

NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA EL CONTROL DE LA EVACUACIÓN EN TÚNELES

David Zamora Martínez.
Director General MariSp

1. Introducción

Los riesgos existentes en las infraestructuras de transporte se ven amplificados con los problemas asociados a la evacuación y guiado de personas en situación de emergencia. La causa principal de estos sucesos es el humo, siendo éste un elemento muy difícil de controlar en una instalación subterránea.

Un incendio dentro de un túnel puede llegar a invadir cientos de metros de su trazado en pocos minutos.

El tiempo de reacción ante una emergencia dependerá de diversos factores a los que habrá que añadir los circunstanciales al propio siniestro.

Los sistemas y equipos de seguridad que se instalen deberán contribuir a garantizar o prolongar las condiciones sostenibles de evacuación y facilitar la intervención de bomberos y brigadas de salvamento.

Existen numerosas voces desde los servicios de emergencia que vienen advirtiendo de la imposibilidad de confiar el éxito de la evacuación a estrategias basadas únicamente en la intervención de dichos servicios.

De poco servirá disponer de buenos planes de emergencia o de la tecnología de protección contra incendios más avanzada si la gente no puede alcanzar las rutas de escape.

Persiguiendo el objetivo de salvaguardar la integridad de las personas debemos garantizar la correcta consecución de la evacuación.

El objeto del presente documento es describir nuevas tecnologías que en conjunción con las soluciones existentes garanticen el objetivo propuesto.

2. Consideraciones ante una Evacuación

Por definición la evacuación constituye un conjunto de procedimientos y acciones tendientes a que personas amenazadas por un peligro protejan su vida e integridad física, mediante su desplazamiento hasta y a través de lugares seguros.

Se puede establecer que en caso de emergencia los túneles, por constituir espacios cerrados, representan infraestructuras más complejas en sí mismas en cuanto a la salvaguarda de la seguridad de las personas que se encuentren en su interior.

Un incendio en cualquier infraestructura subterránea agrava el nivel de la emergencia por la dificultad que conlleva la evacuación de los gases tóxicos y humos producidos por el hogar de la combustión.

En un período muy corto de tiempo nos podemos encontrar en una atmósfera irrespirable, con altas temperaturas y baja o nula visibilidad.

2.1. Recorridos de Evacuación

Los factores que condicionan el éxito de una correcta evacuación son de diversa condición.

En primer lugar se debe disponer de vías de evacuación seguras. Una vía de evacuación es un recorrido horizontal o vertical que desde cualquier punto del interior del túnel conduce hasta la salida a un espacio exterior.

Con el fin de asegurar el desplazamiento de personas a lo largo de dichas vías es necesario escoger adecuadamente los elementos tanto arquitectónicos como de equipamientos de seguridad necesarios.

Entre los puramente estructurales se deben dimensionar aceras, pasarelas, puertas, anchos de paso acordes con las posibles necesidades de la vía.

Por otro lado en cuanto a equipamientos es necesario pensar en iluminación, sistemas de presurización (en vías protegidas), sistemas de control de presencia de personas, señalización informativa y señalización de guiado que indique la dirección de evacuación.

2.2. Tiempo de Evacuación

Las longitudes máximas a recorrer vienen condicionadas por la geometría y configuración del túnel.

Lo que sí podemos establecer en función de resultados de estudios son los tiempos de evacuación.

El tiempo total de evacuación se compone de varios sumandos diferenciados:

- el tiempo de detección TD.
- el de alarma TA.
- el de retardo TR.
- el propio de evacuación TPE.

Cada uno de ellos depende directamente de nivel de asimilación del plan de emergencia correspondiente.

Para la optimización del tiempo total de evacuación se puede considerar el modo de minimizar cada uno de los tiempos sumandos.

El tiempo de detección comprende desde el inicio del fuego o emergencia hasta que la persona responsable u operador inicia la alarma. Si se desglosa a su vez TD se puede apreciar el tiempo de detección automática o humana, el de comprobación de la emergencia y el de aviso para iniciar la alarma.

El tiempo de alarma TA es el propio de emisión de los mensajes correspondientes por los medios de megafonía, luces o sonidos codificados. Este tiempo depende de la bondad técnica y de comunicación colectiva de los mencionados mensajes.

El tiempo de retardo TR es el asignado para que el colectivo de personas a evacuar asimile los mensajes de alarma e inicien el movimiento hacia los itinerarios correspondientes de salida. Influye de una manera importante en la disminución de TR la eficacia de comunicación de los mensajes y la buena organización del personal de ayuda para la evacuación.

