



**Comunidad de Madrid**



# Índice

## ■ INTRODUCCIÓN

|   |    |
|---|----|
| Evolución histórica   | 14 |
| El nacimiento de un servicio regular para el transporte de viajeros                             | 16 |
| La llegada del ferrocarril y el desarrollo de los trenes de Cercanías                           | 20 |
| Primeros intentos para gestionar los flujos de transporte público                               | 23 |
| La construcción de los nuevos accesos a la ciudad   | 29 |
| La progresiva unificación de las cabeceras de autobuses y el nacimiento de los intercambiadores | 31 |
| La intermodalidad   | 35 |
| Localización  | 38 |
| Factores a considerar   | 40 |
| Política de intercambiadores de transporte en la Comunidad de Madrid                            | 43 |
| Intercambiadores de autobuses: Un proceso evolutivo (1985-2007)                                 | 48 |
| Condicionantes de diseño  | 51 |
| Criterios considerando las necesidades de intercambio   | 52 |
| Criterios considerando las necesidades de los usuarios  | 53 |
| Criterios considerando las necesidades del transporte   | 55 |
| Rentabilidad económica  | 56 |
| Gestión del intercambiador  | 56 |
| Evolución histórica de los intercambiadores en Madrid   | 58 |
| 1986, Aluche  | 58 |
| 1992, Plaza de Castilla   | 59 |
| 1995, Moncloa   | 59 |
| 2000, Av. de América  | 62 |
| Plan de Intercambiadores de Madrid  | 63 |
| Intercambiadores futuros  | 64 |
| Otros intercambiadores  | 65 |

## ■ PLAN DE INTERCAMBIADORES DE MADRID

|  |    |
|--|----|
| Normativa urbanística aplicable  | 68 |
| Plan General de Ordenación Urbana de Madrid de 1997                    | 69 |
| Evaluación de Impacto Ambiental  | 71 |
| Planes Especiales de Definición de los Intercambiadores de Transportes | 73 |
| Modos de intercambio generales   | 74 |
| Movilidad en la Comunidad de Madrid                                    | 74 |
| La movilidad por corredores  | 76 |
| La red de autobús interurbano en la Comunidad de Madrid                | 78 |

|  |     |
|--|-----|
| Entorno urbanístico: mejoras del entorno e impactos                            | 82  |
| Planeamiento Urbanístico   | 82  |
| Mejoras e impactos en el entorno   | 84  |
| Intercambiador de Plaza Elíptica   | 86  |
| Intercambiador de Príncipe Pío   | 88  |
| Intercambiador de Plaza de Castilla  | 90  |
| Intercambiador de Moncloa  | 92  |
| La financiación de los Intercambiadores del Consorcio de Transportes de Madrid | 94  |
| Financiación por concesión   | 97  |
| Recuperación de la inversión   | 100 |
| Importancia de los beneficios sociales   | 106 |

## ■ ASPECTOS QUE HAN INFLUIDO EN EL DISEÑO Y EN LA OBRA

|   |     |
|---|-----|
| Dársenas  | 112 |
| Objetivo  | 112 |
| Funcionalidad                                   | 114 |
| Imagen  | 116 |
| Módulo común                                    | 121 |
| Elementos de flexibilización                    | 122 |
| Zócalo  | 123 |
| Revestimiento de estructura                     | 124 |
| Modulación                                      | 125 |
| Alzados   | 128 |
| Accesibilidad                                   | 136 |
| Cerramiento mamparas                            | 137 |
| Mobiliario                                      | 139 |
| Espacios reservados para PMR en vías evacuación | 140 |
| Aseos: uso general                              | 141 |
| Escaleras mecánicas: plataformas                | 141 |
| Ascensores                                      | 142 |
| Badenes   | 142 |
| Colectivo con discapacidad visual               | 143 |
| Recorridos principales guiados                  | 145 |
| Recorrido secundarios guiados                   | 146 |
| Acceso  | 147 |
| Recomendaciones                                 | 147 |

|  |     |
|--|-----|
| Señalización                                     | 148 |
| Señalización direccional                         | 148 |
| Información general                              | 152 |
| Señalización en dársenas                         | 154 |
| Señalización acústica                            | 160 |
| Mobiliario                                       | 162 |
| Elementos  | 163 |
| Materiales                                       | 166 |
| Nuevas tecnologías aplicadas a la información    | 168 |
| Nuevos hallazgos Paleontológicos en Príncipe Pío | 172 |
| Yacimiento Paleontológico                        | 173 |
| Contexto Geológico                               | 174 |
| Trabajos Realizados: Excavación Sistemática      | 175 |
| Lista Faunística                                 | 178 |
| Restos Arqueológicos en Príncipe Pío             | 180 |
| Contexto histórico                               | 181 |
| Los Trabajos Arqueológicos                       | 183 |

## ■ ASPECTOS QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD

|   |     |
|---|-----|
| Instalaciones   | 190 |
| Ventilación   | 192 |
| Climatización   | 194 |
| Fontanería y Saneamiento  | 196 |
| Protección Contra Incendios   | 198 |
| Electricidad  | 201 |
| Transporte vertical   | 205 |
| Especiales  | 206 |
| Calidad de ambiente interior  | 207 |
| Criterios de Protección contra Incendios                            | 213 |
| Simuladores de la movilidad y la evacuación                         | 216 |
| Acondicionamiento del aire en situaciones de operación y emergencia | 222 |
| Experiencias del pasado.  | 224 |

|   |  |     |
|---|--|-----|
|   | Diseño adoptado en los nuevos intercambiadores                       | 226 |
| Nuevas tecnologías aplicadas:<br>conteo de viajeros, gestión de<br>tráfico, lectura de matriculas |  | 230 |
|   | Las necesidades  | 231 |
|   | El contaje   | 232 |
|   | El Control del tráfico   | 235 |
|   | Lectura de matriculas  | 237 |
|   | La identificación de los servicios                                   | 239 |
|   | La coordinación de los servicios                                     | 241 |
|   | Las opciones   | 243 |
|   | Las soluciones   | 248 |
|   | Valores añadidos   | 248 |
| Parámetros de Calidad en<br>los Intercambiadores de<br>Transportes de Madrid                      |  | 250 |
|   | Inicios de la Calidad en los Intercambiadores de Transportes         | 251 |
|   | La Calidad en el diseño de los Intercambiadores                      | 256 |
|   | Aseguramiento de la Calidad  | 258 |
|   | Parámetros para la evaluación de la Calidad y Capacidad del Servicio | 260 |

## ■ GESTIÓN Y EXPLOTACIÓN

|                                       |  |     |
|---------------------------------------|--|-----|
| Plan de Servicios<br>a los Usuarios   |  | 264 |
|                                       | Atención al usuario  | 265 |
|                                       | Accesibilidad  | 266 |
|                                       | Gestión del confort  | 266 |
|                                       | Supervisión de actividades comerciales   | 267 |
| Plan de Servicios<br>a los Operadores |  | 272 |
|                                       | Gestión del tráfico  | 274 |
|                                       | Gestión del confort de los operadores  | 281 |
| Plan de Seguridad                     |  | 282 |
|                                       | Identificación de los riesgos potenciales del intercambiador,<br>asociados a los siguientes factores de riesgo | 286 |
|                                       | Gestión de Incidentes  | 286 |
|                                       | Gestión de Emergencias   | 286 |

|  |     |
|--|-----|
| Plan de Gestión ambiental                                      | 288 |
| Plan de Mantenimiento, conservación y limpieza                 | 292 |
| Actividades y su organización                                  | 292 |
| Conservación de la infraestructura                             | 296 |
| Limpieza   | 297 |
| Puesto de control central                                      | 298 |
| Objeto del centro integral de gestión                          | 300 |
| Diseño del centro integral de gestión                          | 302 |
| Ubicación e interconexión de sistemas                          | 304 |
| Datos, información y procedimientos                            | 305 |
| Beneficios repercutidos a los agentes implicados               | 306 |
| Operadoras de transportes y concesionarias de infraestructuras | 308 |

## ■ INTERCAMBIADORES

|   |     |
|---|-----|
| Plaza de Castilla                         | 314 |
| Concesión                                 | 315 |
| Proyecto                                  | 316 |
| Túneles de acceso                         | 318 |
| Estructura                                | 320 |
| Desarrollo de las obras                   | 327 |
| Calidad Percibida                         | 330 |
| Terminal en superficie. Autobuses Urbanos | 332 |
| Plaza Elíptica                            | 338 |
| Concesión                                 | 339 |
| Proyecto                                  | 340 |
| Estructura                                | 348 |
| Diseño                                    | 360 |
| Príncipe Pío                              | 366 |
| Concesión                                 | 372 |
| Proyecto                                  | 373 |
| Estructura                                | 387 |
| Desarrollo de las obras                   | 389 |
| Diseño                                    | 392 |
| Arqueología                               | 394 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| Moncloa            | 398 |
| Concesión          | 401 |
| Proyecto           | 406 |
| Módulo Arco        | 408 |
| Estructura         | 423 |
| Diseño             | 428 |
| El enclave         | 431 |
| Avenida de América | 436 |
| Legazpi            | 440 |
| Conde Casal        | 444 |
| Conclusiones       | 450 |
| Bibliografía       | 464 |
| Agradecimientos    | 470 |
| Premios            | 476 |

# Presentación

La necesidad de ordenar y estructurar la movilidad en transporte público en el territorio, y de potenciar la funcionalidad de cada modo, mejorando la eficiencia del sistema, ha llevado al CRTM a plantear desde 1986, como una de las piezas fundamentales que contribuyen a estos objetivos, el desarrollo de un ambicioso Plan de Intercambiadores en la ciudad de Madrid.

Estos intercambiadores poseen las siguientes características funcionales:

- Servir de punto de confluencia de líneas radiales de autobuses que acceden a la ciudad de Madrid y se distribuyen por la ciudad a través de la red de Metro y de los autobuses de la EMT.
- Reducir los tiempos de viaje y mejorar la calidad del servicio.
- Crear espacios únicos que simplifiquen las condiciones de trasbordo.
- Reducir los costes de explotación de los servicios de transporte permitiendo incrementar las frecuencias de paso.

Gracias a los convenios suscritos entre las diferentes Administraciones, se ha permitido desarrollar el Plan de Intercambiadores, que está permitiendo construir un gran intercambiador por cada corredor que accede a Madrid. Intercambiadores de transporte como Plaza de Castilla (A-1), Avenida de América (A-2), Conde de Casal (A-3), Legazpi (A-4), Plaza Elíptica (A-42), Príncipe Pío (A-5) y Moncloa (A-6) suponen con su construcción un importante avance en la calidad del servicio, en la calidad del trasbordo y en el incremento de la demanda.

The need to arrange the mobility in public transport in the region, and of promoting the functionality of every way, improving the efficiency of the system, has led the CRTM to raising from 1986, as one of the fundamental pieces that contribute to these aims, the development of a self-seeker Plan of Transport Interchanges in the city of Madrid.

These interchangers possess the following functional characteristics:

- To use as point of confluence of radial buses lines that accede to the city of Madrid and are distributed by the city across the Metro network and of the urban buses network.

- To reduce the times of trip and to improve the quality of the service.
- To create nodes that simplify the conditions of transfer.
- To reduce the costs of exploitation of the transport services allowing to increase the journey frequencies.

Thanks to the agreements signed between the different Public Administrations, it has been allowed develop the Plan of Transport Interchanges, which is allowing to built up a great interchange for every corridor that accedes to Madrid. Transport Interchanges as Plaza de Castilla (A-1); Avenida de América (A-2); Conde de



En un sistema estructurado, como es el del transporte público de la Comunidad de Madrid, la red de grandes intercambiadores construidos en la ciudad de Madrid se verá complementada en un futuro con otros que se construyan en el área metropolitana, con una funcionalidad distinta:

- Servir de punto de confluencia de líneas radiales desde las zonas de menor densidad y accesibilidad, hacia líneas de carácter radial de alta capacidad (ferrocarril o autobús de plataforma reservada) de conexión con Madrid.
- Configurar un punto de intercambio para desplazamientos transversales que eviten el paso por la ciudad central
- Atender a un entorno de atracción propio en la zona o municipio donde se ubica el intercambiador, o incluso en el propio corredor transversal, como respuesta al creciente fenómeno de descentralización de centros atractores.
- Favorecer efectos intermodales no solo en transporte público, sino también con el vehículo privado (aparcamientos de disuasión)

Con esta publicación se pretende poner por escrito toda la experiencia que el CRTM tiene en relación con los intercambiadores de transporte al objeto de que sirva como referencia a todos aquellos que tengan que proyectar este tipo de Infraestructuras, tan importantes para mejorar la calidad del servicio a los usuarios del Transporte Colectivo.

Finalmente, nuestro agradecimiento a todas las personas, instituciones, organismos, administraciones y usuarios que han permitido que podamos ser una referencia a nivel mundial en este tipo de infraestructuras.

Casal (A-3); Legazpi (A-4); Plaza Elíptica (A-42); Príncipe Pío (A-5); and Moncloa (A-6), suppose with the construction an important advance in the quality of the service, in the quality of the transfer and in the increase of the demand.

In an organized system, since it is that of the public transport of the Region of Madrid, the network of big transport interchanges built up in the city of Madrid will meet complemented in a future with others that are constructed in the metropolitan area, with a different functionality:

- To use as point of confluence of radial bus lines from the zones of minor density and accessibility,

towards high capacity radial transport modes of connection with Madrid.

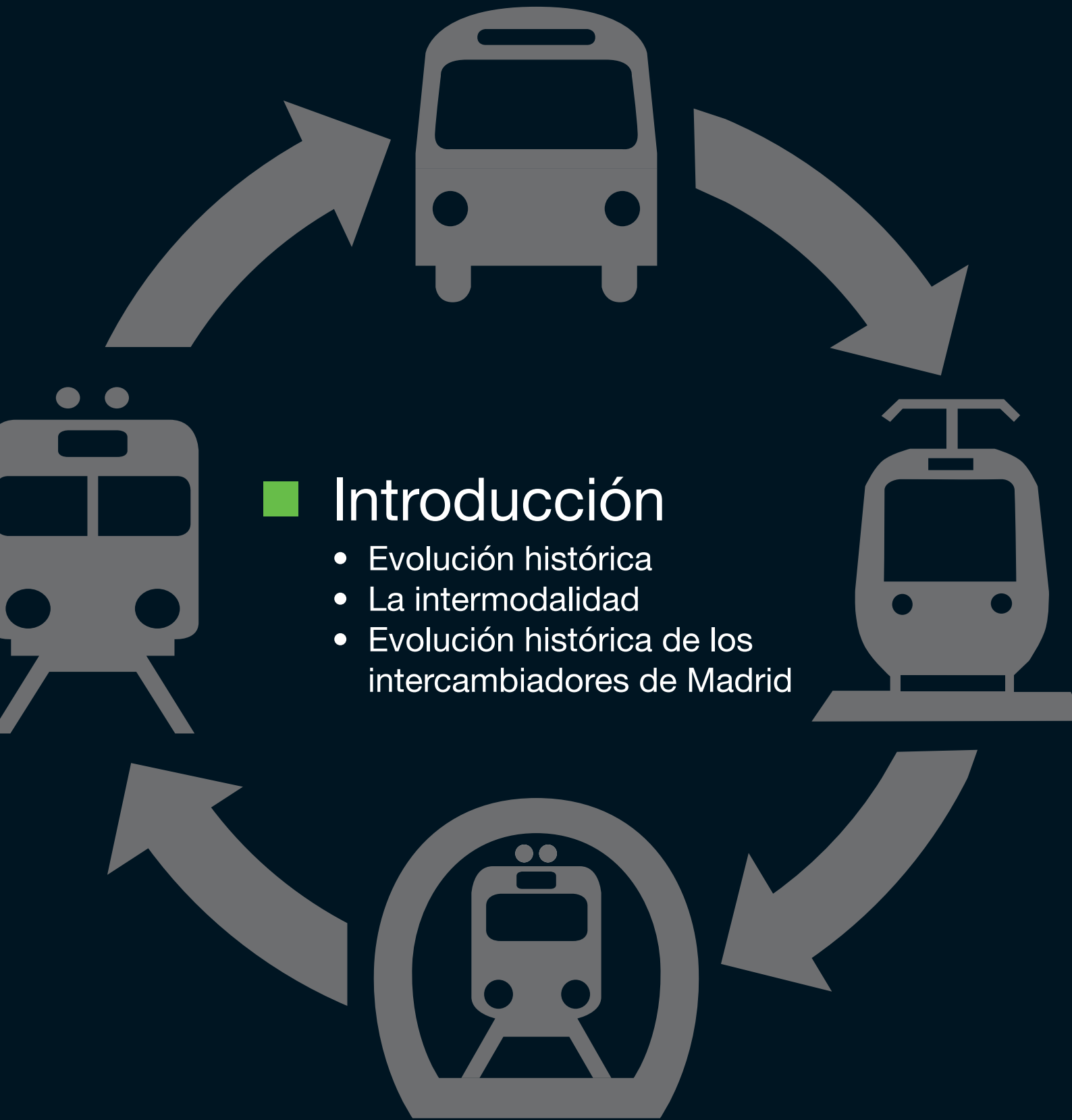
- To form a point of transfer for transverse displacements that avoid the step along the central city.
- To attend to a proper environment of attraction in the zone or municipality where the interchange is located, or even in the proper transverse corridor, as response to the increasing phenomenon of decentralization.
- To favor intermodal effects not only in public transport, but also with the private vehicle.

With this publication there is tried to put in writing all the experience that the CRTM has in relation with the

transport interchanges in order to serves as reference all those that have to project this type of Infraestructures, so important to improve the quality of the service to the users of the Public Transport.

Finally, our gratefulness to all the people, institutions, organisms, administrations and users who have allowed that we could be a reference worldwide in this type of infraestructures.







## Evolución histórica

Ángeles Ruiz, Historiadora

ecía Arturo Soria, el visionario arquitecto y urbanista que creó Ciudad Lineal a finales del XIX, que, en caso de guerra, Madrid era una ciudad muy vulnerable por la facilidad con que podía ser sitiada. Bastaba con controlar sus escasas y angostas puertas de salida para dejar a sus habitantes encerrados en una ratonera. Y es cierto que hasta finales del XIX, en que Madrid comenzó a crecer más allá de sus murallas y se planteó su ensanche, la ciudad quedaba recogida en el interior de una muralla construida en 1625. Sorprende observar luego cómo la ciudad, a pesar de extenderse rápidamente, ha mantenido a través de los años y de las

transformaciones urbanas los mismos ejes de salida, con tan sólo las modificaciones exigidas por la modernización de las carreteras y de los medios de transporte.

Por su parte, lo que sí ha evolucionado de manera radical ha sido el concepto de transporte. El transporte público, tal y como lo conocemos ahora, tiene sus orígenes en los últimos años del siglo XVIII y principios del XIX. Privilegio de la aristocracia y de la alta burguesía en sus inicios, las necesidades de comunicación con Madrid de los núcleos de población más alejados, de población modesta en su mayoría, impulsaron el



### Historical evolution

Visionary architect and urban planner Arturo Soria, who designed Ciudad Lineal at the end of the 19th century, once said that in a time of war, Madrid would be a very vulnerable city due to the ease with which it could be invaded. In such a situation, the city's only option would be to protect its limited and narrow entryways, trapping citizens inside a dangerous mouse hole. It is true that until the end of the 19th century, when Madrid began to grow beyond its boundaries and initiate an era of urban expansion, the city remained contained behind a giant wall built in 1625. Surprisingly, despite its rapid expansion and urban transformation over the years, the city has maintained the same entryways, modifying only what was deemed

necessary for the modernisation of highways and public transportation.

In this respect, it is the concept of transportation that has seen the most radical change over the years. Public transportation, as we know it today, originates from the end of the 18th and beginning of the 19th centuries. Initially a privilege for the aristocratic and bourgeoisie classes, public transportation saw a surge in development once communication between Madrid and distant urban centres became a necessity that demanded a more economical and accessible transport system. The increase in these services, along with the diversification of the means of transportation, quickly

MÓNCLOA

EL GOBIERNO

desarrollo de un transporte colectivo más económico. El aumento de estos servicios, unido a la diversificación de los medios de transporte, plantea rápidamente problemas de gestión en las cabeceras y de enlaces de las líneas interurbanas con la red de transporte interno de la ciudad, problemas que han tenido, a lo largo del último siglo, diversas soluciones o intentos de solución.

En definitiva, la historia del transporte público interurbano es la radiografía de una evolución que ha permitido al tejido urbano unir todas sus arterias desde los centros vitales en que se están convirtiendo los intercambiadores. ■



caused congestion problems at the exchange points and the links between the inter-urban lines and the city's internal transportation network. Throughout the last century, these same problems have been confronted with a variety of diverse strategies and solutions.

All in all, the history of inter-urban public transportation tells the story of an evolution that has allowed the urban web to unite all of its branches extending from the vital city centres that are now being converted into transport interchange stations. ■

PENVELAS

## El nacimiento de un servicio regular para el transporte de viajeros



The birth of a normalised service for passenger transportation

El transporte regular de viajeros es un concepto que comienza a desarrollarse paulatinamente en España a finales del siglo XVIII. Este tipo de servicio nace en un principio en ciudades importantes, como Madrid o Barcelona, donde existían la demanda y la infraestructura organizativa suficientes como para que empresarios emprendedores se lanzaran a la aventura. La extensión del transporte regular de viajeros a trayectos más largos, que conectaran la ciudad con núcleos urbanos más alejados, lo que ahora llamamos transporte interurbano, fue algo que se desarrolló más lentamente.

El primer servicio público de coches, conocidos como “*coches diligentes*”, comienza en 1792 y es contratado por las clases sociales más altas para sus desplazamientos por el interior de la Villa y Corte únicamente. Eran una docena de carruajes, todos del mismo color, numerados, y tirados por dos mulas, con cuatro asientos y guiados por unos cocheros vestidos de librea. Tenían sus paradas en el centro de la ciudad, en las plazas de la Cebada, Santo Domingo y Puerta del Sol.

Normalised passenger transportation is a concept that gradually developed in Spain towards the end of the 18th century. This type of service was principally created in important cities such as Madrid and Barcelona, where the demand and organisational infrastructure were sufficient enough to convince enterprising businessmen to take part in the venture. The expansion of normalised passenger transportation to include longer routes that connected the city with distant urban centres – what we now call inter-urban transport – was an aspect that developed much more slowly.

The first public car service, known as “*coches diligentes*,” or “stagecoach cars,” began in 1792 and was



*Patio de las Diligencias / Patio de las Diligencias*

only patronised by the highest social classes for their travels within historical Madrid. The service consisted of a dozen four-seater mule-drawn carriages, all numbered and identical in colour, that were guided by uniformed coachmen. The carriages made stops in the centre of the city, and in the Plazas de la Cebada, Santo Domingo and Puerta del Sol.

More time was required to organise transportation to distant urban centres on the outskirts of Madrid. Before the development of normalised public transportation, travellers in the 17th and 18th centuries had several transportation options: renting a mule with an accompanying servant to carry the luggage, buying a mule

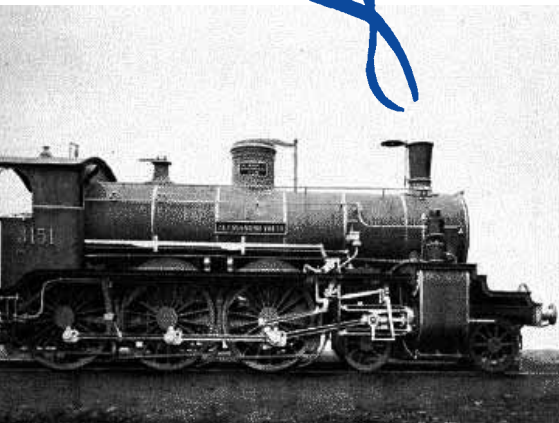


El transporte hacia núcleos urbanos más alejados, en la periferia madrileña, tardó más tiempo en organizarse. Antes del desarrollo del transporte público regular, en los siglos XVII y XVIII, el viajero disponía de varias opciones, que iban desde, alquilar una mula, haciéndose acompañar por un servidor que llevara el equipaje; comprar la mula y alquilar al mulero, que hacía el trayecto andando mientras cuidaba de la mula; o bien, viajar en compañía de una recua de arrieros que transportaban el equipaje al tiempo que el pasajero iba solo a lomos de una mula. Para quien quisiera hacer un viaje más económico, se le ofrecía la opción de “viajar por arrobas”. Con este sistema, el pasajero se colocaba como complemento de la carga y pagaba en razón de su peso. Los alquiladores se constituían según las necesidades, de manera individual e intermitente. Son los llamados “ordinarios”, carreteros, caleseros y arrieros, que paraban en sitios fijos. En Madrid estos puntos estaban situados en las inmediaciones de Sol (calle del Carmen, Montera, San Miguel, plaza de la Cebada, Costanilla de Santiago) y en las calles de salida de Madrid (calles de Segovia, Toledo, Alcalá, Atocha).

and renting a mule driver who travelled on foot and took care of the mule, or travelling with a group of mule drivers who transported the luggage while the traveller rode alone on the back of a mule. For the person who wished to make a more economical trip, there was always the option of “travelling por arrobas” or “as luggage.” In this system, the passenger travelled as though he were a piece of luggage and paid according to his weight. Those who provided the travel service did so individually and sporadically, according to their needs. These people were called “commoners,” highwaymen, coachmen and mule drivers who stopped in fixed locations. In Madrid these points may be found in the area surrounding Sol (Calles del Carmen, Montera,

San Miguel, Plaza de la Cebada, Costanilla de Santiago) and on the streets leaving Madrid (Calles de Segovia, Toledo, Alcalá, Atocha).

Although previous efforts had been made, it wasn't until the first decades of the 19th century that normalised inter-urban transportation appeared, thanks to the diligencias, or stagecoach companies. This constituted an authentic revolution before the use of trains. From this period on, regular service schedules with predetermined routes and stops came into use, along with unified ticket prices that no longer depended upon verbal negotiations with the commoners. In 1816 the Sociedad de Cataluña (Society of Catalonia) was created,



Aunque existieron intentos anteriores, la aparición de líneas regulares para el transporte interurbano llega en las primeras décadas del siglo XIX de la mano de las compañías de diligencias, auténtica revolución antes del ferrocarril. Es a partir de entonces cuando se empiezan a establecer servicios a horas fijas, con paradas y rutas predefinidas, y con tarifas unificadas, no negociadas de palabra como ocurría con los ordinarios. En 1816 se crea la Sociedad de Cataluña, con monopolio por diez años. En los años siguientes aparecen nuevas empresas, animadas por el éxito de las primeras, entre ellas, empresas dedicadas exclusivamente al transporte hacia la periferia madrileña, como la Compañía de Caleseros de Madrid. Esta compañía establece en 1825 una diligencia de tracción animal a Carabanchel a horas marcadas. A esto se añadían servicios esporádicos a los arrabales (Chamberí, Tetuán, Ventas, Vallecas). Hacia 1840 había en Madrid una docena de empresas dedicadas a trayectos hacia las cerca-

nías madrileñas, muy concurridos. Se calcula que en 1848 estas empresas contaban con un número total de 250.000 viajeros anuales y 685 diarios. Los servicios unían Madrid con Toledo (dos viajes al día), El Escorial (tres viajes), Carabanchel (seis viajes), y con un viaje diario Alcalá de Henares, Vista Alegre, Leganés, Aranjuez, San Ildefonso, El Pardo, Jadraque, Torrelaguna, Trillo, Arganda, Getafe y Segovia.

Las diligencias, que partían en su mayoría de Sol e inmediaciones o, en el caso de la Sociedad de Diligencias Postas Generales, de la calle Alcalá 15, utilizaban los caminos marcados de salida de la ciudad, que por aquellas fechas, y hasta el ensanche de 1860, no se extendía más allá de la vieja cerca de 1625. Esta cerca, descrita con gran detalle en el plano que el portugués Pedro de Texeira realizó en 1656, cierra Madrid al Oeste por el Palacio Real; al este por los paseos de Recoletos y el Prado; y al Norte y al Sur por lo que ahora son las rondas interiores, al norte Alberto Aguilera, Bilbao, Alonso Martínez y Génova, y al sur Atocha y las rondas de Valencia, Toledo y Segovia. La instrucción de la Dirección General de

Obras Públicas de 28 de febrero de 1857, nos da los itinerarios de salida de la Villa, que coinciden con los que se observan en el plano de Texeira: “*La medición de carreteras empezará a contarse desde la losa que se ha colocado en la Puerta del Sol de Madrid [...] Para la carretera de Madrid a Irún, por Burgos, la medición se hará por las calles de la Montera y Fuencarral, a salir por la puerta de Bilbao. Para la de Francia [...], se llevará la medición por la calle de Alcalá, a salir por la puerta del mismo nombre. Para la de Valencia [...], se hará por la Carrera de San Jerónimo, Plaza de las Cortes, calle de Trajineros a la puerta de Atocha. Para la de Cartagena, por Albacete y Murcia, y las de Cádiz y Toledo, por las calles de Carretas, Concepción Jerónima y de Toledo a la puerta de este nombre. Para la de Badajoz, por las calles Mayor y Espartero, plazuela de Santa Cruz, calle Imperial y de Catoneros, Puerta Cerrada y calle de Segovia, a la puerta de este nombre. Y para las de Vigo, Coruña, Gijón y Santander, por la calle del Arenal, plaza Isabel II, calle de la Biblioteca, San Quintín y Bailén, el paseo de San Vicente y puerta del mismo nombre.*” ■

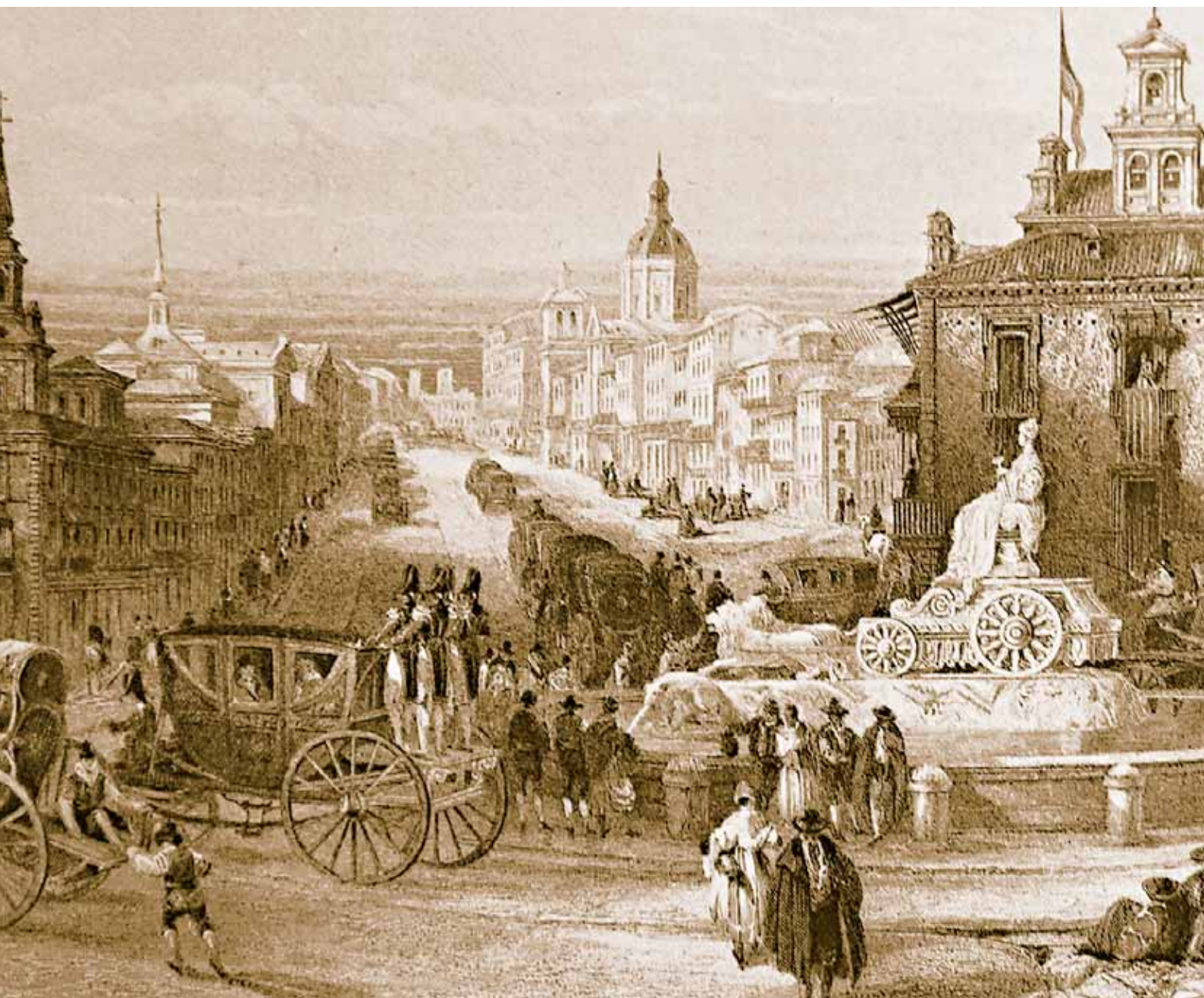
leading to a 10-year monopoly of the public transportation system. New companies that were motivated by the success of their predecessor appeared during the following years. Among them were businesses exclusively dedicated to transportation to the Madrid region, such as the Compañía de Caleseros de Madrid. In 1825 this company established a service of horse-drawn transportation to Carabanchel with a fixed timetable. It also offered additional, sporadic services to less affluent areas (Chamberí, Tetuán, Ventas, Vallecas). Around the year 1840 in Madrid, there were approximately 12 companies that provided heavily-used transportation routes to the Madrid suburbs. It can be estimated that in 1848, these businesses saw a total of

250,000 passengers annually and 685 passengers daily. The services ran from Madrid to Toledo (two trips per day), El Escorial (three trips), Carabanchel (six trips) and one trip daily to Alcalá de Henares, Vista Alegre, Leganés, Aranjuez, San Ildefonso, El Pardo, Jadraque, Torrelaguna, Trillo, Arganda, Getafe and Segovia.

The stagecoach companies, which mostly began their routes in Sol or its surrounding streets – in the case of the Sociedad de Diligencias Postas Generales (General Stagecoach Society), the route began at 15 Calle Alcalá – used the roads marked as city exits. Until the urban expansion of 1860, these roads didn’t extend much farther than where the 1625 city wall had origi-

nally stood. This wall, described in great detail by the Portuguese cartographer Pedro de Texeira in a map he created in 1656, surrounds Madrid from the west via the Royal Palace, from the east via the Paseos de Recoletos and el Prado, and from the north and south with what are now the interior Rondas, or ring roads (in the north, Alberto Aguilera, Bilbao, Alonso Martínez and Génova, and in the south, Atocha and the Rondas de Valencia, Toledo and Segovia). According to the directions given by the General Board of Public Works on Feb. 28, 1857, we can see that the routes of transportation leaving Madrid match those illustrated in Texeira’s map: “All highway routes will begin from the flag that has been placed in the Puerta del Sol in Madrid





*Plaza de Cibeles / Plaza de Cibeles*

[...]. The highway connecting Madrid to Irún, passing through Burgos, will follow a route that passes through Calles Montera and Fuencarral, leaving through the Puerta de Bilbao. In order to go to France [...], one must take the route along the Calle de Alcalá, passing through the Puerta de Alcalá. To go to Valencia [...], the proper route is through the Carrera de San Jerónimo, the Plaza de las Cortes, the Calle de Trajineros and through the Puerta de Atocha. For the route to Cartagena that passes through Albacete and Murcia, and for the routes to Cádiz and Toledo, you take the Calles de Carretas, Concepción Jerónima and Toledo, and pass through the Puerta de Toledo. For the route to Badajoz, travel along Calles Mayor and Espartero,

through the Plazuela de Santa Cruz, Calles Imperial and de Catoneros, Puerta Cerrada and the Calle de Segovia, passing through the Puerta de Segovia. And for the routes to Vigo, Coruña, Gijón and Santander, follow the Calle de Arenal, Plaza Isabel II, Calle de la Biblioteca, San Quintín and Ballén, the Paseo de San Vicente and leave through the Puerta of the same name." ■

## La llegada del ferrocarril y el desarrollo de los trenes de Cercanías

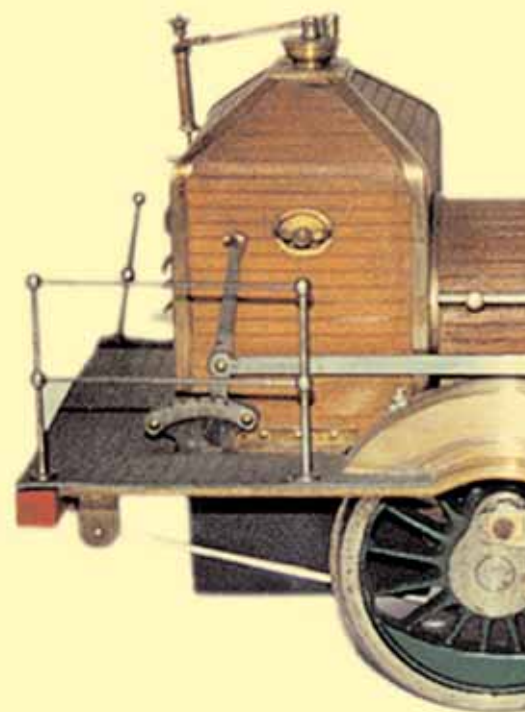
El reino de la diligencia comenzó a tambalearse con la llegada del ferrocarril, que en pocos años se adueña del tráfico de viajeros en los trayectos principales. Por dar sólo un ejemplo, la diligencia de Madrid a Aranjuez desaparece ya en 1854, tres años más tarde de la inauguración del primer ferrocarril madrileño: el ferrocarril recorría el trayecto en menos de hora y media, mientras que la diligencia tardaba entre cuatro y cinco horas. Mal que bien, las diligencias, cada vez más relegadas a trayectos secundarios, sobreviven hasta principios del siglo XX, enterradas no por el ferrocarril, sino por automóviles y autobuses.

El ferrocarril llegó a Madrid, como bien es sabido, en 1851, cuando se crea la segunda línea de ferrocarril de España, entre el embarcadero de Atocha y Aranjuez, lugar de recreo de la Familia Real, por lo que ahora es la línea C-3 de Cercanías, con paradas en Pinto, Valdemoro y Ciempozuelos. En 1858 se prolonga la línea hasta Alicante, con lo que se pudo decir eso de que "Madrid ya tiene puerto de mar". Tras la necesidad de dar a Madrid un puerto en el Mediterráneo surgió el apremio de buscar

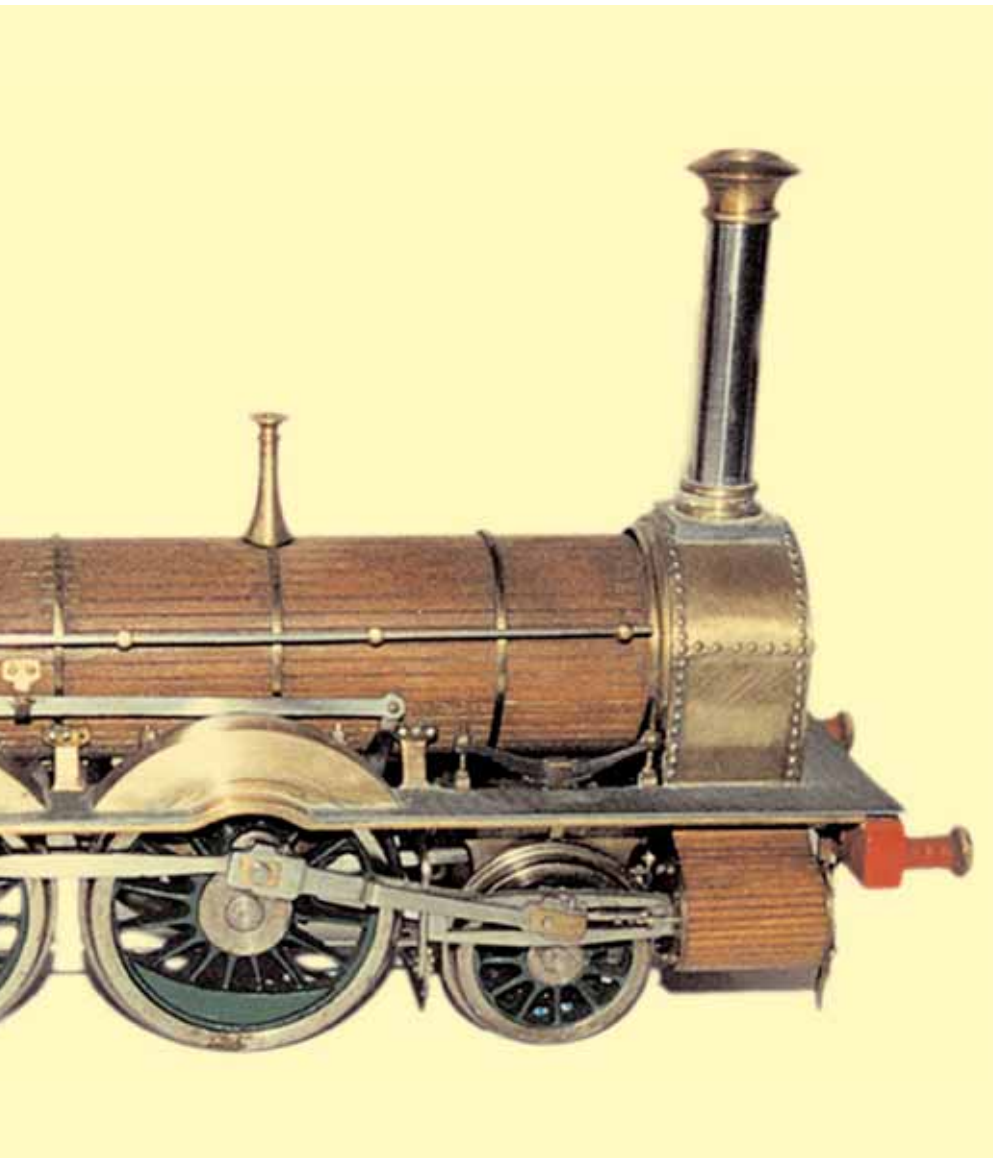
The arrival of the railway and the development of the suburban railway network

The reign of the stagecoach companies began to crumble with the arrival of the railway, which within a few years, became the dominant mode of transportation for travellers on principal routes. For example, the stagecoach service from Madrid to Aranjuez disappeared in 1854, three years after the inauguration of the first Madrid railway: The train made the trip in less than one-and-a-half hours, while the antiquated stagecoach service took between four and five hours to arrive. Somehow or other, the stagecoach companies survived until the beginning of the 20th century, despite being continually relegated to secondary routes. This system of transport was finally made obsolete not by trains, but by automobiles and public buses.

