

Annexe 2.22 - ESPAGNE – Madrid – Tunnel d'AZCA

1. SOMMAIRE

Le tunnel AZCA est un tunnel urbain composé de deux anneaux de distribution sur deux niveaux avec des rampes d'entrée et de sortie vers les rues environnantes, ainsi que vers les parkings situés au-dessus. Le concept du quartier d'AZCA a été de séparer clairement la circulation des véhicules de celle des piétons. Les piétons se déplacent en surface alors que la circulation des véhicules se fait par des voies souterraines sur différents niveaux. Il permet en outre d'optimiser les accès aux commerces et aux bureaux.

Le tunnel est unidirectionnel. Les circulations se font dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Les anneaux de distribution comportent quatre voies de circulation au premier niveau et deux voies au second niveau. La figure n°1 montre la situation du tunnel et de ses rampes. Les figures n° 2 et n° 3 montrent le schéma de circulation pour chaque niveau.



Figure 1 – plan des rampes d'accès et de sortie du tunnel d'Azca

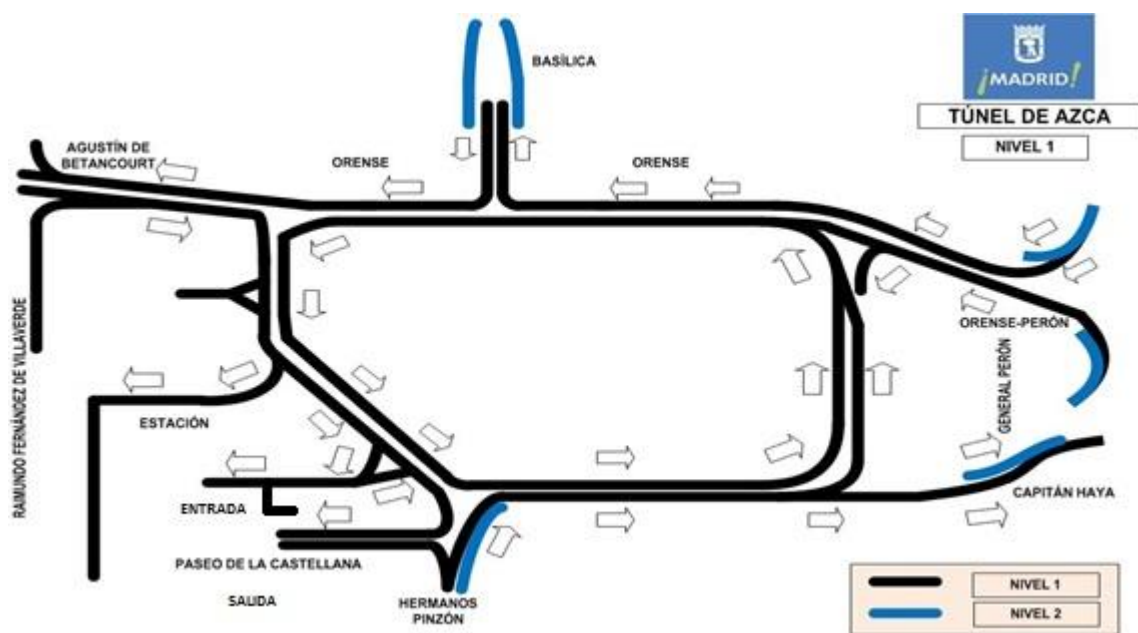


Figure 2 – vue détaillée des accès et des circulations au niveau 1 du tunnel (noir)