El tiempo propio de evacuación TPE se inicia en el momento que las primeras personas usan las vías de evacuación con intención de salir al lugar seguro preindicado. Se puede contar aproximadamente desde la salida del primer evacuado.

Para el tiempo total de evacuación se puede considerar, que tendría que ser obviamente inferior al menor de los tiempos de resistencia de los materiales que limitan los itinerarios de evacuación, y contando también con que dichas vías de evacuación cumplen con las condiciones mínimas de protección contra humos y sustancias tóxicas inhalables, tomándose como medida preventiva aminorar en la medida de lo posible el tiempo total de exposición de las personas evacuadas.

Este tiempo total de evacuación depende del número de salidas del túnel a evacuar. El R.D. 635 de 2006 establece:

- En túneles unidireccionales, cuando se hayan habilitado salidas de emergencia, la distancia entre dos salidas consecutivas no superará en ningún caso los 400 metros en los túneles interurbanos sin retenciones y cada 200 metros en los túneles urbanos e interurbanos en los que se produzcan retenciones al menos 5 días al año y no dispongan de control de accesos.
- En túneles bidireccionales, cuando se habiliten salidas de emergencia, éstas se dispondrán cada 400 metros en los túneles interurbanos sin retenciones y cada 150 metros en los túneles urbanos y en los interurbanos en los que se produzcan retenciones al menos 5 días al año y no dispongan de control de accesos.

Tras diversos estudios se ha comprobado que la velocidad de la marcha de las personas en condiciones contaminadas por humo es de 1m/sg y en condiciones de aire limpio de 2m/sg.

Por tanto se puede hablar de un tiempo máximo de llegada a la salida de emergencia en calzada de 4 min. Este resultado sería en caso de que los tiempos de detección TD, alarma TA y retardo TR fuesen mínimos o casi nulos.

Si partimos del caso más desfavorable en un túnel en los primeros momentos de incendio, los humos y gases calientes se desplazan por el techo dejando a ambos lados del foco del incendio una longitud variable entre 200 y 350m de atmósfera respirable. Esto es debido a la temperatura elevada cerca del fuego inundando la totalidad de la sección a partir dichos puntos.

Pasados estos primeros minutos (5 ó 6) el humo comienza a invadir la totalidad del túnel a medida que los humos se van enfriando reduciendo la distancia de atmósfera respirable al hogar del incendio.

2.3. Plan de Evacuación

Para garantizar el éxito de una evacuación es necesaria la implantación de un Plan de Evacuación.

Existen diferentes situaciones que van en contra o dificultan el objetivo planteado:

- Los usuarios de los túneles, la mayoría de los conductores desconocen la existencia de vías de evacuación en los túneles, por no ser las mismas que se utilizan para el uso normal de la circulación, y carecer de una señalización capaz de fijar su percepción.
- En general no existe personal adscrito a la explotación del túnel que, en caso de emergencia, se constituya en equipo de evacuación y dirija el proceso de evacuación.

Dado lo anterior cobra vital importancia conseguir el adoptar acciones encaminadas a fomentar la percepción de las vías de evacuación por diferentes medios, y de modo reiterativo, hasta crear un medio asimilable por conductores y usuarios que sea capaz de crear el concepto "autoprotección" como un valor asumido socialmente que genere conductas automáticas de respuesta frente a una situación de emergencia.

Para generar conductas automáticas en un grupo social, (los conductores atrapados en una emergencia en el túnel), es necesario que el grupo tenga asumido un "valor" en el sentido de una creencia en tal acción, y para ello es preciso hablar del tema, recibir información del tema y en definitiva incorporar al lenguaje cotidiano de la carretera el valor de la evacuación como medio de autoprotección en las emergencias en túneles. Es necesario representar de forma clara y sencilla las vías de evacuación.

Con esta premisa planteada es momento de presentar cómo hacerlo:

- Las indicaciones de la existencia de salidas de emergencia deben ser claras visibles desde larga distancia y varios ángulos, asimilables y por supuesto sencillas.
- Es importante dotar a las vías de calzada de indicaciones del sentido y distancia de evacuación en función de la casuística de la emergencia.
- Es necesario un balizamiento interior de las vías protegidas al exterior.

- Un complemento importante son los sistemas de supervisión de ocupación de salidas de emergencias en situaciones de baja o nula visibilidad.

Expuesto lo anterior se pueden concluir los siguientes comentarios:

- Los primeros minutos son claves para poder salvar vidas y evacuar a las personas involucradas en la emergencia. Cualquier retraso constituiría pérdidas humanas.
- Es necesario diseñar la arquitectura del túnel en función de su configuración y utilización.
- Se hace necesario el disponer de vías de evacuación protegidas que permitan salir al exterior.
- Es imprescindible equipar las vías con sistemas de guiado fácilmente asimilables por parte de los usuarios.