*"La Madrileña"  
la locomotora del primer ferrocarril de Madrid que cubría la línea Madrid-Aranjuez  
"La Madrileña," Madrid's first railway, formerly operated along today's Madrid-Aranjuez line*



It is a well-known fact that the railway arrived in Madrid during 1851, when Spain's second railway was created between the stations of Atocha and Aranjuez, a popular holiday destination for the Royal Family. Today, this is line C-3 of the suburban railway network, with stops in Pinto, Valdemoro and Ciempozuelos. In 1858, the line was extended to Alicante, at last giving citizens reason to say, "Madrid finally has a seaport." Following the need to give Madrid a Mediterranean port, pressure built to establish mining and industrial centres along the Cantabrian cornice. The northern railway, which departed from the station of Príncipe Pio, offered services to the Madrid suburbs, stopping in Pozuelo, Las Rozas, Torrelodones and Villalba. The first line, which



los núcleos mineros e industriales de la cornisa cantábrica. El ferrocarril del Norte, desde la estación de Príncipe Pío, paraba en las inmediaciones de Madrid, en Pozuelo, Las Rozas, Torrelodones y Villalba. El primer tramo, hasta El Escorial, lugar una vez más vinculado a la realeza, corresponde a la actual línea C-8 de Cercanías y se abrió en 1861.

La elección de Atocha y Príncipe Pío, antiguas puertas de la muralla de 1625, obedece, al margen de avatares novelescos, a una clara continuidad histórica: la estación para el ferrocarril hacia Valencia se ubica en el punto de arranque de la carretera de Valencia, la puerta de Atocha. De la misma manera, para el ferrocarril hacia el Norte se eligió la puerta de San Vicente, donde arrancaba la carretera de El Pardo, que luego cruzaba la sierra de Guadarrama hacia el norte. Lugar de partida y llegada de trenes, Atocha y Príncipe Pío quedaron marcados como nuevas puertas de entrada a la ciudad para miles de pasajeros, lugares donde poco a poco iban a confluir igualmente líneas de Cercanías, de Metro y autobuses, y que han perdurado hasta hoy como puntos importantes de intercam-

opened in 1861 and offered services to El Escorial, another location associated with royalty, corresponded to today's C-8 line of the suburban railway network.

The decision to create railway stations in Atocha and Príncipe Pío, both former gates of the 1625 wall, was based on nothing more than clear, historical continuity: The station for the train to Valencia is located at the entrance of the Carretera de Valencia -- the Puerta de Atocha. Similarly, the Puerta de San Vicente was chosen as the station for the northern railway because of its location at the entrance to the Carretera de El Pardo, which continues across the Sierra de Guadarrama towards the north. Both train-departure and -ar-

rival centres, Atocha and Príncipe Pío, were marked as new entry points into the city for thousands of passengers. Little by little, these stations converted into the merging-points of Madrid's suburban rail network, Metro and bus lines, and they remain, to this day, important interchange points despite the fact that they are no longer within the city's suburbs, but practically in its centre.

The long-distance lines that stopped in the Madrid suburbs eventually incorporated the suburban railway network to offer service to the towns on the city's periphery. This rail network, called the narrow-gauge or economical line, included trains that travelled to Ar-

ganda leaving from Pacífico, and to Villa del Prado and Almorox, departing from the Madrid-Goya station.

Along with the railway expansion came the development of the Madrid tram, which offered fast service to the urban centres closest to the capital, such as Vallecas, Carabanchel and Fuencarral. The lines that travelled southwest and southeast were built towards the end of 1870, while the northern and north-eastern lines developed much later -- at the end of the 19th and beginning of the 20th centuries. There were no trams that travelled west or northwest since those areas had small, upper-class populations that already had access to the northern railway. However, there was a failed at-

bio, a pesar de no estar ya, en el caso de Atocha, en las afueras de la ciudad, sino prácticamente en el centro.

A las líneas de largo recorrido con parada en las inmediaciones de la ciudad se fueron añadiendo, para dar servicio a municipios de la periferia madrileña, los ferrocarriles de Cercanías, llamados de vía estrecha o económicos, como el de Arganda, que salía de Pacífico, o el de Villa del Prado y Almorox, desde la estación de Madrid-Goya.

Con la expansión del ferrocarril llegó el desarrollo del tranvía en Madrid, que rápidamente dio servicio a los núcleos de población más próximos de la capital, como Vallecas, Carabanchel o Fuencarral. Las líneas hacia el suroeste y sureste son de finales de los años 1870, mientras que las del norte y noreste tuvieron un desarrollo más tardío, a finales del XIX y primeros años del XX. Ningún tranvía circulaba hacia el oeste ni noroeste, zonas poco pobladas y habitadas por clase alta, donde además ya llegaba el ferrocarril del Norte. Hubo, a pesar de todo, un intento de tranvía de vapor al Pardo, por parte de la “*Compañía General Española de Tranvías*”, que no llegó a

realizarse, y en 1902 se inauguraba una línea de 11 km por San Antonio de la Florida, con fines recreativos y que dejó de circular en 1917.

El trazado de estos tranvías sigue los caminos tradicionales de salida de Madrid, por los que ya circulaban las diligencias. Algunas líneas siguen saliendo de Sol o aledaños, como en 1877 la de los Carabancheles y Leganés, de la “*Compañía General Española de Tranvías*”, que saliendo de la Plaza Mayor iba por la carretera de Toledo, como años antes lo hizo la línea de diligencias. Pero la mayoría de líneas ya no arrancan del centro, sino de puntos situados en la salida de las carreteras radiales. Con la apertura de estas líneas hacia la periferia más inmediata, las zonas de Cuatro Caminos, en la salida hacia el Norte de Madrid por Bravo Murillo, Ventas, en la salida hacia el Este por Alcalá y el camino de Aragón, o Pacífico, salida por la carretera de Vallecas, que constituyen los nuevos límites de la ciudad tras el ensanche, se convierten por primera vez en zonas de intercambio, donde los pasajeros deben interrumpir su viaje para cambiar de unas líneas a otras. ■



tempt by the *Compañía General Española de Tranvías* (Spanish General Tram Company) to build a steam-tram route to El Pardo. In 1902, an 11-km tram line that travelled through San Antonio de la Florida opened for recreational purposes, though it ended service in 1917.

The tram routes followed Madrid's traditional outgoing roads, along which the transportation services were already circulating. Some lines continued departing from Sol and the surrounding area, such as the Spanish General Tram Company line that offered services to Los Carabancheles and Leganés in 1877. This tram departed from the Plaza Mayor and travelled along the Carretera de Toledo, just as the stagecoach companies

had done years earlier. However, most lines no longer left from the city's centre, but rather from points located on the exits of the surrounding streets. With the opening of these lines, which provided services to the closest suburbs, Madrid's new city limits became the areas of the intersection of Cuatro Caminos, heading towards northern Madrid on Bravo Murillo, Ventas, heading east on Alcalá and the Camino de Aragón, and Pacífico, travelling along the Carretera de Vallecas. Following the urban expansion, these zones became, for the first time, interchanging points where passengers had to interrupt their trips to change from one line to another. ■

## Primeros intentos para gestionar los flujos de transporte público

Entre el último cuarto del siglo XIX y los primeros años del siglo XX se fue completando el ensanche planeado por Castro. Las antiguas puertas de la ciudad quedaron como plazas, las murallas dieron paso al paseo de ronda interior y aparecieron nuevos puntos de acceso a la ciudad, más alejados del centro. A pesar de ello, la estructura de los ejes de acceso a Madrid sufre poca variación, ya que los nuevos accesos se sitúan en la prolongación de las antiguas carreteras de salida de la ciudad.

Si observamos el plano de Madrid realizado por la Oficina del Plan de Madrid en 1929<sup>1</sup> para el concurso de ideas convocado en 1932, vemos cómo por el Norte la salida de Madrid se hace por el antiguo camino de Fuencarral, y su prolongación por Bravo Murillo hasta Cuatro Caminos, nueva puerta de salida de la ciudad. El paseo de la Castellana y su prolongación hasta el Hipódromo (donde se construyeron los Nuevos Ministerios entre 1936 y 1942), al extenderse la ciudad hacia el este, deja de ser el límite de Madrid para convertirse en un eje central de circulación norte-sur, utilizado tanto por los automóviles como por el tranvía. Por el

Este, la calle de Alcalá sigue siendo el camino natural de salida hacia la carretera de Aragón, situándose el límite de la ciudad en Ventas. Por el sureste, la evolución es similar, aunque la importancia de Pacífico como nueva puerta de entrada de Madrid queda mermada por el papel creciente de Atocha como estación de ferrocarril. Hacia el Sur, como bien se ha dicho, "*ancha es Castilla*": los caminos son varios, y los trazados más cambiantes. La salida por la puerta de Toledo gana en importancia, ya que de la puerta del mismo nombre arrancan también las carreteras de Fuenlabrada y Andalucía. Esta última, presenta un segundo camino de salida, desde Atocha por el paseo de Delicias hasta el puente de Andalucía. Esta multiplicidad traduce igualmente el rápido crecimiento de la población de los arrabales del sur. Al contrario, por el Oeste, al estar frenado el crecimiento de Madrid por el valle del Manzanares, las modificaciones son mínimas. La salida del puente de Segovia sigue como punto de arranque de la carretera de Madrid a Extremadura. Por el Noroeste, la salida se hace por el camino de El Pardo, en la orilla izquierda del río. El punto de partida, en

1.- Oficina Municipal del Plan, *Información sobre la Ciudad*, Instituto geográfico catastral, Madrid, 1929.

### First attempts to manage the flows of public transportation

Between the last quarter of the 19th and the first years of the 20th centuries, Castro's urban expansion was completed. The former city entrances were made into Plazas, the old walls gave way to the interior Paseo de Ronda, and new city entrances were established farther away from the city's centre. Despite these changes, the structure of Madrid's main access roads saw little variation as the new entrances were constructed to be extensions of the city's former exits.

If we observe the map of Madrid created by the Madrid Planning Office in 1929 as its proposal for the idea competition held in 1932, we can see that in the north, the exit from Madrid extends from the former Camino

de Fuencarral. This extension travels along Bravo Murillo until Cuatro Caminos, the new city exit. Upon the extension of the Paseo de la Castellana to the east, continuing until the racecourse (where Nuevos Ministerios was built between 1936 and 1942), the route converts into a central, arterial road that circulates north-south and is used by both automobiles and trams. To the east, the Calle de Alcalá continues to be the natural exit to the Carretera de Aragón, marking the city's border in Ventas. The evolution of south-western Madrid was similar, although the importance of Pacífico as a new city entrance was overshadowed by Atocha's growing role as a railway station. To the south, as the saying goes, "*Ancha es Castilla*," ("Anything goes"):



ESTACION DEL NORTE

discooteca  
norte

colonial  
norte

restaurante  
norte

discooteca  
norte

colonial  
norte

colonialnorte  
81700

colonialnorte

colonial



PRINCIPE



Flot

Opus

la glorieta de San Vicente, queda reforzado en su función de puerta de la ciudad por la ubicación de la estación de Príncipe Pío.

Como complemento al tranvía, que daba servicio únicamente a una parte de la población de las afueras de Madrid, y en cierto modo tomando el relevo de las antiguas diligencias, comienza a principios de siglo a ponerse en servicio el autobús.

Existían en 1929 sesenta y tres líneas radiales de autobuses interurbanos, más quince de enlace entre provincias. La red de autobuses se desarrolló más en las zonas donde no llegaba el ferrocarril y donde había fuerte demanda por parte de la población. Hacia el Norte, llegaba hasta los pueblos más importantes, como Alcobendas o San Sebastián de los Reyes, y más lejos, Algete, El Casar o Torrelaguna. Hacia el Este las líneas eran muy numerosas, llegando a Cuenca y pasando Guadalajara. Hacia el Sur, donde la red ferroviaria comenzaba a ser bastante tupida, las líneas eran más escasas, aunque había una a Aranjuez, otra a Parla y diversas a pueblos de las inme-

diaciones. Por el contrario, hacia el Oeste, con sólo el ferrocarril de vía estrecha de Almorox, había numerosas líneas a Arenas de San Pedro, Talavera de la Reina, y otros centros urbanos. Por el Noroeste hacia la sierra, zona menos poblada y por donde pasaba el ferrocarril del Norte, sólo concurrían un autobús hasta Segovia, y otros a Aravaca y Pozuelo desde las inmediaciones de la Gran Vía.

Con el auge del transporte en autobús comienzan los problemas de gestión en las cabeceras. En 1929<sup>2</sup> se señala ya la *"carencia de estaciones, que a más de la incomodidad para el público produce frecuentemente conflictos con el tráfico"*. Entre las diversas soluciones que se propusieron durante esos años, destaca la propuesta del ingeniero Paz Maroto, que plantea la creación de *"una gran estación debajo de la Plaza Mayor para los autobuses a los lugares de la provincia y su enlace allí con otros urbanos y tranvías"*<sup>3</sup>. Esta propuesta, que no llegaría nunca a realizarse, es sin embargo de gran importancia, ya que supone el principio de la reflexión sobre dos elementos clave de la gestión del transporte público madrileño



actual: la infraestructura necesaria en las cabeceras de autobuses para el correcto funcionamiento del servicio, y los enlaces de las líneas interurbanas con la red metropolitana. En definitiva, Paz Maroto está planteando la primera idea de lo que será más adelante el intercambiador tal y como hoy lo conocemos.

2.- Oficina Municipal del Plan, Información sobre la Ciudad, Instituto geográfico catastral, Madrid, 1929.

3.- PAZ MAROTO, José, El problema de la circulación en Madrid, Madrid, Imp. Municipal, 1933.

There were various roads, and the layout was hardly consistent. The city exit through the Puerta de Toledo became more important due to the fact that it was also the location where the Carreteras de Fuenlabrada and Andalucía began. The Carretera de Andalucía also had an alternative exit route that began in Atocha and followed the Paseo de Delicias until the Puente de Andalucía. This multiplicity caused a population growth-spurt in Madrid's southern, lower-class neighbourhoods. Contrastingly, changes were minimal in the west as Madrid's growth in this direction was stifled by the Valle del Manzanares. The Puente de Segovia exit continued as the entrance of the Carretera de Madrid in the direction of Extremadura. In the northeast, peo-

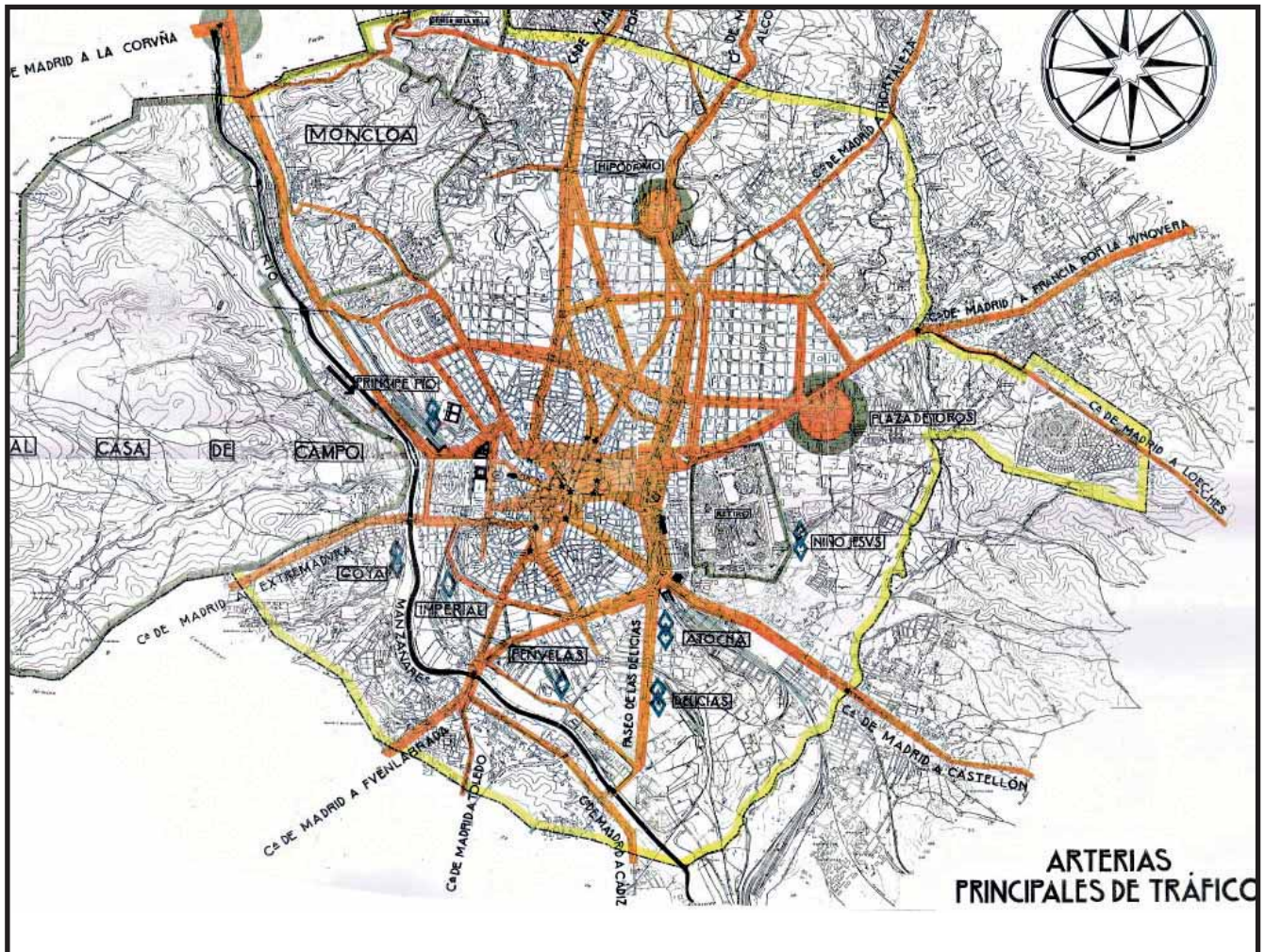
ple exited the city via the Camino de El Pardo on the river's left bank. The exit point on the Glorieta de San Vicenta maintained its function as the city entrance for the area surrounding the Príncipe Pío station.

As a complement to the tram, which offered services to only one part of Madrid's suburban population, a public bus system was put into place at the beginning of the century. This new transportation network also acted in some way as a relief for the antiquated stagecoach companies.

In 1929 there were 63 radial, inter-urban bus lines, as well as 15 lines that travelled between provinces. The

public bus network experienced greater development in the zones that didn't have railway access, and where there was a stronger demand for services by the local populations. In the north, the bus network travelled to the most important towns, such as Alcobendas and San Sebastián de los Reyes, and further still, to Algete, El Casar and Torrelaguna. There were many lines in the east that travelled to Cuenca and passed through Guadalajara. In the south, where the railway network was beginning to become quite dense, there were fewer public bus lines. One line offered service to Aranjuez and another to Parla, as well as to various suburban towns. On the other hand, in the west, where there was only one narrow-gauge railway line from Almorox,





Principales arterias de tráfico en el año 1929 / Principle vehicle artery roads, 1929

a number of public bus lines offered services to Arenas de San Pedro, Talavera de la Reina and other urban centres. The north-eastern region close to the mountains surrounding Madrid was a less-populated area that offered access to the northern railway. The only buses that serviced this zone were those travelling to Aravaca and Pozuelo from the surrounding streets of Gran Vía, and one line that travelled to Segovia.

However, along with the peak of public bus transportation came management problems at the exchange points. In 1929 it had already been noted that the "shortage of stations not only burdens the public, but also frequently produces conflicts with traffic." Among the different solutions proposed during these years, the proposal made by Engineer Paz Maroto stands out for his suggestion to create "a large station under the

Plaza Mayor as the connection point between urban buses, buses with destinations within the province and trams." Although this proposal would never become a reality, it represents an important milestone in the key-management thought processes of Madrid's current public transportation system: There was a necessity to change the infrastructure of the public bus exchange points, and the connection points between the inter-urban lines and the city network to allow proper service operation. Ultimately, Paz Maroto was the first to propose the idea that would eventually become the transport interchange stations as we know them today.

The years during the Republic were characterised by forward-thinking reflection on public transport. Indalecio Prieto, a great visionary, viewed the solution of con-

tinuity between railway lines as a hindrance to Madrid's expansion and proposed the following measures:

- Build a suburban rail network, which will form the basis of the future Madrid, as a system of economical transportation that permits the construction of decent residences for Madrid citizens.
- Close the station of Príncipe Pío, whose location is becoming more and more burdensome, to allow the city to extend northward. Open a new station in Chamartín and begin a railway line that travels between Madrid and Burgos. This station will also be the destination of the northern railway, which will branch off from Las Rozas through the Monte El Pardo.
- Construct a railway line through the heart of Madrid to unite the two railway stations via tunnel, which will begin in Atocha, continue along the

Los años de la República fueron fértiles en cuanto a reflexión sobre el transporte público. Con gran visión de futuro, Indalecio Prieto se plantea la solución de continuidad entre las líneas de ferrocarril como estorbo para la expansión de Madrid y propone las medidas siguientes:

- Construir un servicio de cercanías, base del Madrid futuro, un sistema de transporte económico que permitiese establecer viviendas dignas para los habitantes de Madrid.
- Cerrar la estación de Príncipe Pío, cuyo emplazamiento era cada vez más incómodo, puesto que la ciudad se extendía hacia el Norte, y abrir una nueva estación en Chamartín, inicio del nuevo ferrocarril Madrid-Burgos. A esta estación llegaría igualmente la línea del Norte, desviándose en Las Rozas por el monte El Pardo.
- Meter la línea férrea en el corazón de Madrid, para unir las dos estaciones de ferrocarril, mediante un túnel desde Atocha por el paseo del Prado hasta salir a la superficie en Fuencarral. La línea tendría dos estaciones subterráneas intermedias, en Nuevos Ministerios y Recoletos.

Paseo del Prado and end at the surface of Fuencarral. This line will have two intermediate, underground stations, one in Nuevos Ministerios and another in Recoletos.

However, Indalecio Prieto's vision was too advanced for his times, and although construction had already begun on the tunnel – nicknamed by Madrid citizens “el túnel de la risa” (“the joke tunnel”) – it was never completed. The city had to wait until after the Civil War to see the revitalisation and completion of the tunnel-building proposal, which came to life in the Bidagor urban-distribution plan of 1946. Today, the tunnel that connects Atocha and Chamartín has become vital to

La visión de Indalecio Prieto resultó sin embargo ser demasiado avanzada para la época y aunque llegaron a empezarse las obras, el túnel, bautizado por la población madrileña como “el túnel de la risa”, no llegó a completarse. Hubo que esperar hasta después de la Guerra Civil para que, en el plan de ordenación urbana de Bidagor de 1946, se retomase esta idea y se construyera el túnel de enlace entre Atocha y Chamartín, hoy imprescindible para los trenes de Cercanías. Las obras se retrasaron tanto, que hasta 1964 no se abrió el enlace Las Rozas-Chamartín. El túnel bajo el paseo de la Castellana tuvo que esperar un poco más, hasta 1967, año en que la línea Chamartín-Las Rozas fue electrificada y se abrieron al público las estaciones de Nuevos Ministerios, Recoletos, y un apeadero provisional junto a la estación de Atocha.

Con el Plan Bidagor se abre la reflexión sobre la necesidad de una línea de circunvalación, que permita, por un lado, comunicar entre sí los poblados satélites de Madrid, y por otro mejorar las conexiones entre las líneas radiales exteriores y la red interior: “El núcleo inte-

the suburban railway network trains. Due to the heavy delays in construction, the Las Rozas-Chamartín suburban railway line didn't open until 1964. The completion of the tunnel underneath the Castellana took a bit longer – it was not completed until 1967, the year in which the Chamartín-Las Rozas line was made electric, and the stations in Nuevos Ministerios, Recoletos and a provisional, un-staffed station next to Atocha opened to the public.

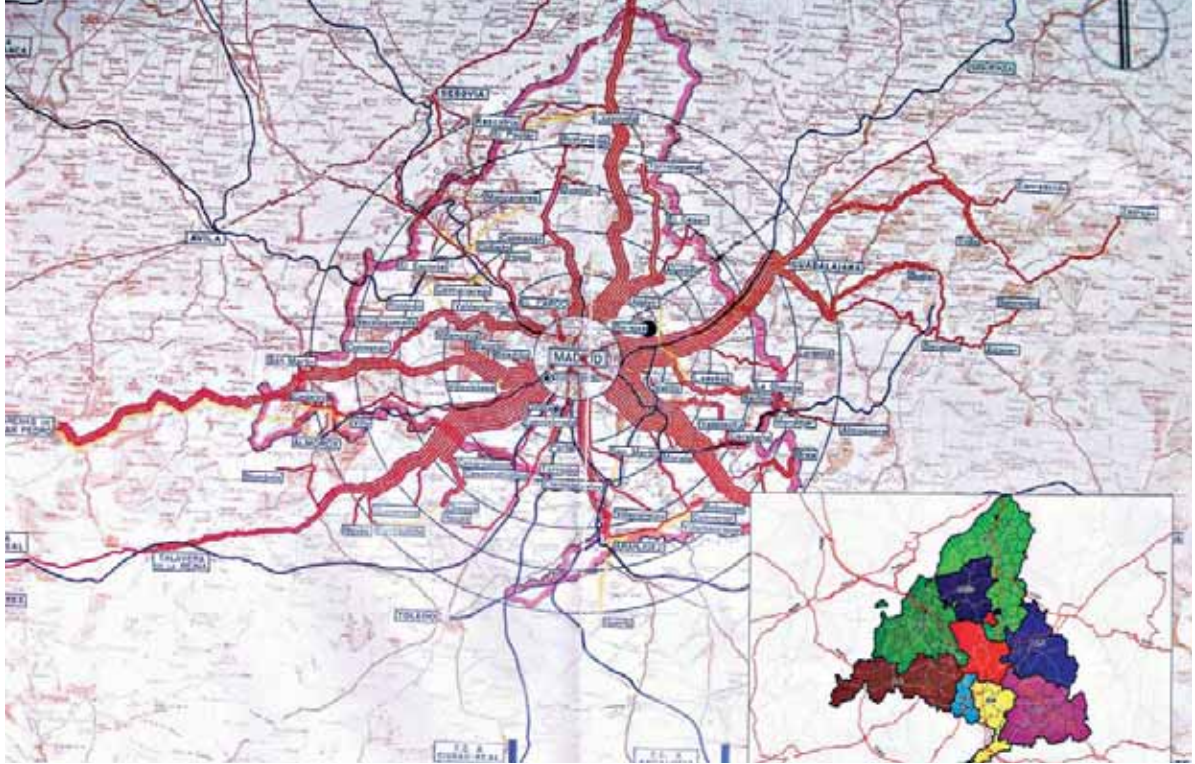
The Bidagor Plan raised the idea that a circular line would be necessary to permit travel between Madrid's two satellite neighbourhoods, and improve the connections between the exterior, radial lines and the interior

rior necesita recoger todas las líneas radiales en una circunvalación que recorra interiormente el perímetro de su recinto y que sirva de base de partida a las líneas de penetración desde el exterior. Ese anillo sería el engarce que abriría toda clase de posibilidades de combinación entre las líneas exteriores y las líneas metropolitanas interiores y los demás medios de transporte”<sup>4</sup>. Además, Paz Maroto quiso sentar las bases de la circulación de autobuses interurbanos, proponiendo la construcción de cuatro estaciones de autobuses en los principales puntos de salida de Madrid: Chamartín hacia el Norte, plaza de la Beata María Jesús, en Delicias, hacia el Sur, paseo de la Virgen del Puerto, próximo a Príncipe Pío, por el Oeste, y una cuarta en el cruce de O'Donnell, para los autobuses del Este<sup>5</sup>. ■

4.- Ayuntamiento de Madrid, Oficina Municipal del Plan, Madrid: 40 años de desarrollo urbano, 1940-1980, Madrid, 1981, p. 87.

5.- PAZ MAROTO, J., El futuro Madrid. Plan General de Ordenación y Extensión de Madrid presentado al Excelentísimo Ayuntamiento..., Madrid, 1939, p. 11 y 12.

network. “The interior nucleus must be connected to all of the radial lines by a circular route that travels the area's interior perimeter and acts as the arrival base for the lines coming from outside of Madrid. This ring would be the setting in which all combination possibilities between the exterior and inner-city lines and the other modes of transport would be available.” Meanwhile, Paz Maroto wanted to lay the foundation for the inter-urban bus network, proposing the construction of four public bus stations in Madrid's principal exits: One in Chamartín, to the north; in Plaza de la Beata María Jesús, in Delicias to the south in Paseo de la Virgen del Puerto, next to Príncipe Pío in the west, and a fourth in the intersection of O'Donnell for the buses from the east. ■



## La construcción de los nuevos accesos a la ciudad

Los ejes de salida de Madrid, que como hemos visto, se han mantenido inamovibles a lo largo de los siglos, con las variaciones únicamente consecuencia del crecimiento de la ciudad, se modifican de manera significativa con la construcción, en los años cincuenta, de nuevos accesos por carretera. Los antiguos caminos de salida, a lo largo de los cuales se fueron desarrollando importantes núcleos de población, resultaban cada vez más insuficientes para absorber el tráfico de entrada a la capital. La solución que se plantea es reservar las antiguas carreteras para el acceso a los barrios periféricos, y construir nuevas vías para canalizar el tráfico de entrada a Madrid por zonas menos pobladas. Con la construcción de los nuevos accesos por autopista a Madrid, pierden importancia para el trá-

fico las históricas puertas de entrada a la ciudad, al mismo tiempo que aparecen nuevos puntos de acceso.

Debido al gran crecimiento de Madrid hacia el Norte, la calle Bravo Murillo, antiguo eje de salida de Madrid, queda como columna vertebral del barrio de Tetuán y salida secundaria hacia la carretera de Burgos y Francia. La Castellana, y su prolongación desde Nuevos Ministerios hasta la plaza de Castilla queda como eje de circulación norte-sur y vía de salida de Madrid hacia la carretera nacional I. Esta plaza toma el relevo de Cuatro Caminos como nueva puerta de entrada a Madrid por el Norte.

Por el Noreste, la antigua carretera de Aragón queda como eje de los barrios de la Concepción, Pueblo Nuevo y Ca-

### The construction of new city entrances

As we've seen, Madrid's main outgoing roads remained unchanged throughout the centuries, experiencing only small variations due to the city's growth. However, in the 1950s, construction of new highway entrances brought significant changes to these arterial roads. The old exits, around which important population centres were developing, became more and more insufficient in absorbing the volume of traffic that entered the capital. The solution decided upon was to conserve the old highways as the access points for surrounding neighbourhoods and build new routes to channel the incoming traffic to less-populated zones. With the construction of Madrid's new motorway entrances, the city's historic exits became less important

for traffic circulation while, at the same time, new access points developed.

Due to Madrid's heavy growth northward, the Calle Bravo Murillo, one of Madrid's former main exit roads, became the backbone of the Tetuán neighbourhood and a secondary outgoing route to the Carreteras de Burgos and Francia. La Castellana and its extension from Nuevos Ministerios to the Plaza de Castilla became the main road for north-south circulation and the outgoing route from Madrid to the Carretera Nacional I. This Plaza also replaced Cuatro Caminos as Madrid's new northern entrance.

To the northeast, the old Carretera de Aragón converted into the main road for the neighbourhoods Concepción, Pueblo Nuevo and Canillejas. The creation of an entrance to the Carretera Nacional II was resolved in the north by building a dual carriageway in the continuation of María Molina from Canillejas to Avenida de América, and in the south, access was created to the Calle Alcalá via O'Donnell. This new route gave birth to the Avenida de América, whose importance as a city square and communication centre would grow increasingly following the construction of the Carretera Nacional II entrance.

To the southeast, in order to spare the town Vallecas and Pacífico, the Carretera Nacional III redirected traffic



Accesos por carretera 1929 / Entrances via motorway, 1929

nillejas. La entrada de la carretera nacional II se resuelve con un desdoble, al Norte desde Canillejas hacia Avenida de América, en la prolongación de María de Molina, y más al Sur, se hace el acceso a la calle Alcalá por O'Donnell. Con este trazado nace la Avenida de América, plaza y nudo de comunicación tras la construcción del nuevo acceso y cuya importancia será creciente en los años siguientes.

Por el Sureste, para salvar el pueblo de Vallecas y Pacífico, la carretera nacional III desvía el tráfico hacia el Norte por la Avenida del Mediterráneo, que, viniendo desde Atocha por María Cris-

towards the north through the Avenida del Mediterráneo, which, travelling from Atocha via María Cristina, began on Conde de Casal. In an evolutionary process identical to that of the Carretera de Aragón, the Carretera de Valencia converted into the Avenida de la Albufera and became the principal road for the neighbourhood of Vallecas.

The most changes took place in the south, where there had always existed many different incoming roads. The Carretera de Toledo abandoned its historic route to avoid this heavily populated zone, beginning at the end of the Paseo de Santa María de la Cabeza on the Puente de Praga, which was also the departure point

arina, arranca en Conde de Casal. De manera análoga a la carretera de Aragón, la carretera de Valencia, convertida en Avenida de la Albufera, queda como eje del barrio de Vallecas.

En el Sur, donde los accesos siempre fueron plurales y variantes, es donde se realizan más cambios. La carretera de Toledo abandona su trazado histórico para evitar esta zona fuertemente poblada, y arranca al final del paseo de Santa María de la Cabeza, en el puente de Praga, punto de partida igualmente para la carretera de Andalucía. Aunque el trazado fue luego sensiblemente diferente, ya se pensó hacer un desvío

for the Carretera de Andalucía. Although this route was later changed considerably, the idea to make a ramp on the Nacional V from Alcorcón to this same point already existed. Thus, Príncipe Pío became the secondary access point in the western part of the city, travelling along the Paseo de Extremadura.

The reforms that occurred to the Carretera Nacional VI were very different. The transformation of the Parque de la Moncloa in Ciudad Universitaria facilitated the construction of an entrance to the Carretera de la Coruña from the newly built city exit of Moncloa. This change abandoned the traditional exit through the Camino de El Pardo, which followed the left bank of

de la Nacional V desde Alcorcón hasta este mismo punto. Príncipe Pío queda así como puerta de acceso secundario a la ciudad desde el Oeste por el paseo de Extremadura.

No ocurre lo mismo con la carretera nacional VI. La transformación del parque de la Moncloa en Ciudad Universitaria permitió abrir fácilmente el acceso de la carretera de la Coruña desde el nuevo punto de salida, Moncloa, abandonando la tradicional salida por el camino de El Pardo que seguía la margen izquierda del río desde la puerta de San Vicente. Esta carretera no servía en un principio a grandes núcleos próximos, aunque los fines de semana crecía el tráfico hacia las numerosas residencias secundarias de la sierra. Con el tiempo, sin embargo, los núcleos de población de la sierra fueron creciendo hasta ser hoy una de las salidas de Madrid más concurridas.

Estos nuevos accesos, quedan unidos entre sí, con la construcción en los años setenta de la M-30, por los cauces del arroyo Abroñigal y el río Manzanares. Y en los años ochenta se cierra la circunvalación con la Avenida de la Ilustración.■

the river from the Puerta de San Vicente. This road was not meant to serve large, nearby population centres, although on the weekends it did see heavy traffic from citizens who travelled secondary residences in the mountains outside of Madrid. However, with time, the population centres in these mountains continued to grow, making this exit one of the most used in Madrid today.

These new access points became united in the 1970s with the construction of the M-30 along the banks of the Abroñigal tributary and the Manzanares river. In the 1980s the circular route was completed with the Avenida de la Ilustración. ■

## La progresiva unificación de las cabeceras de autobuses y el nacimiento de los intercambiadores

6.- Ayuntamiento de Madrid, *Estadística Municipal, publicación anual.*

7.- LÓPEZ GÓMEZ, Antonio, *Los transportes urbanos de Madrid, CSIC, Instituto Juan Sebastián Elcano, Madrid, 1983, p. 118.*

The progressive unification of the public bus exchange points and the birth of the transport interchange stations

La nueva fisonomía de la ciudad, supone una reorganización del transporte interurbano por carretera, que creció rápidamente en importancia en la segunda mitad del siglo XX. En 1964, existían veinticinco líneas con servicios a la periferia más cercana, sin contar las que iban a núcleos de población más alejados. En 1970, se pasa a veintinueve líneas, y a treinta y una en 1975. Las líneas pertenecían a diversas empresas privadas, destacando en 1972 Trap con siete líneas, o Gerardo Díez con cinco<sup>6</sup>. Estas líneas iban señaladas con la inicial P y un número de identificación. En 1964, transportaban 18 millones de viajeros, pero entre este año y 1968 la utilización de este medio de transporte dio un salto espectacular, ya que alcanzó los 70 millones de usuarios anuales<sup>7</sup>. La competencia del automóvil en estas líneas es escasa, ya que sirven en su mayoría a barrios proletarios que no disponen de medios para el transporte privado. Muchas de estas líneas periféricas se crean como sustitución al tranvía, que ya había abandonado el centro en 1948, y cuyas líneas se van suprimiendo hasta su total desaparición en 1972. En 1971, las líneas “P” son absorbidas por

The city's new appearance also implied a reorganisation of inter-urban highway transportation, which quickly gained more importance during the second half of the 20th century. In 1964 there were 25 bus lines that offered service to the closest Madrid suburbs, not to mention those that travelled to more far-away urban centres. In 1970, the number of lines grew to 29, and in 1975, to 30. These bus lines belonged to various private businesses, for example, in 1972 seven lines pertained to the company Trap and five belonged to company Gerardo Díez. These lines were marked by the initial “P” and an identification number. In 1964, 18 million travellers utilised these buses, and between this year and 1968, that number

la EMT, quedando para la gestión de empresas privadas únicamente los servicios interurbanos a localidades más alejadas.

Las líneas de autobuses tardaron sin embargo en utilizar estos nuevos accesos, manteniendo los trayectos por las antiguas carreteras que es donde se encontraban los grandes núcleos de población, además de situarse allí las estaciones de Metro para el enlace con la red metropolitana. En 1975, las cabeceras de las líneas que salían hacia el norte se repartían entre Plaza de Castilla y Cuatro Caminos. Por el este, la utilización de Avenida de América como punto de partida de las líneas fue más tardía, ya que en 1975 las cabeceras estaban situadas a lo largo de la calle Alcalá, antigua carretera de Aragón, en Ventas, en Pueblo Nuevo, Quintana, o Cruz de los Caídos (cruce de Alcalá con Arturo Soria). Hacia el Sureste, la zona de partida seguía estando en la glorieta de Atocha, o, por la antigua carretera, en el puente de Vallecas y Pacífico. Hacia el Sur, los puntos de salida estaban mucho menos unificados, a imagen de las carreteras: las salidas se efectuaban

jumped spectacularly to 70 million per year. There was little competition between automobiles and these lines, which already served the majority of working-class neighbourhoods whose inhabitants didn't have the resources for private transportation. Many of these suburban lines also acted as substitutes for the tram, which had already abandoned service to the city's centre in 1948, and whose lines continued shrinking until they totally disappeared in 1972. In 1971 the “P” lines were absorbed by the EMT (Empresa Municipal de Transportes de Madrid – Madrid Municipal Transport Company), leaving only the management of the longest-distance, inter-urban services to the private companies.

desde Atocha, Embajadores, Puente de Toledo y Legazpi.

A pesar de que las cabeceras de autobuses interurbanos buscaran la máxima proximidad con la red de Metro para facilitar el trasbordo de una red a otra, en el análisis de comunicaciones realizado por la Comisión de planeamiento y Coordinación del Área Metropolitana de Madrid (COPLACO) en 1977, se señala *“la falta de coordinación espacial que en la actualidad existe con los medios de transporte urbano, tanto en el núcleo central como en los periféricos”*. COPLACO hace igualmente hincapié en la ausencia de infraestructuras adecuadas para agilizar los trasbordos de una red a otra, que pudieran evitar aglomeraciones y pérdidas de tiempo: *“Por lo que respecta a la red de Metro y a las líneas periféricas de autobuses y a las concesionarias del MOP, los puntos de intercambio se localizan en las estaciones de Metro más cercanas a los accesos a Madrid de la red viaria. No existe ningún tipo de tratamiento especial de estos puntos, limitándose a situarse las cabeceras de las líneas de autobuses en un entorno de hasta 10*

*minutos de la estación de Metro. Más que “puntos de intercambio” se pueden considerar “zonas de intercambio”*, con lo que el tiempo de viaje queda generalmente influido por el trasbordo de un medio a otro, lo que influye desfavorablemente en el uso del transporte público frente al privado”<sup>8</sup>.

