

## Apéndice 2.9 – FRANCIA – Lyon – Túnel de Croix-Rousse

### 1. RESUMEN – UN NUEVO TÚNEL MULTIMODAL

El túnel de Croix-Rousse se encuentra en Lyon (Francia). La ciudad de Lyon tiene alrededor de 475.000 habitantes y 1,31 millones en el área urbana más amplia denominada “Gran Lyon”. El túnel pasa bajo una colina entre los ríos Ródano y Sena (Figura 1).

El túnel Croix-Rousse pertenece y está operado por la Comunidad Urbana “Gran Lyon”.

El túnel se puso en servicio en 1952 con un único tubo con 4 carriles (2 carriles en cada sentido). Tiene una longitud de 1.752 m.

El túnel no cumplía con la normativa francesa, por lo que la Autoridad de Gran-Lyon decidió en 2007 prohibir el acceso de furgonetas y el tráfico pesado y lanzar un programa completo de reforma con el fin de mejorar el nivel de seguridad, cumplir con la normativa y reformar los equipos principales de explotación (ya se había realizado una reforma previa del sistema de ventilación en 1982).

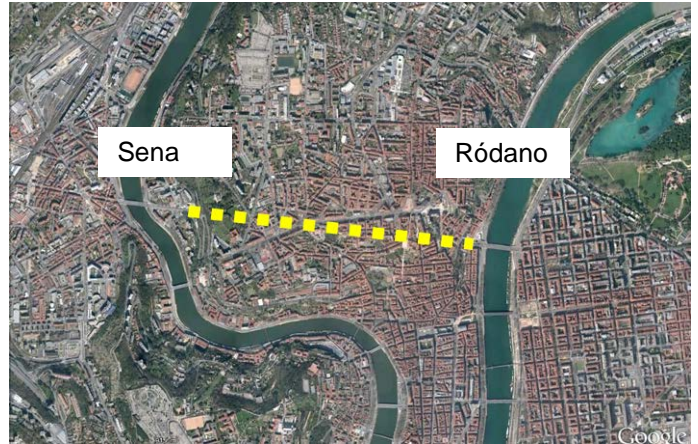


Figura 1 – Localización del túnel de Croix-Rousse

Se ha excavado un túnel nuevo paralelo al primero. Este túnel es de tipo **multimodal** con cuatro funciones principales: (1) como galería de escape del túnel de carretera existente – (2) para el paso de peatones bajo la colina de Croix-Rousse – (3) para el paso de bicicletas – (4) como vía para la línea de transporte público con la posibilidad de implementar en un futuro una línea de tranvía.

Tanto el túnel nuevo multimodal como el túnel existente reformado fueron puestos en servicio en diciembre de 2013 (Figura 2).

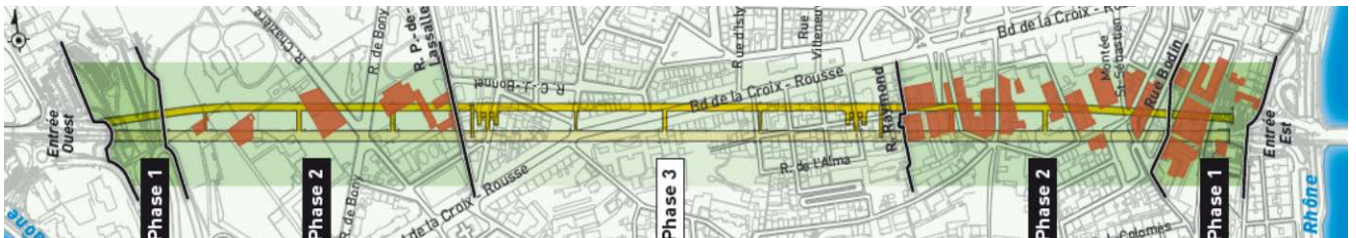


Figura 2 – El túnel de carretera Croix-Rousse y el nuevo túnel multimodal

### 2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

#### 2.1. GEOMETRÍA

- Longitud: 1752 m,
- Trazado en planta: recto,
- Pendiente longitudinal: 1%.