3. Sistema de Señalización de Guiado Inteligente MILS®

Los sistemas de señalización de guiado inteligente basados en tecnología LED dan un valor añadido a las infraestructuras permitiendo facilitar la gestión y planificación del movimiento de personas, reduciéndose así el comportamiento aleatorio de las mismas en situación de emergencia, facilitando la labor de equipos de intervención y por supuesto alejando a los involucrados del riesgo que motiva la evacuación.

De todos son conocidas las ventajas de la utilización de los LED para iluminación y señalización en cuanto a bajo consumo, longevidad y comportamiento. Añadido a esto el uso de envoltentes robustas y estancas otorgan unas aptitudes que posibilitan su uso en cualquier tipo de ambiente agresivo como puede ser un túnel.

Si combinamos esto con la posibilidad de integrar la gestión del comportamiento de estos elementos en sistemas de control principales obtendremos un sistema capaz de guiar en caso de evacuación de forma dinámica y eficaz.

El sistema MILS® es un sistema de señalización de guiado inteligente para personas. Más de 15 años de I+D+i avalan su nivel tecnológico e implantación en instalaciones de seguridad de infraestructuras del transporte.

Las capacidades del sistema dotan a los túneles de un aprovechamiento del mismo en modo operación y emergencia, siendo el objetivo final una mejora de la percepción del servicio recibido por parte de los usuarios.

Convirtiéndose en complemento a los sistemas existentes de señalización.

3.1. Elementos del Sistema

A continuación se describen los diferentes elementos que lo constituyen:

En primer lugar dispone de una cinta con LEDs inteligente, dinámica, direccionable y delgada ($\leq 2,0\text{mm!}$), la Cinta MILS® proporciona una franja luminosa de alta visibilidad desde el nivel del suelo hacia arriba.

Debido a su efecto de guía dinámica de iluminación y al exclusivo software de control MILS®, la cinta MILS® puede guiar y controlar a las personas hacia la salida de evacuación más segura alejándolas del peligro.

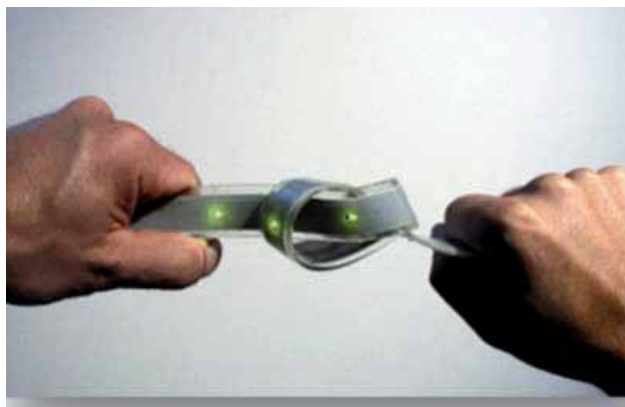


Figura 1.- Cinta Inteligente.

Un complemento a la cinta son señales de guiado y paneles de iluminación de emergencia, también dinámicas, direccionables, robustas y que proporcionan una información adicional para la evacuación.

En los túneles se emplean como iluminación de emergencia a lo largo del hastial correspondiente a las salidas de emergencia y alrededor de los umbrales de las puertas de las salidas de emergencia hacia la galería de evacuación.



Figura 2.- Señales de guiado y paneles de iluminación.

