Apéndice 2.22 – ESPAÑA – Madrid - Túnel de Azca

1. RESUMEN

El Túnel de AZCA es un túnel urbano consistente en dos anillos distribuidores en dos niveles, con entradas y salidas a las calles circundantes y a los aparcamientos de los edificios de la manzana. Cuando originariamente se planeó AZCA, la idea principal era rescatar la superficie para los peatones, construyendo subterráneos a distintos niveles, destinados a la circulación rodada, diferenciando claramente la automovilística de la peatonal. Además, se pretendía que la zona tuviera la máxima utilidad de comercios y oficinas.

El túnel es de tráfico unidireccional, en sentido contrario a las agujas del reloj. El anillo dispone de cuatro carriles para la circulación en el primer nivel y de dos carriles en el segundo. En la **Figura 1** se muestra la ubicación del túnel y sus accesos, y las **Figuras 2 y 3** muestran los esquemas de circulación para cada uno de los niveles.

Figura 1: Plano de accesos túnel de Azca

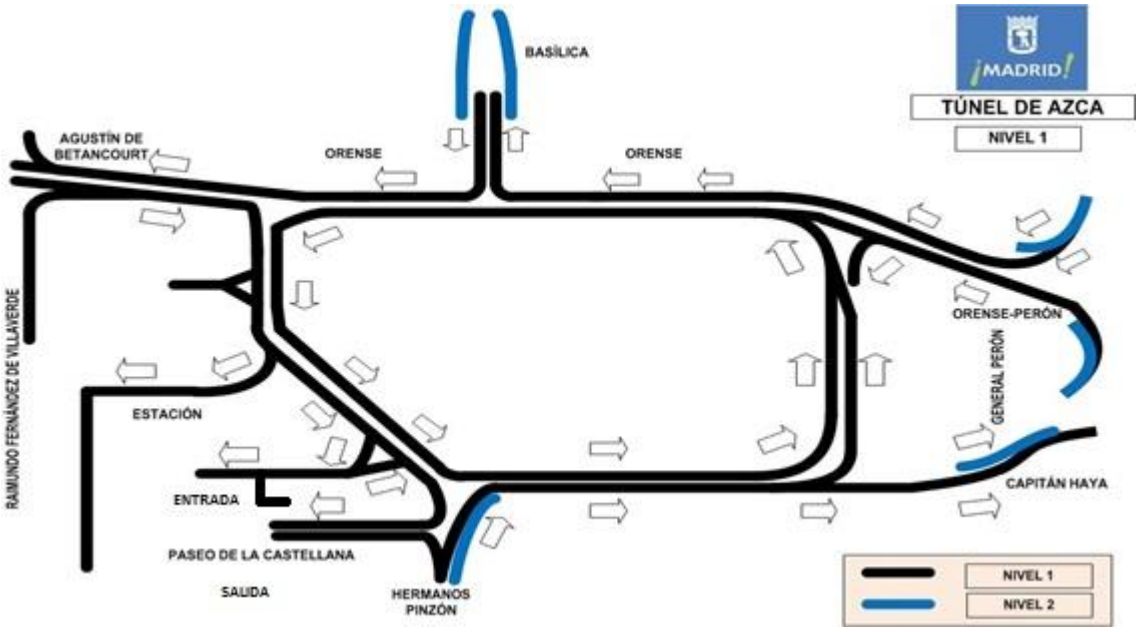

Figura 2: Plano de accesos túnel de Azca y sentido del tráfico Nivel 1

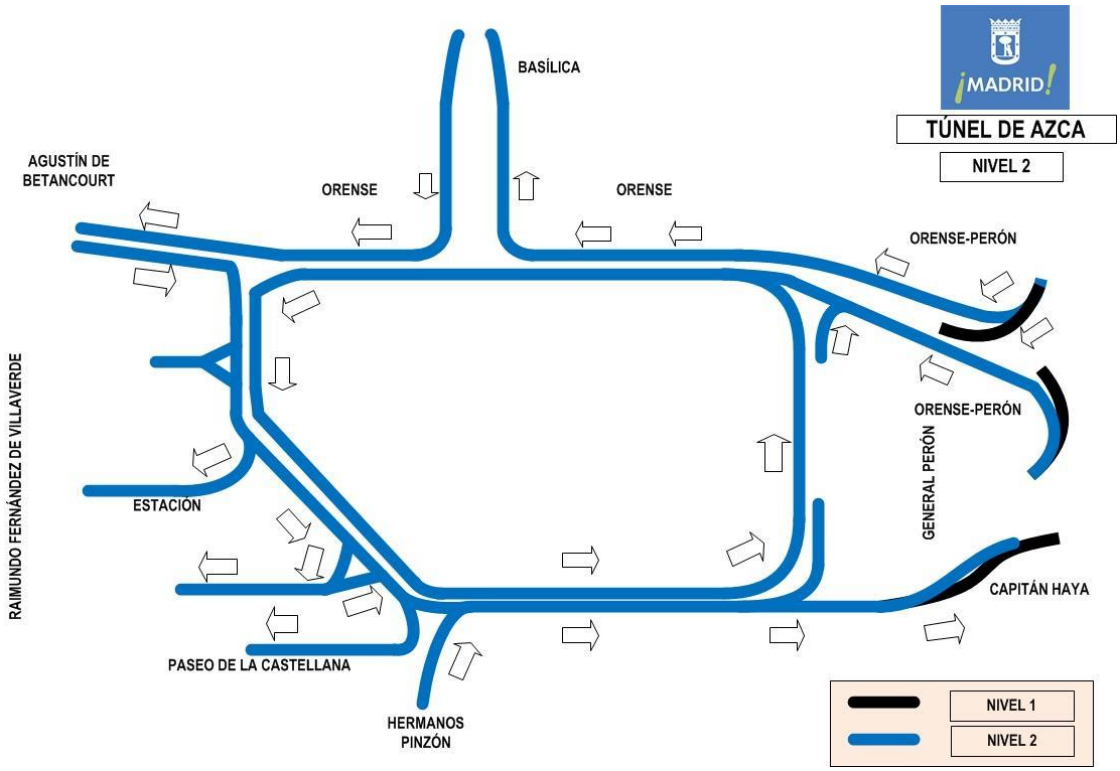

Figura 3: Plano de accesos túnel de Azca y sentido del tráfico Nivel 2