Esta situación se mantiene en años posteriores, a pesar del rápido aumento del número de líneas. La progresiva puesta en servicio de la línea de Metro Circular, línea 6, a partir de 1979, mejora sensiblemente la conexión entre los autobuses interurbanos, la red de ferrocarril de Cercanías y la red de Metro. A pesar de ello, los problemas de conexión entre Metro y autobuses interurbanos siguen presentes en 1982, según texto de la revisión del Plan general del Municipio de Madrid: *“La estación sur, situada en el distrito de Arganzuela, no es demasiado utilizada por los servicios suburbanos, siendo terminal de la mayoría de las líneas de largo recorrido. Las instalaciones de estos lugares de transferencia o de término son prácticamente inexistentes, dificultando su integración en la ciudad y haciendo poco atractiva su utilización por los usuarios del transporte colectivo”<sup>9</sup>.*

*tando su integración en la ciudad y haciendo poco atractiva su utilización por los usuarios del transporte colectivo”<sup>9</sup>.*

En 1989, la situación no sólo no ha mejorado, sino que, con el aumento en el número de líneas y de empresas, se han multiplicado los puntos de salida de los autobuses. Destacan como cabeceras, hacia el Norte, Plaza de Castilla y la estación de Chamartín, aunque ciertas líneas salen de las inmediaciones (Orense y General López Pozas). A pesar de la importancia de la Plaza de Castilla como punto de partida de los itinerarios hacia el norte, ciertos autobuses siguen saliendo de la Glorieta de Cuatro Caminos. Hacia el Este, pocas empresas tienen su cabecera en Avenida de América, prefiriendo la calle de Alcalá. El desplazamiento de las cabeceras del Sureste de Madrid hacia Conde de Casal, punto de enlace de la carretera nacional III con la M-30, y donde se ubica desde 1979 la estación de la línea 6 Conde de Casal, está en cambio bastante más avanzado. Atocha recoge igualmente un número importante de líneas con servicio hacia el sureste.

However, it took some time for the public buses to begin using the new city entrances, as the biggest population centres were located along the older highway routes, along with the Metro stations that linked to the inner-city network. In 1975, the exchange points for the bus lines travelling north were distributed between Plaza de Castilla and Cuatro Caminos. To the east, it wasn't until much later that Avenida de América became a public bus departure point. In 1975, the exchange points were located along the Calle Alcalá, the old Carretera de Aragón in Ventas, and in Pueblo Nuevo, Quintana and Cruz de los Caídos (intersection between Alcalá and Arturo Soria). Towards the southeast, the Glorieta de Atocha continued to be the public

bus departure point, along with the old highway that travelled along the Puente de Vallecas and Páccifico. In the south, the departure points were less unified due to the layout of the roads: Bus departures took place from Atocha, Embajadores, Puente de Toledo and Legazpi.

Despite the fact that the inter-urban bus exchange points were placed as closely as possible to the Metro network to facilitate transfers, the accessibility analysis conducted in 1977 by the COPLACO (Comisión de Planeamiento y Coordinación del Área Metropolitana de Madrid – Commission for the Planning and Coordination of the Madrid Metropolitan Area) stated that there was “a lack of spatial coordination that currently

exists in the urban transport network, both in the central nucleus and in the peripheries.” COPLACO also placed special emphasis on the absence of proper infrastructures that facilitated transfers from one network to another to avoid traffic build-ups and time loss. “With respect to the Metro network, the suburban public bus lines and the MOP (Ministerio de Obras Públicas – Ministry of Public works) concessionaries, the exchange points are located in the Metro stations that are closest to Madrid's railway entrances. These points do not receive any special treatment that goes beyond the location of bus exchange points within 10 minutes of the Metro station. Rather than “exchange points,” they may be considered exchange zones,” in which the time of



Líneas de autobuses año 1987 / Bus lines, 1987

8.- COPLACO, Comunicaciones.  
Análisis de problemas y oportunidades,  
Madrid, 1977.

9.- AYUNTAMIENTO DE MADRID,  
Oficina Municipal del Plan,  
Revisión del Plan General del Municipio de Madrid.  
Avance. Los transportes en Madrid, Febrero 1982

travel is generally influenced by the transfer from one network to another, placing public transportation at a disadvantage with private transport.”

This situation continues during the following years, despite the rapid increase in the number of public transportation lines. The progressive opening of the Metro line Circular (line 6) in 1979 notably improved the connection between the inter-urban buses, the suburban railway network and the Metro. However, the accessibility problems between the Metro and the inter-urban buses continued until 1982, according to the document submitted in the revision of the general Planning of the Municipality of Madrid. “The southern station, located in the district of Arganzuela, is not sufficiently used by the suburban services, as it is the terminal for the majority of the long-distance lines. The installations for these exchange or destination locations are practically nonexistent, complicating their integration into the city and making their use unattractive to all public transportation passengers.”

In 1989, the situation not only improved, but with the increase in transport lines and companies, the number of bus departure points also grew. Towards the north, the Plaza de Castilla and Chamartín stations became the more popular interchange points, although certain lines departed from the suburbs (Orense and General López Pozas). Despite the importance of Plaza de Castilla as a departure point for the routes heading northward, certain buses continued to leave from the Glorieta de Cuatro Caminos. To the east, few companies placed their exchange points on Avenida de América, choosing instead the Calle de Alcalá. The relocation of the south-eastern exchange points to Conde de Casal, the point of connection between the Carretera Nacional III and the M-30, as well as the location of the Conde de Casal line 6 Metro station since 1979, was a much more advanced change. Atocha also gained access to a noteworthy number of public transport lines that served the southeast.

Towards the south, there were multiple departure points, as the Carreteras de Toledo and Andalucía had

less-defined entrances to Madrid. The lines that travelled along the old Carretera de Toledo, offering service to towns such as Getafe and Parla, corresponded to the exchange points in Oporto, which also connected to the Metro line 6, and in Embajadores, which was slightly closer to the city’s centre. The lines that entered via Santa María de la Cabeza served the exchange points in Cibeles, Atocha, Estación Sur and Palos de la Frontera. When the bus lines travelling on the Carretera Nacional IV didn’t continue their routes to Atocha, they arrived in Legazpi, which connected to Metro lines 3 and 6. Because the Renfe suburban railway network was much more developed in the southern region of Madrid, the bus stations in this area were practically the only ones that offered the possibility to transfer to this rail network. Madrid’s south-eastern region featured exchange points with Metro access in Aluche and Campamento. The exchange in Aluche also connected to the suburban railway network. However, some bus lines continued until Príncipe Pío, where, to this date, there is no access to the Circular Metro line. Towards the north-

Hacia el Sur, los puntos de partida son múltiples, ya que las carreteras de Toledo y Andalucía tienen menos definidos los puntos de entrada a Madrid. Las líneas que vienen por la antigua carretera de Toledo, dando servicio a municipios como Getafe y Parla, tienen la cabecera bien en Oporto, lugar de conexión con la línea 6 de Metro, bien, ya adentrándose más en la ciudad, en Embajadores. Las líneas que entran por Santa María de la Cabeza tienen cabecera en Cibeles, Atocha, Estación Sur, y Palos de la Frontera. A Legazpi, con conexión a las líneas 3 y 6 de Metro, llegan las líneas que vienen por la carretera nacional IV, cuando no siguen hasta Atocha. Al estar mucho más desarrollada la red de Cercanías de Renfe en la zona sur de Madrid, estas son prácticamente las únicas estaciones de autobuses que cuentan con posibilidad de intercambio a esta red. La zona Suroeste tiene cabeceras en Aluche y Campamento, con conexión a la red de Metro y, en el caso de Aluche, a la línea de Cercanías. Algunas líneas siguen sin embargo hasta Príncipe Pío, por donde en esas fechas todavía no pasaba la línea Circular de Metro. Hacia el Noroeste, el grueso de

las líneas a la sierra, cada vez más numerosas, comienza a partir desde Moncloa y el Paseo de Moret. Siguen saliendo sin embargo algunas líneas desde la antigua puerta de la ciudad y camino del Pardo: glorieta de San Vicente, paseo de la Florida, plaza de España y otros puntos de las inmediaciones.

Cinco años más tarde, en 1994, la agrupación de las cabeceras presenta una sensible mejora. Se ha reducido el número de cabeceras de manera importante, concentrándose cada vez más las líneas en los puntos de enlace de las carreteras nacionales con la línea 6 de Metro, y abandonando poco a poco los itinerarios por las antiguas carreteras. Comienzan igualmente a construirse los primeros intercambiadores, que permiten crear una infraestructura común para todas las líneas, además de agilizar la conexión con la red de Metro, como el de plaza de Castilla en 1992, el de Moncloa en 1995, o el de Avenida de América ya en el 2000.

El nuevo plan de intercambiadores del Consorcio de Transportes se sitúa

como culminación de este proceso de unificación de las cabeceras de las líneas de autobuses interurbanos en puntos con conexión a la línea circular de Metro. Con la sensible mejora de los intercambiadores ya existentes, Plaza de Castilla, Moncloa, Avenida de América, y Príncipe Pío, y la construcción de nuevos intercambiadores en Conde de Casal, Chamartín y Plaza Elíptica, se completará una red de intercambio modal articulada en torno a las entradas de Madrid por carretera y a la línea de circunvalación interior de Metro.

Arturo Soria quedaría asombrado al ver cómo aquel Madrid de angostas puertas y cerrada muralla ha dado paso a un moderno y fluido sistema de intercambiadores de transporte, nuevas puertas de una ciudad ya no cercada por una muralla, sino unida por una red de Metro pensada para una máxima movilidad. ■

west, the increasing number of bus lines that travelled to the mountains departed from Moncloa and the Paseo de Moret. These buses continued to leave from this location, although some also departed from the old city entrance and Camino del Pardo: Glorieta de San Vicente, Paseo de la Florida, Plaza de España and other points in the surrounding area.

Five years later, in 1994, the organisation of the exchange points had notably improved. The number of exchange points decreased considerably, bringing the concentrating the bus around the connection points with the national highways and the Metro line 6. Little by little, the routes along the old roads were aban-

doned. At the same time, construction began on the first transport interchange station, which allowed for a common infrastructure for all of the public transportation lines, as well as facilitated the connection to the Metro network. These stations include Plaza de Castilla, built in 1992, Moncloa, in 1995, and Avenida de América, in 2000.

The Transport Board's new plan for the transport interchange stations is the culmination of this unification process between the exchange points of the inter-urban bus lines and the Circular Metro line. With the adequate improvement of the already-existing transport interchange stations -- Plaza de Castilla, Moncloa,

Avenida de América and Príncipe Pío -- and the construction of new interchange stations in Conde de Casal, Chamartín and Plaza Elíptica, a modal interchange network organised around Madrid's entrances in relation to the highway and the interior, circular Metro route will be achieved.

Arturo Soria would be astounded to see how the old Madrid, with its narrow gates and enclosing wall, has given way to a modern and fluid system of transport interchange stations and new city entrances. Today's Madrid is no longer isolated by a wall, but rather united by a Metro network that is designed for maximum mobility. ■





Desde su creación en 1985, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid, autoridad de transporte público para la región de Madrid, ha considerado la integración de los diferentes modos de transporte público como un objetivo prioritario en sus diferentes ámbitos de actuación:

- Planificación de las infraestructuras y servicios.
- Marco tarifario y billetes multiviaje.
- Imagen e información del sistema de transporte público.

Los intercambiadores multimodales de transporte son donde mejor se plasman estas actuaciones de integración de los diferentes sistemas de transporte público.



## La intermodalidad

*Javier Aldecoa, Arquitecto*



### Intermodality

From its creation in 1985, the Madrid Transport Authority, the public transportation authority for the region of Madrid, considered the integration of the different modes of public transportation to be a top priority within the following different fields of action:

- infrastructure and service planning,
- pricing framework and multi-trip tickets, plus
- the image of and information about the public transportation system.

Within the multi-modal interchange stations are where the integration efforts of the two different transportation systems best became a reality.

From the moment the Madrid Transport Authority began operation in 1986, it was determined to improve the transport interchange stations.

In its first year, the Board conducted the study "Criterios funcionales y de diseño para el planeamiento y proyecto de estaciones de intercambio" (Use and Design Criteria for the Planning and Construction of Interchange Stations). This report, which used empirical methodology, made an analysis of Madrid's 65 interchange stations, from which it established a station characterisation method according to three criteria: size, location and active modes of transportation.



Desde el primer momento de su puesta en marcha en 1986, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid ha mantenido una apuesta decidida encaminada a la mejora de los intercambiadores.

Así, ya en su primer año de funcionamiento, el Consorcio realizó el estudio de "Criterios funcionales y de diseño para el planeamiento y proyecto de estaciones de intercambio". Este trabajo, afrontado con una metodología empírica, consistía en el análisis de sesenta y cinco casos de estaciones de intercambio, a partir de los cuales el estudio establecía una tipología de intercambiadores atendiendo a tres criterios: tamaño, localización y modos de transporte presentes.

Como decía dicho estudio "una adecuada concepción de un intercambia-

*dor es aquella que, además de cuidar y tratar sus aspectos formales, se encuentra llena de contenido funcional".* Se remarcaban los aspectos funcionales del intercambiador, ya que estos habían sido olvidados en los años setenta, en la concepción de las estaciones de intercambio de las nuevas prolongaciones de la red de Metro, con transbordos entre líneas con largos y sinuosos pasillos o con interminables escaleras mecánicas. Era una concepción de estaciones de intercambio para el usuario cautivo del transporte público, más que para el usuario que elige el modo en el que realiza su viaje.

Estos errores pasados crearon las condiciones para que los intercambiadores fueran un objetivo prioritario del Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

The report stated that "a properly conceived transport interchange station is one that not only maintains and cares for its formal aspects, but is also full of functional content." Moving away from the stations of the 1970s, the Board placed greater emphasis on the functional aspects of transport interchange stations, criticising the long, winding hallways and never-ending escalators that characterised the stations built along the new Metro extension. These older stations represented a concept of transport interchange that was directed to the customer who had no other choice than to take public transportation, rather than to one who could choose his mode of travel.

These past errors produced the conditions that made the improvement of interchange stations a chief priority for the Madrid Transport Authority.

In 1996, the CRTM conducted a new study, "Intercambiadores de transportes: Elementos, factores y su evaluación" (Transport Interchange Stations: Elements, Factors and Their Evaluation) with the hope of diving deeper into this important subject by analysing the current status of Madrid's transport interchange stations.

On an international level, the Madrid Transport Authority participated in the European PIRATE (Promoting Interchange Rationale, Accessibility and Transfer

En 1996, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid realizó un nuevo estudio, "Intercambiadores de transportes. Elementos, factores y su evaluación", con el fin de profundizar en este tema tan importante y analizar la situación actual de los intercambiadores de Madrid.

A nivel internacional, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid ha participado en el proyecto europeo PIRATE, en el cual tras estudiar trece intercambiadores en ocho países europeos y haber realizado cerca de cuatro mil encuestas entre proyectistas, operadores, usuarios y no usuarios, se consiguió definir una metodología para evaluar los intercambiadores, tanto los construidos como en proyecto, permitiendo con

Efficiency) project, in which 13 transport interchange stations in eight countries were studied, and nearly 4,000 surveys were conducted with designers, operators, users and non-users. By the end of the project, a clear methodology had been defined to evaluate the interchange stations (both the already-existing ones and those under construction), enabling their improvement. Through this study, the four most important elements of an interchange station were found to be: information, security, transfers and management.

Today, transport interchange stations are a crucial part of the public transport system, which allows travellers to make a wide range of trips both comfortably and



ello la mejora de los mismos. En este estudio destaca como conclusión que los cuatro elementos más importantes de un intercambiador son: la información, la seguridad, el trasbordo y la gestión.

Los intercambiadores constituyen una parte crucial del sistema de transporte público que permiten a los viajeros realizar una amplia gama de viajes de manera cómoda y agradable. Cada vez resulta más evidente que la *Integración modal* desempeña un papel fundamental en el éxito de un sistema de transporte. A medida que más personas han abandonado el transporte privado para utilizar estos nodos de intercambio, se ha puesto de manifiesto que el concepto antiguo de estaciones de tren o de

autobús ha dejado de ser válido en la actualidad.

El transporte público forma parte esencial de la sociedad y ofrece grandes oportunidades como integrador de ésta con la sanidad, la educación, el empleo o el ocio, lo que se traduce en mejores sistemas sociales y económicos y en un aumento de calidad de vida para todos. Con un sistema de transporte bien concebido y gestionado contribuimos a alcanzar el objetivo de una movilidad sostenible en nuestras ciudades.

Pero la movilidad presenta pautas cada vez más complejas, ya que los viajes se originan cada vez a más distancia e incluyen por tanto un mayor número de etapas. El usuario considera el viaje

como una actividad continua y es conveniente no dividirlo en diferentes partes si queremos conseguir un equilibrio sostenible del sistema. Es muy importante, por tanto, lograr que el usuario del transporte público perciba su viaje de forma unitaria y para ello se debe reducir la sensación de rotura del desplazamiento que suponen los trasbordos.

El ideal del transporte público, para poder competir de igual a igual con el vehículo privado, es que el usuario pueda realizar su desplazamiento puerta a puerta y en un tiempo de viaje reducido. Para ello, es necesario mejorar notablemente las infraestructuras de transporte público haciendo sus redes de uso exclusivo, sencillas en sus trasbordos, fáciles en su comprensión y atractivas en su seguridad. ■

pleasantly. It is more and more evident that modal integration plays a fundamental role in the transport system's success. The fact that more citizens have abandoned private transportation to use these interchange nodes serves as proof that the old concept of railway and public bus stations is no longer valid in today's world.

Public transportation forms an essential part of society and offers great opportunities as the perfect universal medium for the integration of healthcare, education, employment and leisure. This balance translates into improved social and economic systems, as well as an increase in the quality of life for all citizens. With this

well-conceived and properly managed public transport system, we've obtained our goal of achieving sustainable mobility throughout our cities.

However, along with greater mobility comes the need for more regulations, which have become stricter over time as today's travels originate from farther away and include a greater number of stages. The modern traveller considers his trip to be a continuous journey, making it necessary to avoid dividing his trajectory in the effort to achieve a sustainable balance within the transport system. Because of this, it is very important to convince public-transportation users to perceive their trips as whole units and, subsequently, reduce the

"broken" sensation of displacement that transfers may cause passengers.

The ideal public transport system is one that competes equally with private vehicles and allows users to perform door-to-door transfers, thus reducing their time of travel. To achieve this ideal, the public transport system's infrastructure must be improved, making network-use compatible with simple transfers, easy for passengers to understand and attractive because of its security. ■

## Localización

La localización de estos nodos de intercambio debe tener un equilibrio entre las localizaciones periféricas, necesarias debido a la congestión que sufren las grandes ciudades y las posiciones centrales, aconsejables para obtener una mejor dispersión de los viajes.



La solución de compromiso entre estas necesidades opuestas ha sido, en el caso de Madrid, la construcción desde 1986 de varios terminales periféricos para intercambio con los autobuses interurbanos principalmente, situados en las proximidades de la almendra central y asociados a los seis corredores a los que dan servicio. Son los casos de Plaza de Castilla, (A-1 y M-607); Avenida de América, (A-2); Conde de Casal, (A-3); Legazpi (A-4), Plaza Elíptica, (A-42); Aluche y Príncipe Pío, (A-5); y Moncloa, (A-6).

La red de Metro, por su elevada capacidad, se configura como el modo de transporte complementario en la ciudad. Debe ser la red capilar por la que se canalice la movilidad Metropolitana en la ciudad, complementada con la red de autobuses urbanos. Por ello, a



### Location

The locations of these interchange nodes must strike a balance with the peripherally located stations, which are necessary due to the heavy congestion generated by large cities and central circulatory areas. This balance should also achieve improved travel dispersal.

In the case of Madrid, the compromising solution for these two needs resulted in the construction of various peripheral interchange terminals, which began in 1986. These terminals, which primarily offer interchanges with the inter-urban bus lines, are located in the vicinity of the city's centre and are associated with the six lines that serve them. These terminals include Plaza de Castilla, (A-1 and M-607); Avenida de América, (a-2);

Conde de Casal, (A-3); Legazpi (A-4), Plaza Elíptica, (A-42); Aluche and Príncipe Pío (A-5); and Moncloa, (A-6).

Due to its elevated capacity, the Metro network has become the city's supplementary mode of transportation. The underground network acts as the capillary web that channels Metropolitan circulation throughout the



los intercambiadores de autobuses interurbanos se les ha dotado de buena accesibilidad al Metro y a la red de autobuses urbanos.

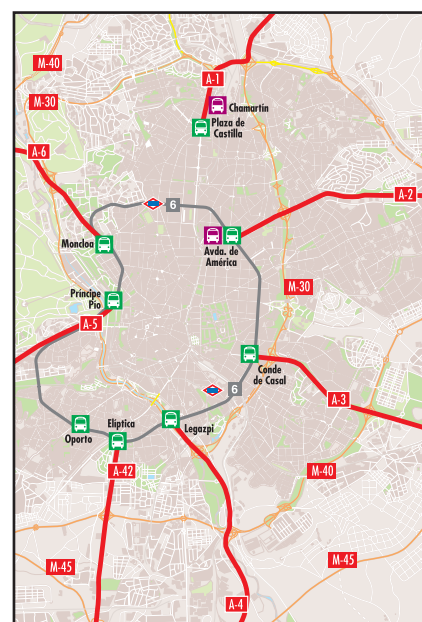
En algunos casos, la mejora de accesibilidad ha sido espectacular. Los casos de los intercambiadores de Moncloa y Príncipe Pío, con las nuevas prolongaciones de la red de Metro, son ejemplos de una mejora substancial de su accesibilidad. En Moncloa, hoy en día, parece impensable que la prolongación de línea 6 de Metro no pudiese pasar por dicha estación, cuando en la fase de planificación, en 1987, hubo que realizar esfuerzos para convencer del potencial de intermodalidad que tenía la estación existente hoy en día (primera estación de Metro en cuanto a demanda diaria). En Príncipe Pío, hubo que desviar el trazado de línea 10, en el tramo Lago – Plaza de España, para que la línea pasase por ese intercambiador. Son dos ejemplos que hablan por si solos de la importancia que para el Consorcio Regional de Transportes de Madrid tiene la intermodalidad y la necesaria complementariedad de estos intercambiadores con la red de Metro.

city and is complemented by the urban public bus network. Because of this, the inter-urban bus interchange stations have been afforded ample accessibility to the Metro and the urban bus network.

In some cases, improvements in accessibility have been spectacular. Following the new Metro network

extensions, the transport interchange stations in Moncloa and Príncipe Pío became great examples of the substantial improvements that occurred in accessibility. Today it seems unthinkable that the Metro expansion of line 6 wouldn't pass through the Moncloa station. However, throughout the expansion's planning stage in 1987, great effort was required to convince others of the intermodal importance that today's existing station would have (today Moncloa is the Metro station with the highest daily demand). In Príncipe Pío, builders had to divert the Metro line 10 via the branch between Lago and Plaza de España to allow the line to pass through this interchange station. These are just two examples that illustrate the impor-

En paralelo, es importante que el emplazamiento de un intercambiador se realice en un entorno urbano atractivo para el viajero, donde éste tenga más posibilidades de desarrollar sus actividades. De esta forma se han desechado localizaciones de intercambiadores con accesibilidad a las redes de Metro y autobús urbano, con espacio suficiente para su desarrollo, pero sin un entorno urbano deseable para los usuarios. ■



tance attributed to intermodality by the Madrid Transport Authority, and the vital complementary relationship that exists between transport interchange stations and the Metro network.

Along the same lines, it is also crucial that the site of a transport interchange station is within an urban environment that is attractive to the traveller, allowing him more opportunities to perform life activities. Because of this fact, locations for interchange-stations that offer access to the Metro and urban bus networks, and provide sufficient development space have been discarded due to their undesirable urban environments. ■

## Factores a considerar

La complejidad en la movilidad urbana y metropolitana obliga a que la oferta de transporte público, si quiere ser competitiva con el vehículo privado, debe ganar en flexibilidad, cobertura y comodidad. Para ello cada modo de transporte público debe cumplir una función en el sistema, definida por sus características técnicas y funcionales, y logrando una óptima transferencia entre ellos. Todo ello exige una política de integración del sistema de transporte. Esta integración debe estar orientada a tres ámbitos:

- **Integración administrativa:** Creación de autoridades únicas del transporte que coordinen la planificación y gestión de los diferentes sistemas de transporte público.
- **Integración tarifaria:** Estableciendo títulos de transporte multimodales y multiviaje.
- **Integración de infraestructuras:** Diseño de una red de transporte público que maximice su conectividad y minimice las penalizaciones inherentes a todo trasbordo mediante intercambiadores de transporte.

Un elemento clave en la integración de las infraestructuras es el intercambiador de transporte, rótulas del sistema que intentan optimizar las condiciones en las que se realizan los transbordos entre modos.

El desarrollo de una política de intercambiadores exige considerar los aspectos que definen un intercambiador. Estos aspectos a considerar en la definición de un intercambiador son los siguientes:

Su **localización e integración dentro del sistema de transporte**, relativo a:

- Su función dentro del sistema de transporte y, especialmente, dentro de la movilidad.
- Adecuación de la oferta de servicios a las necesidades de movilidad hacia los centros de destino.

El **diseño funcional de los elementos físicos que lo conforman**, tanto para el propio transporte público como para los viajeros.

Para los viajeros es básico todo lo relativo a distancias, tiempos, escaleras, pa-

### Factors to Consider

The complexity of urban and metropolitan mobility requires that public-transport provide flexibility, coverage and comfort if it wishes to compete with private modes of transportation. To achieve this trinity, public transportation must fulfil a systematic need that is defined by its technical and functional characteristics, permitting an optimal transfer of benefits between these two traits. The end result must enforce a policy of integration within the public transport system. This integration should take place in three environments:

- **Administrative integration:** Creation of unique transportation authorities that coordinate the planning and management of the different public transport systems.

■ **Pricing integration:** Establishment of multi-modal and multi-trip tariffs.

■ **Infrastructural integration:** Design a public transport network that maximises connectivity and minimises the penalties inherent in transfers performed in transport interchange stations.

These are key elements of infrastructural integration. Transport interchange stations should act as the system's connective joints to optimise the conditions in which intermodal transfers are executed.

In order to develop a policy for transport interchange stations, one must consider the aspects that define



these indispensable network centres. The characteristics that comprise the definition of an interchange station are the following:

Its location and integration within the public transport system, in relation to:

- Its role within the public transport system and, especially, within the city's mobility.
- Adequate service fulfilment of users' mobility needs in their travels to destination centres.

The functional design of the physical elements that comprise the station, both for the public transport system and for travellers.

Everything that relates to distance, time, stairs, hallways, waiting areas, etc., is essential to passengers. However, the elements relating to transport vehicles are also extremely important, especially in the case of public buses, in which the bus bays, and the manoeuvring and waiting areas, etc., must be considered, as well as the regulations regarding these different elements.

The station's integration into the urban environment, contrasting the limited interchange environment with the vague space that constitutes the transport network, especially in reference to the urban bus stops that feed the transport interchange station.

It is important to consider the vehicle and pedestrian traffic generated by a transport interchange station around its street-entrances and along the interior walkways, its flow of pedestrians, the surrounding on-street public bus stops and waiting areas, the taxi needs, the Kiss&Ride and Park&Ride, and access for the handicapped, etc.

The aesthetic and urban integration of a transport interchange station within its surrounding environment must also be taken into consideration.

The systems directly related to the operation of the public transport system, both those directed to the



sillo, áreas de espera, etc. Pero también es importante todo lo relativo al propio vehículo de transporte, especialmente para el autobús hay que considerar las dársenas, las áreas de maniobra y espera, etc., así como la disposición relativa de los diferentes elementos.

Su **integración en el entorno urbano**, contraponiendo su ámbito limitado de intercambiador con el espacio difuso que lo conforma, especialmente en cuanto a las paradas de los autobuses urbanos que lo alimentan.

Habrá que considerar los tráficos de personas y vehículos que genera un in-

tercambiador, como la entrada desde la calle, el acceso a pie desde su entorno, los flujos de peatones, las paradas de los autobuses en la calle y las esperas, las necesidades de los taxis, el kiss&ride y el park&ride, la accesibilidad de personas de movilidad reducida, etc.

También habrá que considerar la **integración estética y urbanística** del intercambiador con el entorno circundante.

Los **sistemas relacionados directamente con la operación transporte**, tanto los orientados al viajero, caso de

traveller (such as information, signs, ticket sales and validation, service coordination and waiting areas) and those required by the transport operators for their personnel, vehicles and transport service (such as lockers, break rooms, vehicle repairs, communications systems, parcel service, etc.).

The management and operation of the transport interchange, such as the station's director or coordinating-manager, security, illumination, cleanliness, restrooms, left-luggage office, meeting points, telephones, commercial stores, leisure activities, hotels, general information about the city and the public transportation system, etc.

la información, señalización, expedición y validación de billetes, coordinación de servicios, zonas de espera, como los requeridos por los operadores de transporte para su personal, vehículos y servicios al viajero, caso de taquillas, cuartos de descanso, averías de vehículos, sistemas de comunicación, servicio de paquetería, etc.

La **gestión y explotación del intercambiador**, como autoridad o gerente-coordinador del intercambiador, seguridad, iluminación, limpieza, aseos, consignas para equipajes, puntos de encuentro, teléfonos, tiendas comerciales, ocio, hoteles, información en general de la ciudad y de su sistema de transporte, etc.

Estos aspectos deben ser considerados en la concepción, planificación, diseño y operación de un intercambiador. La funcionalidad del intercambiador llevará a que unos aspectos sean más importantes o que se desarrollen en mayor profundidad que otros, pero todos ellos deben estar presentes en todas las fases, para que una vez entre en uso, cumpla con los objetivos para los que fue desarrollado. ■

These aspects must be considered throughout the conception, planning, design and operation of a transport interchange station. Although some elements may experience a more advanced development than others and appear to be more important to the success of a station, all of the aforementioned aspects must be present in every one of the transport interchange station's phases. Once in use, these factors will then achieve the purpose for which they were designed. ■



## Política de intercambiadores de transporte en la Comunidad de Madrid



La red de Metro, por su elevada capacidad y por circular sobre una infraestructura propia, de manera que no se ve afectado por los problemas de congestión de tráfico, se configura como el modo de transporte básico en la ciudad. Debe ser la red canalizadora de la movilidad urbana en el centro de la ciudad, desde los barrios periféricos al propio centro; así como debe ser la red capilar por la que se canalice la movilidad metropolitana en la ciudad, complementada con la red de autobuses urbanos de Madrid ciudad.

La red de autobuses urbanos en Madrid cubre un papel importante en la movilidad urbana, como el medio básico para atender las necesidades de movilidad en barrios periféricos no servidos por el Metro y como modo complementario a éste en áreas más centrales.

En cuanto a la movilidad metropolitana, debe potenciarse el ferrocarril de Cercanías, así como los autobuses interurbanos, por lo que deben considerarse los intercambiadores tanto para el autobús como para Cercanías.

### Transport interchange station policy in the Community of Madrid

Due to the Metro network's elevated capacity and ability to circulate using its own infrastructure, it remains unaffected by traffic congestion problems and, therefore, has become the city's crucial mode of transportation. As Madrid's capillary transportation network, the Metro channels urban circulation within the city's centre and through its surrounding neighbourhoods; its service is complemented by Madrid's urban public bus network.

The capital's urban bus network plays an important role in urban circulation as the fundamental mode of transportation that serves the mobility needs of suburban neighbourhoods without Metro access. In more central areas, this network complements the Metro system.

Regarding metropolitan-area mobility, the suburban railway network and the inter-urban bus network take on more significant roles. For this reason, transport interchange stations must also be accessible to public buses and the suburban railway.

Within the Metro network, the following large-scale, intermodal reforms have been made by the Regional Government:

- Construction of the new Atocha RENFE Metro station, which provides a direct connection to the new building's railway interchange station.







En la **red de Metro** la Comunidad de Madrid ha realizado en los últimos años grandes actuaciones de intermodalidad, resaltando las siguientes:

- Construcción de la nueva estación de Metro de Atocha RENFE para dar conexión directa con el gran intercambiador ferroviario de esta nueva estación.
- Cierre circular de línea 6. Línea de 24 km con 27 estaciones que tiene correspondencia con el resto de líneas de Metro, así como con 4 estaciones de Cercanías, con las estaciones de autobuses de largo recorrido de Méndez Álvaro y Avenida de América, con siete intercambiadores de autobuses metropolitanos y conexión con más de 100 líneas de la EMT. Esta línea 6 de Metro, es la más importante de la red, con medio millón de viajeros día.

- Prolongación de la línea 10 hacia el sur hasta llegar al municipio de Alcorcón y conexión con la línea 12, Metrosur, que con sus 35 km da servicio a cerca de un millón de personas del sur de Madrid.
- Prolongación de la línea 8 desde el Aeropuerto hasta el centro de negocios de Madrid en Nuevos Ministerios.
- Construcción de una nueva estación en la estación de Chamartín con capacidad para cuatro líneas de Metro y conexión directa con la red de Cercanías, el AVE y la futura estación de autobuses de largo recorrido.

En la **red de Cercanías** se han realizado diversas actuaciones orientadas al intercambio, como:

- Creación del gran intercambiador de Atocha, estación por donde

pasan todas las líneas de la red de Cercanías y que presenta una demanda por encima de los 500.000 viajeros diarios.

- Potenciación del eje Atocha-Chamartín, eje que atraviesa el centro de la ciudad, de norte a sur y construcción en la actualidad de un nuevo túnel de conexión que mejora la explotación y crea nuevas estaciones en el centro de la ciudad.
- Creación de la línea C-5 pasante por la ciudad, conectando los municipios metropolitanos del sur más populosos.
- Creación de la línea pasante del Pasillo Verde, entre Príncipe Pío y Atocha, con continuación al eje Atocha-Chamartín.
- Potenciación de los aparcamientos de disuasión, ampliando aparcamientos y creando más plazas, en base a construcción en altura.

- Circular completion of line 6, which consists of 24 km of underground track and 27 stations that correspond to other Metro lines, as well as to four suburban railway network stations, the Méndez Álvaro and Avenida de América long-distance public bus stations, seven metropolitan public bus interchange stations and connections with more than 100 EMT lines. The Metro's line 6 is the most important line in the underground network, transporting 500,000 travellers per day.
- Southward expansion of line 10 to the township of Alcorcón and connection with line 12, Metrosur, which offers 35 km of service to nearly 1 million people in southern Madrid.

- Expansion of line 8 from the Madrid-Barajas Airport to the city's business centre in Nuevos Ministerios.
- Construction of a new station to replace Chamartín. The new station will have the capacity to house four Metro lines and provide a direct connection to the suburban railway network, the AVE and the future long-distance public bus station. Within the suburban railway network, the following interchange reforms have been completed:
- Creation of the large interchange station in Atocha, through which all of the suburban railway network lines pass, serving the transport demands of more than 500,000 travellers daily.
- Strengthening the Atocha-Chamartín axis, which

crosses through the city's centre from north to south. Current construction of a new connection tunnel that will improve the railway network's operation and lead the way for new stations in the city's centre.

- Creation of the C-5 line, which passes through the city, connecting the most important metropolitan areas in the south.
- Construction of the Pasillo Verde line, which runs between Príncipe Pío and Atocha, and along the Atocha-Chamartín axis.
- Strengthening the Park&Ride lots, amplification of parking lots and creation of more parking spaces through a multi-level structure.



Todas estas actuaciones han llevado a que la demanda actual en Cercanías supere los 600.000 viajeros/día, triplicando casi el número de viajeros de hace veinte años. Este crecimiento, apoyado en el aumento de la movilidad metropolitana, es debido a la mejora de la calidad de servicio, en cuanto a definición de líneas, frecuencia, nuevo material móvil, atención al cliente, etc., y en el aumento de la intermodalidad con la red de Metro de Madrid y la penetración directa de las líneas de Cercanías en la ciudad. Cuatro estaciones se diferencian como grandes intercambiadores de transportes, son Atocha, Méndez Álvaro, Embajadores y Nuevos Ministerios. A un nivel inferior en flujo de viajeros, están los intercambiadores de Aluche, Laguna, Príncipe Pío y Chamartín.

En 1988 se inauguró el intercambiador de **Atocha**, que con una inversión de 38 millones de euros, se creó una

nueva estación de tren de largo recorrido y AVE, así como una estación para dar servicio a todas las líneas de la red de Cercanías junto a una nueva estación de Metro para la línea 1.

**Príncipe Pío**, es una de las estaciones de intercambio de la red de Cercanías más importantes de Madrid. Con la operación desarrollada en 1995 por la Comunidad de Madrid, se hizo pasar la línea 6 y 10 de Metro por el interior de la estación histórica, mejorando notablemente el intercambio con la red de Cercanías y con el Ramal de Metro Opera-Norte. Con la puesta en marcha de la estación de autobuses interurbanos inaugurada en 2007, de las líneas que operan en el corredor de la A-5, se ha completado el intercambiador de transportes.

En mayo de 2002 la Comunidad de Madrid inauguró el Intercambiador de

**Nuevos Ministerios**, que, con una localización central en la ciudad, permite una óptima dispersión de los viajes, así como la posibilidad de facturar tanto los billetes de avión como los equipajes y acceder directamente al Aeropuerto de Madrid-Barajas en quince minutos mediante la línea de Metro L-8. ■

All of these reforms have led to a current suburban railway demand that surpasses 600,000 travellers/day, almost tripling the number of travellers that existed 20 years ago. This growth, supported by the increase in metropolitan-area mobility, is due to the improvement in service quality regarding suburban railway line definition, frequency, new mobile material, customer service, etc. The increase in intermodality between the suburban railway network and the Madrid Metro, as well as the railway network's direct penetration into the city are also determining factors. The four stations that stand out as the largest transport interchanges are Atocha, Méndez Álvaro, Embajadores and Nuevos Ministerios. The transport interchange stations of

Aluche, Laguna, Príncipe Pío and Chamartín have slightly smaller traveller volumes.

The year 1988 marked the inauguration of the Atocha transport interchange station, which required an investment of 38 million euros. Upon its opening, Atocha became the new long-distance train and AVE station, as well as the station that offered service to all of the suburban railway network lines and access to the Metro's line 1.

Príncipe Pío is one of Madrid's most important transport interchange stations within the suburban railway network. Following the 1995 construction by the Regional Government, the interior of the historic station

was given access to Metro lines 6 and 10, greatly improving the interchange between the suburban railway network and the Opera-Norte Metro branch-line. With the 2007 inauguration of the inter-urban public bus station for the lines that operate in the A-5 corridor, the transport interchange station became complete.

The Regional Government inaugurated on May of 2002 the Nuevos Ministerios transport interchange station, whose central city location allowed for optimal trip distribution as well as for the opportunity to check-in airline tickets and luggage, and arrive at the Madrid-Barajas Airport in 15 minutes via the L-8 Metro line. ■

## Intercambiadores de autobuses: Un proceso evolutivo (1985-2007)

Llegar a la situación actual, ha llevado aparejado un proceso de evolución en la concepción del diseño de los intercambiadores desarrollados por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid. Desde 1985 el sistema de transporte público regular por carretera que opera entre Madrid ciudad y los municipios de la Comunidad de Ma-

drid, autobuses interurbanos, ha sufrido un fuerte incremento en su demanda. En dieciocho años, se ha pasado de 121,0 millones de etapas del año 1986, hasta los 275,9 millones del año 2006. En la actualidad, el porcentaje de viajes que tienen los autobuses interurbanos con respecto al resto de otros modos de transporte que operan en la Comunidad de Madrid (Metro, ferrocarril y autobuses urbanos), es del 16,3% del total y del 26,3% de los viajes en transporte público que se realizan fuera de la ciudad de Madrid. El incremento en el número de etapas ha sido gracias a la política ejercida desde el Consorcio Regional de Transportes de Madrid en cuanto a la mejora de las infraestructuras y de los servicios en este modo de transporte.

La política sobre intermodalidad ha ido evolucionando en sus exigencias físicas a la vez que la demanda de viajeros ha ido aumentando y el concepto de intermodalidad se ha ido asentando entre los usuarios y operadores. De esta forma, desde 1985 hasta nuestros días se han producido las siguientes etapas.



Public bus interchange stations:  
An evolutionary process (1985-2007)

Today's transport system was born from an evolutionary process of the transport interchange stations' design concepts, which were developed by the Madrid Regional Transport Board. From 1985 onward, the normalised highway-bound public transportation system (inter-urban buses) operating between the capital and other municipalities within the Community of Madrid experienced a strong increase in demand. During 10 years, the number of annual trips increased from 121.0 million in 1986 to 275.9 million in 2006. Currently, the percentage of trips that involve inter-urban buses in comparison to other modes of transportation operating in the Community of Madrid (Metro, railway, urban bus system) is 16.3% of the total number of trips and

26.3% of the public transport trips that occur outside of the city of Madrid. This increase is due to the Madrid Regional Transport Board's policy regarding the improvement of the inter-urban network's infrastructures and services.

The Board's policy on intermodality began to take shape once physical and passenger demands increased, making the concept of intermodality a fixture in the minds of both users and operators. The evolutionary process that began in 1985 included the following phases:

The word "transport interchange station" was intro-



Aluche 1983 / Aluche 1983



Aluche 1985 / Aluche 1985

En 1985, se introdujo por primera vez la palabra “*Intercambiador*”. Fue en el P.G.O.U. de Madrid y se definió como: “*Área destinada de forma permanente a facilitar el intercambio de personas entre diversos modos de transporte*”. Pero el usuario cada vez exige más y, para el Consorcio Regional de Transportes de Madrid, un intercambiador es un “*Área destinada a minimizar la obli-gada sensación de tener que cambiar de un modo de transporte a otro*”.

**1986-1993.** Las primeras actuaciones se orientaron a acondicionar el espacio en superficie, casos de Aluche, Plaza de Castilla y, en menor medida, Oporto, Conde Casal y Moncloa. Era una primera generación de intercam-

biadores, muy en la línea de los que ya existían para los autobuses urbanos (Sol, Manuel Becerra o Felipe II).

**1994-1997.** En una segunda etapa, surgió una apuesta mayor por la intermodalidad, construir las estaciones de autobuses subterráneas, permitiendo hacerlas más grandes que en superficie y mejorando también el intercambio con la red de Metro al reducir sus comunicaciones. El ejemplo más representativo es Moncloa.