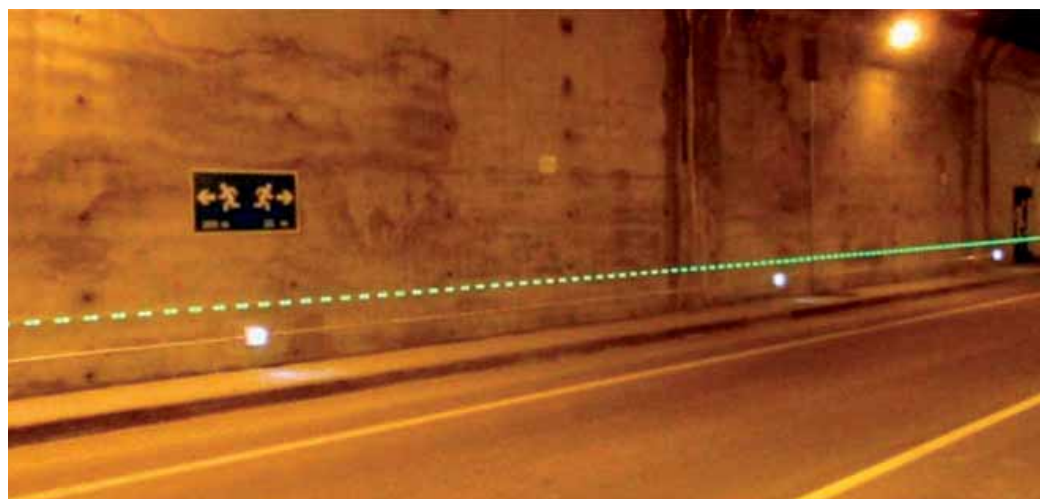


Figura 3.- Ejemplo de aplicación en túnel carretero.



Figura 4.- Ejemplo de aplicación en túnel ferroviario.



Figura 5.- Ejemplos de aplicaciones del sistema en recorridos de evacuación protegidos.

Como complemento a los elementos anteriores se emplean pórticos de señalización alrededor de las puertas de las salidas de emergencia.

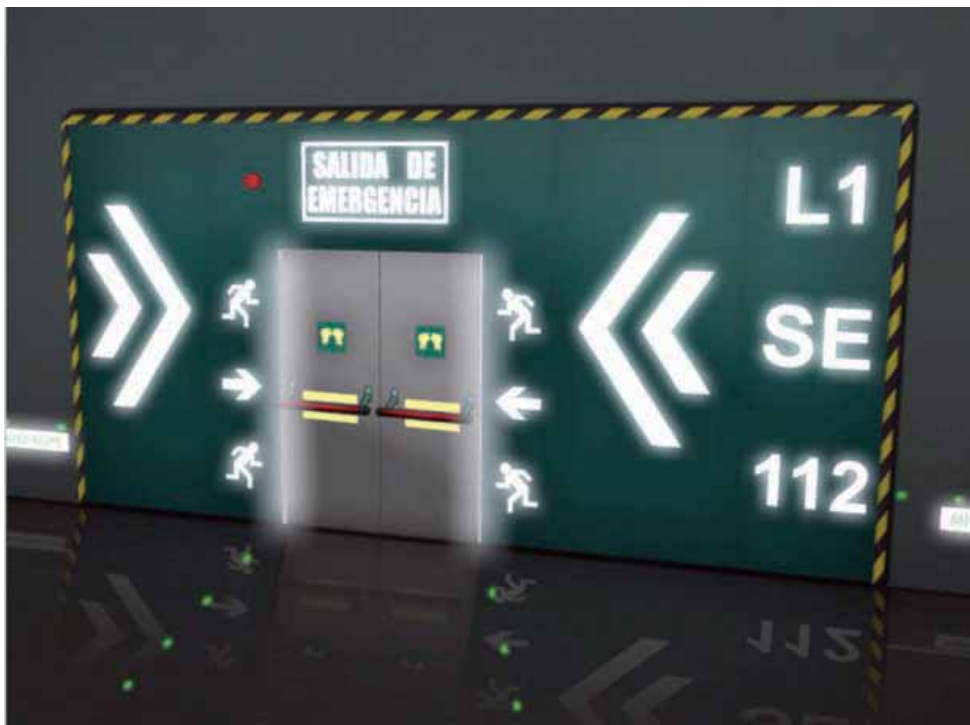


Figura 6.- Configuración tipo de pórtico de señalización.

Como elemento de control se emplea el Controlador direccional de Cinta, Señales, Panel de iluminación emergencia y pórtico de señalización MILS® que conecta la tensión de alimentación y las señales de control con los elementos anteriores. El Controlador asigna las direcciones mediante el Controlador de grupo MILS® a cada uno permitiendo comprobar y controlar individualmente cada elemento.

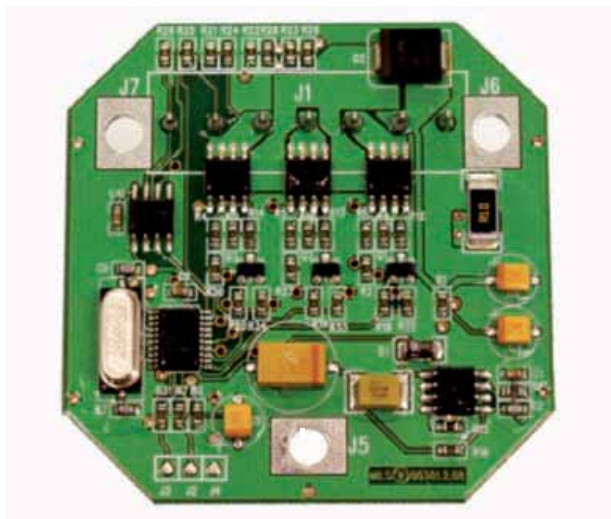


Figura 7.- Controlador direccional de Cinta, Señales y Panel de iluminación.