En el interior del complejo se ubican varios parkings, tanto de edificios comerciales (El Corte Inglés), como de oficinas (BBVA, Sacyr, Torre Picasso, etc.). Se estima un número total de plazas de aparcamiento de 12.000 unidades. Todos estos parkings llevan asociada una regulación semafórica de entrada y salida a los mismos, independiente del control centralizado del túnel.

Por debajo del 2º nivel existe una galería de servicios de anchura aproximada de 2 m, que recorre todo el anillo central, y por la que discurren varios servicios, entre ellos redes de baja tensión y tuberías de la compañía suministradora de Aguas (Canal de Isabel II).

2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

2.1 GEOMETRÍA

- Longitud Total del Túnel: 7500 m, incluyendo ambos niveles y las respectivas rampas de acceso.
- Longitud de cada anillo en cada nivel: 900m aproximadamente

2.2 SECCCIÓN TRANSVERSAL

2.2.1 Anillo Primer nivel

- Número de carriles: 4,
- Ancho carriles: 3,50 m cada uno,
- Arcén y acera a ambos lados de la calzada de 0.50 m,
- Ancho Total calzada: 15 m,
- Gálibo: 4m.

2.2.2 Anillo Segundo nivel

- Número de carriles: 2,
- Ancho carriles: 3,50 m cada uno,
- Arcén y acera a ambos lados de la calzada de 0.50 m,
- Ancho Total calzada: 8 m,
- Gálibo: 3m.