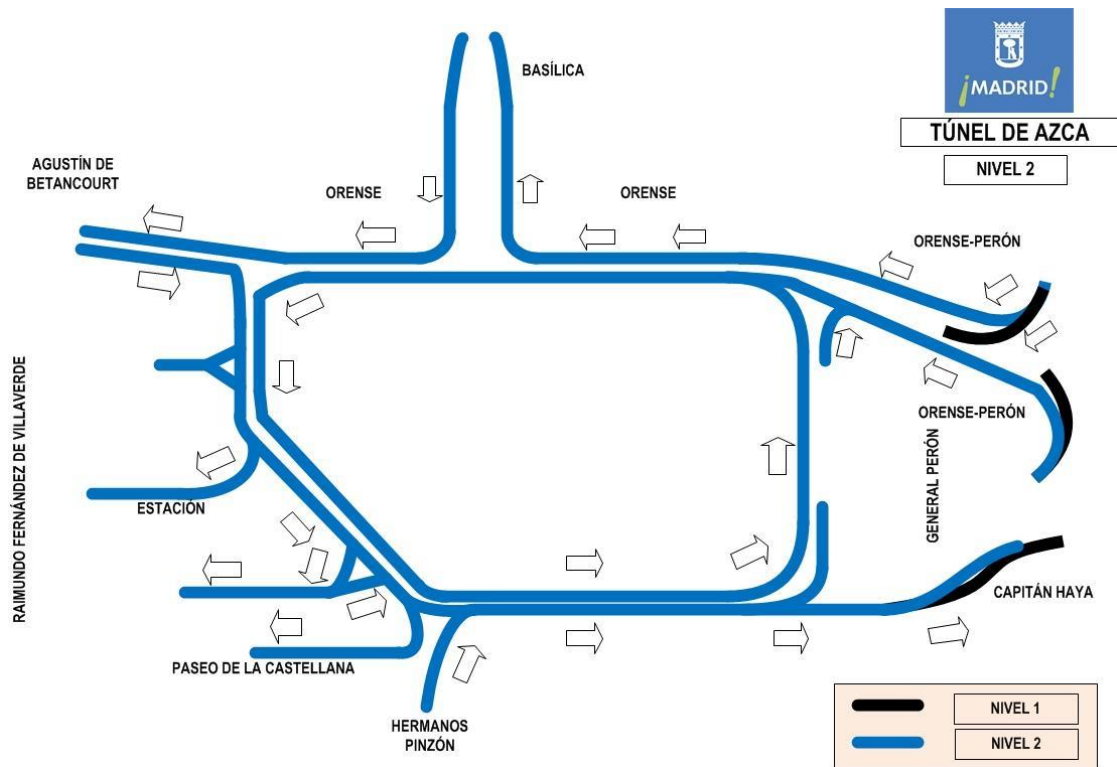


Figure 3 – vue détaillée des accès et des circulations au niveau 2 du tunnel (bleu)

À l'intérieur de la zone AZCA, il existe plusieurs parkings, tant pour des bâtiments commerciaux (par exemple El Corte Ingles) que pour des bureaux (Banque BBVA, Société Sacyr, Torre Picasso, etc.). Le nombre total de places de stationnement est estimé à environ 12.000. Tous ces parkings ont leur propre régulation des feux de signalisation, indépendante du contrôle centralisé du tunnel.

Sous le second niveau se trouve un tunnel de service, d'environ 2 m de large, qui court sous tout l'anneau central. Il permet la distribution de plusieurs services, notamment les réseaux basse tension et les réseaux de canalisations d'eau de la Compagnie de distribution de l'eau (Canal de Isabel II).

2. CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

2.1 GÉOMÉTRIE

- Longueur du tunnel 7.500 m y compris les deux niveaux et les accès.
- Longueur de chacun des anneaux environ 900 m.

2.2 PROFIL EN TRAVERS

2.2.1 Anneau du niveau 1

- 4 voies de 3,50 m de largeur chacune.
- Trottoir et accotement de chaque côté de 0,70 m de largeur.
- Largeur totale de 15 m.
- Hauteur sous plafond de 4 m.

2.2.2 Anneau du niveau 2

- 2 voies de 3,50 m de largeur chacune.
- Trottoir et accotement de chaque côté de 0,50 m de largeur
- Largeur totale de 8 m.
- Hauteur sous plafond de 3 m.

2.2.3 Abris et emplacements d'arrêt d'urgence

Le tunnel dispose de 10 abris de sécurité avec des sorties de secours vers l'extérieur.

Il y a 5 emplacements d'arrêt d'urgence répartis entre les deux niveaux, mais aucun dans les rampes d'accès et de sortie.

2.2.4 Issues de secours

Le tunnel AZCA comporte 4 issues de secours pour les piétons, qui sont accessibles depuis les deux niveaux. Une rampe reliant le premier et le second niveau permet également des évacuations (figure n°4).