Para la alimentación de todo el sistema se instalarán fuentes de alimentación MILS® que constituyen la alimentación (con batería de soporte) para el sistema MILS®. La Fuente de alimentación MILS® señala alarmas para caída de tensión de línea y tensión de carga. Esta característica crucial está incorporada en el Controlador de grupo MILS®.



Figura 8.- Fuente de alimentación.

El sistema dispone de siete (7) herramientas y unidades específicas de control: Herramientas de software MILS® de Diseño y simulación, Control, Supervisión, Servidor maestro y Servidor (con interfaz gráfica de usuario (GUI) para plataformas PC de base Windows), la Unidad de mando de sistema MILS®, y la Unidad de telemando de sistema MILS®.

Las Herramientas de software MILS® constituyen la base para el diseño y simulación de un sistema personalizado de orientación, control y generación de informes para los componentes direccionales del Sistema MILS®.

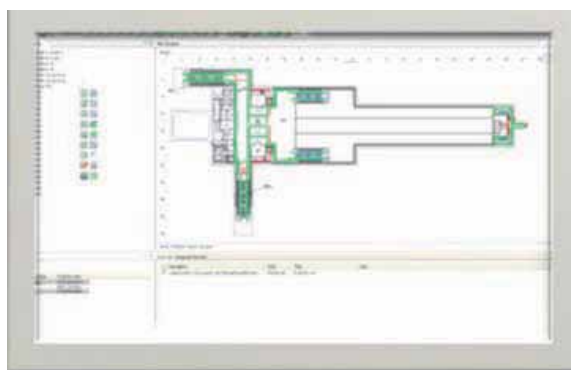
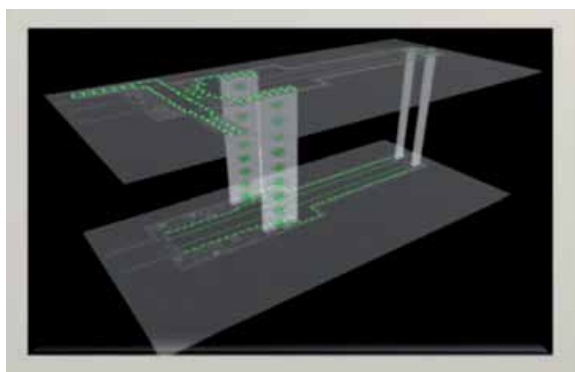


Figura 9.- Ejemplo aplicaciones de control MILS®.

Todos los elementos se unirán mediante diverso tipo de cable y conexionado. Para la interconexión entre el controlador de grupo direccional y los controladores direccionales de cinta, señales y paneles de iluminación, así como entre los propios controladores se emplearán dos mangueras de secciones variables dependiendo de las distancias y accesibilidad.

El sistema de cableado se completa con el uso de cable RS485 para comunicar los diferentes controladores de grupo entre sí. A su vez a través de la red existente en la infraestructura se integrarán los elementos del sistema con el software de control existente en el centro de pruebas. El conjunto de señales de actuación e información del sistema serán también integradas en el sistema central de control permitiendo su total seguimiento y control desde donde se considere necesario.

3.2. Caracterización del sistema

El sistema cumple con las siguientes características técnicas:

- Materiales resistentes: fuego, abrasión (pisables), humedad (IP68).
- Sistemas inteligentes, proactivo ante el cambio de situaciones en tiempo real.
- Sistema direccionable. Monitorización y gestión remota (integrabilidad mediante protocolos TCP/IP).
- Centralización y supervisión continuas.
- Garantía de funcionamiento en condiciones de servicio degradado y ausencia de alimentación (dos horas o superior).
- Banalizable. Integración con otros subsistemas y equipamientos (centrales de alarma, etc.)
- Alta durabilidad de los componentes en funcionamiento continuo.
- Bajo consumo y mantenimiento.
- Robustez (antivandálico o condiciones de uso agresivas).
- Facilidad de montaje.
- Integrabilidad en redes de mayor jerarquía.



3.3. Conclusiones

- Evita riesgos humanos.
- El sistema de guiado de personas más rápido y seguro.
- Alto nivel de satisfacción.
- Disminuye aglomeraciones.
- Fácil instalación.
- Monitorización y control en tiempo real.
- Bajo coste de mantenimiento.
- Larga duración.
- Tecnología respetuosa con el medio ambiente.