2.2.3 Refugios y apartaderos

El túnel dispone de 10 refugios de seguridad con salidas de emergencia hacia el exterior.

Existen 5 apartaderos distribuidos entre los dos niveles, pero no se encuentran en los tubos de accesos y salidas.

2.2.4 Salidas de emergencia

El Túnel de AZCA está dotado de 4 salidas de emergencia para peatones, accesibles desde ambos niveles. Además, existe una rampa del segundo al primer nivel, prevista también como ruta de evacuación (**Figura 4**).

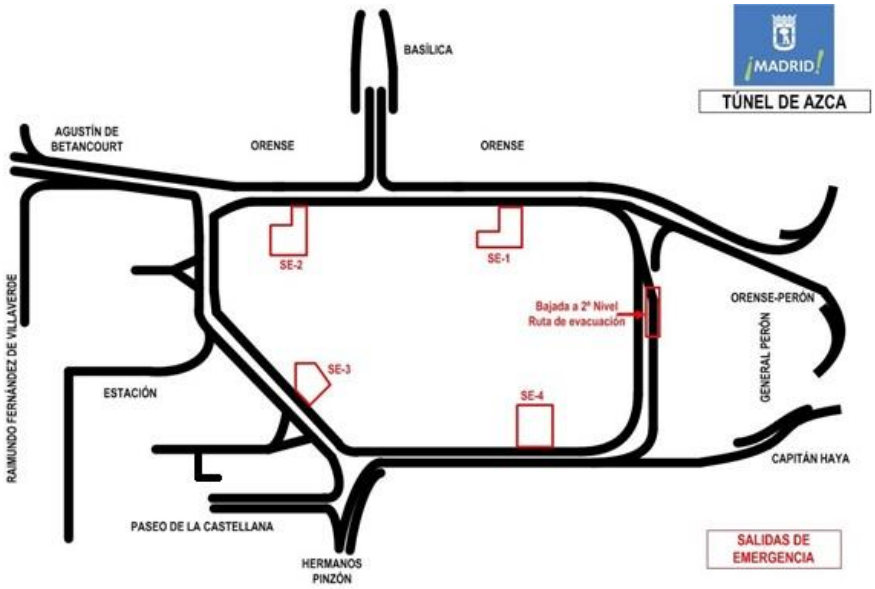

Figura 4: Plano situación de salidas de emergencia

Las salidas de emergencia disponen de puertas de una hoja, con barra antipánico, resistentes al fuego y dotadas de contactos magnéticos para indicación de apertura o cierre.

Todos los vestíbulos de las salidas disponen de sistema de presurización.

Las salidas de emergencia están señalizadas del siguiente modo:

1. Señales electroluminiscentes de guiado en los hastiales, próximas a la puerta de evacuación,
2. Señal electroluminiscente del contorno de la puerta de evacuación (con autonomía de 35min),
3. Señales fotoluminiscentes de evacuación cada 50 metros en los hastiales, con distancias a las vías de evacuación, en ambos sentidos,
4. Señales fotoluminiscentes de puerta de evacuación en cada hoja de la puerta de evacuación.

Las **Figuras 5 y 6** muestran las salidas desde el túnel

Figuras 5 y 6: Puerta de emergencia y rampa evacuación entre niveles.

2.3 CONDICIONES DEL TRÁFICO

El tráfico en el interior del túnel cumple tres objetivos principales:

- Tráfico de acceso y salida a los parkings de zonas comerciales y oficinas. La mayor parte de este tráfico se localiza en las horas punta de mañana y tarde,
- Tráfico de paso por el anillo distribuidor del primer nivel,
- Tráfico de camiones de reparto que acceden a los muelles de descarga, principalmente por la parte sur (Corte Inglés, C.C. Moda Shopping, etc.)

Se estima que el número total de vehículos que circulan diariamente por el túnel es de 60.000, de los cuales un 70% es tráfico de paso. El tráfico por el segundo nivel representa un porcentaje del 25% respecto del tráfico del primer nivel, fuera de las horas punta.