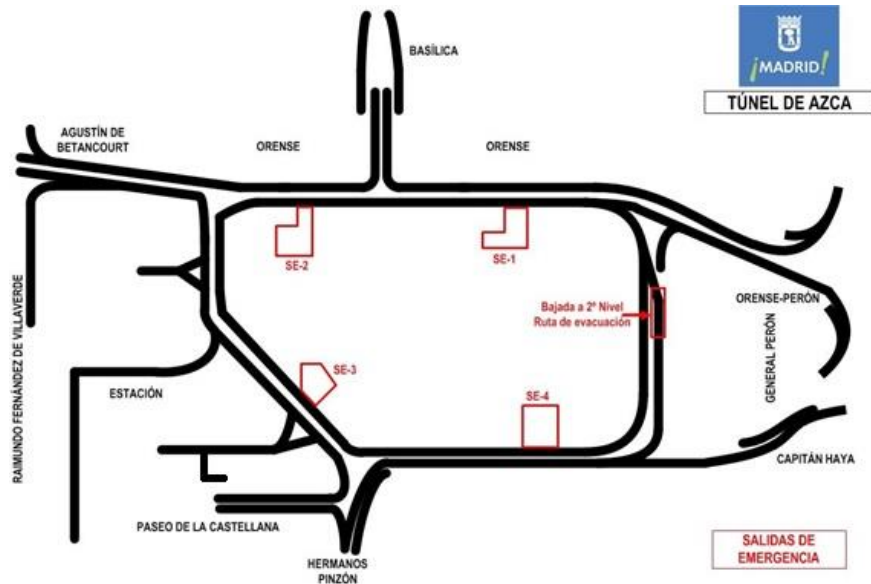


Figure 4 – Plan des issues de secours

Les issues de secours sont munies de portes à un seul battant, résistantes au feu, équipées d'une barre antipanique et de contacts magnétiques permettant de détecter leur ouverture ou leur fermeture.

Tous les locaux des issues de secours disposent d'un système de pressurisation.

Les issues de secours sont signalées comme suit :

- des signaux de guidage électroluminescents sur les murs près des portes de secours.
- des signaux électroluminescents sur le pourtour de la porte de sortie (avec une autonomie de 35 min).
- des signaux d'évacuation photoluminescents sur les murs tous les 50 m des deux côtés, indiquant la distance jusqu'à l'issue de secours la plus proche.
- des panneaux photoluminescents des portes de secours situés sur chaque battant de porte.

Les figures n°5 et n°6 montrent les issues de secours dans le tunnel.