#### 2.2. SECCIÓN TRANSVERSAL

##### 2.2.1. Túnel de carretera (Figura 3)

- Un carril de ancho 2,95 m y otro de ancho 3,00 m en cada sentido,
- Gálibo 3,50 m,
- Tráfico pesado prohibido,
- Barrera central de hormigón de ancho 0,30 m y alto 0,80 m.

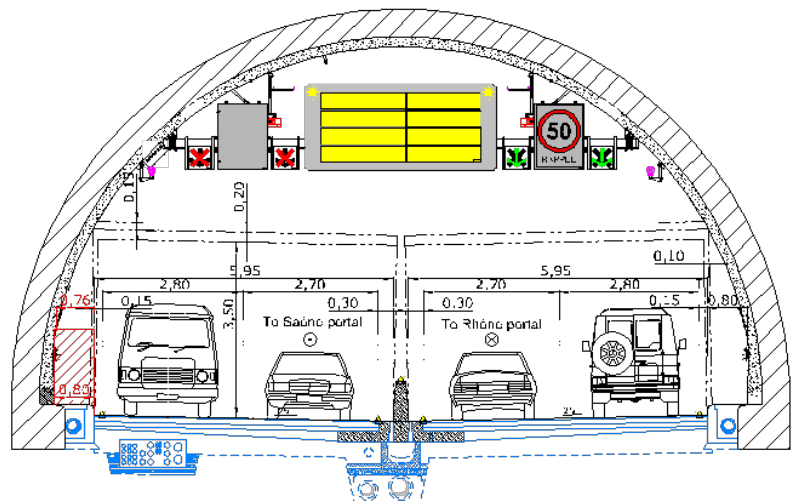


Figura 3 – Sección transversal del túnel de carretera

### 2.2.2. Túnel multimodal (Figura 4)

- Acera de ancho 1,00 m – elevada 0,20 m con un bordillo que se rebaja en las galerías transversales
- Carril de autobús de ancho 3,80 m – gálibo 4,30 m. El tráfico de autobuses es unidireccional y se controla por un sistema de alternancia de circulación,
- Espacio para el paso de peatones: 1,77 m,
- Espacio para el tráfico bidireccional de bicicletas: 3,00 m,
- Barrera de hormigón protectora entre el carril del autobús y el espacio peatonal: ancho 0,48 m – alto 0,80 m, con una barandilla encima.

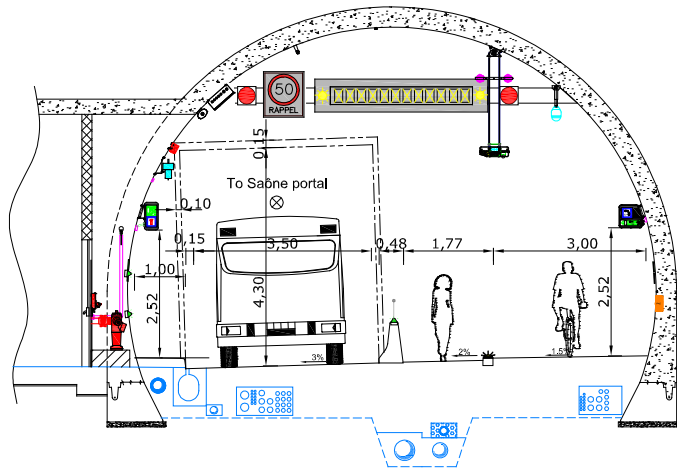


Figura 4 – Sección transversal del túnel multimodal

### 2.2.3. Salidas de emergencia

- 11 galerías transversales entre los dos tubos espaciadas alrededor de 145 m,
- Las galerías transversales tienen puertas y están presurizadas.