**1998-2000.** Finalmente, con **Avenida de América**, inaugurado en enero de 2000, se dio un paso más, creando una tercera generación de intercambiadores. En este intercambiador se man-

tiene la estación subterránea, pero con dimensiones muy holgadas respecto a otros similares. Se le ha dotado de un túnel de acceso exclusivo de 400 metros por sentido y con acceso directo al nivel de las dársenas de autobuses interurbanos, con el fin de que los autobuses reduzcan sus tiempos de viaje, al no tener que soportar así las retenciones de tráfico que se originan en las entradas a la ciudad de Madrid. Además, este intercambiador ha sido posible su construcción y explotación mediante financiación privada, por el sistema de concesión pública, de tal forma que la Administración no ha tenido que desembolsar nada de capital de los 25,36 millones de euros que costó su construcción.

duced for the first time in 1985 when it appeared in Madrid's P.G.O.U. (Plan General de Ordenación Urbana - General Plan for Urban Distribution) defined as the “Area whose permanent purpose is to facilitate the interchange of people between various modes of transportation.” However, keeping in mind that the user always wants more, the Madrid Regional Transport Board redefined a transport interchange station as the “Area whose purpose is to minimise the inevitable sensation of having to change from one mode of transportation to another.”

**1986-1993.** The first reforms were aimed at preparing the stations' surface space, such as in the cases of

Aluche, Plaza de Castilla and, though to a lesser degree, Oporto, Conde Casal and Moncloa. This represented the first generation of transport interchange stations, which had the same characteristics as the urban bus interchanges already in existence (Sol, Manuel Becerra and Felipe II).

**1994-1997.** The second phase was characterised by a greater effort to achieve intermodality, leading to the construction of the underground public bus stations. These structures allowed the stations to grow beyond their surface spaces, improving the interchange with the Metro network by reducing transfer distances. Moncloa is the most representative example of this change.

**1998-2000.** Finally, the inauguration of Avenida de América in 2000 gave way to the third generation of transport interchange stations. The underground region of this interchange station offers a more comfortable space in comparison to the earlier-built stations. This transport interchange is equipped with an exclusive, 400-metre, two-way access tunnel, whose direct access to inter-urban bus bay level reduces travel time by enabling public buses to bypass traffic jams that originate in the city's entrances. Furthermore, the construction and operation of this transport interchange station was privately financed by the public franchise system, saving the Government 25,36 million euros – the cost of the station's construction.



Durante el período 2001-2004, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid realizó los anteproyectos necesarios para poder sacar a concurso público la concesión pública de construcción y explotación de los intercambiadores de Aluche, ampliación de la zona de autobuses; Conde de Casal; Moncloa, ampliación de la estación actual; Plaza de Castilla, reforma del actual para los autobuses de la E.M.T. y construcción de uno nuevo subterráneo; Plaza Elíptica; Príncipe Pío; y Legazpi, basados en la tipología de tercera generación de intercambiadores, similares al de Avenida de América en cuanto a la financiación,

pero con mejoras en la calidad y en la seguridad.

En el periodo, 2004-2007, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid, por acuerdo de fecha 7 de abril de 2004, firmado entre el Ayuntamiento de Madrid, la Comunidad de Madrid y el propio Consorcio, establecieron que, el Consorcio de Transportes sacara a concurso público la obra, explotación y mantenimiento de los intercambiadores de Plaza de Castilla (A-1), Plaza Elíptica (A-42), Príncipe Pío (A-5) y Moncloa (ampliación) (A-6). ■

2001-2004, The Madrid Regional Transport Board took the necessary steps to arrange a public tendering of the construction and operational concessions of the transport interchange stations in Aluche, where the public-bus zone was to be expanded, Conde Casal, Moncloa, whose current station was to be expanded, Plaza de Castilla, which was to undergo reforms for EMT buses and for the construction of a new underground station, Plaza Elíptica, Príncipe Pío and Legazpi. These changes were to be based on the characteristics of third-generation transport interchange stations, with similar funding to that of Avenida de América but with better quality and security.

2004-2007, The Madrid Transport Authority signed an agreement April 7, 2004 with the Madrid City Council and the Regional Government Madrid to establish its commitment to arrange a public tendering of the construction, operation and maintenance activities of the following transport interchange stations: Plaza de Castilla (A-1), Plaza Elíptica (A-42), Príncipe Pío (A-5) and Moncloa (expansion) (A-6). ■





## Condiciones de diseño

La implantación de un intercambiador de transportes, cuyo alimentador principal es el autobús interurbano, debe suponer la reducción del tiempo total de viaje de los usuarios frente a la situación sin él.

El principal condicionante que hay que considerar en el diseño de este tipo de intercambiadores, es la enorme superficie que se necesita para poder acoger

todas las líneas que deben prestar servicio en él. Los criterios de diseño a adoptar deben buscar, por tanto, evitar o disminuir los inconvenientes que puede generar el tamaño del intercambiador. Estos criterios deben responder a tres tipos de necesidades: las propias del intercambio, las de los usuarios y las específicas de los modos de transporte que dan servicio. ■

### Determining design factors

The implementation of a transport interchange station that is principally fed by the inter-urban bus network should reduce users' total travel time more so than if the interchange station didn't exist.

The principle determining factor to be considered in the design of this type of station is the enormous surface area that is required to accommodate all of the public bus lines that should be servicing the interchange. The adopted design criteria should try to avoid or dissimulate the inconveniences that may be generated by the size of the transport interchange. These criteria should respond to three types of needs:

those of the transport interchange station, those of the users and those specifically of the transportation modes servicing the station. ■

## Criterios considerando las necesidades de intercambio



El criterio de diseño fundamental para que un intercambiador pueda considerarse como tal, es minimizar el tiempo de intercambio entre modos, que se puede considerar prácticamente equivalente a minimizar el recorrido que debe realizar el usuario durante el intercambio. En este sentido es conveniente plantear soluciones en que la superficie necesaria se pueda repartir en varios niveles, con núcleos de comunicación verticales, situados en posiciones centrales, que permitan que el cambio de nivel se realice de forma rápida, clara y segura.

Complementando el criterio anterior, es preciso ordenar los flujos, de forma que se eviten las interferencias entre ellos. En este sentido es fundamental evitar el cruce de flujos peatonales con vehículos de transporte, por lo que es desaconsejable la disposición con andenes paralelos alternados con carriles de circulación, tanto con cruces a nivel (caso habitual con autobuses) como con movimientos de subida y bajada forzados a distinto nivel (caso de las estaciones ferroviarias). En el caso de disponer de dimensiones suficientes, la disposición más conveniente es un andén central, alrededor del cual circulan los autobuses en sentido horario. ■

### Criteria regarding interchange needs

The fundamental design criteria that defines a transport interchange station is the reduction of interchange time between transportation modes, which is practically equivalent to the minimisation of the distance that users must travel during interchanges. With this in mind, it is helpful to create solutions in which the necessary surface area can be divided into various levels with vertical communication centres that are positioned in central locations. The convenient location of these centres will make level-change quick, easy and safe.

must be avoided at all costs. For this reason, it is not advisable to position alternate parallel platforms with circulation lanes, both in level-crossings situations (typical with buses), and in situations that obligate ascending and descending movements from a different level (typical in railway stations). With sufficient dimensions, the most convenient arrangement is a central platform around which all public buses circulate in the same direction. ■

Along the same lines, traffic flows must be organised to ensure against interferences. Similarly, the crossing of pedestrian circulation with that of transport vehicles

## Criterios considerando las necesidades de los usuarios



### Criteria regarding users' needs



El éxito de un intercambiador desde el punto de vista del usuario se fundamenta en su percepción como espacio único, que presente una lectura sencilla de su funcionalidad y que tenga unas características ambientales que hagan agradable la estancia en él.

En este sentido se considera muy importante el diseño de espacios diáfanos, con conexiones visuales que permitan percibir todo el intercambia-

dor y con referencias, como la luz natural, que permitan orientarse. El usuario, desde el momento que accede al intercambiador, debe saber dónde se encuentra e intuir a dónde quiere ir. La señalética empleada debe ser completa, homogénea y de interpretación sencilla. No se debe confiar por completo a ella la orientación del usuario; su función debe ser, más bien, informativa y confirmadora de la intuición que tiene el usuario.

From a user's point of view, the success of a transport interchange station is based on its perception as a singular space that clearly presents its functionality and possesses environmental characteristics that make users' time in the station pleasant.

In this sense, it is very important to have designs with light-filled spaces and visual connections that allow users to see everything in the interchange station. References, such as natural light, also help travellers become better oriented. From the moment a user enters the transport interchange station, he should know where he needs to go and sense the direction in which he should walk. Signs in the station should be compre-

hensive, homogenous and easy to read. They should not place too much trust in the user's sense of direction, but rather take on an informative role that confirms the user's intuition.

Environmental quality is achieved through proper ventilation (the extraction of contaminating gases should be positioned near the origin), and temperature and noise control (with equipped waiting areas). This is a fundamental aspect in underground transport interchange stations and a great determinant in their success – especially if the stations are intensely used by travellers and vehicles, alike. It is helpful to separate the area for travellers from the public-bus



La calidad ambiental se consigue mediante la ventilación (la extracción de los gases contaminantes debe hacerse cerca de su origen), el control de temperatura y ruido (con áreas de espera acondicionadas). Este es un aspecto muy importante cuando el intercambiador es subterráneo, de forma que puede condicionar el futuro éxito del mismo, en especial si su uso es intensivo, tanto en cuanto a viajeros como a vehículos. Será conveniente separar la zona de viajeros de la zona de ope-

ración de los autobuses y, en caso extremo, se puede condicionar el acceso de aquellos autobuses que no cumplan unos requisitos mínimos en cuanto a niveles de contaminación.

Estos condicionantes en cuanto a calidad ambiental, que a primera vista parecen exclusivos de las estaciones de autobuses, cada vez más se están originando en estaciones ferroviarias subterráneas, sea Metro o Ferrocarril y por lo tanto se debe prestar sumo cuidado

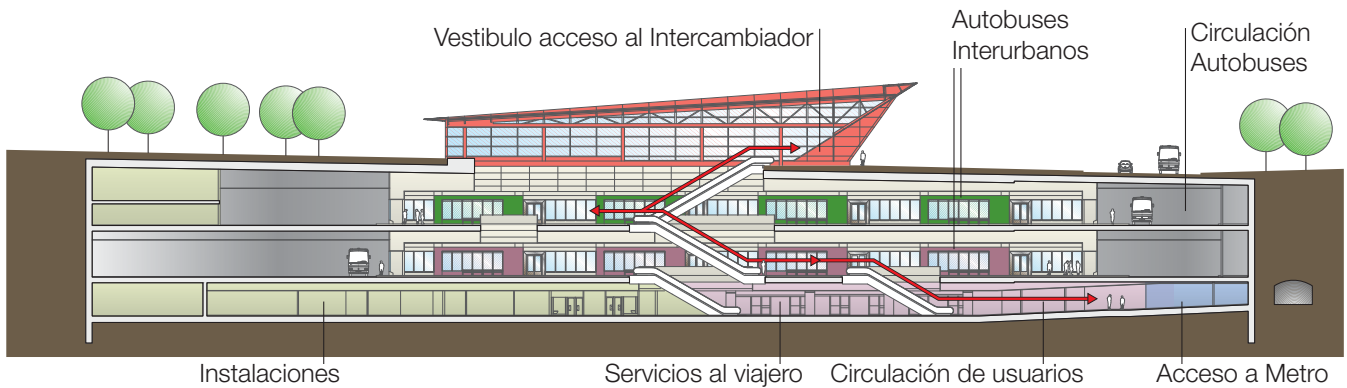
a la hora de proyectarlas para que contengan los espacios e instalaciones necesarias que permitan un correcto acondicionamiento ambiental.

La prestación de servicios complementarios que den un valor añadido al uso del intercambiador es importante: información, área comercial, aseos, ya que el uso continuado refuerza la sensación de seguridad. ■

operating area and, in extreme cases, regulate access to the interchange station for those buses that do not comply with the minimum contamination-level requirements.

These determining factors of environmental quality, which at first glance may appear to apply exclusively to public bus stations, are more often than not used in underground rail stations, both for the Metro and above-ground railway networks. For this reason, it is essential that all interchange spaces and installations are equipped with adequate space to ensure proper environmental regulation.

The following complementary services illustrate the importance of adding value to the use of transport interchange stations: information, commercial area, restrooms and a continually reinforced feeling of security. ■



## Criterios considerando las necesidades del transporte

El prestador de servicios de transporte también debe ser considerado para diseñar un buen intercambiador. En este sentido es preciso buscar la reducción de los costes de explotación de los modos de transporte que operan en él.

En primer lugar, es preciso que los accesos al intercambiador estén bien conectados con las correspondientes líneas, buscando, cuando sea posible, reducir los tiempos de viaje frente a soluciones sin intercambiador.

Los movimientos de vehículos por el interior deben limitarse a los imprescindibles (secuencia lógica de usos: entrada → descenso → subida → salida) y se evitarán las maniobras (son preferibles las dársenas en diente de sierra a las dársenas en espina de pez) y los movimientos en vacío de los vehí-

culos (zonas de estacionamiento incluidas o próximas al intercambiador cuando éste acoja terminales de líneas).

Si bien la operación directa de autobuses es fundamental para el intercambiador, no hay que olvidar la importancia que tiene la operación de aparcamiento para la regulación de los tiempos de salida de los autobuses, que siempre resulta ser mayor de lo que se piensa.

Aunque su concepción inicial es para los autobuses interurbanos, no hay que olvidar que otros tráficos de autobuses son potenciales clientes y, en concreto, los autobuses urbanos y los de largo recorrido, con el posible apoyo de un aparcamiento de turismos de corta y larga duración. ■

### Criteria regarding public transportation needs

Transportation service providers should also be considered in the design of a successful transport interchange station. This entails finding ways to reduce the operational costs for the different modes of transportation that operate in the station.

Firstly, it is extremely important that the interchange station entrances are well-connected to their corresponding bus lines, and that travel times are reduced as much as possible with solutions from outside the transport interchange station.

Vehicle movements within the station's interior should be limited only to those that are necessary (logical circulatory sequence: entrance → descent → ascent → exit), avoiding heavy manoeuvres (saw-tooth bus bays are preferable to fish-bone bus bays) and superfluous vehicle movements (including parking zones and the interchange station's surrounding area when equipped with public bus terminals).

While the direct operation of public buses is vital to any transport interchange station, the importance of parking operation should not be overlooked, as this is what regulates bus departure times, which are always longer than what one hopes.

Although this criteria was initially conceived for interurban buses, it may also apply to other kinds of bus circulation, such as that of urban and long-distance public buses, with the possible support of a car parking lot that offers long- and short-term parking. ■

## Rentabilidad económica

La construcción de un intercambiador de ámbito metropolitano en zona urbana consolidada supone una inversión cuantiosa que, de ser asumida directamente por la Administración, implica la dedicación de unos recursos escasos y pocas veces contemplados en el presupuesto.

Como la construcción del intercambiador debe producir mejoras en el tiempo total de viaje de los usuarios, las empresas prestadoras del servicio de transporte también ven reducidos sus costes de explotación, bien por la disminución directa de los tiempos de viaje y de los recorridos en vacío, bien indirectamente por el aumento de viajeros inducido. En esta situación es lógico pensar en la utilización de parte de estos ahorros en la financiación del propio intercambiador mediante el pago de un canon de uso.

Por otra parte, la ruptura de la cadena de viaje y la concentración de usuarios que implica el intercambiador propicia la implantación de servicios complementarios, como los aparcamientos de turismos, que también deben participar en su financiación.

La posibilidad de obtener ingresos directos por la gestión del intercambiador hace que se pueda considerar la rentabilidad económica de la inversión, no solamente la social como en otras obras públicas, y plantear su construcción y explotación mediante el modelo de concesión administrativa. En este sentido hay que destacar los nuevos intercambiadores de Madrid, construidos sin que la Administración haya realizado el más mínimo desembolso. ■

## Gestión del intercambiador

Finalmente, la gestión del intercambiador, por los diversos organismos que concurren, es un aspecto crucial para su funcionamiento día a día. Este es otro aspecto sobre el que se debe seguir trabajando con detenimiento;

como la necesidad de crear la figura de gerente del intercambiador, con responsabilidades ante los operadores y usuarios y con las facultades para penalizar en caso de necesidad. ■

### Economic profitability

The construction of a transport interchange station in a consolidated urban zone within a metropolitan environment implies a large investment that, upon being directly assumed by the Administration, requires the dedication of limited resources that are often not considered as parts of the budget.

Just as the interchange station's construction should produce improvements in users' total travel times, the lending transportation companies should also see reductions in operational costs, which are directly decreased by the shorter travel times and indirectly

affected by the induced increase in travellers. With this situation, it becomes logical to consider these money-saving factors in the financing of a transport interchange station via payments from usage norms.

On the other hand, a rupture in the travel network and a concentration of users, which leads to a demand for complementary services in the transport interchange station, such as car parking lots, must also figure into financing. The possibility of obtaining direct profits from the management of a transport interchange station adds a dimension of economic profitability to the investment's already existing social benefits, to which many public works are often limited. Also the construction and oper-

ation of the station may be executed through an administrative franchising model. Because of this, Madrid's new transport interchange stations stand out, as they were built without any Administrative outlays. ■

### Management of transport interchange stations

Finally, the management of transport interchange stations, performed by various contributing bodies, is a crucial aspect to the stations' daily operations. This is the other factor that requires continual work, such as the need to create an interchange station management figure who is responsible for both users and operators, and who has the ability to penalise when necessary. ■



# Evolución histórica de los intercambiadores en Madrid

Javier Aldecoa, Arquitecto



1986, Aluche.

Aluche (1986) fue el primer intercambiador que se construyó. En 1985, se situaba dentro de la red de Metro como la segunda estación a demanda diaria en cuanto a intercambios, superada únicamente por Sol y la primera de la red en intercambios en hora punta. En ese periodo la línea de Cercanías C-5 no penetraba hasta Atocha y el intercambio entre la red de Cercanías y la red de Metro se producía en Aluche.

La prioridad de la Comunidad de Madrid con la construcción de este intercambiador, fue reducir las distancias de

intercambio entre los distintos modos de transporte (autobús urbano, 6 líneas; interurbano, 7 líneas; Metro, L-5 y L-10; y ferrocarril, C-5), hacerlo más agradable e introducir el concepto de “Intercambiador” entre los usuarios. ■

The history of transport interchange stations in Madrid

## 1986, Aluche

The first transport interchange station was built in 1986, in Aluche. In 1985 this location was the second most highly used Metro station in terms of the number of people changing from one line to another per day (only exceeded by Sol) and the busiest Metro station during rush hour. At the time, the C-5 suburban railway line had not been extended to the Atocha railway station, and for this reason, people would change from the suburban railway network to the Metro network at Aluche.

The priority of Madrid Regional Government when building this transport interchange station was to reduce the distance involved in changing from one form

of transport to another (six urban bus routes, seven inter-urban bus routes, Metro lines 5 and 10, and C-5 suburban railway line), in order to make the experience more pleasant and to introduce the concept of a “transport interchange station” to passengers. ■

## 1992, Plaza de Castilla

The objective when the Plaza de Castilla transport interchange station was built in 1992 was to organise the huge number of widely dispersed urban and inter-urban bus bays spread throughout the Plaza and its nearby streets, and to improve the connection to the Metro system. The basic programme consisted of being able to simultaneously offer 20 inter-urban and





1992, Plaza de Castilla.

Con Plaza de Castilla (1992), el objetivo fue ordenar superficialmente la gran cantidad de dársenas de autobuses urbanos e interurbanos dispersas por todo el entorno de la Plaza y calles aledañas, mejorando el intercambio con el Metro. El programa básico fue dar servicio simultáneo a 20 líneas de autobuses urbanos e interurbanos, con una capacidad para 15 autobuses de 18 metros y otros 15 de 12 metros. Las dársenas de autobuses se ordenaron en paralelo sobre el paso subterráneo y entre las dos calzadas del Paseo de la Castellana. ■

urban bus services, with capacity for 15 buses that were 18 metres in length and 15 that were 12 metres in length. The bus bays were organised in parallel above the underpass and between the two carriageways of the Paseo de la Castellana. ■

#### 1995, Moncloa

The Moncloa transport interchange station was built in 1995 and has been an impressive success, not only in itself, but also because of several other measures which were taken at the same time, such as the arrival of Metro line 6, making Moncloa the busiest Metro station on the network, and the opening of the bus and high occupancy vehicle only lane for the A-6 motorway.



1995, Moncloa

Construido en 1995, Moncloa ha supuesto un éxito impresionante, no sólo por sí mismo, sino por otras medidas en paralelo que se realizaron sobre él, como fueron el paso de la línea 6 de Metro y la apertura de la calzada Bus-Vao de la carretera A-6. La primera ha supuesto que en la actualidad sea la estación con mayor demanda de la red de Metro. La segunda, con la apertura del Bus-VAO y del carril exclusivo para el autobús, se redujeron notablemente los viajes y se incrementó, en consecuencia, la demanda del autobús interurbano. En 1995 el Intercambiador de

This latter measure, the opening of the Bus-HOV (High Occupancy Vehicle) and the bus-only lane, resulted in a significant reduction in the total number of car journeys and a resulting increase in the demand for inter-urban bus journeys. In 1995, the Moncloa transport interchange station served 26 inter-urban bus routes, with over 1,603 journeys being made every day. There are currently 49 inter-urban bus routes, with over 4,000 journeys per day, over 125,000 passengers per day, and 310 journeys per hour between 8:00h and 10:00h. The urban bus routes serve 125,000 passengers per day, with 4,141 bus journeys. Demand for the Metro has likewise increased, from 44,076 journeys per day in 1995 to over 170,000. ■

Moncloa presentaba 26 líneas de autobuses interurbanos con 1.603 expediciones diarias. En la actualidad, existen 49 líneas de autobuses interurbanos, con más de 4.000 expediciones diarias, cerca de 125.000 viajeros/día y 310 expediciones a la hora entre las 8:00 y las 10:00 horas. Las líneas de autobuses urbanos mueven diariamente 125.000 viajeros al nivel de calle con 4.141 expediciones diarias. La demanda de Metro ha aumentado igualmente de 44.076 viajeros diarios en 1995 a más de 170.000. ■



# INTERCAMBIADOR DE TRANSPORTES DE PRÍNCIPE PÍO





### 2000, Av. de América

El 7 de Abril de 1997, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid y el Ayuntamiento de Madrid firmaron un Convenio de Colaboración para la “Realización de un Anteproyecto que permitiera la Construcción y Explotación de un Intercambiador de Autobuses y de un Aparcamiento para Residentes en Avenida de América”. Fruto de este convenio, el Consorcio Regional de Transportes realizó un Anteproyecto de Intercambiador y un Estudio económico de viabilidad que permitió analizar las posibilidades de recuperación de la inversión.

### 2000, Avenida de América

On April 7, 1997 the Madrid Transport Authority and Madrid City Council signed a Cooperation Agreement for the “Preparation of a draft plan for the Construction and Operation of a Bus Transport Interchange Station and a car parking lot for residents in Avenida de América.” As a result of this agreement, the Transport Authority prepared a Draft Plan for a Transport Interchange Station and an economic viability study to examine how the money invested could be recovered.

On September 8, 1997, a Cooperation Agreement was signed by the Public Works, Urban Planning and Trans-

El 8 de Septiembre de 1997 se firmó un Convenio de Colaboración entre la Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes de la Comunidad de Madrid, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid y el Ayuntamiento de Madrid para la realización de un “Concurso Público para la adjudicación de una Concesión Administrativa de redacción de proyecto de ejecución, construcción de la obra y gestión del servicio público de explotación del intercambiador de transportes y de los aparcamientos de residentes y de rotación de Avenida de América durante un período de veinticinco años, el intercambiador de transportes y de cincuenta años los aparcamientos”.

port Department of the Regional Government and the Madrid Transport Authority to carry out a “Public tender for the award of an Administrative Concession for the planning, installment construction and public service management of the transport interchange station’s operation, along with vehicle parking lots for residents and Avenida de América rotation for a period of 25 years for the station and 50 years for the parking lots.”

The plan, based on an economic viability study, was to construct a transport interchange station for bus routes and the Metro network. The required investment would be balanced through the payment of a fee of €7.21 for each long-distance bus journey, whether urban or inter-

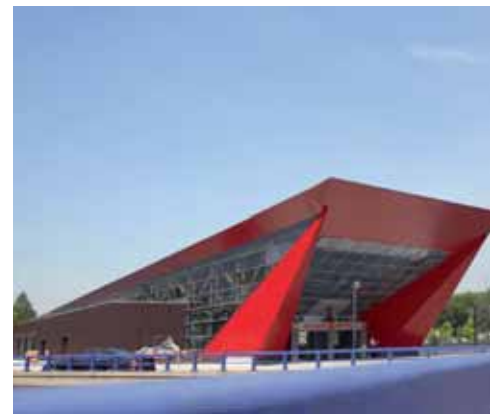
La operación planteada, según el estudio económico realizado, era construir un intercambiador de transporte entre autobús y Metro, que mediante el pago de un canon de 7,21 € por cada expedición de autobuses de largo recorrido y una tasa de 0,06 € por cada viajero de autobús urbano o interurbano, más otros ingresos derivados de los aparcamientos y de la actividad comercial, equilibrara la inversión necesaria y permitiera construir el intercambiador sin ninguna inversión pública por parte de la Administración. Esto último ha permitido que se pueda construir el intercambiador en un tiempo récord, descongestionar esa entrada de la ciudad y lo que es más importante mejorar las condiciones de intercambio de más de cien millones de usuarios anuales. Hay que señalar que el usuario no ve incrementada su tarifa debido a la construcción de estas nuevas infraestructuras, ya que el principal beneficiado, en términos económicos, es el operador de transporte, que ve como se reducen sus costes de explotación al reducirse los tiempos de viaje, mejorarse la regularidad del servicio mediante la disminución de atascos en los accesos a Madrid e incrementar la demanda de viajeros.

urban, and a fee of €0.06 for each passenger on urban and inter-urban buses; these fees, plus other income derived from the parking lots and from commercial activity, would enable the station to be built without any public sector investment. This permitted the transport interchange station to be built in record time, which, in turn, reduced congestion at the city entrance and, more importantly, improved the transport interchange experience for more than 100 million users per year. It should be clearly stated that there were no price increases for users as a result of the construction of this new infrastructure, as the main economic beneficiaries were the transport operators. These operators experienced a reduction in their operating costs due to a re-

El concurso se adjudicó a la empresa Intercambiador de Transportes Avenida de América, S.A. asumiendo el compromiso establecido en la adjudicación y encargó las obras de construcción a la U.T.E. formada por las empresas ACS y Ferrovial y las instalaciones a la empresa COBRA, bajo la dirección del Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

Con este intercambiador el Consorcio Regional de Transportes de Madrid obtuvo el Primer Premio de la Asociación Interchange Award al mejor intercambiador a nivel internacional.

Con la experiencia adquirida en este intercambiador, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid desarrolló los Pliegos para licitar los concursos de cuatro nuevos intercambiadores (Plaza Elíptica, Príncipe Pío, Moncloa y Plaza de Castilla) encuadrados dentro del Plan de Intercambiadores 2004-2007. ■



### Plan de Intercambiadores

Mediante el acuerdo suscrito entre el Ayuntamiento de Madrid, la Comunidad de Madrid y el propio Consorcio Regional de Transportes de Madrid en 2004, ha sido posible sacar a licitación de concurso público de obra, mantenimiento y explotación cuatro grandes intercambiadores de transporte. Estos grandes centros intermodales se han construido con unos requerimientos en

cuanto a calidad y seguridad similares a los de un gran aeropuerto. La mejora de la calidad es un objetivo que el Consorcio Regional de Transportes de Madrid se ha marcado desde su creación. Estos nuevos intercambiadores gozan de unas áreas estanciales separadas de las de circulación de autobuses donde la calidad medioambiental, física, lumínica, de seguridad y de protección contra incendios está garantizada. ■

duction in journey times, an improvement in service regularity that resulted from fewer traffic jams at Madrid's entrance and increased passenger demand.

The tender was awarded to company Intercambiador de Transportes Avenida de América, S.A., which undertook the commitments established in the tender and subcontracted the construction of the station to the joint venture formed by companies ACS and Ferrovial. The installations were subcontracted to company COBRA, under the direction of the Madrid Regional Transport Board.

As a result of this transport interchange station, the Madrid Transport Authority was awarded first prize by

the Interchange Award Association for the best transport interchange internationally.

With the experience gained from this transport interchange station, the Madrid Transport Authority developed the specifications for tenders for four additional transport interchange stations (Plaza Elíptica, Príncipe Pío, Moncloa and Plaza de Castilla) detailed in the 2004-2007 Transport Interchange Station Plan. ■

### Transport Interchange Station Plan

The 2004 agreement involving the Madrid City Council, Madrid Regional Government and the Madrid Trans-

port Authority made it possible to put out a public tender for the construction, maintenance and operation of four large transport interchange stations. These large stations, which provided a range of alternative transport resources, were built according to quality and safety standards similar to those of a major airport. The Madrid Transport Authority has been focused on this objective ever since it began. In these new transport interchange stations, passenger waiting areas would be kept separate from the bus area in order to meet environmental, physical, light, safety and fire prevention standards. ■



### Intercambiadores futuros

El Consorcio de Transportes fruto de sus competencias ha desarrollado un estudio que posibilite en un futuro la construcción de una red de intercambiadores comarcales que mejoren el transporte público, reduzcan los tiempos de viaje e incrementen el número de viajes en transporte público diversificando sus orígenes y destinos.

### Future Metropolitan Transport Interchanges

Madrid Transport Authority carried out a study that led in the future the construction of a network of regional transport interchange stations that would improve the quality of public transport, reduce journey times and increase the use of public transport, raising the number of destinations.

As a result of the construction of these interchange stations, the transport system will continue to contribute substantially to the development of towns in the region, making it possible to create radial lines towards the central city, and transverse lines to spread the network through

Con la construcción de estos intercambiadores, el sistema de transportes seguirá contribuyendo notablemente al desarrollo de los municipios de la región, posibilitando la creación de líneas radiales hacia la ciudad central y líneas transversales de dispersión en un área/corredor concreto, dependiente de ese centro comarcal. Se conseguirán igualmente efectos intermodales, fundamentalmente ocasionados por

the specific area/corridor, depending on the region. In addition, transport connections would be improved and encouraged, mainly through combined usage behaviour of private vehicles and public transport (car parking lots to persuade people to leave their cars), which use the station as a breakpoint between the two forms of transport.

The proposed transport interchange stations would be located in all of the corridors throughout the Community of Madrid: San Sebastián de los Reyes (A-1), Alcalá de Henares and/or Torrejón de Ardoz (A-2), Rivas Vaciamadrid (A-3), Pinto and Valdemoro (A-4), Parla (A-42), Xanadú (A-5), Collado Villalba (A-6) and Colmenar Viejo (M-601).

comportamientos de utilización conjunta vehículo privado - transporte público (aparcamientos de disuasión), que utilizan la estación como nodo de ruptura entre ambos modos.

Los intercambiadores propuestos estarán ubicados en todos los corredores de la Comunidad de Madrid: San Sebastián de los Reyes (A-1), Alcalá de Henares y/o Torrejón de Ardoz (A-2), Rivas Vaciamadrid (A-3), Pinto y Valdemoro (A-4), Parla (A-42), Xanadú (A-5), Collado Villalba (A-6) y Colmenar Viejo (M-601).

De igual forma el Consorcio Regional de Transportes de Madrid, junto a la Comunidad de Madrid y el Ayuntamiento de Madrid, están estudiando la viabilidad de sacar a concurso los intercambiadores de Conde de Casal, Legazpi y Chamartín con el fin de completar los principales modos de transporte de la ciudad de Madrid. ■

The Transport Authority with the Regional Government and Madrid City Council are studying the feasibility of summon an invitation of tender for the construction and maintenance of the new interchanges: Conde de Casal, Legazpi and Chamartin in order to complete the principal transport nodes of Madrid city. ■

## Otros intercambiadores

El Consorcio Regional de Transportes realizó en 2001 un “*Estudio de estaciones de autobuses interurbanos en la Comunidad de Madrid*”. Un total de 30 municipios fueron analizados con el objetivo de poder desarrollar proyectos específicos para la construcción de pequeñas estaciones de autobuses que mejoraran la movilidad.

Algunos Ayuntamientos, asesorados por el Consorcio, han desarrollado y promovido algunos de ellos. Tal es el caso de Villa del Prado, San Lorenzo de El Escorial, Moralarzal, Collado-Villalba, Boadilla del Monte y en un futuro Guadarrama y Parla. Son intercambiadores de transportes donde el modo prioritario es el autobús y con su construcción han generado unos puntos singulares a nivel municipal que mejoran notablemente las condiciones de movilidad de los usuarios del transporte público y las condiciones medio ambientales del entorno.

Todos estos pequeños intercambiadores se han construido también mediante concesiones administrativas y



han supuesto desde su inauguración un aumento de la demanda diaria en transporte público.

En paralelo a estas grandes actuaciones el Ayuntamiento de Madrid junto al Consorcio de Transportes ha desarrollado un plan de creación de pequeños puntos de

intercambio entre autobuses y Metro que han facilitado la mejora de la intermodalidad. Actuaciones como Pavones, Villaverde, Doce de Octubre y en un futuro Ciudad Lineal, Canillejas y Cuatro Vientos, ayudarán a crear una gran muralla intermodal que contribuirá a mejorar la calidad del viaje en transporte público. ■

### Other transport interchange stations

In 2001, Madrid Transport Authority issued a (Report on inter-urban bus stations in the Region of Madrid). A total of 30 towns were analysed in order to develop specific plans for the construction of small bus stations and so improve mobility.

Some Town Halls, advised by the Transport Board, have developed and promoted a handful of these stations. This is the case with Villa del Prado, San Lorenzo de El Escorial, Moralarzal, Collado-Villalba, Boadilla del Monte and, in the future, Guadarrama and Parla. These are transport interchange stations where the

main form of transport is the bus; the construction of these stations has created unique points at the municipal level that have noticeably improved the mobility of public transport users and environmental conditions in the area.

All of these small transport interchange stations were built under administrative concession agreements and have resulted in increased daily demand for public transport from their openings.

In parallel to these major activities, the Madrid City Council and the Transport Board jointly developed a plan for the creation of small transport interchange

points between buses and the Metro network; these have resulted in an improved interoperability of different transport media. Developments such as Pavones, Villaverde, Doce de Octubre and, in the future, Ciudad Lineal, Canillejas and Cuatro Vientos will help to create a circle of interchange points around the city, which will help to improve the quality of public transport journeys. ■







## ■ Plan de intercambiadores de Madrid

- Normativa urbanística
- Modos de intercambio
- Financiación



Los Intercambiadores de Transporte son elementos estructurantes del territorio que afectan tanto a la trama urbana de la ciudad de Madrid como al desarrollo de las comunicaciones en el resto de la Comunidad.

## Normativa urbanística aplicable

*Susana López, Arquitecta*

Por ello es imprescindible que estas infraestructuras estén previstas en los planes urbanísticos de desarrollo a nivel general.



### Applicable urban planning regulations

Transport interchange stations are structural elements of the landscape that affect both the urban environment in the city of Madrid and its communications with the rest of Madrid Region.

As a result it is essential that this infrastructure is covered by urban planning, in general.

# Plan General de Ordenación Urbana de Madrid de 1997

El P.G.O.U.M.-97, aprobado definitivamente en abril de 1997, define el intercambiador como elemento básico para optimizar el funcionamiento *de los distintos modos de transporte [...] mejorando la cuota de participación del transporte colectivo sobre el privado* (Memoria, página 274). En su propuesta de establecer un sistema eficaz de intercambiadores modales y favorecer la conectividad entre las distintas redes, se definen una serie de mejoras de los intercambiadores actuales y la implantación de otros nuevos, necesarios en el crecimiento de la ciudad previsto. Éstos se organizan en cuatro coronas concéntricas, un eje central Norte-Sur y otro eje central transversal al anterior de la siguiente forma:

- Corona exterior de intercambiadores basada en la futura Gran Vía Urbana del Sureste.
- Corona exterior de intercambiadores basada en la M-40.
- Corona intermedia interior basada en la M-30.
- Corona central basada en la Línea 6 circular de Metro.
- Ejes Central y Transversal, basados en los ejes de cercanías Atocha-Chamartín y Pasillo Verde, respectivamente.

La propuesta general del sistema de intercambiadores en cuanto a su localización y su clasificación, queda grafada en el Plano de Estructura: “ST-Sistemas de Transportes” del PG-97.

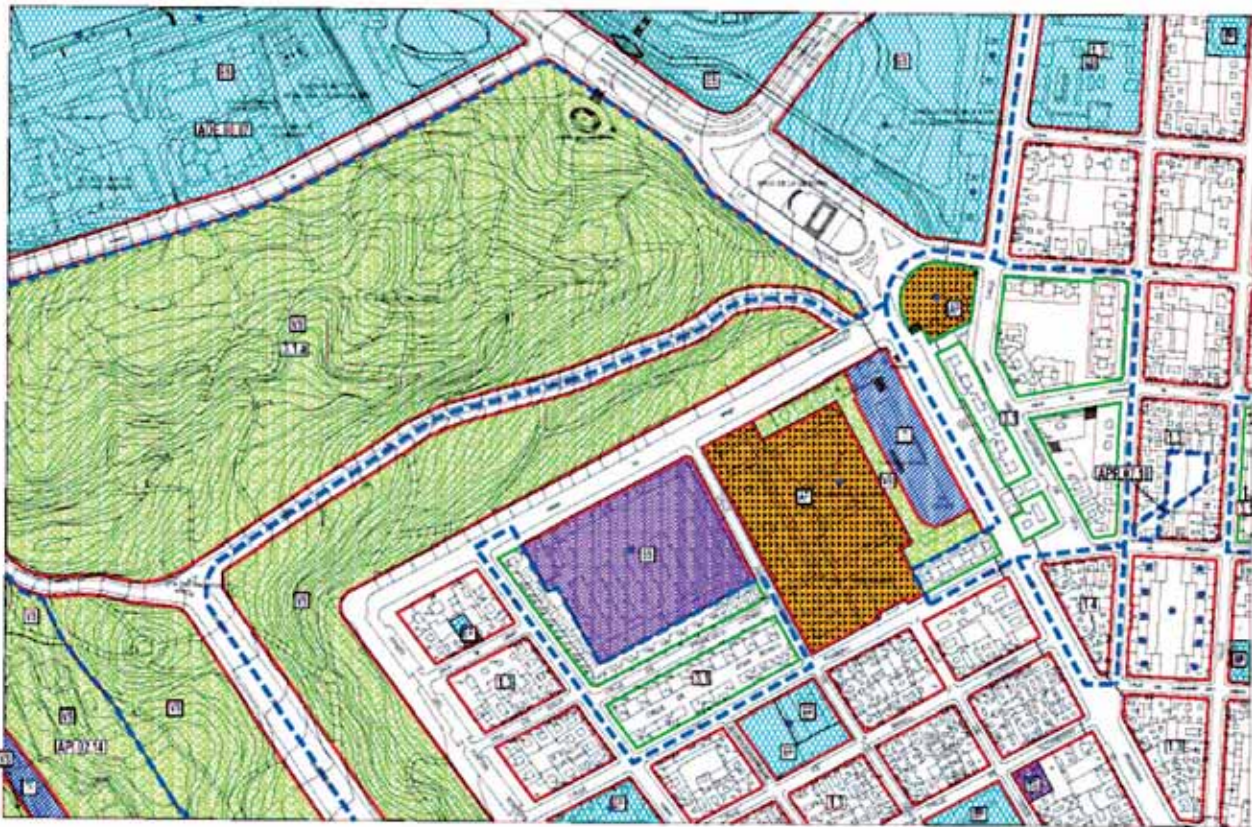
Asimismo el PG-97 muestra su apoyo a “*las propuestas de actuación que, en materia de plataforma reservada, el MOPTMA incluye en el documento de Directrices para el Planeamiento de las Infraestructuras de Transporte de Madrid y la CAM en su documento de Estrategia Regional de Transportes para el 2001*” (Memoria del PG-97, página 270).

Los proyectos constructivos de los Intercambiadores fueron remitidos al Ayuntamiento de Madrid, según lo prescrito en el artículo 161.2 de la Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo de la Comunidad de Madrid. La Dirección General de Planificación y Evaluación Urbana, emitió los correspondientes informes, en los que se concluía que los proyectos resultaban conformes con el planeamiento urbanístico aplicable. No obstante, para el desarrollo de los mismos se requería la redacción del correspondiente Plan Especial, que debería incluir además de los estudios de trans-

Madrid General Land Use Plan Madrid 1997

The definitive version of the P.G.O.U.M.-97 (Plan General de Ordenación Urbana de Madrid de 1997 – 1997 Madrid General Plan for Urban Distribution) was approved in April 1997 and describes traffic interchange stations as being basic elements that optimise the operations of “a range of means of transport [...] increasing the contribution of public transport compared to private

transport,” (Report, page 274). In its proposal to establish an efficient system of transport interchange stations and to promote interconnectivity between the various transport networks, it established a series of improvements to the existing transport interchange stations and the development of new ones, which would be required to cope with the forecast city growth. These were de-



Ordenación

559/4-4/1

O-66/1

Plano de Ordenación del Suelo del PGOUM 97 de la zona de Moncloa  
 Land Distribution Map from the 1997 Madrid General Plan for Urban Distribution for the Moncloa area

porte y tráfico, la determinación de las condiciones de edificación y el régimen de los usos asociados, según los artículos 7.12.27 y 7.12.28 de las Normas Urbanísticas (NN.UU.) del PGOUM-97. La apuesta del PG-97 por construir inter-

cambiadores de transporte tiene como propósito principal fomentar el uso del transporte público, al facilitar los cambios modales que permiten unos tiempos mínimos de recorrido para el usuario.■

signed in four concentric rings, one central north-south axis and a central east-west axis, in the following form:

- An external ring of transport interchange stations based on the future Gran Vía Urbana del Sureste (South-east Urban Gran Via road).
- An external ring of transport interchange stations based on the M-40 ring road.
- An intermediate interior ring based on the M-30 ring road.
- A central ring based on Metro Line 6 (the Circular line).
- The Central and Transverse axes, based on the

suburban railway network, the Atocha-Chamartín axis and the Pasillo Verde (the Green Corridor in Madrid) axis, respectively.