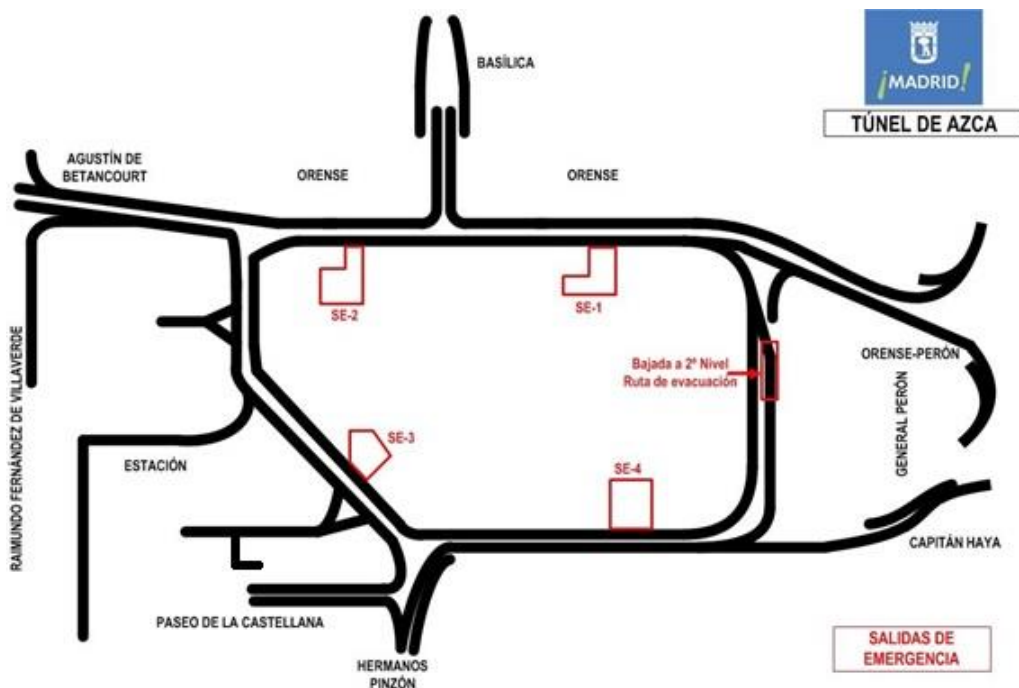


Figure 5 – Plan des issues de secours



Figure 6 – porte d'issue de secours – rampe d'évacuation entre les deux niveaux

2.3 CONDITIONS DE CIRCULATION

Le trafic à l'intérieur du tunnel est de trois natures :

- Le trafic entrant et sortant des parkings des zones commerciales et des bureaux. La majorité de ce trafic a lieu aux heures de pointe du matin et du soir.
- Le trafic transitant par l'anneau de distribution du premier niveau.
- Le trafic des camions de livraison qui accèdent aux quais de déchargement, principalement depuis le sud (Corte Inglés, C.C. Moda Shopping, etc.).

Le trafic dans le tunnel est estimé à 60.000 véhicules par jour, dont 70% de circulation de transit. Le trafic du second niveau représente environ 25% du trafic du premier niveau, en dehors des heures de pointe.

La vitesse est limitée à 50 km/h sur les deux anneaux. Certaines rampes de sortie sont limitées à 30 km/h.

La réglementation municipale interdit l'accès de véhicules transportant des marchandises dangereuses à l'intérieur de la ville de Madrid. Il s'ensuit que la circulation de ces véhicules dans le tunnel AZCA est interdite.

2.4 VENTILATION

2.4.1 Installation de ventilation

Le tunnel AZCA comporte deux niveaux de parking souterrain, qui sont ventilés par échange d'air avec le tunnel sur le premier et le second niveau.

Le système de ventilation du tunnel est de type transversal, avec apport de l'air frais en partie inférieure et extraction de l'air contaminé en partie supérieure. L'air pollué est rejeté à l'extérieur par des gaines.

L'installation comporte 136 ventilateurs répartis dans 8 stations de ventilation. Ces ventilateurs sont exclusivement pour le soufflage ou l'extraction, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas réversibles.

Les ventilateurs ont deux vitesses de fonctionnement, qui peuvent être contrôlées séparément à l'aide du tableau de commande.

La figure n° 7 montre deux stations de ventilation.



Figure 7 – stations de ventilation

L'installation de ventilation du tunnel ne permet que la commande à distance par groupes de ventilateurs de soufflage ou d'extraction. Il n'est actuellement pas possible d'avoir un contrôle indépendant de chaque ventilateur, en raison de la conception de l'alimentation électrique et des tableaux de contrôle.

Les tableaux électriques et de contrôle des ventilateurs sont au nombre de huit:

- Tableau 2 (CTV2) : 21 ventilateurs, 9 pour le soufflage (5 desservant l'anneau supérieur et 4 l'anneau inférieur) et 12 pour l'extraction (8 desservant l'anneau supérieur et 4 l'anneau inférieur).
- Tableau 3 (CTV3) : 15 ventilateurs, 8 pour l'alimentation (5 desservant l'anneau supérieur et 3 l'anneau inférieur) et les 7 autres pour l'extraction (5 desservant l'anneau supérieur et 2 l'anneau inférieur).
- Tableau 4 (CTV4) : 12 ventilateurs, 6 pour l'alimentation (4 desservant l'anneau supérieur et 2 l'anneau inférieur) et les 6 autres pour l'extraction (4 desservant l'anneau supérieur et 2 l'anneau inférieur).
- Tableau 5 1er niveau (CTV5) : 11 ventilateurs pour l'alimentation (7 desservant l'anneau supérieur et 4 l'anneau inférieur).
- Tableau 5 2ème niveau (CTV5) : 11 ventilateurs pour l'extraction (7 desservant l'anneau supérieur et 4 l'anneau inférieur).
- Tableau 6 (CTV6-8) : 20 ventilateurs, 10 pour l'alimentation (7 desservant l'anneau supérieur et 3 l'anneau inférieur) et les 10 autres pour l'extraction (7 desservant l'anneau supérieur et 3 l'anneau inférieur).
- Tableau 8 (CTV6-8) : 14 ventilateurs, 7 pour l'alimentation (5 desservant l'anneau supérieur et 2 l'anneau inférieur) et les 7 autres pour l'extraction (5 desservant l'anneau supérieur et 2 l'anneau inférieur).
- Tableau 7 (CTV) : 32 ventilateurs, 16 pour l'alimentation (13 desservant l'anneau supérieur et 3 l'anneau inférieur) et les 16 autres pour l'extraction (13 desservant l'anneau supérieur et 3 l'anneau inférieur).