## 2.3. CONDICIONES DE TRÁFICO, AVERÍAS Y ACCIDENTES

### 2.3.1. Condiciones del tráfico antes de la reforma

- Intensidad Media Diaria (IMD): 48.000 veh/día con un crecimiento de alrededor del 3,5%
- Distribución horaria del tráfico durante el día (Líneas continuas: días laborables – líneas a puntos: fines de semana) (Figura 5: Sentido Ródano-Sena) – (Figura 6: Sentido Sena- Ródano, desde las afueras al centro).

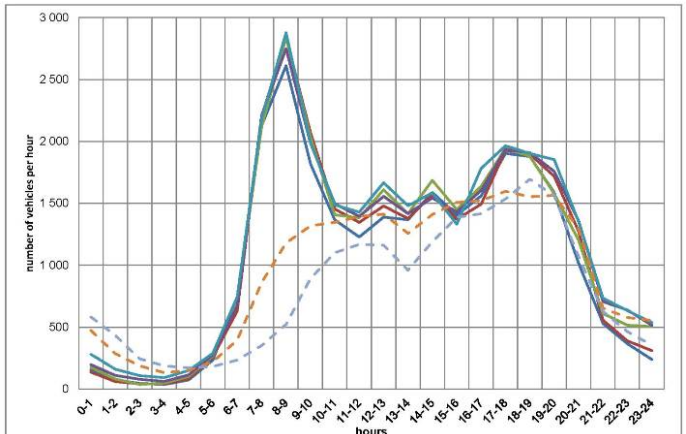
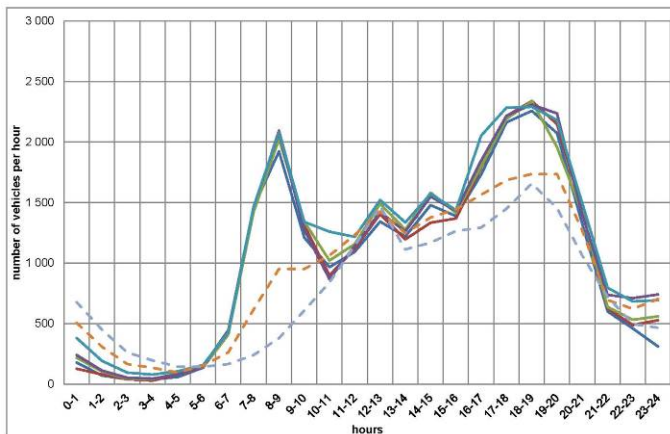


Figura 5 –Distribución horaria del tráfico Ródano -> Sena      Figura 6 –Distribución horaria del tráfico – Sena ->Ródano

### 2.3.2. Averías y accidentes antes de la reforma

- Una media de 150 averías al año,
- Una media de 20 accidentes al año,
- Ningún incendio,
- El análisis de la distribución de los incidentes muestra que el 50% son como resultado de la intrusión de peatones y ciclistas en el túnel de carretera (que no estaba permitido).

### 2.3.3. Túnel de carretera

- Velocidad limitada a 50 km/h,
- Se prohíbe el acceso de vehículos de más de 3,5 toneladas o de altura mayor de 3,5 m,
- Se prohíbe el acceso a ciclistas y peatones,
- Se autorizan los autobuses,
- Ningún atasco habitual dentro del túnel, sólo alguna congestión moderada en la salida del río Ródano,

- Hay lazos de detección de tráfico parado dentro del túnel con alarmas al operador, que manualmente introduce un escenario especial para despejar el tráfico, dando prioridad de paso a los vehículos que vienen del túnel, siempre y cuando el escenario no se hubiese activado automáticamente.

### 2.3.4. Túnel multimodal

- Tráfico de autobuses autorizado sólo para la red pública de transporte – alrededor de 10 autobuses a la hora,
- Ciclistas y peatones están autorizados,
- Circulación de motos prohibida.

