potenciales y su clasificación tiene un carácter general que debe utilizarse simplemente como orientación para el estudio particularizado de cada túnel.

Su aplicación generará un proceso que permitirá definir en términos cuantitativos la capacidad de "resiliencia" de una infraestructura concreta mediante la aplicación de determinados procedimientos, como por ejemplo la Metodología RAMS. (Ver documento de PIARC, 2019 R05 ES).

Los incidentes que se producen en un túnel no deben ceñirse exclusivamente al propio túnel sino también a sus zonas de influencia inmediatamente antes y después.

En el origen de todas las incidencias y, por consecuencia, en el de los distintos incidentes que se producen en los túneles, interviene alguno de los factores que conflu-

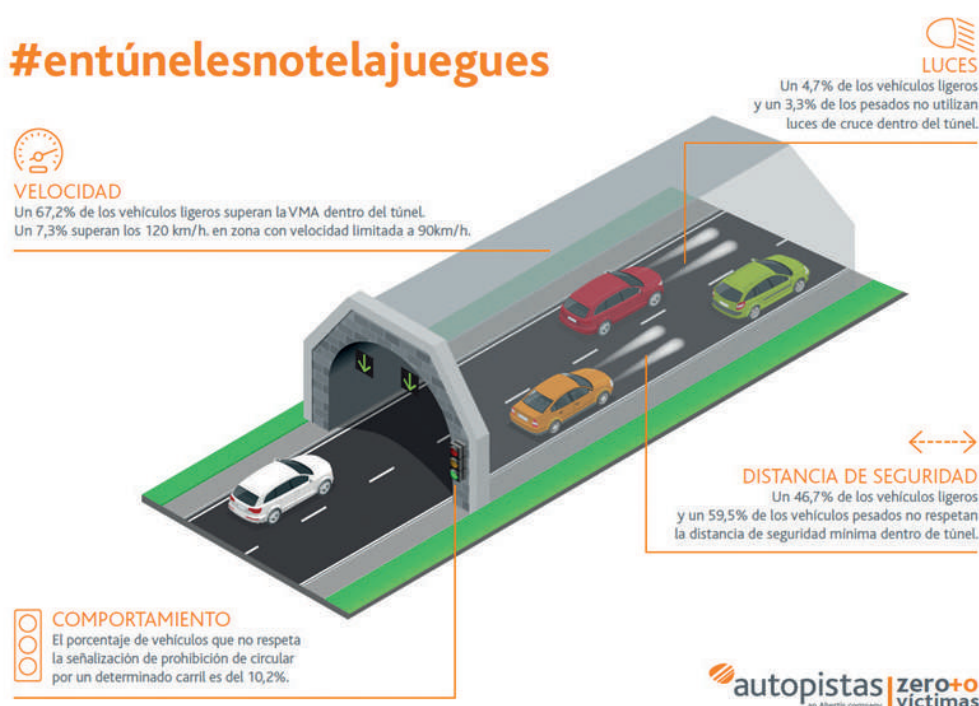


Ilustración 21. Resumen los resultados del estudio realizado en 2019 por Autopistas España.

yen en la carretera, instalaciones, infraestructura, procedimiento de gestión y usuarios de la vía, por lo que su estudio pormenorizado y particularizado para cada túnel mejorará la capacidad de respuesta ante los diferentes eventos y el restablecimiento del servicio.

Uno de los principales factores que influye en la seguridad de los túneles es el del comportamiento de los usuarios, por lo que es muy conveniente una labor educativa, con campañas dirigidas a una conducción más segura, incluyendo en la formación de los conductores aspectos específicos del riesgo en túneles. Además, también es recomendable una acción coercitiva con penalizaciones a los infractores.

Respecto a otros factores, como los relacionados con el equipamiento y los procedimientos de actuación, deben tomarse ciertas medidas que, a la vista de la experiencia de años, han resultado eficaces y de vital importancia:

- la formación del personal de las salas de Control, en cuanto al conocimiento del medio, las instalaciones y los procedimientos de actuación, especialmente cuando no todo el equipamiento de seguridad esté plenamente operativo,
- el establecimiento de procedimientos claros y concisos en el Manual de Explotación, de fácil comprensión y realización, así como su integración real y contrastada en los sistemas de funcionamiento y control del túnel,
- el mantenimiento preventivo y de reparaciones, con especial énfasis en la resolución de los problemas existentes en los sistemas más críticos, entendiendo por éstos los que carecen de otros redundantes o de medidas compensatorias que los sustituyan.

Por otra parte, es recomendable, y así se ha constatado en numerosos casos, que túneles próximos que comparten personal de conservación y explotación, cuyos incidentes se atienden por los mismos servicios de emergencia externos, dispongan de la misma clasificación de incidentes y de un plan de respuesta conjunto, sin perjuicio de añadir consideraciones para un túnel concreto del grupo que respondan a alguna singularidad de éste, ya que cada túnel tiene sus propias características y circunstancias. De esta forma, la documentación se simplifica y puede ser revisada y actualizada con facilidad.

En general, esta buena práctica se viene desarrollando en numerosos túneles tanto de la Red de Carreteras del Estado como en los dependientes de otros titulares, Comunidades Autónomas y Ayuntamientos, habiéndose constatado mejoras en la organización de los procedimientos de actuación, una disminución del tiempo de respuesta y una mayor eficacia en los aspectos formativos del personal de explotación.

Ello supone un primer paso para que aquellos túneles que comparten un mismo Centro de Control dispongan de una plataforma única de Gestión Técnica Centralizada que los integre, independientemente de que existan otras aplicaciones de control local que prevean un fallo de comunicación o un incidente que requiera una gestión local. Esta plataforma única deberá de ser abierta para que pueda ser intervenida por cualquier profesional especializado, independientemente del proveedor.

La experiencia de los últimos años demuestra que unos planes de señalización globales son útiles para una explotación más eficiente y para una mejor gestión de incidentes, simplificando los procedimientos de actuación.

Como consecuencia de ello, el concepto de resiliencia del túnel se ve reforzado y por supuesto todo redundante en un incremento de la seguridad de los usuarios a su paso por los túneles.

8. Referencias

Para la elaboración de este artículo se ha analizado la siguiente documentación sobre incidentes:

- Incidentes en túneles de Cataluña pertenecientes a la red autonómica;
- Incidentes en los túneles de Monrepós en la autovía A-23 en la provincia de Huesca;
- Incidentes en el túnel hispanofrancés de Somport;
- Incidentes en túneles gestionados por Abertis;
- Incidentes en los túneles de Calle 30.

Además, se han consultado los siguientes documentos:

- Base de datos de túneles de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana;
- “Experiencia con incidentes significativos en túneles de carretera”, PIARC, 2017;
- “Medidas de prevención y mitigación de accidentes en túneles”, PIARC, 2019;
- Introducción al concepto RAMS aplicado a la explotación de túneles de carretera. PIARC. 2019R05ES;
- “Improving road tunnel resilience, considering safety and availability”, PIARC, 2021. ❖