2.4.2 Gestion de la ventilation

La ventilation est gérée sur la base des résultats des mesures de la fumée, des niveaux de contaminants, de l'opacité et de la vitesse de l'air dans le tunnel.

Les équipements de mesure sont situés aux points de plus grande concentration théorique, ce qui garantit la mesure de l'ensemble du profil de concentration des particules et des polluants.

Les capteurs ont une sortie standard 4-20 mA et sont connectés à l'installation de gestion technique centralisée (GTC) du tunnel, à l'exception des détecteurs de CO et de NO₂ qui sont connectés à des armoires de détection qui renvoient les informations à la GTC. Le fonctionnement des ventilateurs est géré en fonction des informations obtenues.

Le contrôle de la ventilation dispose des équipements de détection suivants :

- 52 détecteurs de NO₂,
- 52 détecteurs de CO,
- 26 opacimètres,
- 3 anémomètres et un détecteur de vent extérieur,
- 24 anémomètres intérieurs,
- 4 centres de contrôle (chacun avec deux kits d'analyse).

2.5 ÉQUIPEMENTS D'EXPLOITATION ET DE SÉCURITÉ

Le tunnel AZCA dispose de différentes installations fixes de sécurité, conçues pour assurer le bon fonctionnement des systèmes, ce qui contribue à accroître la sécurité des usagers du tunnel, ainsi que de son infrastructure et de ses équipements.

Les installations fixes du tunnel sont les suivantes.

2.5.1 Alimentation et distribution en énergie électrique

L'installation électrique de l'ensemble du tunnel est répartie dans les locaux basse tension et dans les locaux courants faibles où se trouvent les panneaux de commande des ventilateurs.

L'alimentation du centre de supervision et de contrôle provient de deux alimentations du réseau public de distribution d'énergie électrique, avec une puissance de 100 kW chacune.

Afin de garantir une alimentation électrique ininterrompue dans tout le tunnel en cas de panne imprévue, telle qu'une coupure de courant du réseau public, les installations de sécurité du tunnel sont équipées de 8 ensembles d'alimentation sans coupure (batteries - onduleur) de 15 kVA, ce qui permet de disposer de 35 minutes d'autonomie pour assurer le fonctionnement des installations suivantes:

- poste de supervision et de télécommande du tunnel et des systèmes de contrôle distribués.
- tableaux de détection d'incendie.
- tableaux de détection de gaz, y compris l'analyse du CO, et du NO₂.

- anémomètres et les capteurs d'opacité.
- réseau téléphonique d'appel d'urgence (RAU).
- installation de sonorisation.
- circuit de télésurveillance (CCTV).
- équipement des récepteurs vidéo.
- stations de collecte de données.
- commutateurs de communication.
- panneaux à messages variables, feux d'affectation des voies et signaux de vitesse.
- éclairage pour la signalisation, le balisage vers les portes et les issues de secours.
- barrière d'accès au second niveau depuis le premier niveau.

2.5.2 Installations d'éclairage

☐ Éclairage courant

L'éclairage du tunnel est assuré par des luminaires à vapeur de sodium haute pression de 250 W au premier niveau et des luminaires fluorescents de 65 W au second niveau. Il n'y a pas d'éclairage de renforcement pour les entrées et les sorties du tunnel.

Les escaliers de sortie de secours disposent d'un éclairage indépendant activé par des détecteurs de présence.

☐ Éclairage de sécurité

Le tunnel dispose d'un éclairage de secours et d'un éclairage de balisage et de guidage composé de 109 unités de luminaires fluorescents de 36 W, situés dans les parois du tunnel tous les 20 mètres et à une hauteur de 1,05 m au-dessus du niveau de la chaussée. Ces luminaires sont connectés aux onduleurs situés dans les locaux de ventilation avec une autonomie de 35 minutes.