## 2.4. VENTILACIÓN

### 2.4.1. Antiguo sistema de ventilación en el túnel de carretera

El sistema de ventilación antiguo era un sistema de ventilación semi-transversal que incluía:

- 5 pozos de ventilación asociados a plantas de ventilación situadas en la parte superior de la colina, incluyendo entrada de aire fresco y extracción de humos,
- Conductos para la entrada de aire fresco, aire contaminado y extracción de humos, localizados en la parte superior de la zona del tráfico,
- La losa de hormigón armado en el techo mostraba ciertos daños y la posibilidad de colapso en caso de incendio lo que desencadenó la prohibición del acceso al túnel de vehículos de más de 3,5 toneladas.

### 2.4.2. Nuevo sistema de ventilación para el túnel de carretera

El nuevo sistema de ventilación reutiliza los pozos y las plantas de ventilación, que han sido enteramente reformadas. La nueva ventilación es un sistema híbrido que incluye:

- Ventiladores de tipo chorro reversibles en la clave con los siguientes objetivos: (1) ventilación longitudinal en condiciones normales de funcionamiento – (2) control del flujo del aire en caso de incendio y confinamiento de la propagación del humo,
- Extracción masiva del humo a través de los cinco pozos en caso de incendio,
- Control de la extracción del aire contaminado, en función del tráfico y de las condiciones atmosféricas, usando bien la ventilación longitudinal o los pozos de extracción, o una combinación de ambos, con el fin de limitar la descarga de contaminantes cerca de áreas habitadas,
- Potencia de fuego de proyecto de 30 MW con una presión diferencial de 80 Pa entre las dos bocas,
- Sobrepresión en las 11 galerías transversales que unen los dos tubos.

El sistema de ventilación es controlado de manera automática con el sistema SCADA, en base a unos escenarios predefinidos para condiciones normales, de emergencia o medioambientales, con el fin de optimizar la seguridad y la salud de los usuarios del túnel, así como de las personas que viven en el barrio. (Figura 7).

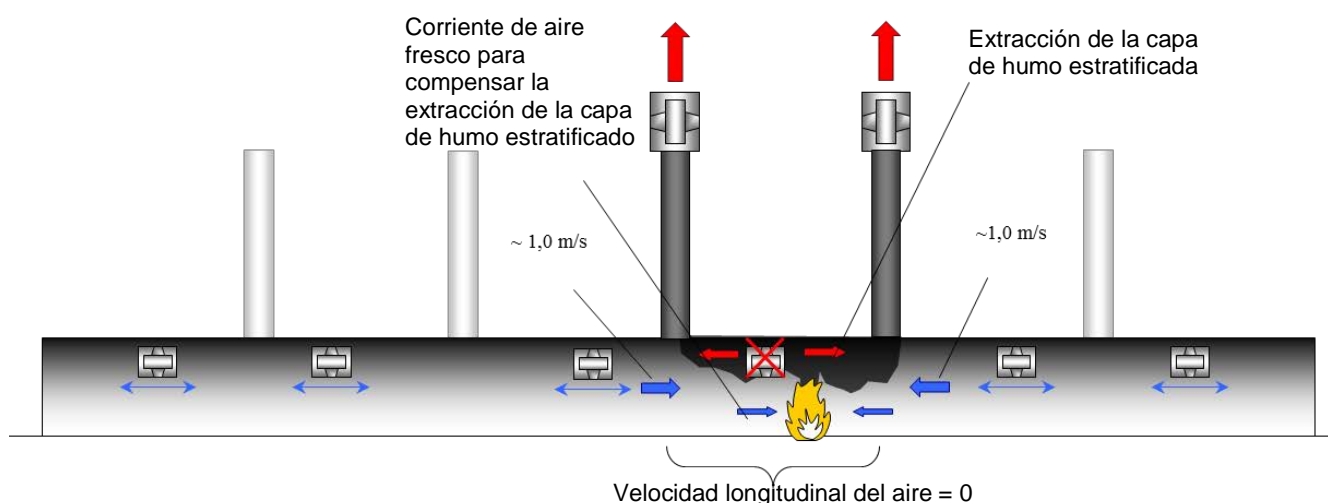


Figura 7 – Escenario de extracción de humo – fase 1: evacuación de los usuarios del túnel.