El valor de velocidad nominal de la vía es 50 km/h en los dos anillos superpuestos, aunque algunos de los ramales de salida están limitados a 30 km/h.

Puesto que la normativa municipal impide el paso de vehículos de mercancías peligrosas por el interior de la Ciudad de Madrid, también está prohibida la circulación de vehículos de transporte de mercancías peligrosas por el interior del Túnel de AZCA.

2.4 VENTILACIÓN

2.4.1 Sistema de ventilación

El Túnel de AZCA es un túnel formado por dos niveles con parkings subterráneos. Dichos parkings se ventilan tomando y soltando aire al túnel en su primer y segundo nivel.

El sistema de ventilación del túnel es de tipo trasversal, inyectando aire fresco por la parte inferior y extrayendo el aire contaminado por la parte superior realizando su expulsión al exterior a través de conductos.

Existen 136 ventiladores distribuidos en 8 centrales de ventilación, siendo de extracción o de impulsión en exclusiva, es decir no son reversibles.

Los ventiladores tienen dos velocidades de funcionamiento, que son controlables por separado mediante el cuadro de mando.

Las **Figuras 7 y 8** muestran algunas centrales de ventilación:

Figuras 7 y 8: Centrales de ventilación del túnel

Una peculiaridad del sistema de ventilación de este túnel es que el control remoto de los ventiladores se realiza por grupos tanto de ventiladores de impulsión como de extracción, no siendo posible en la actualidad en control independiente de cada tipo de ventiladores por el diseño de los cuadros eléctricos de control realizado.

Los cuadros de fuerza y de control de los ventiladores están repartidos en los siguientes ocho cuadros:

- **Cuadro 2 (CTV2)**: tiene 21 ventiladores, de los cuales 9 son de impulsión (5 de ellos dan servicio a la calzada superior y 4 a la calzada inferior) y 12 son de extracción (8 dan servicio a la calzada superior y 4 a la inferior).
- **Cuadro 3 (CTV3)**: tiene 15 ventiladores, de los cuales 8 son de impulsión (5 de ellos dan servicio a la calzada superior y 3 a la calzada inferior) y 7 de extracción (5 dan servicio a la calzada superior y 2 a la inferior).
- **Cuadro 4 (CTV4)**: tiene 12 ventiladores, de los cuales 6 son de impulsión (4 de ellos dan servicio a la calzada superior y 2 a la calzada inferior) y 6 son de extracción (4 dan servicio a la calzada superior y 2 a la inferior).
- **Cuadro 5 1er nivel (CTV5)**: tiene 11 ventiladores, los 11 son de impulsión (7 de ellos dan servicio a la calzada superior y 4 a la calzada inferior).
- **Cuadro 5 2º nivel (CTV5)**: tiene 11 ventiladores, siendo los 11 de extracción (7 de ellos dan servicio a la calzada superior y 4 a la calzada inferior).
- **Cuadro 6 (CTV6-8)**: tiene 20 ventiladores, de los cuales 10 son de impulsión (7 de ellos dan servicio a la calzada superior y 3 a la calzada inferior) y 10 son de extracción (7 dan servicio a la calzada superior y 3 a la inferior).
- **Cuadro 8 (CTV6-8)**: tiene 14 ventiladores, de los cuales 7 son de impulsión (5 de ellos dan servicio a la calzada superior y 2 a la calzada inferior) y 7 son de extracción (5 dan servicio a la calzada superior y 2 a la inferior).
- **Cuadro 7 (CTV)**: tiene 32 ventiladores, de los cuales 16 son de impulsión (13 de ellos dan servicio a la calzada superior y 3 a la calzada inferior) y 16 son de extracción (13 dan servicio a la calzada superior y 3 a la inferior).