The proposed general system for the location of the transport interchange stations and their classification was laid out in the Plano de Estructura: "ST-Sistemas de Transportes" (Structural Plan: TS-Transport Systems) in the 1997 General Plan.

Furthermore, the 1997 General Plan stated its support for "the proposals for activities that the Ministry of Public Works, Transport and the Environment includes in

its Guidelines document for the Planning of Transport Infrastructure in Madrid, and that the Community of Madrid includes in its document Estrategia Regional de Transportes para el 2001 (2001 Regional Transport Strategy)," (1997 General Plan Report, page 270).

The proposed construction projects for the transport interchange stations were sent to the Madrid City Hall, as required by Article 161.2 of Law 9/2001 of July 17, on Land Use in the Community of Madrid. The Directorate General of Urban Planning and Evaluation issued reports concluding that the projects were in accordance with applicable urban planning regulations.■

## Evaluación de Impacto Ambiental

Según la Ley 2/2002, de 19 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, los proyectos constructivos de los Intercambiadores de Transportes están incluidos en el Anexo IV epígrafe 65 de la Ley “*construcción de vías ferroviarias, aeródromos, helipuertos e instalaciones de trasbordo intermodal y de terminales intermodales no contempladas en los anexos anteriores*”, y por tanto deben estudiarse caso por caso para analizar si deben o no someterse a algún procedimiento ambiental.

En cumplimiento del artículo 5 de la Ley 2/2002, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid remitió los proyectos a la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid, para su informe.

En base a los beneficios que aporta la construcción de los intercambiadores subterráneos en cuanto a reducción del tráfico rodado en superficie y por tanto la reducción de molestias y ruidos derivados del mismo, teniendo en cuenta que se desarrollan las obras en entornos urbanizados y que se mejoran las

condiciones ambientales y la fluidez circulatoria exterior, la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental concluyó en sus informes que no era necesario el sometimiento de los proyectos a ningún procedimiento ambiental.

Impuso una serie de condiciones al desarrollo de las obras y a la explotación del intercambiador de obligado cumplimiento:

- Limitación máxima de la zona de afección por las obras.
- Evitar la creación de escombreras y vertederos.
- Realización de medidas de insonorización oportunas.
- Realización de medidas de garantía de las condiciones atmosféricas afectadas por inmisión de partículas sólidas sedimentables.
- Retirada de los residuos producidos después de las obras.
- En caso de que una vez iniciadas las obras se detectasen restos arqueológicos se deberá solicitar la autorización correspondiente de la Dirección General de Patrimonio Histórico de la Concejalía de Cultura y Deportes.

### Environmental Impact Assessment

According to Law 2/2002, of June 19, on Environmental Impact Assessment, transport interchange station projects are included in Annex IV, Section 65 of the Law under “*construction of railways, aerodromes, heliports and installations and facilities for changing from one form of transport to another, and for interchange stations not covered in the previous annexes.*” As a result, such stations must be studied on a case by case basis to analyse whether they should be subject to an environmental impact assessment.

In compliance with Article 5 of Law 2/2002, the Madrid Regional Transport Board sent the plans to the Directorate General for Environmental Quality Assessment,

of the Department of Environmental and Land regulation, for its report.

Based on the benefits that resulted from the construction of these underground transport interchange stations regarding street-level traffic congestion, and the subsequent reductions in disturbance and noise, also taking into account that the construction occurred in an urban environment and improved the environmental conditions and aided traffic movement, the Directorate General for Environmental Quality Assessment concluded in its report that there was no need for environmental impact assessments for the projects.



*Restos arqueológicos de la cimentación de la Fuente de los Mascarones en las obras del Intercambiador de Príncipe Pío  
Archaeological remains of the foundations of the Mascarones Fountain uncovered during construction of the Príncipe Pío transport interchange station*

■ Se determinarán los posibles focos generadores de ruidos y vibraciones y se analizará su incidencia en el entorno, en virtud de lo establecido por el Decreto 78/1999, de 27 de mayo, por el que se regula el régimen de protección contra la contaminación acústica de la Comunidad de Madrid.

■ En relación con las medidas de protección contra incendios, se deberá cumplir lo establecido en el Decreto 31/2003, de 13 de marzo, por el que aprueba el Reglamento de Prevención de Incendios de la Comunidad de Madrid.

However, it did impose a number of conditions on the execution of the construction and operation of the transport interchange stations, which must comply with the following:

- The maximum limit of the area affected by the construction.
- Avoiding the creation of tips and dumps.
- Taking appropriate sound proofing measures.
- Carrying out measures to guarantee the atmospheric conditions affected by the emission of solid, sedimentary particles.
- Removal of all generated waste upon completion of construction.

■ In the event of archaeological remains being discovered once construction has commenced, appropriate authorisation must be obtained from the General Directorate of Heritage Conservation, of the Department Culture and Sport.

■ The possible sources of noise and vibration would be identified and their effect on the environment would be analysed in accordance with Royal Decree 78/1999, of May 27, which regulates the regime for noise protection within the Community of Madrid.

■ In relation to fire prevention measures, the work must comply with the stipulations of Royal Decree 31/2003, of March 13, which approved the Fire

Prevention Regulations for the Community of Madrid.

Special Definition Plans for the Transport Interchange Stations

The Madrid City Council Urban Engineering Department, part of the Sub-Directorate General for the General Plan for Urban Distribution, which is in turn part of the City Council Government for Urban Planning, Housing and Infrastructure, in collaboration with the Madrid Transport Authority, developed Special Definition Plans for each of the stations in the Transport Interchange Station Plan.

# Planes Especiales de Definición de los Intercambiadores de Transportes

El Departamento de Ingeniería Urbana de la Subdirección General del Plan General de Ordenación Urbana del Área de Gobierno de Urbanismo, Vivienda e Infraestructuras del Ayuntamiento de Madrid, con la colaboración del Consorcio Regional de Transportes ha desarrollado los Planes Especiales de Definición de cada uno de los Intercambiadores del Plan de Intercambiadores.

El Plan Especial tiene por objeto viabilizar urbanísticamente la construcción del Intercambiador, elemento integrante de la red pública de infraestructuras de comunicaciones del municipio de Madrid.

El contenido del Plan Especial se compone en primer lugar, de una justificación de la solución adoptada en base a los parámetros del entorno en que se ubica, y de un Estudio de Transporte y Tráfico que permite realizar un correcto dimensionamiento de la infraestructura en base a datos estadísticos actuales y previsiones de desarrollo futuras.

Se define, en un segundo tramo, el alcance y ámbito concreto del Plan Es-

pecial y la ordenación pormenorizada, analizando las infraestructuras existentes, la reposición de servicios afectados y la organización y gestión de la ejecución.

En tercer lugar, se definen las Normas Urbanísticas, con las condiciones particulares del uso dotacional de transporte (límites de alineación, altura, ecuación retranqueos, etc.. de las edificaciones exteriores), condiciones particulares de ventilación y climatización que aseguren el confort de los viajeros y condiciones particulares de los usos compatibles terciarios (comercial, oficinas, recreativo y de garaje-aparcamiento).

Por último, se incluyen planos de situación, ordenación y gestión del PGOUM-97 adaptados a la realidad concreta del proyecto y planos de definición geométrica del Intercambiador (plantas, alzados y secciones).

Una vez aprobados definitivamente los Planes Especiales pasan a ser normativa urbanística de obligado cumplimiento para el desarrollo de los intercambiadores y de los usos compatibles permitidos.■

The objective of the Special Plan is to make the construction of the transport interchange station viable in land use terms as an integral element in the public transport network within the municipal area of Madrid.

The Special Plan contains a justification of the solution proposed, based on the characteristics of the location in which the station will be built, and a Transport and Traffic Study, which enables the scale of the infrastructure to be decided based upon current statistical usage data and forecasts of future developments.

A second part of the report, which covered the scope and ambit of the Special Plan, detailing the project's or-

ganisation, analysed the existing infrastructure, the repositioning of affected services, and the organisation and management of the work to be carried out.

Thirdly, it defined the Urban Planning Regulations, stating the specific conditions for the use of the various means of transport (limits to alignment, height, setback, etc. for the structures above ground-level), the specific conditions for ventilation and climate control to ensure passengers' comfort and specific conditions for compatible tertiary use (commercial, offices, recreational and parking).

Finally, it includes location, organisation and management plans from the 1997 General Plan, which had

been adapted to the reality of the project and plans for the overall design of the transport interchange station (number of floors, elevation and sections).

Once the Special Plans had received final approval, their status changed to urban regulations with the development of the transport interchange stations and their permitted compatible uses must be in compliance.■



Es difícil entender el proceso de creación de Intercambiadores y sus características sin contextualizarlo en su tiempo y lugar.

## Modos de intercambio generales

*Tomás Melero,  
Ing. Caminos,  
Canales y Puertos*

Los factores que han propiciado la puesta en marcha y buen fin del Plan de Intercambiadores son diversos y complejos, pero la relación de la ciudad de Madrid con su entorno, la forma concreta en la que se resuelve el tránsito se encuentra en la base de la necesidad de estas infraestructuras.

La ciudad de Madrid es el sustrato donde se materializan los dos millones de decisiones de viaje que a diario se producen entre la capital y su región.

Los Intercambiadores, como puertas de entrada a la ciudad, son piezas clave para facilitar el desplazamiento de medio millón de usuarios cada jornada. ■

## Movilidad en la Comunidad de Madrid

### Características principales de la movilidad

Cada día laborable se producen alrededor de 10 millones de desplazamientos mecanizados en el ámbito geo-

gráfico de la Comunidad de Madrid. Casi la mitad de esta ingente cantidad de viajes recurre a los modos de transporte públicos para desplazarse.

Los viajes que se inician o se agotan en la ciudad de Madrid mantienen una primacía clara, 7 de cada 10, denotando la permanencia de un sistema metropolitano con una activa ciudad donde tienen lugar el 48% del total de viajes y una región con fuerte dependencia funcional; pues 2,2 millones, de los 5,2 que suponen los desplazamientos externos a la ciudad, tienen a Madrid capital en uno de sus extremos, con equilibrio en el reparto entre los modos público y privado en estos viajes pendulares Madrid capital-Región.

El análisis del motivo de viaje refuerza esta idea, puesto que la movilidad ligada al trabajo y el estudio se encuentra en la base de casi 8 de cada 10 de los movimientos que acoge Madrid desde su entorno territorial. Modificándose de manera significativa cuando se trata del tránsito interno a las coronas metropolitana y regional con una presencia en 54 de cada 100 viajes de factores de movilidad obligada.

### General interchange modes

It is difficult to understand the creative process of the transport interchange stations and their characteristics without placing said process in the proper context of time and place.

The factors that produced the beginning and positive conclusion of the Transport Interchange Station Plan are diverse and complex. Although, the city of Madrid's relationship with its environment and the specific way in which transport issues were resolved were the underlying reasons behind the creation of these infrastructures.

The city of Madrid is a substratum in which 2 million

travel decisions are made daily regarding journeys between the capital and its surrounding region.

Acting as the city's entry gates, the transport interchange stations are key elements that facilitate the displacement of 500,000 travellers every working day. ■

### Mobility in the Community of Madrid

#### Principle mobility characteristics

With each working day come nearly 10 million mechanised displacements in the geographical region of the



De tal forma que el sistema de transporte público debe gestionar a diario un millón de viajes de entrada o salida de la ciudad. El 43% con alguna etapa del viaje en autobús interurbano y en el 72% de los casos en viajes compuestos por más de una etapa, lo que implica resolver 350.000 trasbordos. La mejora de las condiciones de confort y calidad que representan los Intercambiadores se extiende, por ello, a un colectivo muy significativo de la población regional madrileña.



### Evolución y tendencias

Si se comparan los resultados expuestos con los obtenidos en 1996 se ve una clara evolución hacia un incremento de la movilidad en todos los ámbitos del territorio. Diariamente se realizan 3 millones de viajes más en 2006.

Los viajes externos a la ciudad de Madrid son los más dinámicos, responsables del 50% del incremento de viajes y habiéndose duplicado en ocho años; mientras que los viajes de relación de Madrid y su entorno son más dinámicos que los internos a la capital pero inferiores en el monto total.

Community of Madrid. Almost half of this enormous number of journeys is made using the public transportation system.

A clear majority of journeys are those that begin and end in the city, or seven of every ten, demonstrating a continuous metropolitan system with an active city that is the home to 48% of all trips. This number also displays the region's strong functional dependence – 2.2 million of the 5.2 million people who travel outside of the city use Madrid as one of the bases of their trips. These pendular Madrid capital-regional travels are equally distributed between public and private transport modes.

El modelo territorial en desarrollo refuerza estas tendencias presentando una importante actividad inmobiliaria residencial y empresarial en ámbitos cada vez más alejados de la ciudad central, consolidando un modelo de consumo y ocio concentrado y externo a dicha urbe e incrementando los equipamientos de alto nivel (universidades y hospitales) en el cinturón metropolitano pudiéndose hablar de un proceso de transición de área metropolitana a ciudad regional.

En el territorio autonómico la participación de los modos públicos en la movilidad pierde peso frente al privado conforme se consolida el proceso des-

An analysis of the motives behind these trips reinforces this idea, showing work- and study-related travel to be the motive behind almost eight of every ten trips that arrive to the city of Madrid from the surrounding region. This changes significantly in relation to internal transit travelling to the metropolitan and regional crowns, of which 54 of every 100 trips are attributed to factors that obligate mobility.

Because of this, the public transport system must manage 1 million incoming and outgoing Madrid city trips daily. Of this total, 43% include at least one stage on an inter-urban bus, while 72% of trips involve more than one transport mode, implying a total of 350,000

crito. Sólo en el segmento de viajes entre la ciudad de Madrid y su entorno el incremento porcentual es más elevado para el transporte público que para el vehículo privado.

Estas tendencias suponen, a nivel de Intercambiadores, el previsible mantenimiento del crecimiento sostenido de los viajes de entrada a Madrid en autobús interurbano y en competencia real con el vehículo privado, puesto que de los 700.000 nuevos viajes 370.000 optaron por los modos públicos. En paralelo, aparece una incipiente movilidad de Madrid como viaje pasante con origen y destino diametrales. ■

transfers. Therefore, the improvement of the transport interchange stations' comfort and quality conditions affects a significant part of the regional Madrid population.

### Evolution and trends

If today's results are compared to those obtained in 1996, a clear evolution towards an increase in mobility across the entire region becomes evident. In 2006, 3 million more journeys were made daily.

Travel outside of the city of Madrid is more dynamic and responsible for 50% of the journey increase, hav-

## La movilidad por corredores

El sistema de transporte de la Comunidad de Madrid se apoya, en las relaciones de la capital con el entorno, en ocho corredores principales irradiando desde la ciudad de Madrid.

Cada radio funciona de colector y, pese a un comportamiento general similar, traduce alguna singularidad, reflejo de las características del territorio que forma su cuenca alimentadora.

Para la población que reside fuera de la ciudad de Madrid, ésta sigue resultando un referente claro pero no predominante, siendo el movimiento

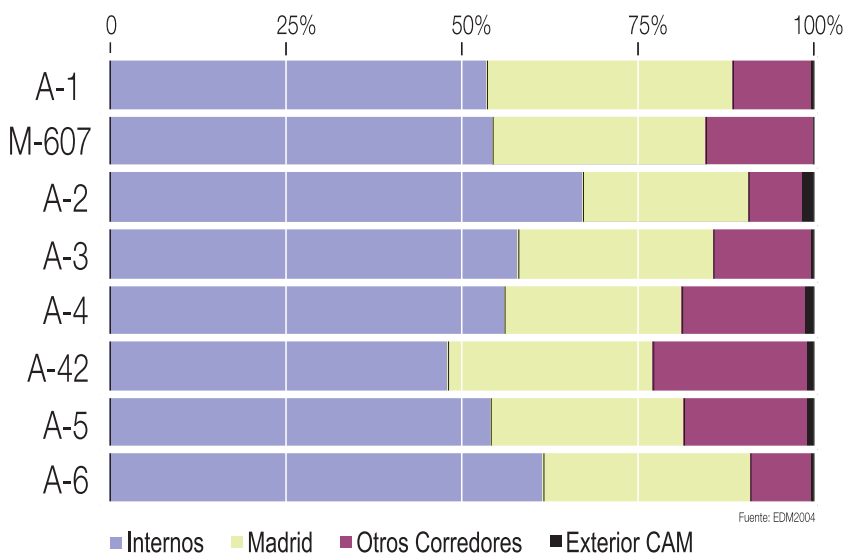
interno a cada corredor el que suma un mayor número de viajes.

Salvo en el caso de la A-1, las relaciones con Madrid representan algo menos de un tercio del total de viajes con origen en cada corredor. La proximidad de los núcleos de Alcobendas y San Sebastián puede estar en la base de esta mayor dependencia funcional con Madrid.

El corredor del Henares se muestra, sin embargo, como el más autónomo respecto de la capital pues menos de un cuarto de los movimientos tienen relación con la ciudad central. El peso de una cabecera comarcal como Alcalá de Henares y su realidad de eje industrial y logístico principal de la Comunidad de Madrid pueden justificar el dato.

En valores absolutos, el ámbito que gravita en torno a la A-6 se destaca como el más dinámico acumulando el 22% del total de viajes con Madrid.

Por su parte, la permeabilidad entre corredores y con el exterior de la Comunidad es relativamente escasa, en torno a un 14% del total de viajes res-



ing duplicated over eight years. Meanwhile the number of trips that originate in the capital and travel to surrounding areas is greater than the number of trips with opposite trajectories, though still less than the total.

The territorial model currently in development reinforces these trends, producing important residential and business property development activity in settings farther away from the central city. This strengthens a model of consumerism and concentrated leisure outside of the urban centre, increasing the number of high-level institutions (universities and hospitals) along the metropolitan belt. This slow transformation may be referred to as the metropolitan area's transition into a regional city.

In the autonomous region, the participation of public transportation in citizen mobility loses strength alongside private transport, which is the mode chosen for the majority of displacements. Only within the segment of travel between the city of Madrid and its surrounding region does public transport see a more elevated percentage increase than private transportation.

Regarding the transport interchange stations, these trends imply a foreseeable maintenance of sustainable growth in incoming city circulation via the inter-urban bus system and legitimate competition with private vehicles, given that of 700,000 new trips, 370,000 are made by public transportation. Similarly, a small fraction

of circulation uses Madrid as an intermediate point for journeys with diametric origins and destinations. ■

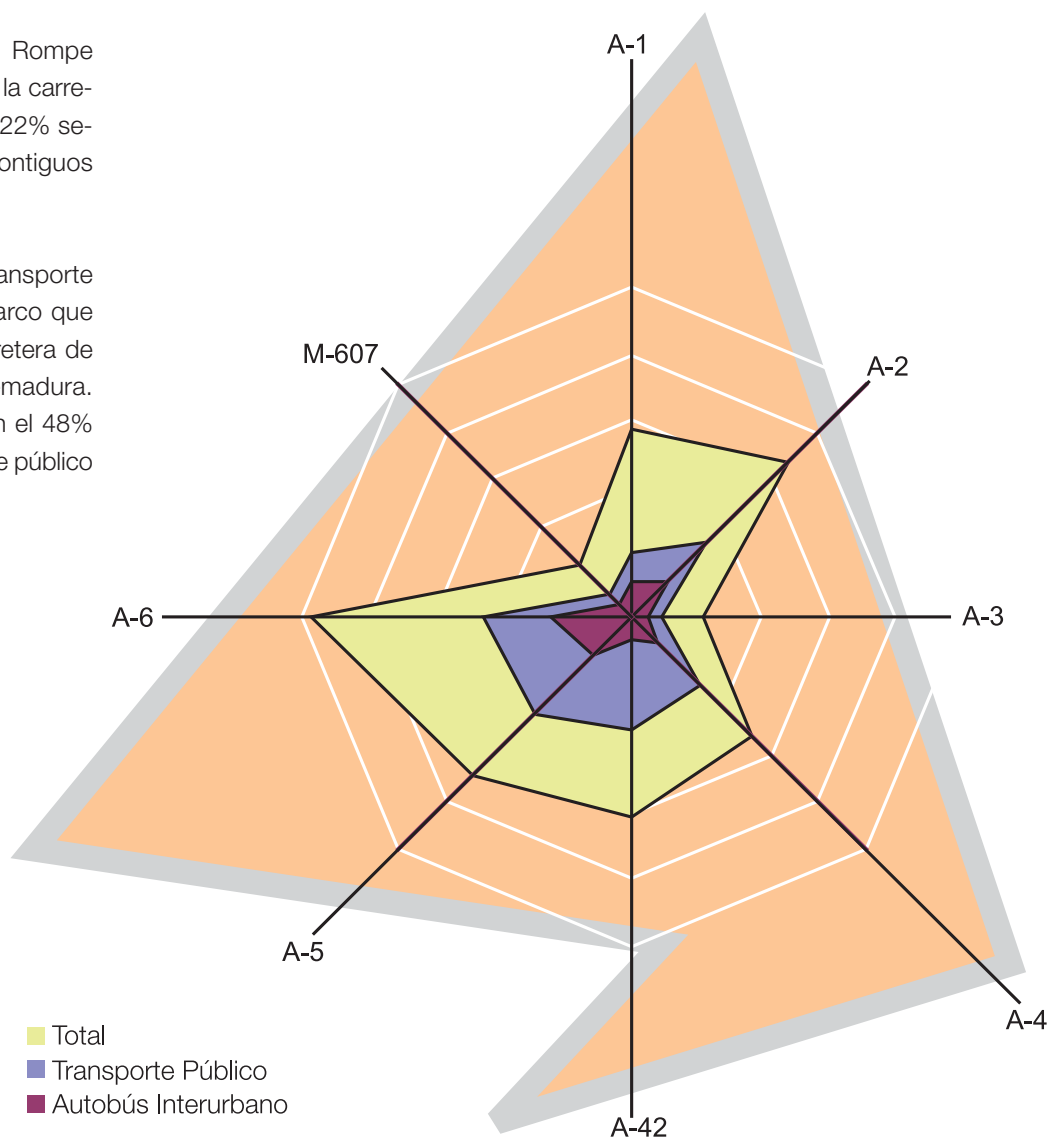
### Mobility by corridor

The Region of Madrid's transportation system is supported by the capital's relations with its surrounding region via eight principle corridors that radiate from the centre of Madrid.

Each radius acts as a manifold and, despite similar general traits, reflects a certain singularity among the characteristics of the territory that forms its feeding basin.

ponden a estas relaciones. Rompe esta tendencia el corredor de la carretera de Toledo, A-42, con un 22% seguido de sus corredores contiguos (A-4 y A-5 con casi un 18%).

El grado de utilización del transporte público es mayoritario en el arco que se extiende entre la A-4, carretera de Andalucía, y la A-5, de Extremadura. Estos tres corredores aportan el 48% del total de viajes en transporte público con Madrid. ■



For the population living outside of the city, this layout results in a clear but not overly dominant reference, as it is the internal movement of each corridor that produces the greatest number of trips.

Aside from the case of the A-1 motorway, connections related to Madrid represent slightly less than one-third of all trips that originate in each corridor. The nearby locations of urban centres Alcobendas and San Sebastian may be the cause behind Madrid's great functional dependency.

However, the Henares corridor has proven to be the most autonomous with respect to the capital – less than

one-quarter of its circulation is related to the central city. The weight of a regional home base, such as Alcalá de Henares and its role as one of the main industrial and logistical centres in the Region of Madrid may justify this fact.

In absolute values, the environment centred around the A-6 motorway stands out as the most dynamic, accumulating 22% of all journeys made in connection to Madrid.

On the one hand, permeability between the corridors and with the Community's exterior is relatively scarce, representing approximately 14% of all trips. However,

this trend is broken by the Carretera de Toledo, A-42 motorway corridor, with 22% of journeys originating from adjacent corridors (A-4 and A-5 with almost 18%).

The level of public-transport use is greatest in the arc extending between the A-4, Carretera de Andalucía and the A-5 motorway of Extremadura. These three corridors supply 48% of journeys made with Madrid public transport. ■

## La red de autobús interurbano en la Comunidad de Madrid

El sistema de líneas regulares de autobuses implantado en la Comunidad de Madrid permite obtener una amplia cobertura territorial y unos niveles de producción apropiados.

En este sentido, los datos facilitados por la Asociación Europea de Autoridades Metropolitanas de Transporte, EMTA, y manteniendo la salvaguarda de dificultad de comparación entre territorios con realidades muy dispares, describen una realidad que sitúa a la región de Madrid entre las más armónicas en relación oferta-territorio-demanda.

Son cerca de medio millón las personas que entran o dejan la ciudad de Madrid a diario a bordo de un autobús interurbano, lo que supone el 41% de los viajeros de transporte público y el 20% del total.

### La composición en etapas del viaje interurbano

De manera masiva los viajes que entran a Madrid en autobús interurbano se inician en el propio autobús, pero no finalizan sin utilizar un modo complementario.

Sólo un 3% de los viajes emplea otro modo mecanizado antes de abordar el autobús, lo que se explica por la amplia cobertura de la red en el interior de los cascos urbanos que sirve.

Esta baja participación de otro modo previo se reproduce de manera casi mimética en los ocho corredores definidos; lo que habla de la homogeneidad de esta cobertura en la totalidad del territorio.

Sin embargo, el 73% de los viajes continúan en otro modo, mayoritariamente lo hacen en Metro y en menor medida en autobús urbano.

### El papel “facilitador” de los Intercambiadores

Como se concluye de los apartados previos, la ruptura de viaje es obligada en la mayoría de los desplazamientos en transporte público desde la región a Madrid.

El desembarco y posterior inicio de una etapa en otro modo para completar la cadena de viaje de origen a destino supone, a priori, una penalización.

#### The inter-urban bus network in the Community of Madrid

The normalised system of public bus lines implemented in the Community of Madrid allows for wide territorial coverage and appropriate production levels.

In this sense, the information provided by the EMTA (European Metropolitan Transport Authorities), acknowledging the difficulty in comparing territories that may be very different, describes a situation that characterises the Madrid region as one of the most harmonious regarding the relationship between offer-territory-demand.

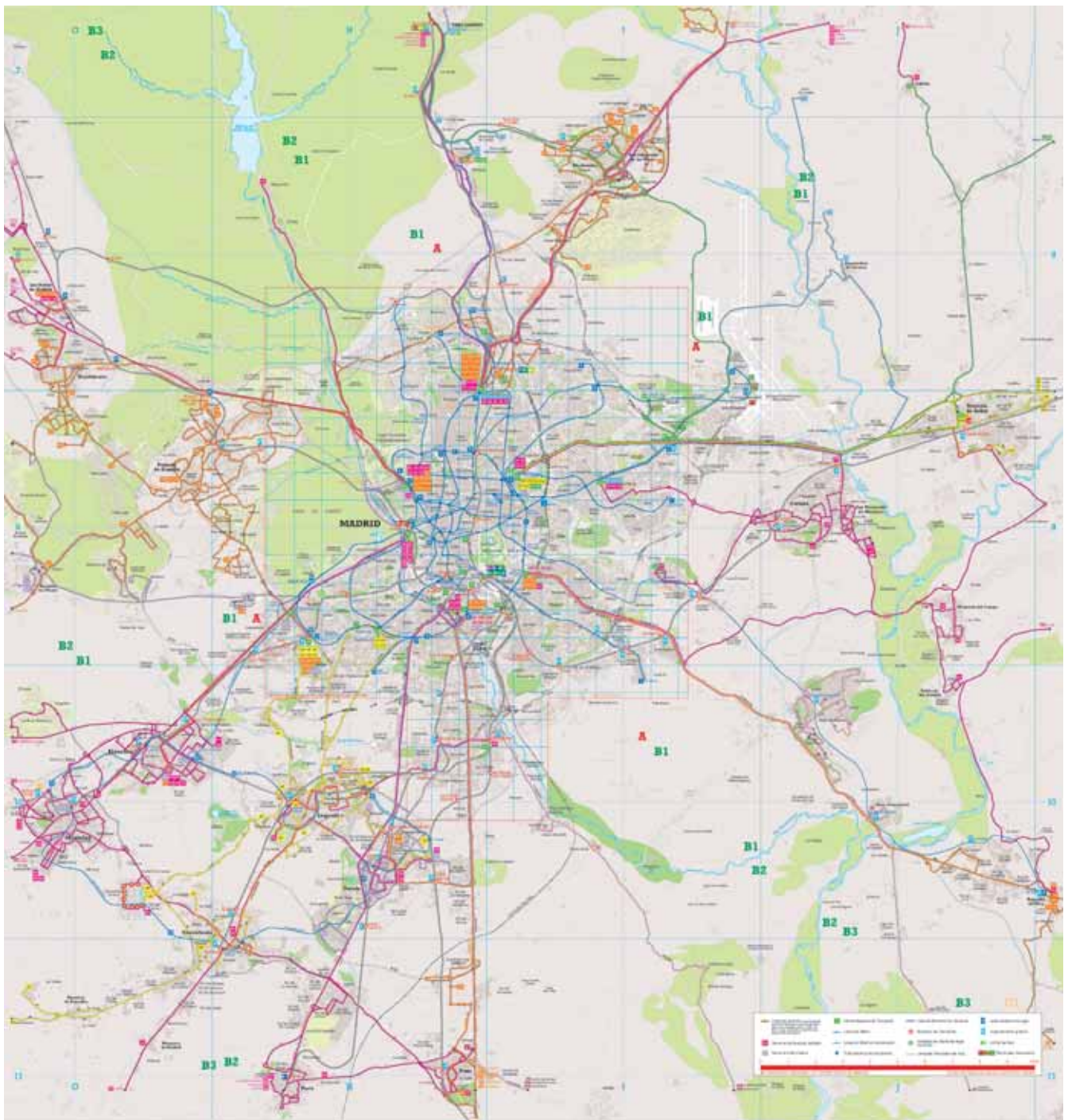
Nearly 500,000 people enter and leave the city of Madrid daily via inter-urban bus, a figure that represents

41% of all public-transport passengers and 20% of all travellers in general.

#### The composition of inter-urban travel in stages

A large number of passengers who enter Madrid via inter-urban bus initiate their trips on that same line, although they may not finalise their travels without switching to a complementary mode of public transport.

Only 3% of trips involve another mechanised form of transport before boarding the bus, a figure due to the network's wide coverage within the urban shells in which it operates.



The low participation rate of other public transport modes is identical across all eight corridors, which speaks to the homogeneity of the network's coverage across the entire territory.

However, 73% of journeys continue to be made with other transport modes, principally via Metro and, to a lesser degree, urban bus.

#### The transport interchange stations' role as "facilitator"

As may be concluded from the previous sections, the majority of public transport displacements originating in the Madrid region oblige a rupture in travel.

The departure and later beginning of a new journey-stage in a different mode of transportation in order to complete the chain of travel from origin to destination implies, a priori, a time penalisation.

The conditions in which the change of transport mode takes place directly influence the perceived quality of the public transportation system in its entirety.

The transport interchange stations take into account the physical and psychological elements of transfers to reduce their negative effects and strengthen their potential. Among other aspects, the following are considered essential:

- Short, direct and intuitive pedestrian walkways with staggered, accessible and complete information that is accurate regarding both the interchange station and the transport system.
- Organised, illuminated, and acclimatised waiting and transit areas that have assured air quality.
- Information, restroom and commercial services that add value to transit time.
- Concentration of various transportation lines and modes, multiplying the user's mobility options.



Las condiciones en las que se desarrolle el cambio de modo inciden de forma decisiva en la calidad percibida del sistema de transporte público en su conjunto.

Los intercambiadores consideran los aspectos físicos y psicológicos del trasbordo a fin de reducir sus efectos negativos y potenciar las oportunidades. Entre otros aspectos se han considerado esenciales:

- Recorridos peatonales cortos, directos e intuitivos con información escalonada, accesible, completa y veraz tanto del Intercambiador como del sistema de transporte.
- Espacios de tránsito y estanciales ordenados, iluminados, climatizados y con calidad de aire asegurada.
- Servicios de información, aseo o comerciales para poner en valor el tiempo de tránsito.
- Concentración de líneas de los distintos modos de transporte con efecto multiplicador en las opciones de movilidad del usuario.

En definitiva, un Intercambiador de transporte minimiza las distancias de

trasmobido y procura un viajero orientado, que se siente seguro y con alternativas para aprovechar los tiempos de espera.

### Expectativas de mejora en el intercambio.

Cada Intercambiador adapta de manera propia los objetivos de mejora de las condiciones en las que se produce el cambio de modo.

Analizando de Norte a Sur y en sentido horario, la presencia del Intercambiador de Plaza de Castilla mejora la accesibilidad norte estableciendo un túnel exclusivo de autobuses desde el Paseo de la Castellana; segregando el tráfico en el congestionado último kilómetro de entrada a Madrid.

La concentración de líneas de autobuses interurbanos del entorno de Plaza de Castilla y la reducción de las distancias de trasbordo son aspectos esenciales que resolvió el Intercambiador ejecutado en 1992.

Sin embargo, la ubicación a intemperie, la disposición de cruces a nivel entre

In conclusion, a transport interchange station minimises transfer distances and ensures that a traveller feels oriented and safe, and with alternatives that permit him to benefit from his waiting time.

### Prospects for interchange improvement

Each transport interchange station has its own way of adapting to the improvement objectives for the conditions in which modal changes take place.

Analysing from north to south and according to schedule, the Plaza de Castilla transport interchange station improves northern accessibility by establishing a tunnel

exclusively for buses coming from the Paseo de la Castellana. This segregates traffic in the congested final kilometre in Madrid's entrance.

The concentration of inter-urban bus lines in the Plaza de Castilla region and the reduction of transfer distances are essential aspects that were resolved by the transport interchange station, built in 1992.

However, the open location, the regulation of intersections between pedestrians and buses, the saturation of the Metro vestibule and scarce maintenance are elements that reduce its effectiveness.



peatones y autobuses, la saturación del vestíbulo de Metro y el escaso mantenimiento son factores que reducen su eficacia.

Desde el punto de vista de la movilidad, el Intercambiador de Plaza Elíptica supone una reordenación sustancial del autobús interurbano en el corredor, que es donde este modo manifiesta un menor peso relativo.

Se concentran las cabeceras de Oporto, Atocha y Embajadores con conexión de Metro.

From this mobility point of view, the Plaza Elíptica transport interchange supposes a substantial reorganisation of the inter-urban bus network within the corridor, which is where this mode is relatively less important.

The Oporto, Atocha and Embajadores exchange points are concentrated around Metro connections.

Similar to Plaza de Castilla, Príncipe Pío had resolved the proximity issues of its connections with the Metro and suburban railway network, although it overlooked the provision of adequate quality conditions for connections.

Príncipe Pío, en un caso similar al de Plaza de Castilla, había resuelto, en términos de proximidad, las conexiones con Metro y Cercanías, pero adolecía de un tratamiento adecuado a los factores de calidad de las conexiones.

Por último, la ampliación de Moncloa da respuesta a la infracapacidad del módulo actual, mejorando la accesibilidad y condiciones de intercambio, degradadas por la insuficiencia de espacio y la necesidad de ubicar terminales de autobuses en la superficie. ■

Finally, the amplification of Moncloa will resolve the current module's incapacity, improving accessibility and interchange conditions, which previously suffered from insufficient space and the need to locate bus terminals on the surface. ■



El fomento del Transporte Público es una de las principales obligaciones de la Comunidad

de Madrid y del Consorcio de Transportes de Madrid para lograr que las ciudades sean habitables, evitando en todo momento, la saturación de vehículos privados.

## Entorno urbanístico: mejoras del entorno e impactos

Susana López, Arquitecta

El primer paso es prever los espacios necesarios para las dotaciones de transporte a través de los instrumentos de planeamiento urbanístico, especialmente de los elementos estructurantes de la ordenación de la ciudad como son los espacios destinados a transporte aéreo, ferroviario, de mercancías e intercambiadores de transportes.

Acertar con la mejor localización de las infraestructuras es fundamental para realizar con éxito la planificación de la trama urbana.

El Plan General de Ordenación Urbana de Madrid de 1985 (P.G.O.U.M) ya definía los Intercambiadores de Transportes como “áreas destinadas a facilitar de forma permanente un intercambio de

pasajeros entre diferentes medios de transporte” y preveía la ubicación de los mismos en los accesos al centro de la ciudad a través las seis principales carreteras radiales, al objeto de evitar que los autobuses interurbanos interfiriesen con el tráfico rodado del centro de la ciudad, mejorando los tiempos de recorrido y el enlace con la red de Metro.

En 1985 se crea el Consorcio Regional de Transportes de Madrid, administración única para la gestión del Transporte en la región de Madrid, que tiene delegadas las competencias de la Comunidad de Madrid y de los Ayuntamientos en esta materia, y se ocupa de la planificación de los servicios e infraestructuras, del marco tarifario y de la información e imagen del transporte público.

Desde esta fecha, el desarrollo de las infraestructuras de transporte en Madrid ha ido en progresión geométrica, impulsado por políticas de desarrollo e inversión promovidas por los dos principales partidos que han gobernado en el Ayuntamiento de Madrid y en la Comunidad Madrid.

## Planeamiento Urbanístico

The urban environment: Environmental improvements and impacts

### Urban Planning

The consolidation of the public transportation system is one of the principle obligations of Madrid Regional Government and Madrid Transport Authority in their attempts to create more hospitable cities, avoiding at all costs the saturation of private vehicles.

The first step is to anticipate the amount of space necessary for transport installations by using urban-planning instruments. This is especially the case when planning structures that will create an organisational

framework for the city, such as the space set aside for air transport, railways, and the transport system's interchange stations and commercial areas.

It is fundamental to obtain an optimal location for these infrastructures in order to achieve a successful urban weave.

The 1985 P.G.O.U.M. (Plan General de Ordenación Urbana de Madrid – Madrid General Plan for Urban Distribution), already defined transport interchange stations as “areas whose permanent purpose is to facilitate the interchange of passengers between various modes of transportation,” and anticipated that they would be located in the city's centre, along Madrid's six

main arterial roads. According to the plan, this would avoid interference between the inter-urban buses and central city traffic, improving travel times and connections with the Metro network.

In 1985 the Madrid Transport Authority was created as the only administration to manage the public transportation system within the Region of Madrid. It is responsible for service and infrastructure planning, pricing framework, and the image of and information about the public transportation system.

From this date forward, the infrastructural development of Madrid's transport system has progressed geometrically, driven by development and investment policies



De 1986 a 1993 se desarrollan los intercambiadores de transportes de primera generación en espacios exteriores. En 1995 se inaugura en Moncloa el primer intercambiador de segunda generación, subterráneo y construido con dinero público.

En este mismo año, se cierra el anillo formado por la línea 6 de Metro que enlaza la red de Metro, de crecimiento radial hasta la fecha, con las principales estaciones de cercanías, y los accesos de carreteras a Madrid, como es el caso de la A-6 en Moncloa, donde se ubica el Intercambiador.

En 2000 se inaugura el Intercambiador subterráneo de Avenida de América, de tercera generación, construido con dinero privado por medio de un sistema de concesión.

El Plan General de Ordenación Urbana de Madrid, aprobado en 1997, reserva en sus planos de ordenación y gestión, los espacios necesarios en los accesos a la ciudad, para la construcción de ocho Intercambiadores de Transportes



(Conde de Casal, Plaza Elíptica, Príncipe Pío, Moncloa, Chamartín, Plaza de Castilla, Av. de América y Legazpi).

Los Intercambiadores están calificados como uso dotacional para el Transporte, es decir, “espacios sobre los que se desarrollan los movimientos de personas y los vehículos de transporte colectivo y de mercancías, así como los que permiten la permanencia de éstos estacionados, o aquéllos en que se produzcan operaciones de rotura de carga y otras labores auxiliares”

En las Normas Urbanísticas del PGOUM-97 se especifica, en la sección 4ª del capítulo 7.15, que la implantación y desarrollo de los Intercambiadores se realizará mediante la previa redacción y aprobación de un Plan Especial para determinar las condiciones de edificación y el régimen de usos. (Cap. IV del PGOUM-97). ■

that were promoted by the two main political parties to have governed Madrid City Council and the Region of Madrid.

From 1986 to 1993, the first generation of transport interchange stations were developed in outdoor spaces. In 1995 Moncloa was inaugurated as the first second-generation underground transport interchange station built with public money.

This same year also saw the completion of the ring formed by the Metro line 6, which, to this date, connects the underground rail network with the principle suburban railway network stations and the Madrid highway entrances. This is the case with the A6 mo-

torway in Moncloa, where the interchange station is located.

The inauguration of underground transport interchange station Avenida de América took place in 2000, representing the first third-generation interchange station built with private money and through a concessionary system.

The Madrid General Plan for Urban Distribution, approved in 1997, reserved among its management and distribution plans, the necessary space in the city's entrances to build eight transport interchange stations (Conde de Casal, Plaza Elíptica, Príncipe Pío, Moncloa, Chamartín, Plaza de Castilla, Av. América and Legazpi).

These interchange stations were characterised as additional support for the transportation system. In other words, “spaces around which people and transport vehicles (both passenger- and freight-carrying) may circulate, rest and perform chain-breaking operations, such as cargo loading and unloading, and other labours.

The Urban Regulations of P.G.O.U.M.-97 specify in Section 4 of Chapter 7.15 that the implementation and development of transport interchange stations should be executed following a preliminary report and approval of a Special Plan that determines the building conditions and hours of use. (Chpt. IV of P.G.O.U.M.-97). ■

## Mejoras e impactos en el entorno

La construcción en un plazo de tres años de cuatro Intercambiadores en los principales accesos a Madrid (Carreteras de Burgos, Toledo, Andalucía y La Coruña), ha producido sin duda, una afección notable a la ciudad, afección negativa durante la ejecución de las obras y positiva a su término.

La afección de los Intercambiadores se traduce principalmente en una mejora del entorno urbano, al retirar de la superficie un gran número de autobuses interurbanos y de vehículos privados, puesto que se incentiva el uso del transporte público mejorando el intercambio y los tiempos de desplazamiento.

La búsqueda del emplazamiento idóneo, en los accesos principales de la ciudad, coincidiendo con el anillo formado por la línea 6 de Metro, siempre intentando acortar los tiempos de desplazamiento del viajero, ha llevado a actuar en zonas de la ciudad ya consolidadas, y por tanto con poco espacio libre en superficie.