En outre, la moitié des luminaires, ainsi que les trois luminaires situés à chaque porte des issues de secours sont équipés d'une batterie autonome permettant d'assurer l'éclairage supplémentaire pendant 60 minutes.

☐ Éclairage secouru

L'éclairage secouru du tunnel est constitué par un tiers de l'ensemble des luminaires de l'éclairage courant du tunnel, situés en partie haute des piédroits du tunnel. Ces luminaires sont connectés aux onduleurs.

2.5.3 Détection incendie et installation de lutte contre l'incendie

Le système de détection d'incendie est un système linéaire par câble thermométrique pour les deux niveaux du tunnel.

Les locaux techniques et les locaux électriques des transformateurs sont équipés d'une détection ponctuelle.

Les quatre issues de secours sont également dotées d'un système de détection d'incendie.

L'installation de lutte contre l'incendie comporte les équipements suivants :

- Colonne humide pour les conduites d'incendie et les bouches d'incendie.
- Système d'extinction automatique des gaz pour les locaux techniques et les locaux électriques des transformateurs.
- Extincteurs d'incendie.

2.5.4 Contrôle de la circulation

☐ Signalisation

Les panneaux à messages variables fournissent aux conducteurs des informations graphiques et/ou alphanumériques en temps réel relatives aux incidents, aux conditions de circulation, etc. Le tunnel dispose des équipements suivants :

- 4 panneaux à flèches croisées pour l'affectation des voies de circulation.
- 2 panneaux de limitation de vitesse.
- 65 feux tricolores pour l'alerte, la signalisation et la fermeture du tunnel.
- 65 feux bicolores (rouge - vert) pour la signalisation et la fermeture du tunnel.
- 13 feux de signalisation monochromes orange pour la préalerte.
- 2 feux bicolores orange-orange de préalerte.
- 1 barrière de fermeture.

Le contrôle des feux de signalisation est assuré par la municipalité de Madrid.

❑ **Installation de comptage**

Il y a 8 stations de collecte de données et 32 points de mesure du trafic au moyen de 64 boucles.

❑ **Télévision en circuit fermé (CCTV)**

Il y a 35 caméras CCTV fixes à l'intérieur du tunnel situées à une hauteur de 3-4 m et 10 caméras mobiles aux entrées et sorties.

❑ **Réseau téléphonique d'appel d'urgence (RAU)**

Le réseau d'appel d'urgence (RAU) se compose de 26 postes à technologie IP, situés tous les 66 m le long du piédroit de droite et à proximité des feux de signalisation orange-orange.

❑ **Système de sonorisation**

Le système de sonorisation comprend 69 haut-parleurs de 30 W avec un angle de couverture de 50° et des amplificateurs situés dans les locaux techniques qui couvrent les sections intérieures du tunnel.

2.5.5 Installations de communications

La connexion entre tous les équipements installés dans le tunnel et le centre de contrôle est assurée par un réseau de communication de grande capacité avec la technologie TCP/IP sur Ethernet.

L'architecture du réseau comporte une double boucle pour améliorer la redondance, en raison des multiples possibilités de jonction des équipements entre eux et avec le centre de contrôle (liaisons en fibre optique).

Il existe également un système téléphonique numérique pour couvrir les nombreuses zones sensibles de toutes les installations. Il assure la communication entre les différents locaux techniques ou de ventilation et le centre de contrôle.

2.5.6 Système de gestion du tunnel

Le système de gestion du tunnel (TMS) comporte 4 niveaux hiérarchiques, chacun avec des équipements indépendants et spécifiques pour chaque opération :

- La signalisation routière, qui correspond aux éléments de sécurité du tunnel (panneaux à messages variables, feux de circulation, barrières, etc.)
- Système de contrôle distribué, composé des coffrets de signalisation auxquelles les panneaux de signalisation sont connectés.
- Stations distantes et systèmes de communication standard.
- Centre de contrôle avec le système d'application de contrôle SW.
- Tous les équipements et sous-systèmes existant dans le tunnel qui sont surveillés ou contrôlés par le TMS sont considérés comme faisant partie de l'environnement TMS.