### 2.4.3. Ventilación del túnel multimodal

El sistema de ventilación del túnel multimodal es de tipo longitudinal e incluye:

- Ventiladores de tipo chorro en la clave para ventilación normal,
- Dos conexiones transversales para unir el túnel multimodal a la base de los pozos nº 2 y 4 del túnel de carretera con el fin de habilitar una extracción masiva de humo en caso de incendio.

## 2.5. MEDIO AMBIENTE

### 2.5.1. Calidad del aire

El acceso al túnel de carretera solo está permitido para vehículos ligeros y vehículos de menos de 3,5 t. El nivel de tráfico de autobuses en el túnel multimodal es muy escaso. El resultado es que el volumen de emisión de contaminantes es bajo. La descarga de aire contaminado se distribuye entre las dos bocas y los 5 pozos de ventilación, en función del volumen de tráfico y de las condiciones atmosféricas.

### 2.5.2. Ruido

Los ventiladores de chorro están equipados con atenuadores acústicos. En la parte superior de los pozos de ventilación están instalados sistemas pasivos de reducción de ruido.

### 2.5.3. Calidad del agua

El agua se recoge dentro del túnel a través de unas rejillas continuas y es conducida a los tanques situados en las bocas. Estos tanques disponen de sistemas de decantación y separadores de aceites, siendo operados de manera remota por medio de válvulas motorizadas.

## 2.6. EQUIPAMIENTO PARA LA EXPLOTACION Y LA SEGURIDAD

Los dos túneles están dotados con todos los equipamientos usuales para la explotación y la seguridad. Se ha prestado especial atención a la comunicación con los usuarios, al control del tráfico y a las condiciones de seguridad y ambientales: detectores, CCTV, Sistema de detección automática de incidentes (DAI), espiras de aforo, sistema de detección de incendios por cable, etc.

## 2.7. EXPLOTACION

El túnel de Croix-Rousse es operado por un centro de control centralizado (24h / día) que actualmente controla cuatro túneles largos existentes en el área urbana de Lyon. Este centro de control está siendo ampliado para tener la posibilidad de controlar otros tres túneles largos adicionales, que están actualmente en servicio, así como todos los túneles artificiales existentes con una longitud mayor de 300m.

Este centro de control también controla el tráfico urbano de superficie de las principales carreteras y autopistas en los alrededores del túnel.

En caso de incendio, los servicios de emergencia y los bomberos llegan a las dos bocas en menos de 10 minutos.

## 3. PARTICULARIDADES DEL TÚNEL MULTIMODAL

El túnel multimodal se ha descrito anteriormente. Sus funciones son las siguientes (**Figura 8**):

- Vía de escape del túnel de carretera,
- Mejora del tiempo de viaje para el transporte público entre los ríos Ródano y Sena,
- Nueva conexión para peatones o "transporte ligero", ofreciendo tanto a los peatones como a los ciclistas un paso corto y seguro entre los dos ríos.

Debido a la longitud del túnel y a la duración del paso para los peatones (20 a 30 minutos) ha sido necesario implementar sistemas que proporcionen un ambiente atractivo, seguro y confortable, como continuidad del espacio urbano. Se ha instalado iluminación específica y animaciones en los hastiales por medio de proyección de imágenes, películas y videos (**Figura 9**). Estas animaciones varían con la hora del día y el volumen de peatones, teniendo también en cuenta el tráfico de autobuses.



Figura 8 – Túnel multimodal



Figura 9 – Animación en los hastiales