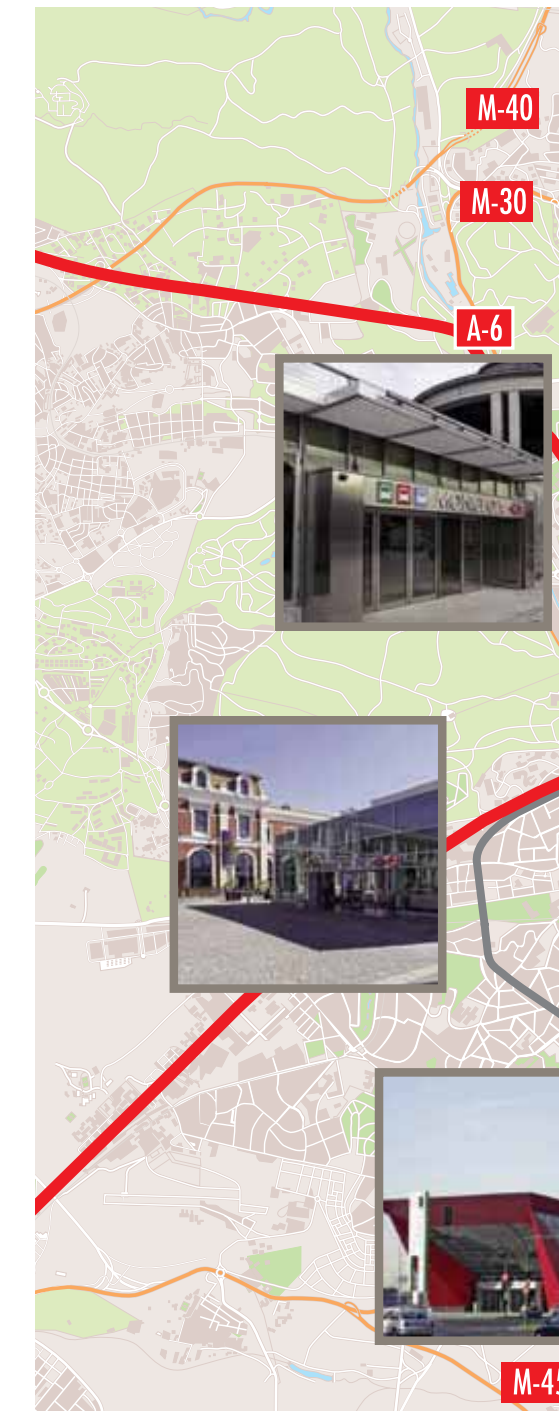
Aunque cada una de las actuaciones ha tenido condicionantes diferentes, que se han estudiado en el desarrollo de los Planes Especiales de Implantación de los Intercambiadores, los elementos urbanísticos comunes a tener en cuenta en la redacción de los proyectos han sido:

### Environmental Improvements and impacts

The construction of four transport interchange stations within three years in Madrid's principle entrances (Carreteras de Burgos, Toledo, Andalucía and La Coruña)

undoubtedly produced a noteworthy effect on the city – a negative effect during the construction, and a positive one following its completion.

The effectiveness of the transport interchange stations principally translated to an improvement in the urban environment, achieved by retiring a large number of



■ Ubicación en el cruce de carreteras principales de acceso a la ciudad con la línea 6 de Metro.

inter-urban buses and private vehicles from the streets by creating incentives for the use of public transport with improved interchanges and reductions in travel time.

The search for ideal locations for the transport interchange stations along Madrid's principle entrances (lo-



■ Construcción subterránea por falta de espacio en superficie y para favorecer el enlace directo del viajero con Metro.

■ Respeto al entorno urbano donde se ubica la edificación, minorando las molestias por ruido o contaminación.

■ Creación de espacios públicos de encuentro en los principales nodos de transporte urbano.

ations that coincided with the ring formed by Metro line 6 and reduced passengers' travel time) brought construction to city zones that were already quite consolidated and with little open surface space.

Although each of the construction sites had different conditioning factors that were studied in the develop-

ment of the Special Plans for Implementation of the transport interchange stations, the universal urban factors taken into account for each project were:

- Location in the intersection of the city's principle access motorways and the Metro line 6.
- Underground construction due to a lack of surface

space and to facilitate passengers' direct connections to the Metro.

- Reduction of inconvenient noise and pollution produced by the construction in its respective urban environment.
- Creation of public meeting spaces in the principle urban transport nodes.

## Intercambiador de Plaza Elíptica

Su emplazamiento y forma vienen determinados y limitados por el paso subterráneo de la A-42, las líneas 6 y 11 de Metro y el Parque Emperatriz María de Austria, límites de los que ha resultado una forma triangular en planta muy peculiar.

Se ha desarrollado en tres plantas bajo rasante, accediendo al nivel -1 desde

Vía Lusitana, al nivel -2 desde la carretera de Toledo A-42, produciéndose el enlace con Metro en el nivel -3.

La actuación pretende evitar que los autobuses interurbanos que hasta ahora accedían hasta el centro de la ciudad, en el entorno de la estación de Atocha, se queden antes, en la Plaza de Fernández Ladreda o Plaza Elíptica, enlazando los viajeros directamente con la línea 6 de Metro para acceder al centro de la ciudad y despejando el tráfico en las calles centrales.



Plano de ajardinamiento del entorno del Intercambiador de Plaza Elíptica  
Landscaping plan for the entrance of the Plaza Elíptica transport interchange station

### Plaza Elíptica transport interchange station

This station's location and shape were determined and limited by the underground routes of the A-42 motorway, Metro lines 6 and 11, and by the Emperatriz María de Austria Park, giving the station a peculiar, triangular shape.

The station developed in three sloping levels, offering access to level -1 from Vía Lusitana, to level -2 from the Carretera de Toledo A-42 and to level-3 from a connection with the Metro.

The motive behind the station's construction was to keep the inter-urban buses from accessing the centre of the city via Atocha, the Plaza de Fernández Ladreda



and the Plaza Elíptica, as they had done in the past. With his transport interchange station, passengers transfer directly to Metro line 6 to access the city centre. This avoids traffic in central city streets.

The construction of this transport interchange station had a great impact on the environment throughout



La construcción de este Intercambiador, durante el desarrollo de las obras, ha producido un impacto ambiental importante al ocupar parte del Parque (un 2% del total de la superficie del mismo).

Esta afección ha sido paliada, siguiendo las instrucciones del Departamento de Parques y Jardines del Ayuntamiento de Madrid, reponiendo la misma superficie de zona verde y plaza

pública sobre el Intercambiador, depositando cerca de 5.000 árboles nuevos en los viveros del Ayuntamiento, y dotando al Parque, a petición de los vecinos, de un circuito biosaludable, un arboreto y zonas de mayores. El edificio de acceso al Intercambiador, situado en la entrada del Parque María de Austria, se ha diseñado como un elemento urbano de referencia y encuentro, situado en un entorno nuevo de estancia y paseo, en una plaza pública integrada en uno de los principales parques de Madrid. ■



building development due to its park location (2% of the Park's total surface area). This effect was mitigated according to the instructions of the Madrid City Hall Department of Parks and Gardens, which demanded the replacement of the same green surface and public plaza above the interchange station, the planting of approximately 5,000 new trees in the City Hall nurseries



and, upon neighbours' requests, the installation of a jogging/walking circuit, a tree-filled area and zones for the elderly within the Park.

The transport interchange station's access building, located at the entrance to the María de Austria Park, was designed to be an urban element of reference and a meeting place. The building is surrounded by a new environment for rest and leisure activities within a public plaza that has been integrated into one of Madrid's main parks. ■

## Intercambiador de Príncipe Pío



Esta actuación supone incorporar al Intercambiador existente Cercanías – Metro, otro medio de transporte, los autobuses interurbanos. Todo ello, en un entorno urbanístico históricamente relevante, delante de una de las estaciones de tren más representativas de la ciudad y en la plaza donde se ubica la puerta de San Vicente, siendo ambos edificios Bienes de interés Cultural y elementos urbanos de referencia en la ciudad.

La actuación en este entorno histórico ha mejorado el espacio urbano al retirar un gran número de autobuses de la superficie, favoreciendo el enlace directo subterráneo desde los nuevos túneles de la M-30 y acortando de forma notable los tiempos, al evitar la circulación de los autobuses en el entorno de la plaza, con sus correspondientes retenciones semafóricas y de tráfico en hora punta.



### Príncipe Pío transport interchange station

The construction of this station was meant to round off the existing interchange between the suburban railway network and the Metro with another mode of transport: the inter-urban bus network. This was completed in a historically relevant urban environment, facing the city's most representative historical railway station and in the plaza in which the Puerta de San Vicente is located. Both structures are of great cultural interest and represent urban points of reference in the city.

The construction within this historical environment improved the urban space by retiring a large number of buses from the streets, facilitating the direct, underground access of the new M-30 motorway tunnels and

noticeably reducing travel time as there was less public-bus circulation within the plaza to cause traffic-light congestion and rush-hour traffic.

The new entrances to the transport interchange station and the exterior ventilation elements have revolutionised the public plaza facing the historical train station with the addition of glass structures and low-standing stone elements that act as benches within the plaza.

Following the wishes of the Directorate General for Heritage Conservation of the Regional Government, the changes made were discrete. The new inter-

Los nuevos accesos al Intercambiador y los elementos exteriores de ventilación, se han integrado en una nueva plaza pública frente al edificio histórico de la estación de tren, con edificaciones de cristal y elementos pétreos de baja altura que funcionan a modo de bancos en la propia plaza.

Se trata de una actuación discreta, siguiendo las directrices de la Dirección de Patrimonio de la Comunidad de Madrid, adaptada al conjunto histórico en que se ubica, creando un espacio de reunión, de foro público, una plaza de estancia con la fachada de la estación como telón de fondo. ■



change station adapted to the historical context of its environment, creating a meeting space, public forum and plaza with the station as its backdrop. ■



## Intercambiador de Plaza de Castilla

En 1992 el Ayuntamiento de Madrid inauguró en Plaza de Castilla el Intercambiador de autobuses exterior, en el acceso a Plaza de Castilla desde las carreteras de Burgos y Colmenar, junto a la boca de Metro de línea 1.

Este emplazamiento mejoró los tiempos de recorrido de las líneas interurbanas del Norte y los tiempos de intercambio de los viajeros con Metro. Sin embargo produce interferencias con el tráfico de entrada y salida en horas punta al producirse las entradas

y las salidas de forma perpendicular al tráfico, y su capacidad se ha saturado debido al incremento de la demanda.

El nuevo Intercambiador con planta en forma de T, se ubica bajo la Avenida de Asturias, una de las calles que desemboca en la Plaza de Castilla, y bajo la calle San Aquilino. Se desarrolla en tres plantas bajo rasante hasta su conexión con las líneas 1, 9 y 10 de Metro.

Los accesos y salidas de autobuses se realizan por medio de túneles, cuyas embocaduras se han alejado de la Plaza aproximadamente 1 km, aliviando los problemas de interferencia con el tráfico rodado de salida y entrada de la ciudad, hacia el Norte.

La Terminal en superficie, liberada de líneas interurbanas, se ha remodelado para su utilización por líneas urbanas, con terminales actualmente situadas en la propia plaza. Esta actuación ha permitido, sin duda, mejorar el tráfico rodado en la plaza, además de incrementar la anchura de las aceras perimetrales.

Los elementos exteriores del Intercambiador como accesos, salidas de emer-



Plaza de Castilla transport interchange station

The exterior bus terminal in the Plaza de Castilla was inaugurated in 1992 by Madrid City Council, in the plaza's entrance from the Carreteras de Burgos and Colmenar, next to Metro lines 1, 9 and 10.

This location improved the travel times of the interurban bus lines coming from the north, as well as the interchange times of Metro passengers. However, interference between incoming and outgoing traffic arose during rush hour due to the terminal's perpendicular location in relation to circulating traffic, and the increasing demand that saturated its capacity.

The new T-shaped interchange station was located below the Avenida de Asturias, one of the streets that opens into the Plaza de Castilla, and below the Calle San Aquilino. It developed in three levels that sloped downwards until connecting with Metro lines 1, 9 and 10.

Bus entrances and departures were performed through tunnels, whose entrances were located approximately 1 km from the plaza, alleviating interference problems with the traffic surrounding the city's northern access roads.





gencia, lucernarios, edificios de instalaciones, ventilaciones, se han llevado siempre fuera de la Plaza, hacia la Avenida de Asturias, la Calle San Aquilino o detrás de las Torres Kio.

Todas las actuaciones se han orientado a mejorar en lo posible, el entorno urbanístico de la Plaza de Castilla y facilitar su completa remodelación, eliminando parte de la circulación de autobuses de la superficie y del entorno de la plaza e incrementando el área de espacios peatonales. ■



All reformations are an attempt to improve the Plaza de Castilla urban environment as much as possible, facilitating a complete renovation. Part of this process has been the elimination of public bus circulation both on the streets and within the plaza, as well as the amplification of pedestrian spaces. ■

The surface terminal, free from the inter-urban lines, has been remodelled for urban-bus use with terminals presently located in the Plaza. This renovation has improved the plaza's traffic and increase the width of the surrounding sidewalks.

The transport interchange station's exterior elements, such as entrances, emergency exits, fanlights, building installations and ventilation systems have always been located outside the plaza, towards the Avenida de Asturias, the Calle San Aquilino or behind the Kio Towers.

## Intercambiador de Moncloa

El antiguo Intercambiador de Moncloa se inauguró en el año 1995. Debido a su completa saturación y al crecimiento de la demanda en el corredor de la carretera A-6 se contempló en el Plan de Intercambiadores su ampliación bajo la isla del Arco de Triunfo.



La ubicación en el centro de la ciudad, en una zona de intenso tráfico en hora punta, en un entorno urbanístico monumental entre el Arco de Triunfo, el edificio de la Junta de Distrito y el Cuartel del Aire, lindando con el Parque del Oeste y las zonas verdes de la Universidad Complutense, ha condicionado tanto las obras, que se han realizado con el máximo cuidado para minorar los posibles impactos, como el diseño y ubicación de los elementos exteriores.

Siguiendo pautas de discreción, se han integrado en la pavimentación de la isla del Arco elementos como lucernarios, ventilaciones, escaleras de emergencia y rejillas de toma de aire. En lo posible enrasados o al menos con formas geométricas sencillas y



### Moncloa transport interchange station

The old Moncloa transport interchange station was inaugurated in 1995. Due to the station's complete saturation and the growth in demand within the A-6 motorway corridor, the Transport Interchange Station Plan anticipates its expansion below the Arco de la Victoria (Arch of Victory) island.

The station's location in the city's centre, in a zone of intense traffic during rush hour and a monumental urban environment between the Arco de la Victoria (Arch of Victory), the District City Hall and the Air Force Headquarters, bordering the Park del Oeste and the green zones of the Complutense University, has influenced both the construction, which has been done with ex-

treme caution to minimise potential impacts, and the design and location of the exterior elements.

Following discretionary guidelines, builders have integrated elements such as fan lights, ventilation units, emergency exit stairways and air grilles within the paved square that constitutes the Arch's island. These additions were made as inconspicuous as possible, with simple geometrical shapes and materials that adapted to the environment in order to keep the general-interest monument at the centre of attention.

The use of vertical ventilation elements was avoided at all costs in the green zones adjacent to the Park del



materiales adaptados al entorno, para no quitar protagonismo a este monumento protegido.

Se ha evitado a toda costa elevar elementos verticales de ventilación en las zonas verdes adyacentes del Parque del Oeste y de la Universidad Complutense, integrando únicamente, las imprescindibles salidas de emergencia con el mobiliario urbano existente.

El edificio de acceso actual se amplía hacia Paseo de Moret para ubicar parte de las instalaciones, sin alterar su ima-

gen, como parte del basamento de granito de la plaza ubicada frente al Ministerio del Aire.

La actuación más destacada, en cuanto a una nueva configuración del entorno urbanístico de Moncloa, es el nuevo edificio de acceso, situado frente a la Junta de Distrito, en cuya cubierta se ha creado una plaza pública.

Como en el resto de las actuaciones, se han empleado los materiales predominantes en la zona: concretamente, el

granito en solados y paramentos verticales, aligerados con elementos verdes y barandillas ligeras.

Se agranda y mejora el espacio peatonal, creando una plaza en dos niveles: la plataforma existente frente al edificio de la Junta como zona de paso y vestíbulo de acceso tanto a este edificio como al intercambiador a través de dos ascensores, y la nueva plataforma o cubierta del Intercambiador, como zona de estancia asomada al Norte de la ciudad, hacia la sierra, a modo de "mirador". ■

Oeste and the Complutense University, integrating only the necessary emergency exits within the existing urban layout.

The current access building was expanded towards the Paseo de Moret, inconspicuously transforming a portion of the installation into part of the granite base of the plaza facing the Ministry of Air Force.

The most noteworthy reformation in relation to a new configuration of Moncloa's urban environment is the new access building located across from the District City Hall. A public plaza was built above this new addition.

As with the other construction, the zone's already existing predominant materials were used: specifically, granite paving and walls balanced with green elements and small, light handrails.

Pedestrian space was amplified and improved, creating a two-level plaza. The existing platform in front of the District City Hall became a walking zone and an access vestibule to the building and the interchange station via two elevators. The new platform (or interchange station cover) became a pedestrian standing zone that faces northwards towards the mountains, as a "lookout station." ■



## La financiación de los intercambiadores del Consorcio de Transportes de Madrid

*Jesús Rodríguez Molina,  
Ing. de Caminos,  
Canales y Puertos*

Financing of the Madrid Transport Board's transport interchange stations

Los intercambiadores de transportes constituyen unas infraestructuras muy importantes para el buen funcionamiento del Sistema de Transporte Público, especialmente cuando el tamaño de las ciudades complica las relaciones directas con un sólo modo de transporte y mucho más cuando se trata de Áreas Metropolitanas con múltiples modos de transportes que obligan a realizar intercambios en una gran proporción de los viajes.

Si la gran ventaja del viaje en vehículo privado es la posibilidad de realizar un viaje de origen a destino sin ningún trasbordo y el gran inconveniente es, en los periodos punta, la gran duración de muchos viajes, especialmente los que tienen origen o destino en las zonas más centrales de las grandes ciudades, en el transporte público se produce una situación inversa. En los modos ferroviarios se pueden conseguir tiempos de viaje muy reducidos y, cuando hay grandes volúmenes de demanda, los tiempos de espera son muy pequeños, por debajo de los dos minutos en muchas líneas; pero, obligan en muchos viajes al intercambio entre diferentes modos.

The transport interchange stations are essential infrastructures for the good working order of the Public Transportation System, especially when a city's size complicates direct relations with a single mode of transport. Their importance is further emphasised in Metropolitan Areas with multiple modes of transport that require interchanges for a large proportion of journeys.

If the greatest advantage of travelling in a private vehicle is the possibility of making a journey from origin to destination without a single transfer, and the greatest disadvantage of said travel is the long duration of journeys made during rush hour or in the city's most central

El intercambiador de transportes vendría a significar una infraestructura que minimiza los inconvenientes que se producen cuando hay que realizar una ruptura del viaje y así disminuir las dificultades y atraer a más usuarios al transporte colectivo, teniendo en cuenta que en una de las etapas que realizan, el intercambio puede ser en vehículo privado.

Los problemas que normalmente se producen con la ruptura del viaje son:

- A desplazamientos en horizontal y/o vertical para enlazar modos de transportes.
- B disponer de los títulos de transportes necesarios.
- C conocer la localización del modo de transporte con el que hay que conectar o el servicio que se desea utilizar.
- D disponer de zonas de espera del siguiente modo con suficiente protección climática y comodidad.
- E otros servicios complementarios: aparcamiento, locales comerciales, etc.

zones, public transportation offers an inverse situation. On the railway networks, passengers experience extremely reduced journey times and, in the case of heavy demand volume, waiting times are very small – under two minutes for many lines. However, passengers are often required to change from one transport mode to another during their journeys.

The transport interchange station would eventually become a significant infrastructure that minimises the inconveniences produced by journey breaks, reducing the difficulties of attracting more public transport users, keeping in mind that the interchanges for some journeys stages can be made in private vehicles.

Cómo se resuelven estos problemas en un buen intercambiador, dotado de buenos accesos, como túneles específicos para autobuses, mejor unidireccionales, y que ofrezcan buena solución a los problemas descritos, es lo que se desarrolla a continuación:

En primer lugar, hay que conseguir la menor distancia entre los andenes o dársenas de los diferentes modos de transportes, tanto en planta como en alzado.

Unas veces se consigue mediante andenes centrales que tienen a uno y otro lado líneas diferentes que utilizan muchos viajeros que intercambian entre sí.

Otras veces, construyendo estaciones de autobuses subterráneas que además de conectar, mediante túneles exclusivos para autobuses, ahorrando tiempo a los usuarios y costes a los empresarios, sitúan las dársenas muy próximas entre sí y muy cerca de los andenes de las líneas ferroviarias.

En cualquier caso, cuando se han acercado al máximo, hay que dotar de medios mecánicos para facilitar la co-



nexión, ascensores, escaleras, rampas o tapices rodantes.

En segundo lugar, otro intento de solución del problema puede ser, de una parte que los usuarios recurrentes dispongan de billetes multimodales o, mejor aún, de otros títulos como abonos de transportes multivajes, utilizables en todos los modos correspondientes; y por otra para los usuarios esporádicos puede aliviarse el problema, disponiendo de taquillas y máquinas automáticas en número suficiente para evitar las colas y demoras que a veces pueden producirse.

En tercer lugar, hay que dotar al intercambiador de un buen sistema de información, mediante la señalética adecuada, con códigos de colores que faciliten la orientación de los diferentes flujos y la confirmación que asegure que se está realizando el recorrido correcto hacia el objetivo deseado: nivel, andén, dársena, taquilla, consigna de equipajes, oficina de información, etc.

En cuarto lugar, hay que dotar el intercambiador con zonas de espera agradables, protegidas de las inclemencias del tiempo, dotadas con butacas cómodas, buena iluminación, mejor con lucer-

The problems normally produced by breaks in journeys are:

- a) Horizontal and/or vertical displacements to connect transport modes.
- b) Provide the necessary transportation titles.
- c) That a user knows the location of the transport mode that he wishes to connect to or the service that he wishes to use.
- d) Provide comfortable waiting zones that are equipped with proper climatic protection.
- e) Additional complementary services: Parking, commercial businesses, etc.

A good transport interchange station that is equipped with optimal entrances, such as tunnels specifically for buses and improved two-way indicators, resolves the problems described above in the following manner:

In the first place, a smaller distance must be obtained between the platforms and parking bays of the different transport modes, both on ground-levels and elevations.

Sometimes this may be achieved with central platforms that provide direct access to two different lines (one on each side), between which travellers often transfer.

Other times the solution may be to build underground bus stations that are connected via tunnels exclusively for buses, saving users' time and owners' money. These infrastructures provide closely located bus bays with platforms that connect directly to the railway lines.

In any case, with either solution it is necessary to equip the station with mechanical mediums that facilitate connections – elevators, stairs, ramps or moving sidewalks.

In the second place, another solution to the problem may be to offer recurring users multimodal tickets or, better yet, other options, such as multi-trip travel passes that are valid across all corresponding modes.



narios de luz natural, tiendas, cafetería, etc. para hacer la espera más atractiva y aprovechar el tiempo hasta la llegada del modo de transporte leyendo o escuchando música ambiental.

Finalmente, facilitar dentro del intercambiador la prestación de servicios complementarios tales como aparcamientos, cafetería, comercios para pequeñas

compras y servicios, reparaciones elementales, fotocopias, etc. que permiten, en muchos casos, ahorros importantes de tiempo cuando la entrega y recogida se hacen aprovechando que se va de paso en el viaje de ida y luego se recibe en el de vuelta sin tener que realizar dos desplazamientos independientes por cada operación realizada fuera del intercambiador. ■

The problem may be alleviated for sporadic users with a sufficient number of ticket sales offices and automatic vending machines that avoid long lines and delays.

In the third place, a transport interchange station must be equipped with a proper information system that uses adequate, colour-coded signs to facilitate the orientation of user flows and ensure that users are following the correct path for their desired destinations: level, platform, parking bay, locker, left-luggage office, information office, etc.

In the fourth place, a transport interchange station must be provided with comfortable waiting zones that are protected from inclement weather, equipped with

comfortable seating, well-illuminated with natural-light skylights, shops, dining area, etc., to make waiting more attractive to users, who may take advantage of the time until their mode of transport arrives by reading or listening to background music.

Finally, to make available within a transport interchange station the provision of complementary services, such as parking lots, a dining area, shops for small purchases and services, basic repairs, photocopies, etc., that often permit users to save time by taking advantage of their arrivals and departures, which allow them to drop off and pick up goods without having to make independent journeys outside of the interchange station. ■

## Financiación por concesión

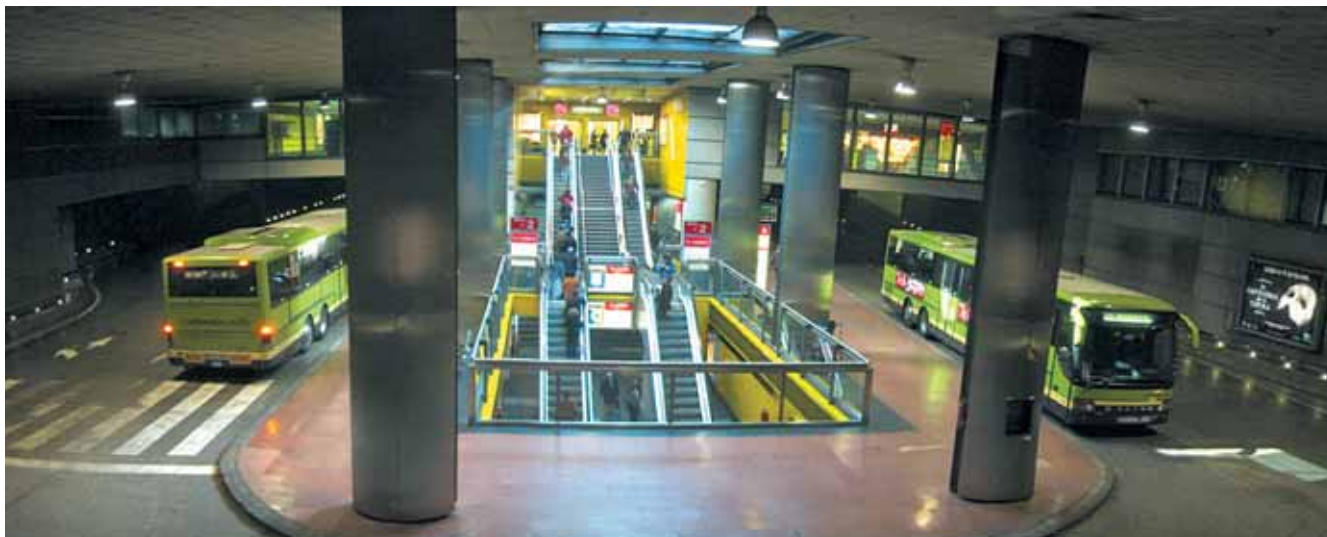
En los últimos años la Comunidad de Madrid, junto al Ayuntamiento de Madrid y el Consorcio Regional de Transportes de Madrid ha construido mediante la figura de Contrato de Concesión de Obra Pública (Título V del RD. Legislativo 2/2000, de 16 de junio, por el que se establece el Texto Refundido de la Ley de Contratos de las Ad-

ministraciones Públicas) cinco intercambiadores de transportes, que se autofinancian tanto en la inversión como en la explotación durante todo el periodo de concesión, quedando al finalizar la misma todas las infraestructuras construidas a favor del Ayuntamiento de Madrid.



### Financing by concession

In the last years the Madrid Regional Government, the Madrid City Council and Madrid Transport Authority has built up by the Contract for Public Work Concession (Title V of Legislative Royal Decree (RD.) 2/2000, of June 16, which establishes the Revised Text of the Law for Public Administration Contracts) five transport interchange stations, whose investment and operation were privately financed throughout the concession period, with the finalisation of every constructed infrastructure left in favour of the Madrid City Council.



### AVENIDA DE AMÉRICA

- Inversión realizada de 25,36 millones de euros.
- Construcción de 40.000 m<sup>2</sup> subterráneos en cuatro plantas.
- Construcción de 800 m de túneles subterráneos en dos niveles, y con dos carriles de circulación para cada túnel.
- 37 dársenas de autobuses en dos plantas y zonas de regulación para 8 autobuses.
- 665 plazas de aparcamiento.
- 1.342 m<sup>2</sup> de locales comerciales.
- 523 m<sup>2</sup> de oficinas.
- Otros servicios complementarios.

### PRÍNCIPE PÍO

- Inversión realizada 58 millones de euros.
- Construcción de 28.300 m<sup>2</sup> subterráneos en dos plantas.
- Construcción de accesos específicos con 400m de túneles de dos carriles.
- 30 dársenas en dos plantas y áreas de regulación para 18 autobuses.
- Separación física entre isla de peatones con aire acondicionado y autobuses.
- 550 m<sup>2</sup> de locales comerciales.
- 40 m<sup>2</sup> de oficinas.
- Otros servicios complementarios.

### AVENIDA DE AMÉRICA

- Investment of 25.36 million euros.
- Construction of 40,000m<sup>2</sup> underground, separated into four floors.
- Construction of 800m of underground tunnels, separated into two levels and with two circulatory lanes for each tunnel.
- 37 bus bays on two floors and regulation zones for eight buses.
- 665 parking spaces.
- 1.342m<sup>2</sup> of commercial business space
- 523m<sup>2</sup> of office space
- Additional complementary services.

### PRÍNCIPE PÍO

- Investment of 58 million euros.
- Construction of 28,300m<sup>2</sup> underground, separated into two floors.
- Construction of specific entrances with 400m of two-lane tunnels.
- 30 bus bays on two floors and regulation areas for 18 buses.
- Physical separation of the air-conditioned pedestrian island from the buses.
- 550m<sup>2</sup> of commercial business space.
- 40m<sup>2</sup> of office space
- Additional complementary services.

### PLAZA DE CASTILLA

- Investment of 118,32 million euros.
- Construction of 74,000m<sup>2</sup> underground, separated into three floors.
- Construction of more than 2,000m of underground tunnels, separated into two levels.
- 45 bus bays on two floors and an regulation area for 12 buses.
- Physical separation of the air-conditioned pedestrian island from the buses.
- More than 2,500m<sup>2</sup> of commercial business space.
- More than 400 public parking spaces.
- More than 300m<sup>2</sup> of office space.
- Additional complementary services.



## PLAZA DE CASTILLA

- Inversión realizada 118,32 millones de euros.
- Construcción de 74.000 m<sup>2</sup> subterráneos en tres plantas.
- Construcción de más de 2.000 m de túneles subterráneos en dos niveles.
- 45 dársenas para autobuses en dos plantas y área de regulación para 12 autobuses.
- Separación física entre isla de peatones con aire acondicionado y autobuses.
- Más de 2.500 m<sup>2</sup> de locales comerciales.
- Más de 400 plazas de aparcamiento público.
- Más de 300 m<sup>2</sup> de oficinas.
- Otros servicios complementarios.



## PLAZA ELÍPTICA

- Inversión realizada de 41,76 millones de euros.
- Construcción de 29.700 m<sup>2</sup> en tres plantas.
- Construcción de 600 m de túneles de dos carriles de circulación, que dotan el intercambiador de doble acceso por la A-42 y por la Avda. Vía Lusitana.
- 20 dársenas en dos plantas y área de regulación para 12 autobuses.
- Separación física entre isla de peatones con aire acondicionado y autobuses.
- Otros servicios complementarios.



## AMPLIACIÓN Y REFORMA DE MONCLOA

- Inversión realizada 112,78 millones de euros.
- Construcción de 46.000 m<sup>2</sup> en dos plantas.
- Aumento de 20 dársenas hasta alcanzar 36 dársenas en total y áreas de regulación con accesos totalmente subterráneos a las tres islas desde el carril bus de la A-6.
- Separación física entre isla de peatones con aire acondicionado y autobuses.
- Otros servicios complementarios.



### PLAZA ELÍPTICA

- Investment of 41,76 million euros.
- Construction of 29,700m<sup>2</sup>, separated into three floors.
- Construction of 600m of two-lane tunnels, which supply the transport interchange station with double access via the A-42 motorway and the Avenida Vía Lusitana.
- 20 bus bays on two floors and an regulation area for 12 buses.
- Physical separation of the air-conditioned pedestrian island from the buses.
- Additional complementary services.

### EXPANSION AND REFORM OF MONCLOA

- Investment of 112,78 million euros.
- Construction of 46,000m<sup>2</sup>, separated into two floors.
- Increase of the number of bus bays from 20 to 36 and regulation areas with completely underground entrances to the three islands from the bus lane in the A-6 motorway.
- Physical separation of the air-conditioned pedestrian island from the buses.
- Additional complementary services.

## Recuperación de la inversión

En los grandes intercambiadores situados en zonas congestionadas por el tráfico se produce una oportunidad muy favorable para la recuperación del capital invertido mediante la construcción de túneles exclusivos para los autobuses que, además de otras ventajas sociales y económicas, permiten a los empresarios de transporte que utilicen el intercambiador un ahorro monetario de 38 € por cada hora y autobús. Cuanto más extensa sea la congestión viaria, habrá que hacer los túneles más largos, pero su amortización será más rápida ya que por cada minuto ahorrado el empresario tendrá un ahorro unitario de 0,63 €. Lógicamente esta fuente de ingresos varía en función de dos variables, el tiempo medio de ahorro por expedición de autobús y el número de expediciones de autobús que se canalicen por el intercambiador. Así, en Avenida de América se producen ingresos monetarios por este concepto de 1,8 millones de euros el primer año y en Príncipe Pío análogamente de 1,36 millones de euros.

Otra fuente de ingresos muy importante son los aparcamientos, por una parte los de residentes tienen la ventaja

que se venden fácilmente antes de finalizarse la construcción, aunque el precio de venta es limitado, del orden de 18.000 euros (IVA incluido). Ello permite disponer de una fuente de financiación interesante que disminuye sobre todo la necesidad de endeudamiento. Además, todo intercambiador de transportes con líneas de largo recorrido necesita disponer de un aparcamiento de rotación que esté bien comunicado y cuando la demanda produce una media superior a las tres horas diarias de ocupación para cada plaza, los beneficios superan el doble del rendimiento de las plazas de aparcamiento para residentes.

Finalmente, en los intercambiadores de transportes se puede desarrollar una importante actividad comercial, zonas de oficinas, taquillas, consignas y atención al viajero y acompañantes, así como máquinas de venta, cajeros automáticos, cabinas telefónicas, publicidad y otros servicios complementarios, que en muchas circunstancias y gracias a los importantes flujos de viajeros que se producen permiten un aprovechamiento económico medio de más de 50 euros por m<sup>2</sup> y mes para la zona comercial.

### Recuperation of the investment

The large transport interchange stations located in congested traffic zones produced very favourable opportunities to recuperate the capital invested in the construction of bus-exclusive tunnels that, aside from produce social and economic advantages, permit the transport investors who use the station to save 38 € per hour and bus. Greater road congestion will require longer tunnels, although their investment recovery will occur more quickly given that every minute saved, the investor will have a unit savings of 0.63 €. Logically, this profit source will vary according to two variables: the average time saved per bus journey and the number of times the bus passes through the transport interchange station. Through this concept, Avenida de

América produced a monetary profit of 1.8 million euros in its first year and Príncipe Pío similarly produced a profit of 1.36 million euros.

Another important source of profits are the parking lots. On the one hand, the resident parking lots carry the advantage of being easily once construction ends, although their selling price is limited – of the order of 18,000 euros (VAT included). These lots provide an interesting source of financing that above all reduces the necessity of being in debt. Furthermore, all transport interchange stations with long-distance lines must supply a short-term parking lot that is easily accessible. When the demand results in an average parking time

Otros ingresos importantes son los generados mediante la explotación publicitaria, máquinas “vending”, cajeros automáticos, teléfonos públicos, coberturas para telefonía móvil y otras actividades lucrativas.

En muchos casos la financiación se plantea de la siguiente forma:

$$CP = (IT- VAR)$$

$$CSC = (1- \alpha)(IT- VAR)$$

- IT = Inversión total
- VAR = Venta aparcamiento de residentes
- CSC = Capital de la Sociedad Concesionaria
- CP = Capital de préstamo
- A = Tanto por uno con financiación externa

El Pliego de Condiciones de cada concesión regula todas las características de la infraestructura tanto las que tienen que ver con el proyecto, la construcción y la explotación, como aquellas otras de carácter económico.

Limitándonos a estas últimas hay que significar lo siguiente:

that surpasses the three daily hours of occupation permitted for each space, profits are twice the output of the resident parking spaces.

Finally, within the transport interchange stations, important commercial activity, office zones, lockers, lost property offices, a customer service office for the traveller and his companions, automated ticket sale machines, automatic teller machines, public telephones, advertising and other complementary services may be developed. In many cases and thanks to the considerable flows of passengers that pass through the stations, an average economic benefit of over 50 euros per m<sup>2</sup> and month can be achieved for the commercial zones.



■ En cuanto al plazo, existe uno inicial de 35 años, inferior a 5 años del máximo de 40 años que define el art. 263.1 del Texto Refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.

■ En los pliegos se flexibiliza el plazo en función de las desviaciones que se puedan producir respecto a las previsiones, pudiendo aumentar o disminuir hasta en cinco años en función de la siguiente fórmula:

$$I(1+r)^n = \sum_{i=1}^n Si(1+r)^{n-i}$$

- I = La inversión real reconocida por la Administración
- n = Número de años en los que se recupera realmente la inversión
- r = Tasa de actualización que no podrá nunca rebasar el EURIBOR, al plazo de un año, más dos puntos porcentuales
- Si = Saldos anuales generados en el año i por la explotación.

Other important profits are those generated through advertising exploitation, “vending” machines, automatic teller machines, public telephones, mobile telephone coverage and other lucrative activities.

In many cases, financing will be carried out in the following manner:

$$CP = \alpha(IT- VAR)$$

$$CSC = (1- \alpha)(IT- VAR)$$

- IT = Total investment
- VAR = Sale of resident parking spaces
- CSC = Concessionary Company's Capital

- CP = Loan capital
- A = Amount of external financing

The Specifications of each concession regulate the infrastructural characteristics related to the project, construction and exploitation of a transport interchange station, as well as those regarding the economical aspects.

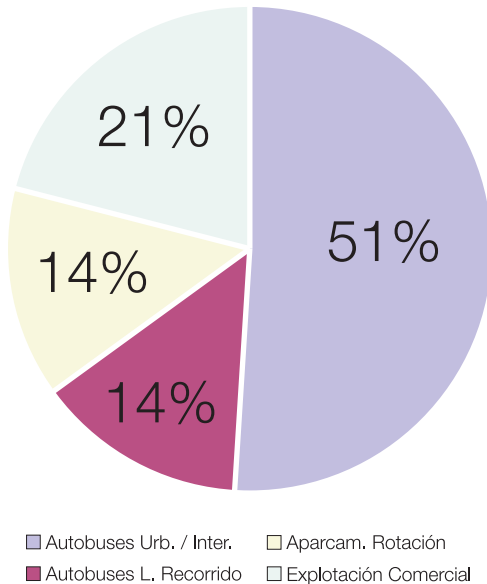
These latter characteristics imply the following:

■ With regard to the instalment period, the initial time frame is 35 years, five years less than the maximum of 40 years defined by Art. 263.1 of the Revised Text of the Law for Public Administration Contracts.





% de Fuentes de Ingreso en el Intercambiador de Avenida de América



La mayor fuente de financiación es la que generan los ingresos por cada viajero que sube o baja de los autobuses dependientes del Consorcio de Transportes de Madrid. Las tasas por viajero son estudiadas para cada caso y tienen que ser viables para el operador, porque los túneles le ahorran costes y el conjunto de las infraestructuras le aumentan la demanda, al tiempo que han de ser suficientes para amortizar la inversión que se realiza. Así en Avenida de América con una inversión de sólo 25,36 millones de euros, la tasa por viajero fue de 0,06 euros, mientras que en Plaza de Castilla con túneles superiores al triple que Avenida de América y una inversión total de 119,34 millones de euros, la tasa por viajero es de 0,16 €.

Otra fuente de ingresos complementaria es la que aportan las líneas regulares de largo recorrido. En el caso de Avenida de América el canon por autobús que entra o sale fue de 9 €, mientras que en Plaza de Castilla es de 13,23 €.

Los ingresos derivados de los aparcamientos públicos de rotación tienen las mismas tarifas que el aparcamiento

municipal más próximo, y los aparcamientos de residentes tienen el tope máximo por plaza del último concurso municipal convocado, con lo cual se garantiza un equilibrio entre estas concesiones y las del Ayuntamiento de Madrid.

Respecto a las demás fuentes de ingresos, el concesionario tiene libertad para explotar a precios de mercado la publicidad (con limitaciones), los alquileres de locales comerciales, la explotación de máquinas “vending”, de cajeros automáticos, de teléfonos públicos, de cobertura de móviles y otras actividades lucrativas.

Como ilustración práctica, en el caso del Intercambiador de Avenida de América, con más de siete años de explotación, las fuentes de ingresos que se obtienen se reparten con los siguientes valores: autobuses urbanos e interurbanos (51%), autobuses de largo recorrido (14%), aparcamiento de rotación (14%), explotación comercial (21%). Además la venta de las plazas del aparcamiento de residentes permitió una aportación del 12,33% de la inversión total.