2.4.2 Control de la ventilación (CO, NO2, Opacímetros)

La ventilación viene controlada a través de la medición directa de humos, nivel de contaminantes, opacidad y velocidad del aire dentro del túnel

Los medidores se encuentran ubicados en los puntos de mayor concentración teórica, asegurando la medición de todo el perfil de concentración de partículas y contaminantes.

Los sensores disponen de salida estándar de 4-20 mA, y se conectan a la Estación Remota del túnel (a excepción de los detectores de CO y NO_2 que están conectados a centralitas de detección que son las que remiten la información a la ERU). Con la información obtenida se actúa sobre los contactores de mando de los ventiladores.

El control de la ventilación cuenta con los siguientes equipos detectores:

- 52 detectores de NO2,
- 52 detectores de CO,
- 26 opacímetros,
- 3 anemómetros y catavientos exteriores,
- 24 anemómetros interiores,
- 4 centrales de control (2 equipos analizadores cada una).

2.5 INSTALACIONES Y EQUIPAMIENTOS PARA LA EXPLOTACIÓN Y DE SEGURIDAD

El túnel de Azca dispone de diferentes instalaciones de seguridad fijas, destinadas a garantizar el correcto estado de funcionamiento de las instalaciones, contribuyendo a aumentar la seguridad de los usuarios del túnel, así como de su infraestructura y equipamiento.

Las instalaciones fijas del túnel se describen en los siguientes apartados:

2.5.1 Sistema de suministro de energía.

El sistema eléctrico de todo el túnel se encuentra distribuido en los cuartos de baja tensión y en los cuadros de control de ventiladores CTV

La alimentación del Centro de Control proviene de dos acometidas de compañía, para una potencia de 100kW cada una.

Para asegurar el mantenimiento de energía durante un caso extremo, por ejemplo, fallo de suministro eléctrico de la compañía distribuidora, los sistemas críticos de seguridad del túnel están alimentados desde 8 Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI) de 15 kVA, que permite disponer de 35 minutos de autonomía. Desde estos SAIS se alimentan los siguientes subsistemas:

- Estaciones Remotas Universales (ERU) de túnel y sistema de control distribuido.
- Centralita de detección-extinción de incendios,
- Centralita de detección de gases, que incluye análisis de CO y NO2,
- Anemómetros y opacímetros,
- Postes SOS,
- Amplificadores de megafonía,
- Cámaras fijas y móviles,
- Equipos de recepción de señales de video,
- Estaciones de Toma de Datos (ETD),
- Switches de comunicaciones,
- Señalización variable: Aspa/Flecha y Señales de Control de Límite de Velocidad,
- Iluminación de guiado y señalización de Salidas de Emergencia,
- Barrera de acceso a segundo nivel desde primer nivel.

2.5.2 Sistema de alumbrado.

2.5.2.1 Alumbrado principal

La iluminación del túnel se ha resuelto mediante luminarias de Vapor de Sodio de Alta Presión de 250 W en el primer nivel y luminarias fluorescentes de 65 W en el segundo nivel. En este túnel no hay alumbrado de refuerzo en los accesos y salidas del mismo.

Las escaleras de las salidas de emergencias disponen de una iluminación independiente, activada por medio de detectores de presencia.

2.5.2.2 Alumbrado de Emergencia

El túnel cuenta con alumbrado de emergencia y guiado formado por 109 luminarias fluorescentes de 36 W, ubicadas en los hastiales del túnel cada 20 metros y a una altura de 1,05m de la calzada. Estas luminarias están conectadas a los SAIs ubicados en los cuartos de ventilación con una autonomía de 35 min.

Adicionalmente, una de cada dos luminarias más las tres luminarias situadas en cada puerta de emergencia, llevan instaladas un kit de batería autónoma para mantener la iluminación durante un tiempo suplementario de 60 minutos.

2.5.2.3 Alumbrado de Seguridad.

El alumbrado de seguridad del túnel está compuesto por un tercio del total de las luminarias del alumbrado permanente del túnel, ubicado en la parte superior de los hastiales verticales del túnel. Se encuentra conectado a los SAIs.