■ The specifications are lenient on the diversion instalments, which may be made according to the provisions, increasing or decreasing by five years with regard to the following formula:

$$I(1+r)^n = \sum_{i=1}^{i=n} Si(1+r)^{n-i}$$

- I = The actual investment recognised by the Administration
- n = Number of years in which the investment will be recuperated
- r = Updating rate, with the EURIBOR (Euro

Interbank Offered Rate) never surpassing one year, plus two percentage points

Si = Annual salaries generated by use in year “i”

The best financial source is that generated by the profits gained from each traveller that catches or steps off a bus that pertains to the Madrid Transport Authority. The valuation per traveller are studied for each case to ensure viability for the operator. This is done due to the fact that tunnels save costs and the combination of all infrastructures increase demand, at the same time that they must recover the investment made. Accordingly, in Avenida de América, with a sole investment of 25.36 million euros, the valuation per traveller was 0.06 euros,

while in Plaza de Castilla, which has tunnels three-times superior to those in Avenida de América and a total investment of 119.34 million euros, the valuation per traveller is 0.16 euros.

Another complementary source of profits is that provided by the normalised long-distance lines. In the case of Avenida de América, the levy per bus that enters or leaves was 9 €, while that in Plaza de Castilla is 13.23 €.

The profits derived from the public short-term parking lots have the same tariffs as the closest municipal parking lot. The resident parking lots have the maximum price limit per space as of the latest municipal bidding



Otras ventajas económicas para el sistema de transportes de estas concesiones es que al construirlas tan próximas a los vestíbulos de Metro, para disminuir los tiempos de transbordo y atraer a más viajeros, una parte importante de las instalaciones de Metro, que anteriormente suponían costes para Metro de Madrid tales como escaleras mecánicas, ascensores, iluminación, ventilación, limpieza,

seguridad, mantenimiento, consumo de energía, etc. pasan a ser costeadas por el concesionario del intercambiador. Además, se aumenta de forma considerable la demanda de viajeros de autobús, que en una proporción importante transborda a las líneas de Metro, representando una doble ventaja para Metro de Madrid y por consiguiente para el Sistema de Transporte Público en general.

Cuando finalice el plazo de las concesiones, las infraestructuras construidas y financiadas a través de la iniciativa privada pasarán a ser propiedad de la Administración Pública competente. Las zonas de intercambio de servicios de transporte público para el Consorcio de Transportes y los aparcamientos de residentes y de rotación para el Ayuntamiento de Madrid.

contest, which guarantees a balance between these concessions and those of the Madrid City Hall.

Regarding other profit sources, the concessionary has the freedom to charge at market price publicity (with limitations), leasing of commercial space, "vending" machine operations, automatic teller machines, public telephones, mobile phone coverage and other lucrative activities.

As a practical example, in the case of the Avenida de América transport interchange station, which has over seven years of experience in commercial operation, the profit sources obtained are divided with the following values: urban and inter-urban buses (51%), long-dis-

tance buses (14%), short-term parking (14%), commercial exploitation (21%). Furthermore, the sale of resident parking spaces led to a profit that totalled 12.33% of the total investment.

Other economic advantages afforded to the public transportation system by these concessions is that their close location to the Metro vestibules decreases transfer times and attracts more travellers, an important aspect of the Metro installations. Furthermore, the stations, which previously implied costs such as escalators, elevators, lighting, ventilation, cleaning services, security, maintenance, energy consumption, etc., to Metro de Madrid (Metro of Madrid), are now financed

by the transport interchange concessionaries. Plus, the considerable increase in demand for bus travel translates to a large proportion of transfers to Metro lines, representing a secondary advantage for Metro de Madrid (Metro of Madrid) and for the Public Transportation System in general.

When the concessionary time period ends, the built and financed infrastructures will become property of the appropriate Public Administration through the private initiative. The zones of public transport service interchange will be turned over to the Transport Board, and the resident and short-term parking lots will become property of the Madrid City Hall.

## Importancia de los beneficios sociales

Los intercambiadores han sido construidos en zonas generalmente congestionadas, dotadas de túneles exclusivos, que además de aportar importantes ahorros monetarios a los operadores de las líneas de autobuses que a menudo pasan en los tramos de túneles a velocidades comerciales de 8 a 10 Km/hora, y en muchos periodos, a velocidades comerciales por encima de 20 Km/hora, también generan ahorros de tiempo para los usuarios de

esos autobuses, ya que como añadido no se les deja a nivel de calle, sino en una planta subterránea muy cerca del vestíbulo de Metro.

Por su parte las islas de viajeros se explotan con paradas de descenso para cualquier línea, muy próximas a las escaleras mecánicas y ascensores que comunican a los andenes de Metro. En el viaje de regreso las terminales se sitúan de forma que las líneas con mayor demanda estén más cerca del vestíbulo de Metro. Todo ello con el objetivo de disminuir la sumatoria de todos los tiempos de transbordo, es decir, de incrementar los beneficios sociales respecto a la situación anterior a la construcción del intercambiador.

Comparando con los beneficios sociales que producen las últimas prolongaciones de Metro, hay que significar que el coste de kilómetro de Metro convencional incluyendo la parte de estación proporcional es de más de 55 millones de euros, y el volumen medio de viajeros por cada kilómetro y día laborable está en el entorno de 6.000 usuarios (Metrosur: 5.677 y línea del Aeropuerto: 6.827).



### Importance of the social benefits

The transport interchange stations have been built in generally congested zones, equipped with exclusive tunnels that, aside from providing important economic savings to the bus line operators that often pass through the tunnels at commercial speeds of 8 to 10 Km/h., also generate savings in time for the bus passengers, who are no longer let off on street-level, but on an underground floor very close to the Metro entrance.

The traveller islands are used as rest stops for any line and are located near to the escalators and elevators that connect to the Metro platforms. On a return trip, the terminals are organised in such a way that the lines

with the greatest demand are the closest to the Metro entrance. All of this achieves the objective of reducing the sum of all transfer times, or in other words, increasing the social benefits regarding the situation that existed before the transport interchange stations' construction.

In comparison to the social benefits produced by the latest Metro expansions, one may see that the cost per kilometre of conventional Metro, including the proportional part of the station, is over 55 million euros. The average volume of travellers per kilometre and working day is in the field of 6,000 users (Metrosur: 5,677 and the Airport line: 6.827).



Estos modernos intercambiadores suponen desde el punto de vista de la inversión los siguientes valores en comparación con el coste medio de Metro:



Avenida de América: medio kilómetro de Metro

Príncipe Pío y Plaza Elíptica: un kilómetro de Metro.

Plaza de Castilla y Ampliación y Reforma de Moncloa: dos kilómetros de Metro

Los usuarios que ahorran tiempos de viaje en zonas muy congestionadas son muy superiores a los de la parte proporcional de las ampliaciones de Metro.

Avenida de América: 80.000 viajeros equivalente a 13 km Metro

Príncipe Pío: 60.000 viajeros equivalente a 10 km Metro

Plaza Elíptica: 60.000 viajeros equivalente a 10 km Metro

Plaza de Castilla: 100.000 viajeros equivalente a 17 km Metro

Moncloa: 140.000 viajeros equivalente a 23 km Metro

Es muy fácil comprender que estas infraestructuras, que no generan ninguna deuda a las Administraciones Públicas y asumen la explotación durante treinta y cinco años, son las que más beneficios consiguen, superiores a nueve veces las que se conseguirían con la misma inversión en ampliaciones de Metro y más de veintiséis veces en el caso de Avenida de América.



From the investment point of view, these modern transport interchange stations imply the following values in comparison with the average Metro cost:

Avenida de América: average Metro kilometre

Príncipe Pío and Plaza Elíptica: one Metro kilometre

Plaza de Castilla, and the Expansion and Reform of Moncloa: two Metro kilometres

The number of users who save travel time in very congested zones is much higher than those of the proportion parts of the Metro expansions.

Avenida de América: 80,000 travellers equivalent to 13 km. Metro

Príncipe Pío: 60,000 travellers equivalent to 10 km. Metro

Plaza Elíptica: 60,000 travellers equivalent to 10 km. Metro

Plaza de Castilla: 100,000 travellers equivalent to 17 km. Metro

Moncloa: 140,000 travellers equivalent to 23 km. Metro

It is very easy to understand that these infrastructures, which do not generate any debt for the Public Administrations and imply 35 years of operation, are those that achieve the highest profits – 9-times those achieved

with the same investment in Metro expansions and over 26-times in the case of Avenida de América.

Furthermore, the analysed savings in time for urban and inter-urban bus travellers produce other important social benefits:

- Increases in travellers as a consequence of the tunnels and quality improvements.
- Improvements for residents upon the construction of parking lots at reduced prices that supply them with a garage close to their places of residence.
- The improvements that imply the existence of short-term parking lots that reduce the difficult of

Además de los ahorros de tiempo para los viajeros de los autobuses urbanos e interurbanos analizados, se producen otros beneficios sociales importantes:

- Incrementos de viajeros como consecuencia de los túneles y mejoras de calidad.
- Mejoras para los residentes cuando se construyen aparcamientos que a precio muy reducido les permite disponer de garaje cerca de su lugar de residencia.
- Las mejoras que supone la existencia de aparcamientos de rotación que disminuye la dificultad de encontrar plaza de estacionamiento en la superficie y mayor comodidad para los usuarios del propio aparcamiento.
- La construcción de los túneles en muchos casos lleva a la supresión de antiguos carriles SÓLO-BUS, por innecesarios, lo que permite ampliar la calzada de circulación general, pasando muchas veces a un cuarto carril por sentido, lo que representa un aumento del 33 por ciento de capacidad. A menudo se suma también la ventaja que produce el cambio



modal, ya que los aumentos de demanda en los autobuses se corresponden con reducción del uso del vehículo privado.

- Finalmente hay que considerar también que para los usuarios del transporte público no solamente se mejora los menores tiempo de viaje, sino también otros parámetros muy valorados por los viajeros como es la regularidad del servicio y la calidad en general del servicio y la calidad del trasbordo.

En algunos casos, comparando en el primer año de funcionamiento por un lado, los beneficios monetarios para los operadores de autobuses, entendidos

como diferencia entre ahorros de costes más aumento de viajeros y pagos al concesionario con un saldo anual de más de 3,6 millones de euros, con los beneficios sociales anuales para el conjunto de los ciudadanos por otro, que ahorran tiempo en los autobuses (23 millones de euros, a 5 € cada hora) y en la circulación general (1,4 millones de euros, a 5 € cada hora) suponen 24,4 millones de euros, es decir, casi siete veces más que los beneficios monetarios de los operadores de autobuses. Todo ello sin contabilizar otros beneficios sociales más difíciles de evaluar como la disposición de aparcamientos de residentes o rotación, la mayor regularidad del servicio, etcétera.

finding a street parking space and provide greater comfort to parking-lot users.

■ In many cases tunnel construction achieves the suppression of old, unnecessary "ONLY BUS" LANES, permitting an increase in motorway width for general circulation and often the creation of a fourth lane in each direction, which translates to an increase in capacity of 33%. Oftentimes the advantage of modal change may also be included, given that the demand increases for bus service translate to a reduction in private vehicle use.

■ Finally, it must also be taken into account that public transport users not only experience improvements in travel time, but also in other highly valued

aspects, such as service regularity, general service quality and transfer quality.

In some cases, and in comparison with the first year of operation, on the one hand, the economic benefits for bus operators, understood as the difference between costs saved plus the increase in travellers and concessionary payments with an annual balance of over 3.6 million euros, with the annual social benefits for all citizens on the other hand, who save time on buses (23 million euros, at 5€ per hour) equal 24.4 million euros – in other words, 7-times greater than the economic benefits of the bus operators. All of these calculations exclude other social benefits that are more difficult to

evaluate, such as the disposition of resident or short-term parking lots, greater service regularity, etc.

In summary, we may conclude:

■ The five transport interchange stations that integrate urban and inter-urban buses, and on occasion long-distance buses, with important Metro network nodes, have permitted an investment of over 383 million euros that is self-financed along with operation during 35 years, without public administration capital investment.

■ These infrastructures allow cost savings and increases in demand for bus operators basically due to the existence of bus-exclusive tunnels that are

A modo de resumen podemos concluir:

- Los cinco intercambiadores de transporte para integrar los autobuses urbanos, interurbanos y en ocasiones de largo recorrido con nodos importantes de la red de Metro, han permitido una inversión de más de 383 millones de euros que se autofinancian con la explotación durante treinta y cinco años, sin aportación de capital de las administraciones públicas.
- Estas infraestructuras permiten ahorros de costes y aumentos de la demanda para los operadores de autobuses básicamente por la existencia de túneles exclusivos para los autobuses que son superiores a los pagos que estos operadores realizan a la sociedad concesionaria de cada intercambiador.
- Durante el periodo de concesión, el concesionario ingresa también recursos monetarios por la venta o alquiler de las plazas de aparcamiento de residentes o de rotación, respectivamente, por el

alquiler de locales comerciales, por la publicidad, por las máquinas “vending”, por los cajeros automáticos, por los teléfonos fijos, por la cobertura de móviles y otros servicios complementarios.

- Se producen importantes beneficios sociales, por los ahorros de tiempos para usuarios del transporte público y para usuarios del viario general, donde la existencia de túneles hace innecesarios los antiguos carriles SÓLO-BUS y con el aumento de demanda en los autobuses se producen también ahorros de tiempo a estos usuarios. Valorando el tiempo ahorrado a 5 € cada hora resultan beneficios sociales siete veces mayor que los beneficios monetarios de los operadores de autobuses.
- Además, existen otros beneficios sociales, más difíciles de evaluar como las dotaciones de aparcamientos para residentes o de rotación, según los casos, de mejora de la regularidad y calidad del servicio de autobuses, creación de áreas peatonales, donde antes existían terminales de auto-

buses, disminución del ruido de la contaminación, que producían más de 3.000 expediciones diarias de autobuses, etcétera.

- Los socios de la Sociedad Concesionaria obtienen una razonable rentabilidad por su participación, unos construyen, otros otorgan los préstamos, otros son operadores de autobuses.
- Especialmente los operadores de autobús reciben aparte de la rentabilidad de la inversión en el capital social otros beneficios por ahorros de costes y aumentos de demanda superiores a los pagos por tasa de viajeros y en el caso de largo recorrido por canon por autobús.
- Finalmente las Administraciones Públicas disfrutan de varias mejoras. Ahorros de costes de explotación y aumentos de demanda para Metro de Madrid. Disponen de unas infraestructuras muy beneficiosas sin tener que invertir ningún recurso monetario. Al finalizar el periodo de concesión estas infraestructuras revierten a las Administraciones Públicas competentes.

superior to the payments made by these operators to the concessionary company of each transport interchange station.

- During the period of concession, the concessionary also profits from economic resources due to the sale or lease of resident and short-term parking spaces, respectively, the lease of commercial space, publicity, “vending” machines, automatic teller machines, public telephones, mobile telephone coverage and other complementary services.
- Important social benefits come with the time savings experienced by public transport users and road users, in general. The existence of new tunnels makes the old “ONLY-BUS” lines unnecessary,


and with the increase in demand for bus service, these users also save travel time. Evaluating the time saved at 5€ per hour translates to social benefits that are 7-times greater than the economic benefits of bus operators.

- Furthermore, there are additional social benefits that are more difficult to evaluate, such as the profits from the resident and short-term parking lots, according to the case, the improvement in bus service regularity and quality, the creation of pedestrian areas in spaces previously occupied by bus terminals, reduction in noise and pollution that were produced by over 3,000 daily bus journeys, etc.
- The members of the Concessionary company obtain

a reasonable profitability for their participation – some build, others obtain loans, others are bus operators.

- Aside from the share capital investment, the bus operators receive other profitable benefits due to cost savings and the increases in demand superior to the cost per traveller and, in the case of long-distance buses, per bus tax.
- Finally, the Public Administrations enjoy various improvements. Operational cost savings and increases in demand for Metro de Madrid (Metro of Madrid). They are equipped with profitable infrastructures without having to invest any economic resources. At the end of the concessionary period, these infrastructures revert back to the appropriate Public Administrations.





■ Aspectos que han influido en el diseño

- Dársenas
- Accesibilidad
- Mobiliario
- Nuevas tecnologías aplicadas a la información
- Hallazgos paleontológicos y arqueológicos en Príncipe Pío

# Dársenas

Caridad Criado, Arquitecta



## Objetivo

Uno de los aspectos que ha evolucionado de forma relevante en los nuevos intercambiadores es el concepto que gira en torno a las dársenas. Hasta ahora, el tratamiento de las dársenas había llegado hasta la agrupación de las mismas en islas, donde la *seguridad* era la clave de la actuación, consiguiendo evitar que los usuarios cruzaran o invadiesen la zona de rodadura de los autobuses. Era una cues-

tion de independizar los flujos de peatones de los flujos de vehículos.

Una vez afianzado este concepto, la experiencia acumulada en los intercambiadores de Moncloa y Avda. de América demandaba dar un paso más en aras de dotar de mayor calidad y protección al usuario, contribuyendo a la mejora de las condiciones del espacio en el que se espera al autobús y se-

### Bus bays

#### Objective

One of the important developments in the new transport interchange stations is the concept of the bus bays. In the past, the bus bays had been grouped in "islands," with safety being the key issue, thus ensuring that passengers did not cross or use the areas where the buses were manoeuvring. This was a question of keeping the flows of vehicles and the flows of passengers separate.

Once this concept had been established, the accumulated experience from the Moncloa and Avenida de América transport interchange stations led to a another

step forward in quality and the protection of passengers, and it contributed to the improvement of conditions in the areas where passengers awaited buses and changed from one type of transport to another. These objectives were achieved through the concept of using screens to enclose the bus bays, which also had the further advantage of being able to create a single, common image for all the transport interchange stations.

The use of screens achieved the physical and functional separation of the areas reserved for passengers and the areas for the bus bays and bus movements. The screens were designed to:

realiza el intercambio modal. De esta forma nace el **cerramiento de mamparas** que, con la pretensión de cubrir dichas necesidades, nos concede, además, la oportunidad de crear una imagen única y común de los intercambiadores.

El cerramiento de mamparas se constituye pues como la separación física y funcional entre el espacio reservado a la espera de viajeros y la zona de dársenas y movimiento de los autobuses. Su diseño parte de las siguientes premisas:

- Permitir la conexión visual entre la zona de viajeros y la zona de autobuses.
- Organización de funciones.
- Dotar la zona de espera de viajeros de determinado equipamiento.
- Climatización.
- Atenuación acústica.
- Protección ante el fuego.
- Separación de la zona de humos de los autobuses.
- Crear la "imagen" identificativa de los intercambiadores.



Uno de los principales objetivos de la mampara es la de establecer la conexión visual entre los dos espacios que separa, consiguiendo, por una parte, que el usuario no se sienta completamente aislado y ajeno al movimiento de autobuses, y por otra parte, dotando a los espacios de mayor amplitud. La espera de un servicio, dependiendo de su duración, se hará en la propia dársena, en una zona de espera o dando uso a la zona comercial que acompaña generalmente a una infraestructura de este tipo. Para la espera en dársena, es

sumamente importante que la conexión visual se produzca, ya que esto tranquiliza al usuario, que podrá controlar visualmente en todo momento el estado de la dársena.

Con respecto a la amplitud del espacio, ésta se consigue tanto desde el interior como desde el exterior, favoreciendo la orientación del usuario y evitando la sensación de agobio o claustrofobia, ya que el paramento de cierre se concibe como un elemento transparente. ■

- Enable a visual connection between the passenger area and the bus area.
- Organise the different functions.
- Provide the waiting areas for passengers with certain equipment.
- Provide climate control.
- Provide sound proofing.
- Provide fire protection.
- Extract the fumes from the buses.
- Create an identifying image for the transport interchange stations.

One of the main objectives of the screens is to establish a visual connection between the two areas. This has

two advantages, as it prevents the passenger from feeling isolated and separated from the bus movements, and it makes the spaces seem larger. Passengers wait for their service, depending on how long they have to wait, either on the platform of the bus bay, itself, in a special waiting area or in the commercial areas that usually exist in this type of building. It is particularly important for users that there is a visual connection with the buses when they are waiting on the bus bay platform, as this provides them with visual information on what is happening at all times.

The effect of creating a more spacious area is achieved from both the outside and the inside; this makes it eas-

ier for the user to orientate himself and prevents feelings of overcrowding or claustrophobia, as the space is enclosed by a transparent wall. ■

## Funcionalidad

El cerramiento de mamparas da la oportunidad para establecer, jugando con el diseño de su geometría y el color, una organización más intuitiva de los movimientos que se producen, de lo que sucede en el entorno de la isla de dársenas, tanto en el interior (zona de viajeros) como en el exterior (zona de autobuses).

Deben cumplirse dos funciones básicamente:

- organizar la formación de cola y espera previa a la salida
- dirigir el flujo de bajada de viajeros hacia el interior del cerramiento, donde se conectará con el resto de modos

Esto se consigue creando dos tipos de espacios en el interior de la isla, el de la formación de cola ante el acceso a la dársena, y el de la zona de espera. La altura de los techos, el color de los paramentos y el mobiliario que lo acompaña son algunos de los elementos que nos hablan de la funcionalidad de cada uno de esos espacios, y los distingue entre sí, para una rápida lectura. Por el exterior, la tarea de dirigir el flujo

se consigue con el uso de un marco verde potente y abocinado (salida), que emboca al usuario hacia el interior en determinados puntos del cerramiento. La localización de las puertas de acceso a dársena y a isla, se separan para que los movimientos de personas, en sentido contrario, no se interfieran.

El cerramiento de mamparas debe cumplir la función de conformar, por un lado, una separación física que permita delimitar un recinto libre de humos y de los ruidos generados por los autobuses, con las instalaciones adecuadas para dotar de la seguridad y confort necesarias, como son la climatización, iluminación, instalaciones de alarma o de comunicación.

La exigencia de que los huecos practicables estén abiertos sólo el tiempo imprescindible para el paso de viajeros en uno y otro sentido mediante la incorporación de automatismos en las puertas, y la exigencia de realizar un sellado estanco de todos los elementos fijos que componen el cerramiento, permiten que las prestaciones de las instalaciones y del equipamiento se cumplan con mayor eficiencia.

### Functionality

The use of screens makes it possible to use their colour and geometry to provide a more intuitive organisation of the space and movements through it, both for the interior (the passenger area) and the exterior (the bus area).

They must perform two basic functions:

- to organise queue formation and waiting for passengers prior to departure
- to direct the flow of alighting passengers towards the interior of the screen enclosure, where they can connect with the other transport modes in the station

This is achieved by creating two spaces in the interior of the island - one for the formation of the queue prior

to accessing the bus bay, and one for waiting. The height of the ceilings, the colour of the facings and the furniture used are some of the elements that help to define the functionality of each of these spaces, and distinguishes them from each other to make it easier for users to find their bearings. In the exterior part, the task of directing the flow is achieved by a bold green sign (exit) that directs the user towards the interior through the openings in the screen enclosure. The locations of the access doors from the bus bays and the island are separated, so that flows of people moving in opposite directions do not interfere with each other.

The screens must perform the functions of, on the one



Para establecer la pertinente protección del fuego, se exige una protección parallamas de 60 minutos, que debe cumplir el conjunto del cerramiento: carpintería y vidrio. El sistema de automatización de puertas se diseña y programa para que se mantengan cerradas el mayor tiempo posible, y en caso de emergencia, las puertas se bloqueen, de forma que el paso a través del cerramiento sólo se efectúe por las puertas de emergencia con resistencia al fuego.

La estanqueidad al paso de humos se consigue con el sellado de las juntas del cerramiento, necesarias para cumplir la protección al fuego, y con el mismo cierre de puertas. La atenuación acústica se establece en 40 dB, para rebajar así los 80 dB previsibles que se generan en la zona de rodadura, y mantener una estancia de espera con un nivel de ruidos aceptable. Mediante el empleo de material aislante en el trasdosado de las chapas metálicas que componen el cerramiento, y de diversas soluciones de capas de vidrio y cámaras de aire en la carpintería, se obtiene la atenuación acústica deseada. ■



hand, providing physical separation that enables the creation of an area which is free from the fumes and noise generated by the buses, with the installations required to provide appropriate levels of comfort and safety, such as climate control, lighting, alarm systems and communication systems.

The requirement that only the necessary spaces are open, and only for the minimum time required, to allow passengers to pass in either direction was achieved by using automatic doors; the requirement to create a sealed space with all the fixed elements which comprise part of the screen enclosure enables the installations and equipment to perform more efficiently.

In order to provide the required level of fire protection, the whole screen (glass and fixtures and fittings) must be flame proof for 60 minutes. The door automation system was designed and programmed to keep the doors closed for as long as possible; in the event of an emergency these doors are blocked, with the screen being passed through only using the fire resistant emergency doors.

Fumes are stopped from spreading through the sealing of all joints in the screen enclosure, which is required for fire protection, and through closing the fire doors. Noise reduction levels are established at 40 dB, to reduce the forecast 80 dB which will be generated

in the bus bays, and so to ensure noise levels are at acceptable levels in the waiting areas. The desired level of noise reduction is achieved through the use of insulating materials in the cladding panels of the sheet metal used in the screen enclosure, and the various solutions used for the layers of glass and the air chambers in the carpentry. ■

## Imagen



La cuarta de las premisas se configura con la creación de una nueva imagen de los intercambiadores, que unifique las distintas infraestructuras del Plan de Intercambiadores y se establezca como referencia e identificación. El paramento del cerramiento se encarga de facilitar la lectura de las distintas funciones que cumplen los grandes espacios que configuran los vestíbulos o zonas de espera, además de envolver pilares, integrar elementos e instalaciones de diversa índole, como las de ventilación, iluminación, protección contra incendios, señalización o mobiliario.

En la concepción de esta imagen común deben atenderse las diferencias geométricas que cada intercambiador presenta, y que hacen referencia tanto a altura de falsos techos, materiales de revestimiento vertical y horizontal, distancia entre ejes de pilares, anchos libres de paso hacia el interior y el exterior, exigencias concretas sobre la ubicación de los elementos a integrar, funcionalidad y accesibilidad. Absorber la diferencia de intereses de pilares y unificar dimensiones de los elementos, son puntos de partida esenciales para poder homogeneizar el cerra-

miento y dotarlo de la mayor estandarización posible y conseguir reducir los costes. La geometría final deriva de una mezcla entre funcionalidad de flujos de movimiento de usuarios, de integración de instalaciones y accesibilidad.

El diseño de la mampara tomó como base de partida una serie de elementos o condicionantes clave para entender el cómo y el por qué del resultado final. Abarcan aspectos tan diversos como la industrialización, la imagen única, la integración de elementos e instalaciones o el coste, y se agrupan en: ubicación, funciones, módulo común, elementos de absorción y zócalo.

La configuración de islas responde, generalmente, a una planta rectangular sobre la que se disponen las dársenas dentando el perímetro. La estructura suele ser reticular y, en sección transversal, pincha dos veces la isla, muy próxima al bordillo ( $\approx 2$  m). Dado que la estructura se presenta como un elemento vertical que obstaculiza en cierta medida el movimiento longitudinal, la ubicación del cerramiento se acopla en el “plano grueso” que forman los pila-

### Image

A further premise in the development of the stations was to create a new image for transport interchange stations that would lend a degree of uniformity to the various types of infrastructure in the Interchange Plan and serve as a reference of identification. The face of the screen enclosure is responsible for communicating the various functions performed by the large spaces that make up the halls and the waiting areas, in addition to covering pillars and integrating elements and installations of all types, such as ventilation, lighting, fire protection, signalling and furniture.

This standard image has to take into account the different geometry of each of the transport interchange

stations, and includes items ranging from the height of false ceilings, cladding materials for vertical and horizontal surfaces, the distances between pillars, wide open spaces for circulation in both the interior and the exterior, and specific requirement on the location of the elements to be incorporated and their functionality and accessibility. Absorbing the different spacing between pillars and unifying the dimensions of the elements used were two of the essential starting points for standardising the appearance of the stations and making them as standard as possible and also to reduce costs. The final geometry of the design derives from a mixture of functionality relating to passenger movement flows, integration of installations and accessibility.



res, de forma que no se implante una nueva barrera en las islas.

El rectángulo formado en planta por el ancho de los pilares y la distancia en sentido longitudinal entre ellos, da lugar a un espacio que va a servir para organizar las funciones y los elementos que conforman el cerramiento.

The starting point for the design of the screen was a series of key elements and conditioning factors that are fundamental for understanding the “how” and “why” of the final result. These include such wide ranging aspects as the industrial manufacturing of parts, providing a single image, the integration of elements and installations and costs, and these can be grouped into: location, function, common modules, absorbing elements and the skirting.

The islands are usually designed with a rectangular layout, with the bus bays located around the rectangle in a serrated pattern. The structure is usually like a network, meeting the island twice in cross-section, very

Los elementos que integran el cerramiento deben acomodar los flujos que se realizan a través suyo: el de acceso a la dársena para la subida al autobús, y el de acceso a la isla y conexión con otros modos desde la bajada del autobús.

Es por ello que el cerramiento se subdivide en dos tipos, que denominamos

close to the kerb (≈2 m). As the structure includes a vertical element that, to some extent, provides an obstacle to longitudinal movement, the location of the screen enclosure connects with the “thick plane” formed by the pillars so that no further barriers are created on the islands.

The rectangular format of the layout of the pillars and the longitudinal distance between them creates a space that is used to organise the functions and elements of the screen enclosure.

The elements of which the screen is constructed must be able to accommodate the flows that will pass through

de “formación de cola” y de “zona de espera y salida”, que se aprecian en toda su magnitud en la fachada interior y exterior de la isla. Cada dársena está constituida por dos intersecciones de pilares como mínimo, lo que da lugar a que cuenten con una formación de cola, y una zona de espera y salida.

them: access to the bus bays for boarding the buses, and access to the passenger island for connections with other forms of transport when alighting from buses.

For this reason the screen-enclosed area has been divided into two types, known as the “queue formation” and the “waiting and exit” areas, which can be seen throughout the internal and external facades of the passenger island. Each bus bay consists of a minimum of two pillar intersections, which results in the formation of a queue forming area and a waiting and exit area.

The queue-forming area is organised by using access boxes or doorways to reach the bus bays, where pas-

↖ ③ Dársenas 30 a 39  
① Dársenas 01 a 10 | Dársenas 20 a 29 ② →





Wegweiser



La formación de cola se organiza con cajas o *pórticos* de acceso a dársenas, donde el color, la forma, la iluminación, los elementos que la componen y la geometría con que se disponen, acompañan al usuario en la espera previa a la partida. Estos pórticos cumplen diversas funciones, ya sean de *carácter estético*, envolvente, ya sean de *carácter funcional*, como gran puerta de acceso e integrador de todo tipo de elementos y como soporte para la señalización.

El alzado interior adquiere colores llamativos, con una altura de techo más baja que acoge al usuario, mientras que por el lado exterior, la fachada se percibe como un fondo gris donde el retranqueo del espacio de la puerta de acceso queda iluminado por una luz puntual, pero tenue.

sengers are surrounded by the designated colour, shape, lighting and elements as they wait for their bus to depart. These doorways perform a range of functions, which are both aesthetic and functional, serving as an access door and also being used to provide signs and information.

The interior features attractive colours, and has a lower ceiling that shelters the user, whilst from the exterior the facade appears as a grey background with a rectangular space for the access door, which is illuminated by a low light.

The exterior facade of the waiting and exit area, unlike the queue forming area, is more prominent, as its main

La zona de espera y salida, al contrario que el módulo de formación de cola, tiene mayor protagonismo en su fachada exterior, ya que su función principal es la de resaltar las puertas de acceso a la zona de vestíbulo desde la dársena de bajada del autobús. Una puerta doble insertada en el cerramiento aparece enmarcada por un verde "salida" con una forma abocinada que invita a atravesarlas suavemente, ya que un detector de presencia actúa abriéndolas de forma automática.

En el lado interior, el espacio entre pilares se configura como espacio de espera más prolongada con asientos diseñados ex profeso, que se funden en el fondo gris que separa los pórticos de acceso a dársena. ■

role is to highlight the access doors to the hall areas from the bays where passengers get off the buses. A double door in the screen is marked in green as the "exit," the door is splayed, inviting users to pass smoothly through it, as it has a movement detector that opens the door automatically.

On the interior side, the space between the pillars has been designed for longer waits, with specially designed seats which blend into the grey background which separates the access doorways from the bus bays. ■



## Módulo común

A la tarea de incorporar estas funciones en el cerramiento, se suman los condicionantes propios de cada intercambiador (dimensiones del contenedor excavado en el que se ubican las islas, tipo y dimensiones de la estructura), que proporcionan una malla reticular que teóricamente es similar en todos los intercambiadores, pero que, a la hora del diseño más concreto, se convierten en diferencias relevantes.

Ya solo el espacio disponible para el flujo de las personas difiere entre unos y otros, lo que establece ciertas limitaciones en el ancho que puede ocupar la mampara. Pero además, longitudinalmente, las distancias entre ejes de pilares varían sustancialmente, condicionando el diseño de una imagen común, que persigue además el establecimiento de módulos.

La premisa de estandarización de la mampara responde al intento de unificar criterios y de dotar de cierta unidad al conjunto, además de reducir plazos de fabricación, abaratar costes de producción y facilitar el montaje.

El análisis de los intereses de las islas, junto con los condicionantes impuestos por los materiales que componen el cerramiento de vidrio y carpintería, dio lugar al establecimiento de un módulo de divisiones verticales del paramento de 125 cm, del que la parte correspondiente a vidrio ocupa como máximo 250 cm de alto. Con este módulo había que abordar el cerramiento de los diferentes intereses, y acoplarlo a las dos funciones que el cerramiento debía incorporar. ■

### The common module

In addition to building these functions into the screen enclosure, the conditioning factors specific to each transport interchange station (dimensions of the space excavated in which the passenger islands are located, type and dimensions of the structure) provide a structure that, in theory, is similar in all of the stations, though, in practice, it features important differences.

The space available for the flow of passengers differs from station to station, thus establishing certain limits on the width that the screen enclosure can occupy. In addition, the longitudinal distances between the pillars vary considerably, and this affects the design of a standard image that was one of the objectives of the modules.

The premise of standardisation of the screen enclosures arises from an attempt to unify design criteria and to provide a degree of unity to the stations, in addition to reducing production times, reducing production costs and making assembly easier.

The analysis of the spaces between pillars of passenger islands, together with the condition imposed by the materials used in the glass screen enclosure and the fittings, gave rise to a module with 125cm vertical divisions for the finish, of which the glass part occupies a maximum of 250cm in height. This module has to be used to handle the enclosure of the spaces between pillars, and to perform the two functions that must be performed by the screen.

## Elementos de flexibilización

Dado que las dimensiones libres de las islas vienen condicionadas por la geometría particular de los intercambiadores, para establecer un cerramiento común que encajara en todos, había que analizar tanto alturas como anchuras y longitudes para poder llegar a una solución satisfactoria en todos los casos.

La altura oscilaba entre 3,75 m y 4,00 m. Para que las cajas de acceso a dársena pudieran percibirse como tales, sin la sensación de que el techo las oprimía, se determinó una altura total de la caja

de 3,50 m, de los que los primeros 50 cm estarían ocupados por un zócalo, los 250 cm siguientes por vidrio, y los últimos 50 cm, por el pórtico de la caja. El resto de la altura libre quedaría para su desahogo.

Las dimensiones en la planta, sin embargo, eran más complicadas de resolver, puesto que la distancia entre interejos era diferente en todos, y en algunos casos, hasta existían varias en un intercambiador.

La inserción de los módulos en cada uno de los interejos dejaba sin cubrir zonas variables de paramento, para lo que hubo que diseñar piezas flexibles que funcionaran en los dos tipos de cerramiento.

En el caso de la formación de cola, es el paramento de cierre del apoyo del pórtico en cabecera de dársena el que funciona a modo de acordeón, adaptándose no solo a las dimensiones de proyecto, sino también a las de ejecución de la obra. En el caso de la zona de espera y salida, es el marco de la puerta doble el que se estira o encoge para asimilar las diferencias. ■



### Elements providing flexibility

Given that the free dimensions of the passenger islands are established by the particular geometry of each transport interchange station, in order to establish a common screen enclosure that could be used in all of them, both heights and longitudes had to be analysed to reach a satisfactory conclusion.

Height varies between 3.75m and 4.00m. In order for the access doors to the bus bays to be perceived as such, without there being any feeling of claustrophobia for passengers, a total height for the access doors of 3.5m was established, of which the first 50cm would be occupied by a skirting, the following 250cm by glass, and the final 50cm by the doorframe. The rest of the free height gives a feeling of space.

The floor plan dimensions were, however, more difficult to resolve, as the distances between the pillars in all of the stations was different, and, in some cases, there were even more than one in a single station.

The insertion of the modules in the spaces between pillars left variable areas of the finish uncovered, as a result of which, flexible pieces were designed which work in the two type of enclosures.

In the case of the queue formation area, the closing screen finish supporting the doorway at the head of the bus bay works in an accordion-fashion, adapting not just to the dimensions of the project, but also to the requirements of execution of the project. In the case of the waiting and exit area, the frame of the double door is made larger or smaller in order to handle the differences. ■



## Zócalo

Las complejas instalaciones con las que están dotados los intercambiadores del Plan 2004-2007, inciden directamente sobre el diseño del cerramiento de mamparas. La ventilación ha supuesto un condicionante relevante en su desarrollo.

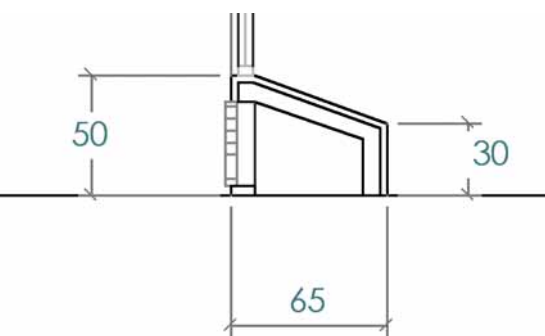
La ventilación de dársenas diseñada para barrer de la zona peatonal el calor y los humos desprendidos por los autobuses y partículas contaminantes en suspensión, está constituida por unos conductos que bajan desde el techo y se adosan a los pilares en su parte exterior para, desde aquí, seguir un trazado horizontal que permita realizar su cometido con la mayor eficacia. La integración de este elemento en el cerramiento da lugar a un zócalo que discurre pegado al suelo, tanto en la formación de cola como en la zona de espera y salida, y que únicamente queda interrumpido por las puertas del cerramiento.

Así, la carpintería de vidrio se apoya sobre el zócalo corrido que alberga en su interior un conducto de impulsión de aire con rejilla hacia la zona de autobuses, y que debe contener una sección

útil de 0,14 m<sup>2</sup>. Dicho zócalo es el encargado, además, de absorber la pendiente longitudinal (máxima de 2,8%) existente en las islas de algunos intercambiadores.

Su presencia permite cumplir la función de servir como soporte de los bancos en la zona de espera, y jugando con su geometría para que no se convierta en depositario de objetos, estableciendo un plano inclinado hacia el interior que expulse cualquier cosa, en aras de la seguridad, y de prevenir la presencia de suciedad.

El zócalo presenta una sección rectangular de 65 cm de ancho por 50 cm de alto con el lado superior interior (lado viajeros) achaflanado a 30 cm del suelo (altura variable en las islas con pendiente) hasta llegar al plano horizontal de apoyo de la carpintería de 10 cm, en la cara exterior (lado autobuses). Por el lado de autobuses, el zócalo presenta una altura mínima de 50 cm dando lugar a una altura de 3 m en la zona de formación de cola. ■



Zócalo que permite la ventilación  
*Skirting that enables ventilation*

### Skirting

The complex installations used in the transport interchange stations defined in the 2004-2007 Plan also have a direct effect on the enclosures of the screens. Ventilation in particular was a key factor in their development.

The ventilation of the bus bays is designed to sweep the heat and fumes generated by the buses and suspended pollutants from the pedestrian areas; the ventilation system uses conduits that come down from the ceiling and are built next to the exterior of the pillars, from which they follow a horizontal path which enables them to perform their function as efficiently as possible.

The integration of this element into the enclosure results in a skirting which runs along the floor, both in the queue forming area and in the waiting and exit area, and which is only interrupted by the doorways in the enclosure.

The fittings for the glass of the screen are supported on the skirting, which also contains an air supply conduit with a grille giving onto the bus area, and which should have a useful section of 0.14m<sup>2</sup>. This skirting is also responsible for absorbing the longitudinal slope (maximum 2%) on the passenger islands of some of the stations.

The presence of the skirting allows it to be used as a support for the benches in the waiting area and, playing

with their geometry so that they do not become a place to leave things, it slopes towards the interior, so that anything left on it falls off, for security purposes and to prevent dirt accumulating.

The skirting has a rectangular cross section which is 65cm-wide and 50cm-high on the highest interior (passenger) side, which is chamfered at a height of 30cm from the floor (variable height on passenger islands which slope) and represents the external horizontal support for the carpentry supporting the screen at a height of 10cm in the exterior (the bus side). On the bus side, the skirting has a minimum height of 50cm, reaching a height of 3m in the queue-forming area. ■



## Revestimiento de estructura

El cerramiento de la mampara se constituye, además de barrera separadora entre el espacio de peatones y el de rodadura de autobuses, como elemento de revestimiento de la estructura, en la que se integran otros objetos.

El revestimiento se establece como una exigencia, puesto que los métodos de construcción, en el caso de pilotes de hormigón armado realizados contra el terreno, o los requisitos de la estructura con respecto a incendios, en el caso de los pilotes de acero con protección de vermiculita, dejan a la vista una estructura en bruto, no apta para el consumo.

Es la subestructura del pórtico de formación de cola la que se encarga de ocultar los pilares y los conductos de

ventilación vertical que bajan desde el techo para ventilar las dársenas, de forma que la piel conforma los dos apoyos del pórtico, creando un área de color que envuelve la zona de acceso a la dársena.

Es aquí donde se dispone gran parte de la señalización e información, bien sea directamente sobre las planchas metálicas con vinilos, o bien mediante la integración de un armario-cajón donde se presentará la información estática de cada dársena.

La geometría del revestimiento se ve algo condicionada por la ristra de elementos que se decide incorporar: armarios de BIEs, de extintores, de publicidad o de información.■

### Finishes of the structure

The enclosure of the screen also contains a separating barrier between the space for pedestrians and the area where the buses circulate as one of the structural items, in which other objects are included.