2.5.3 Sistemas de detección y extinción de incendios.

El sistema de detección de incendios para los dos niveles del túnel de Azca es lineal, mientras que para los cuartos técnicos y centros de transformación se dispone de sensores puntuales. Existe adicionalmente un sistema de detección de incendios en cada una de las cuatro Salidas de Emergencia

El sistema de extinción de incendios se compone de los siguientes elementos:

- Columna húmeda para BIES e hidrantes,
- Sistema de extinción automática de gas inerte para locales técnicos y centro de transformación,
- Extintores.

2.5.4 Sistemas de control de tráfico y circulación.

2.5.4.1 Sistema de señalización.

El Sistema de Señalización Variable proporciona información gráfica y/o alfanumérica a los conductores, en tiempo real, sobre incidentes, estado del tráfico, etc. El túnel dispone de los siguientes equipos:

- 4 señales aspa - flecha para señalización de carril,
- 2 señales de limitación de velocidad,
- 65 semáforos tricolor (R-A-V) de aviso y cierre de túnel de 3 focos,
- 65 semáforos bicolor (R-V) de aviso y cierre de túnel de 2 focos,
- 13 semáforos ámbar de un foco de preaviso,
- 2 semáforos ámbar-ámbar de preaviso,
- 1 barrera de cierre.

El control semafórico es gestionado por el Municipio de Madrid.

2.5.4.2 Sistema de aforos de tráfico.

El sistema consta de 8 estaciones de Toma de Datos (ETDs) y 32 puntos de medida, constituidos por 64 espiras.

2.5.4.3 Circuito cerrado de televisión (CCTV)

El túnel está dotado de 35 cámaras fijas ubicadas en el interior de los túneles a una altura de 3-4 m y de 10 cámaras móviles en los accesos y salidas.

2.5.4.4 Postes SOS.

La red de postes SOS en el túnel de Azca está formada por 26 unidades con tecnología IP (maestros y esclavos), ubicados cada 66m a lo largo del hastial derecho en el sentido de la circulación y junto a los semáforos ámbar – ámbar.

2.5.4.5 Megafonía

El sistema de megafonía cuenta con 69 altavoces exponenciales de 30 W y ángulo de cobertura de 50º y amplificadores localizados en los cuartos técnicos que cubren los sectores interiores del túnel.

2.5.5 Red de comunicaciones

Con el fin de conectar todos los dispositivos instalados en campo con el centro de control, el túnel cuenta con una Red de Comunicaciones de gran capacidad con tecnología TCP / IP sobre Ethernet

La arquitectura de red se desarrolla en doble anillo con el objeto de mejorar la redundancia, al disponer de múltiples caminos para el enlace de los equipos de control entre sí, y de estos con el Centro de Control. Esta redundancia es tanto lógica como física (al disponer de varios enlaces de fibra óptica).

El túnel de Azca cuenta también con un sistema de telefonía IP para cubrir las diversas áreas críticas en el conjunto de las instalaciones, que garantiza la comunicación entre los diferentes cuartos de ventilación y el Centro de Control.

2.5.6 Sistema de Gestión del Túnel

El Sistema de Gestión de Túnel (SGT) está compuesto por cuatro niveles jerárquicos, cada uno de ellos con equipamiento independiente y específico para cada operación:

- Equipamiento de Tráfico instalado en Pista (ETP), correspondiente a los elementos de seguridad del túnel (paneles de mensajería, semáforos, barreras, etc.).
- Control Distribuido, constituido por cabeceras de buses de campo al cual se conectan los ETP.
- Estaciones Remotas Universales (ERU) y Sistemas de Comunicaciones.
- Centro de Control (CCO) con la aplicación SW de control.
- Todos aquellos equipos y subsistemas existentes en el túnel, monitorizados o controlados por el SGT, conforman lo que se denomina Entorno del SGT.