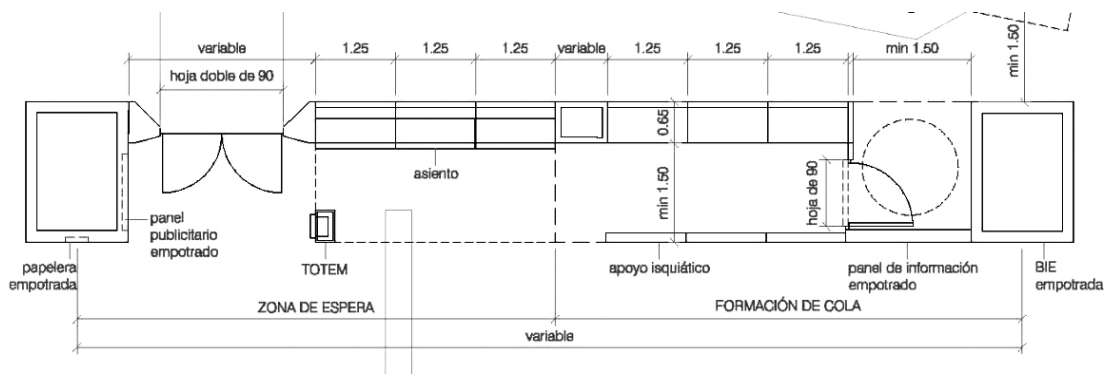
Cladding was established as a requirement, given that the construction methods used, which involved reinforced concrete piles driven into the ground, the fire safety requirements of the structure and steel piles with vermiculite protection, revealed a structure that was not attractive to look at.

The substructure of the doorway for the queue formation area hides the pillars and the vertical ventilation

conduits that descend from the ceiling to ventilate the bus bays, so that the two supports for the doorway form a skin, creating an area of colour which enlivens the access area to the bus bays.

This part is also used to display the majority of the information given, whether directly using vinyl on metallic plates, or through the use of a display case with the static information for each bus bay.

The geometry of the cladding is, to an extent, conditioned by the string of elements to which it was decided to incorporate: cupboards for fire safety equipment, fire extinguishers, advertising media and information.■



*DÁRSENA COMPLETA (Zona de espera y salida, y Formación de cola)*  
*COMPLETE BUS BAY (waiting and exit area and Queue-formation area)*

## Modulación

Para entender el concepto global del cerramiento, debe analizarse la planta, puesto que en ella se plasman claramente las funciones que debe acometer, distinguiendo los dos tipos de cerramiento de mamparas: el de *formación de cola* y el de *zona de espera y salida*.

Cada dársena cuenta con un módulo de formación de cola y, al menos, uno de zona de espera y salida. La ubicación de las puertas de acceso a dársena y de salida del autobús, se configura de tal forma que los flujos de entrada y salida se interfieran lo menos posible.

El módulo de entrada está compuesto por la envolvente de los pilares que actúan como apoyos del pórtico, y que engloban, no sólo la estructura, sino que avanzan más allá para poder albergar en su lado exterior, conductos de ventilación vertical de dársenas; por su parte interior, espacio suficiente para la integración de extintores, BIEs, pulsa-

dores de alarma y papeleras; y en sus laterales, paneles de publicidad.

Uno de los apoyos adquiere mayor frente hacia el interior para poder integrar el panel de información en dársena, y dar cobijo, por su lado exterior, al barrido de la puerta de acceso a la dársena. Es en esta parte donde se dispone gran parte de la señalización e información, ya sea directamente sobre las planchas metálicas con vinilos, ya sean mediante la integración de un armario-cajón donde se presentará la información estática de cada dársena.

El paramento interno del pórtico, tras el apoyo mayor, se continúa hasta el otro con apoyos isquiáticos que configuran el cierre virtual de la caja y el inicio de la formación de la cola de espera. Con ellos se pretende mejorar las condiciones de espera, pasando de esperar de pie, tal como ocurría hasta ahora, a poder apoyarse sobre un elemento, sin que ello tampoco perjudique los movimientos hacia la dársena.

### Modular design

In order to understand the overall concept of the enclosures, the floor plan should be analysed, as this clearly shows the functions that the enclosures should perform, distinguishing the two types of screen enclosures: the queue-formation area and the waiting and exit area.

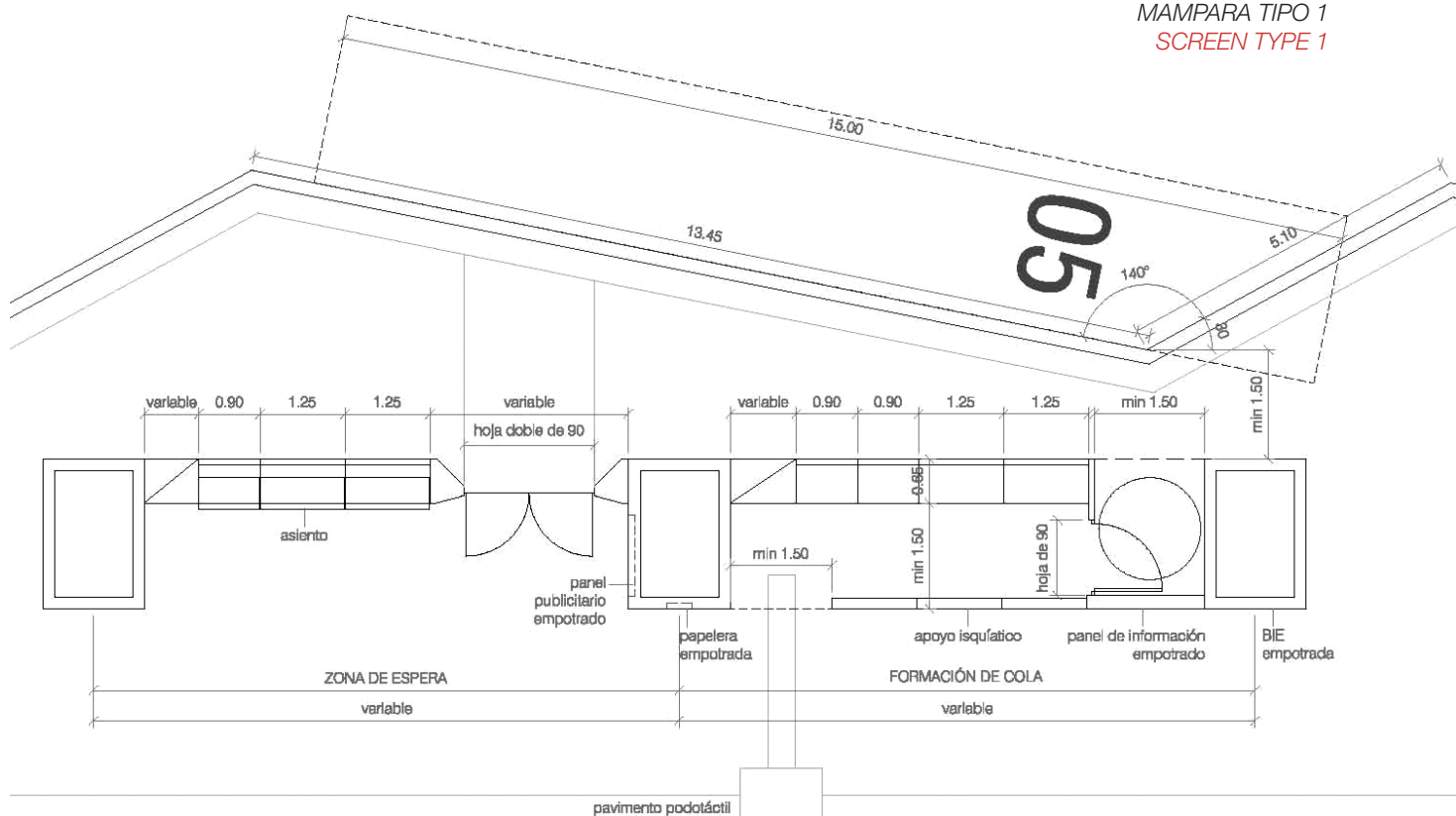
Each bus bay has a queue-formation area and at least one waiting and exit area. The location of the access doors for entering the bus bays and for alighting from the buses has been designed so that the flows entering and leaving interfere with each other as little as possible.

The module for entering the bus bays is formed by the covering of the pillars that act as supports for the doorway; this covers not just the structure, but also stretches further out on the exterior side to incorporate the vertical ventilation conduits for the bus bays; on the interior side, it extends to give sufficient space for fire extinguishers, alarms, rubbish bins, etc., and at the sides it extends to give space for panels for advertising displays.

One of the supports is wider on the interior side to provide space for the information panel for the bus bay, and to leave space on the exterior side for the sweep of the access door to the bus bay. This part is also

used for the majority of the information given, whether directly using vinyl on metallic plates, or through the use of a display case with the static information for each bus bay.

The internal finish of the doorway, behind the major support, continues to the other major support with hip-level rests, thus providing a virtual covering for the doorway, and the start of the queue formation area. The objective of this is to improve conditions for passengers waiting for buses, who in the past had to stand, as there are now elements on which they can lean, without this affecting movements towards the bus bay.



Los dos apoyos se entrelazan en su parte superior mediante un cuerpo horizontal o plinto, que se encargará de integrar la iluminación específica del ámbito, a la vez que lo dota de un techo más cercano y cálido.

El color de los pórticos facilita la percepción de la zona de acceso al autobús, dado que contrasta con el fondo gris claro. Cada isla se distingue por el color de las cajas, mientras que el zócalo se mantiene de color neutro, como base de apoyo de los pórticos. El color invade paramentos verticales y horizontales y su límite se establece en la propia geometría del marco y en

la frontera que separa el interior del exterior.

El paramento límite con el exterior de esta gran caja se concibe como una gran ventana de conexión visual a la zona de autobuses en la espera inmediata a la salida. El zócalo, con caída hacia el interior, en el que se sustenta la ventana, alberga en su interior un conducto de ventilación exterior encargado de barrer los posibles humos fuera de la zona de dársena.

El módulo de acceso se concibe para dirigir los flujos de espera y acceso a la dársena de autobús. El apoyo isquialtico

aparece junto a la puerta, marcando la línea de inicio de la cola.

Las dimensiones con que se realiza el pórtico surgen de el ancho de la caja, de las dimensiones necesarias para poder envolver el pilar con el revestimiento y a la suma de los siguientes condicionantes:

- El ancho de paso necesario para que sea accesible: 120 cm y una puerta de 90 cm de hoja.
- El ancho necesario para que la sección del zócalo pueda conducir el aire a una determinada velocidad, sin producir ruidos inadecuados.

The two supports interlink at their top through a horizontal body or plinth, and this is used to provide the lighting for the area, at the same time as providing it with a lower and more welcoming ceiling.

The colour of the doorways facilitates the identification of the access area for the buses, as it contrasts with the light grey background. Each passenger island is distinguished by the colour of the doorways, whilst the skirting is always in a neutral colour as the base for the doorways. The colour is used on horizontal and vertical finishes, and is limited only by the shape of the frame itself and by the frontier which separates the interior from the exterior. The limiting finish with the exterior of

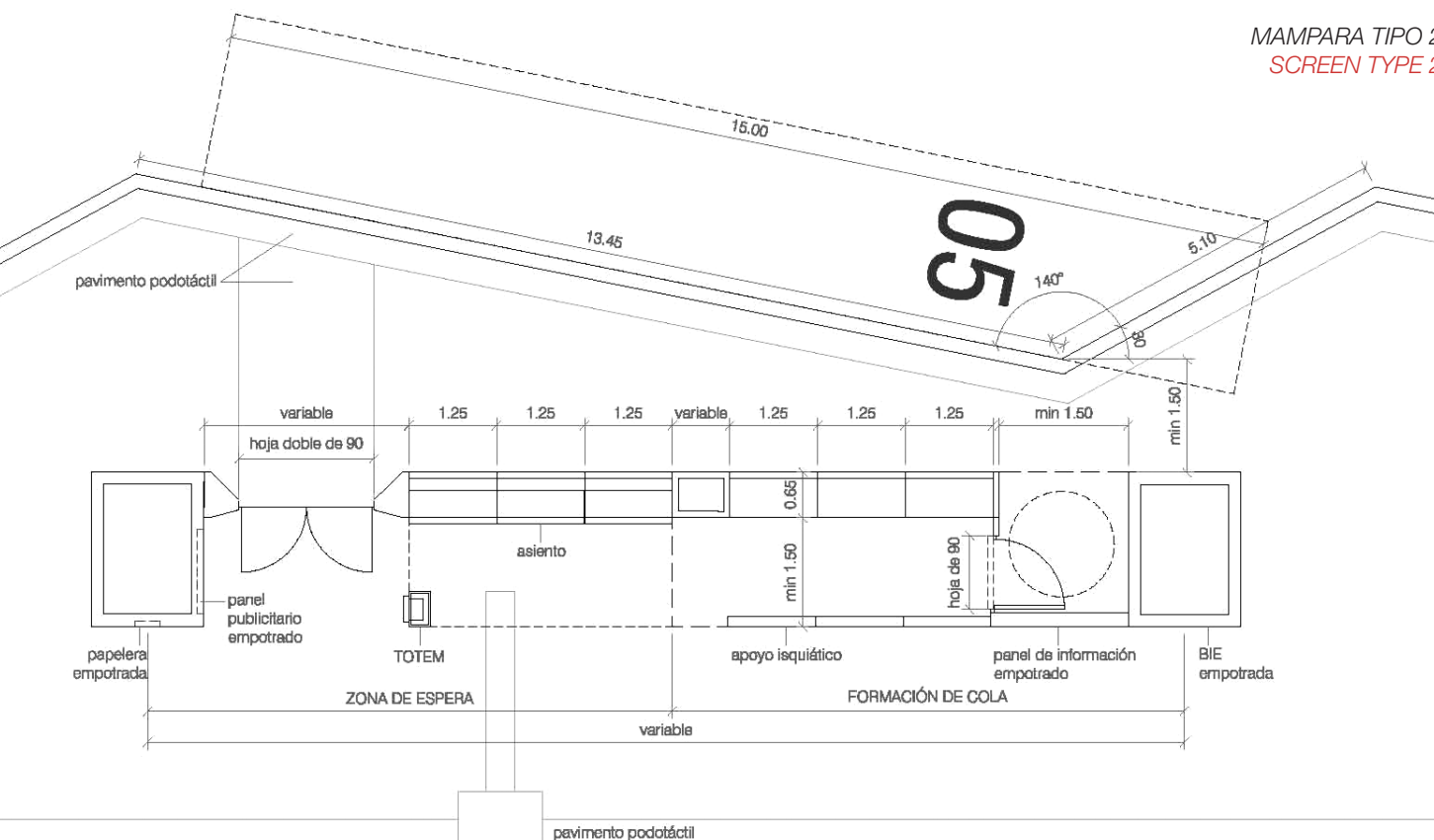
the large box that houses the doorway has been conceived as a large window providing a visual connection with the area for buses about to leave. The skirting, which slopes towards the interior, and which supports the window, also houses a ventilation conduit which is responsible for removing fumes from the bus bay area.

The access modules are conceived so as to direct the flows of people waiting for and entering the bus bay areas. The hip-level support is next to the door, establishing the point for starting the queue.

The dimensions of the doorway are based on the width of the box, and the dimensions required to be able to

wrap the pillar with the cladding and also the sum of the following conditioning factors:

- The width required for people to be able to pass through it: 120cm and a 90cm-door.
- The width required for the cross section of the skirting to be able to channel the air at a specific speed, without producing inappropriate noise levels.
- The inclusion of the hip-level support to establish the start of the queue.
- The integration of elements such as rubbish bins, fire extinguishers and the vertical ventilation conduits which follow the pillar.
- The length of the box: by the dimensions established by the distance to the exterior face of the



- La inclusión del apoyo isquiático para conformar el inicio de la cola.
- La integración de elementos como BIEs, papeleras, extintores y conductos de ventilación vertical, que se adosan al pilar.
- El largo de la caja: de las dimensiones fijadas por la distancia a cara exterior de pilares de la estructura, al que se suma el ancho del revestimiento, en el que hay que insertar un panel de publicidad en una de sus caras.

El elemento flexible que permite adaptar el cerramiento a los diferentes inte-

rejes de los intercambiadores se configura como parte del cierre opaco, en el que se inserta el panel de información en dársena. Se establece como mínimo, que la longitud de este panel sea de 150 cm, de forma que cumpla las disposiciones de accesibilidad exigidas por la normativa vigente, en cuanto a giro y movimiento a través.

Las funciones para las que se diseña este módulo intervienen tanto en el diseño interior como en el exterior. Por el interior acogen la función de zona de espera, y por el exterior encauzan los flujos de llegada de viajeros hacia el vestíbulo de conexiones.

Por el lado de autobuses, todo el paramento de cierre de las islas se concibe como un fondo claro en el que solo se distinguen, en color "verde salida", las puertas dobles que conectan con el interior de la isla. Enmarcadas por un gran marco a su alrededor, su geometría abocinada emboca y dirige hacia la zona de espera. Un detector de presencia se activa en un radio de 1 m para facilitar la entrada únicamente mientras queden usuarios en el lado de la dársena. Con esto se consigue mantener el espacio interior lo más aislado posible del exterior.

La ubicación de las puertas dobles responde a la premisa de hacer interferir

structural pillars, to which should be added the thickness of the cladding, on which an advertising panel has to be included on one of the sides.

The flexible element that enables the enclosure to be adapted to the different spaces between the pillars in different transport interchange stations is part of the opaque enclosure, which is used to hold an information panel for the bus bay. As a minimum, it has been established that this panel should measure at least 150cm in order for it to meet the accessibility requirements established by current legislation.

The functions for which this module was designed have

an impact on the design of both the interior and the exterior. On the interior side, they house the waiting area, and on the exterior side they channel the flow of passengers passing through to the hall for connecting to other forms of transport.

From the bus side, the entire finish enclosing the island was designed as a light background, in which the only things that could be distinguished would be the double doors linking to the interior of the island, which would be painted "exit green." Framed by this large structure around it, its splayed geometry directs passengers to and from the waiting area. A movement detector is activated at a radius of 1m to facilitate entry only when there are users on

the bus bay side. This ensures that the interior space is isolated from exterior space as effectively as possible.

The location of the double doors is designed on the principle of making the access and exit flows to and from the bus bays interfere with each other as little as possible.

On the hall side, this part of the enclosure is also in light grey, as a backdrop for the access doorways to the bus bays. The cross section of the enclosure also includes the skirting with the ventilation for the bus bay area, which also serves as a bench on the interior side where passengers can perch while they wait for their bus when they have a lengthy wait.

lo menos posible los flujos de acceso a dársena y salida.

Por el lado del vestíbulo, esta parte del cerramiento también adopta un color gris claro, como fondo de los pórticos de acceso a dársena. La sección del cerramiento incluye también el zócalo de ventilación a dársena, que sirve, en el interior, para apoyar un banco donde los usuarios pueden esperar al autobús, cuando éste va a tardar más tiempo en llegar.

El banco se apoya suavemente sobre el zócalo, volando parte del mismo para hacerlo más cómodo en su uso, y despegándolo del paramento vidriado para evitar el contacto de los usuarios con él.

En este tipo de cerramiento, el elemento que se utiliza para absorber las diferencias de interejos es el propio marco de la puerta, que se estira o encoge para adaptarse a cada intercambiador, ya que además del módulo fijo de 125 cm, la puerta se diseña con unas dimensiones iguales para todos los intercambiadores, facilitando así su fabricación. ■

The bench is slightly supported on the skirting, overhanging it slightly to make it more comfortable, but being at some distance from the glass screen to stop users from touching it.

In this type of enclosure, the element that is used to absorb the difference in the spacing between pillars is the frame of the doorway, itself, as this expands or shrinks to suit each station as, in addition to the 125cm-fixed module, the doors for all the transport interchange stations are all the same size in order to make them easier to manufacture. ■

## Alzados

El cerramiento funciona de forma distinta en cada uno de sus alzados: interior a la isla y exterior con dársenas, dado que su objeto es diferente. Los objetivos se alcanzan en uno y otro alzado por medio del uso del color, la geometría y los materiales empleados.

En su cara interna, la piel del cerramiento adquiere volumen y se engrosa para dar respuesta a tres objetivos base:

- Formalización y distinción de la zona de formación de cola y de acceso a los autobuses.
- Formalización de zonas de espera con asientos y de acceso a la zona de espera.
- Integración de elementos de diversa índole: señalización, protección contra el fuego, iluminación y mobiliario urbano.

La cara externa cumple, sin embargo, otro objetivo: el de indicar y dirigir hacia las puertas de salida y acceso a la zona de vestíbulo.

### Elevation

The enclosure works in a different way in each of its elevations: interior to the passenger island and exterior from the bus bays, as their object is different. The objectives are achieved on the various elevations through the use of colour, geometry and the materials used.

On their internal face, the skin of the enclosure has greater volume in order to meet three basic objectives:

- To distinguish and establish the areas for forming queues from the area for accessing the buses.
- To establish areas for waiting with seats and access to the waiting area.
- Integration of various elements: signs and information, fire protection, lighting and furnishings and fittings.



FORMACIÓN DE COLA: Alzado interior  
 QUEUE-FORMATION AREA: Inside elevation

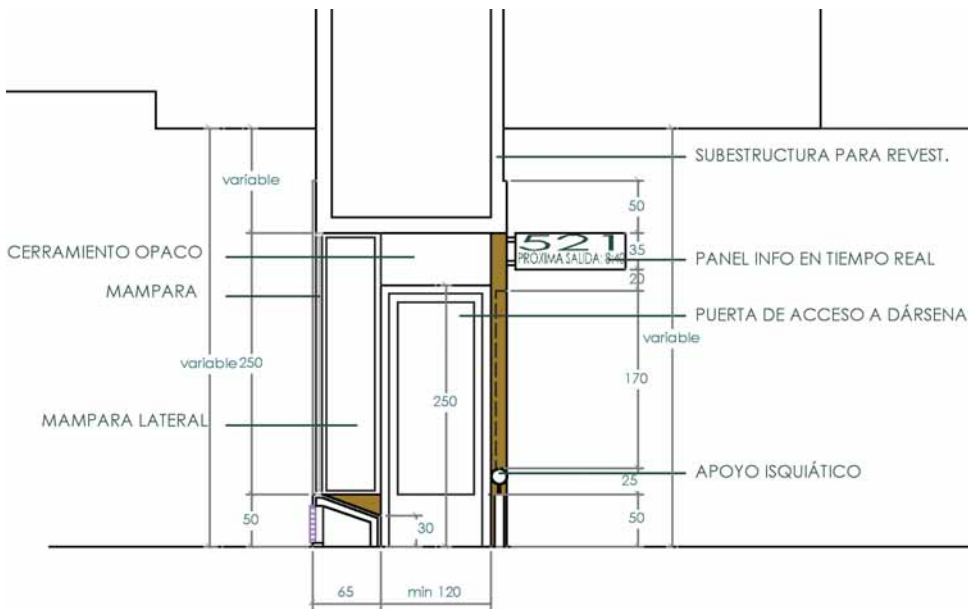
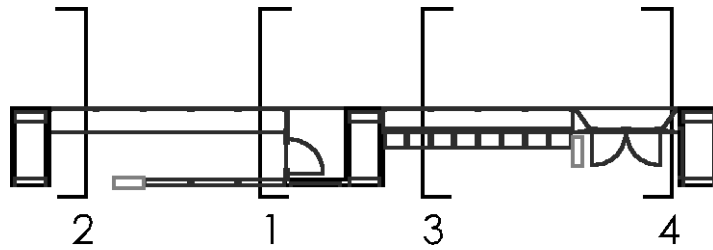


ZONA DE ESPERA Y SALIDA: Alzado exterior  
 WAITING AND EXIT AREA: Outside elevation

The external face on the other hand has a different function: to indicate, and direct passengers towards, the exit doors and the access doors for the hall area.



A continuación se muestran unas secciones esquemáticas de la geometría de los cerramientos.

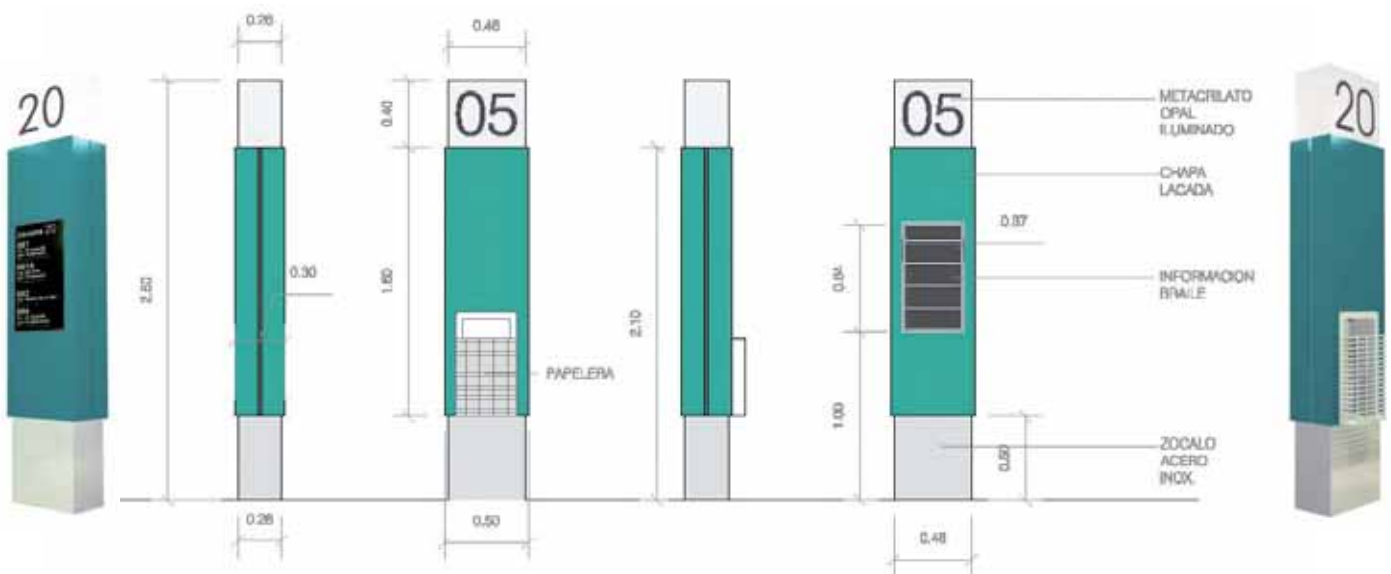


*FORMACIÓN DE COLA: Sección por puerta de embarque*  
**QUEUE-FORMATION AREA:**  
*Entrance door cross section*

Schematic representations of the geometry of the enclosures are shown below.









Cada uno de los elementos de cierre debe garantizar que se cumplan determinadas especificaciones técnicas:

#### Atenuación acústica

Se establece como mínimo la atenuación acústica necesaria para impedir una transmisión acústica mayor de 40 dB a la zona de espera.

#### Protección al fuego

El cerramiento debe presentar una protección al fuego de al menos PF-60 (o E-60 según norma UNE). En el cerramiento que comprenda una salida de emergencia, la protección al fuego es de RF-60, en al menos 1m de longitud a cada lado de las puertas de salida. Dichas puertas presentan la misma protección RF-60 e incluyen barra antipánico.

Each of the elements used to finish the project must meet specific technical specifications:

#### Sound proofing

As a minimum, sound proofing will be installed to avoid noise levels exceeding 40 Db in the waiting area.

#### Fire protection

The enclosure must have fire protection equal to at least PF-60 (or E-60 according to the UNE regulation). In the enclosure for an emergency exit, fire protection is rated at RF-60, to a distance of at least 1m from the exit doors. These doors also meet the RF-60 fire protection standard and include anti-panic bars.

#### Vibraciones

El cerramiento en su conjunto debe contar con juntas elásticas que garanticen la absorción de los movimientos provocados por las vibraciones de los forjados al paso de los vehículos, a la vez que ser estancas para impedir el paso de ruidos, humos, etc.

Esto se consigue mediante la suspensión con cables de los plintos de cerramiento, que permite el movimiento vertical del conjunto y, en el caso de los cierres con cartón yeso, se prevé una junta que absorbe dichos movimientos.

#### Puerta de embarque (formación de cola)

El automatismo de la puerta de embarque presenta un pulsador que permite abrir la puerta sólo cuando el autobús

#### Vibrations

The enclosure as a whole must have elastic joints that enable it to absorb the movements caused by vibrations in the flooring as a result of vehicle movements, and must be capable of stopping the transmission of noise, fumes, etc.

This is achieved by using cables to suspend the plinths for the enclosure, thus allowing the vertical movement of the whole set up and, in the case of closures using plasterboard, a joint is used to absorb such movements.

#### Boarding door (queue formation)

The automation of the boarding door uses a button to open the door only when the appropriate bus is in the

que está en dársena es el adecuado y está listo para admitir viajeros. Entonces se activa una luz que parpadea hasta que se aprieta el pulsador.

Una vez que se ha pulsado, la luz se mantiene apagada mientras la puerta está abierta por el paso de viajeros. Si ésta se cierra, y todavía está el autobús en la dársena, la luz vuelve a parpadear, hasta que el autobús haya abandonado la misma.

La puerta se mantiene bloqueada y cerrada mientras no haya autobús en dársena. Con ello se garantiza la estanqueidad del ámbito durante el mayor tiempo posible.

Presenta tres tipos de control: por sensor del autobús (tal como se ha expli-

bay and is ready to accept passengers. When the bus is ready, a light begins to flash and continues to do so until the button is pressed.

Once the button has been pressed, the light stays off whilst the door is open to allow passengers to board. If the door closes whilst the bus is still in the bay, the light will start to flash again and will continue to do so until the bus has left.

The doors remain closed and blocked whilst there are no buses in the bay. This ensures that unnecessary air movements are avoided for as long as possible.

There are three types of control: by the bus sensor (as explained), in the location (so it can be operated from



cado), en local (para su manejo en la propia dársena por fallo o mantenimiento), y por SGI (control remoto desde el puesto de control del intercambiador y la activación del automatismo no depende de la presencia del autobús en dársena).

La posición en local presenta, a su vez, cuatro posibles alternativas de control sobre la puerta:

- Dejar la puerta siempre abierta.
- Dejar la puerta funcionando por el pulsador y sin bloquear. Se abre al apretar el pulsador.
- Dejar la puerta funcionando por el pulsador y bloqueada. Se abre al apretar el pulsador.
- Dejar la puerta siempre bloqueada. No se abre al apretar el pulsador.

the bay itself in the event of mechanical problems and for maintenance) and from the SGI Integrated Management System (remote control from the control post for the transport interchange station and not dependent on a bus being in the bay).

The switch in the location offers four possible alternatives for the door:

- Leaving the doors semi-open.
- Leave the door to be operated by the button, without blocking it. Opening when the button is pressed.
- Leave the door to be operated by the button and blocked. Opening when the button is pressed.
- Leaving the doors semi-blocked. Not opening when the button is pressed.

El automatismo se ubica en el lado exterior del cerramiento, sobre la puerta, de forma que, desde la bajada del autobús, prácticamente no se percibe.

#### Puerta de salida (zona de espera y salida)

En el caso de la puerta doble de salida, el funcionamiento es diferente. La puerta está dotada de un detector de presencia por el lado de la dársena, que se activa con la presencia de personas en un radio de 1 m. Se mantiene abierta mientras detecte movimiento de personas, y después se cierra. Desde el lado interior la puerta no se puede abrir. La puerta se mantiene bloqueada y cerrada cuando no hay personas en la dársena.

El control en local funciona de forma similar a la puerta de embarque.

The automatic control is on the exterior of the enclosure, above the door so that, when alighting from the bus it is almost impossible to notice it.

#### Exit door (waiting and exit area)

The double exit door works in a different way. The door has a movement detector on the bus bay side which is activated by people passing within 1m of it. This opens the doors and keeps them open while the system can detect people moving, after which it closes the doors again. It is not possible to open the doors from the interior side. The doors remain closed and blocked whilst there are no people in the bus bay.

The local control works in a similar way to that for the boarding door.

Dejar la puerta siempre abierta.

Dejar la puerta funcionando por el sensor de personas y sin bloquear. Se abre al detectar a una persona.

Dejar la puerta funcionando por el sensor de personas y bloqueada. Se abre al detectar a una persona.

Dejar la puerta siempre bloqueada. No se abre al detectar a una persona.

El automatismo se ubica en el lado exterior del cerramiento, sobre la puerta, pero integrado en el marco abocinado, con una compuerta para poder ser registrado.

#### Iluminación

La iluminación de la franja del cerramiento de la formación de cola comprende, al igual que la zona de viajeros, 600 lux, pero se diferencia de ésta mediante la temperatura de color. Es de

Leaving the doors semi-open.

Leave the door to be operated by the movement sensor, without blocking it. It opens when it detects a person.

Leave the door to be operated by the movement sensor and blocks it. It opens when it detects a person.

Leaving the doors semi-blocked. It does not open when it detects a person.

The automatic control is on the exterior side of the enclosure, above the door, but built into the splayed door frame, with a hatch to allow it to be checked.

#### Lighting

As with the area for passengers, the lighting of the enclosure area for queue formation is 600 lux, however, it



tipo downlight de bajo consumo, y contempla una luminaria por cada módulo de 125 cm y otra para el módulo del paramento opaco, a la salida hacia la dársena.

En el cerramiento de zona de espera y salida, se prevé iluminación para señalar, en el lado exterior, la ubicación de las puertas de salida y tiene 300 lux como mínimo.

### Carpintería

La perfilería de la carpintería empleada está constituida por perfiles de acero lacado, construida de conformidad con ensayos de homologación según normas UNE y configurada con diferentes estructuras tubulares dispuestas de forma que provoquen, simultáneamente con las juntas, las rupturas de

uses a different temperature light. A low consumption down-lighter is used, with one light for each 125cm module and another for the opaque finish module at the exit to the bus bays.

In the waiting and exit enclosure area, lighting was planned for signposting purposes, on the exterior side, of the exit doors, and this would have an output of at least 300 lux.

### Joinery

The joinery material used consists of lacquered steel sections, built in conformity with accreditation testing meeting UNE standards and consisting of a range of tubular structures arranged in a way which, together with the joints, they break the heat bridge and ensure

los puentes térmicos y confieran igualmente a dicha estructura la condición mínima de PF-60 en combinación inseparable con el vidrio.

El cerramiento de vidrio y acero estará formado por acristalamientos con una protección ante el fuego PF-60, con homologación según las exigencias de la normativa española y europea, y con un comportamiento de conjunto inseparable vidrio-bastidor.

### Vidrio

La atenuación acústica de 40 dB se logra mediante la laminación de vidrios, y por la incorporación de una cámara de aire entre los vidrios.

El vidrio se señala a una altura de 145 cm para evitar posibles choques, tanto

that the structure meets the PF-60 standard, in combination with the glass.

The glass and steel enclosure is made of glass with PF-60 fire protection, accredited in accordance with Spanish and European standards, with the glass and the framework performing inseparably.

### Glass

The 40 dB noise control is achieved by using glass laminates, and through the inclusion of a gap between the panes of glass.

There is a sign at a height of 145cm on the glass to stop collisions, both for the doors and for the screen panels, although the latter are supported on the skirting.

en puertas como en paramentos fijos, aunque estos últimos van apoyados sobre el zócalo.

### Señalización

El cerramiento integra en el soporte físico, diferente tipo de señalización: información estática y dinámica (en tiempo real).

La información dinámica es proporcionada por el SGI a través de una pantalla (mínimo una TFT 19") situada sobre la puerta de embarque de cada dársena. En ella se muestran las horas de salida y destino de los próximos dos o tres servicios, además de una línea para incidencias.

La información estática se desglosa a su vez en:

### Signs and information

The enclosure has various types of signalling built into it: static and dynamic (real-time) information.

The dynamic information is provided by the SGI Integrated Management System using a display screen (TFT 19" minimum) located above the boarding door for each bus bay. These screens show the departure times and destinations of the next two or three buses, together with a telephone line for any incidents.

The static information consists of:

- General information on the lines: route maps, timetables and details of travel passes.

A display case is built into the screen enclosure to dis-



- información general y de líneas: mapas de recorrido, horarios de las líneas, abonos.

Para mostrar este tipo de información se prevé un armario integrado en la mampara, con puerta registrable para su actualización.

- información de la dársena: número de dársena y líneas que operan en ella. Esta información puede realizarse de dos formas:

1. por *fotoimpresión*: en aquellas zonas en que por la altura puedan ser dañadas por el público, (número de dársena, para señalar la entrada a la dársena).

La información fotoimpresa se prevé en dos lugares de la caja o pórtico de la formación de cola:

play this information; the display case has a door to allow the information to be updated.

- Information on the bus bay: the bay number and the lines which operated from it. This information can be provided in two forms:

1. Printed: in those areas where, based on their height they can be damaged by the public (platform number, signs for the entrance to the bus bay).

The printed information is designed for two places in the doorway for queue formation: in the lining of the pillar closest to the boarding door and next to the static information panel, with an approximate size of 50cm<sup>2</sup> x 150cm<sup>2</sup>, and another in the cladding of the other pillar, in the finish perpendicu-

lar to the line of the pillars, with an approximate size of 70cm<sup>2</sup> x 50cm<sup>2</sup>.

2. con *vinilos*: en aquellas zonas en que, por su excesiva altura, no pueden ser alteradas por el público, además de prever la posibilidad de poder modificarse, como el número de líneas asignadas a la dársena.

#### Publicidad

Los paneles publicitarios se integran en el revestimiento (enrasadas en el para-

lar to the line of the pillars, with an approximate size of 70cm<sup>2</sup> x 50cm<sup>2</sup>.

2. With vinyl signs: in those areas where, because of their great height, they can not be altered by the public, and so that they can be modified, such as the numbers of the services assigned to each bay, for example.

#### Advertising

The advertising panels are built into the cladding (embedded in the finish) of one of the doorway pillars. They are located here so that they do not compete with the information on the bus bays.

mento), en el revestimiento de uno de los pilares del pórtico. Su ubicación se prevé para que no compita con la información de dársena.

#### Mantenimiento, conservación y limpieza

Todos los elementos y materiales a la vista, y accesibles al público, deben ser a prueba de vandalismo, resistentes a las pintadas, al fuego y a los golpes, de fácil conservación y mantenimiento.

Además, cualquier elemento integrante de la mampara debe ser de fácil mantenimiento, con alta disponibilidad y bajo coste de los elementos de reemplazo. Deben garantizarse operaciones de mantenimiento sencillas y rápidas. ■

#### Maintenance, repairs and cleaning

All the elements and material that can be seen and accessed by the public must be resistant to vandalism, paint, fire and blows, and must be easy to care for and maintain.

Furthermore, any element that is built into the screen must be easy to maintain, and must have a ready supply of low cost replacement parts. Quick and easy maintenance should be ensured. ■



# Accesibilidad

Caridad Criado, Arquitecta

Desde la entrada en vigor de la Ley 8/93, de 22 de junio, de Promoción de la Accesibilidad

y Supresión de Barreras Arquitectónicas de la Comunidad de Madrid (BOCM 29/06/93), el concepto de la accesibilidad ha evolucionado, pasando de considerarse como un requisito funcional que afecta únicamente a las personas con discapacidad o colectivo con "necesidades especiales", a entenderse como un derecho de todos los ciudadanos por disfrutar de un entorno que carezca de impedimentos discriminatorios, del que forman parte las personas con alguna discapacidad, es decir, un colectivo que presenta las mismas "necesidades normales" que el resto.

De entre las nuevas aportaciones que reúnen los intercambiadores del Plan 2004-2007, una de las más relevantes se centra en lo concerniente a las intervenciones sobre **accesibilidad**, en especial, para el colectivo con discapacidad visual, ya que se estrenan en el panorama nacional y europeo.

Cabe apuntar que, en la medida de lo que ha sido posible, se han incorpo-

rado las disposiciones del Decreto 13/2007, de 15 de marzo del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento Técnico de Desarrollo en Materia de Promoción de la Accesibilidad y Supresión de Barreras Arquitectónicas (BOCM 24/04/07), dado que el nivel de ejecución alcanzado en la mayoría de ellos era muy avanzado cuando la disposición entró en vigor.

Las medidas sobre accesibilidad implementadas en los intercambiadores abarcan distintos aspectos y buscan, tal como apunta la normativa, por desarrollar actuaciones desde el punto de vista del diseño para todos, integrándolas desde la concepción y el diseño, como el propio cerramiento de mamparas.

Además, entre las actuaciones se distinguen dos tipos:

- las que implican seguridad, y que podemos denominar de **accesibilidad primaria**.
- en el colectivo de la discapacidad visual **evitan riesgos**.
- en el colectivo de la discapacidad física permiten un **acceso independiente y seguro**.

## Accessibility

Since the Community of Madrid's Law 8/93, of 22 June, on the Promotion of Accessibility and the Removal of Architectural Barriers (Official Gazette of the Community of Madrid 29/06/93) came into force, the concept of accessibility has evolved, changing from being considered a functional requirement that affects only those with disabilities of some kind and "special needs" groups, to being understood as a right of all citizens to enjoy an environment without any discriminatory barriers, including disabled people as just one part of this total, with the same "normal needs" as others. Among the many new facilities provided by transport

interchange stations under the 2004-2007 Plan, one of the most important relates to accessibility and, in particular, access for people with visual impairments, as these are highly relevant at both the national and European level.

It should be stated that, the disposition of Decree 13/2007, of 15 March from the Cabinet of the Government, which approved the Technical Regulations on the Promotion of Accessibility and the Removal of Architectural Barriers (Official Gazette of the Community of Madrid 24/04/07), have been incorporated to the greatest extent possible given the level of advancement that was available before said Decree came into force.

The accessibility measures undertaken in the transport interchange stations cover a range of different aspects and their objective, as described in the regulations, is to integrate them from the very beginning of the design process to the screen enclosures.

- Two types of actions can be identified:
- Those that involve safety and may be referred to as primary accessibility.
  - For the visually impaired, this avoids risks.
  - For the physically disabled, this enables safe and independent access.
  - Those that facilitate usage and may be referred to as facilitating.



- las que implican facilidad, y que podemos denominar de *facilitadores*.
- en el colectivo de la discapacidad visual posibilitan un *uso en igualdad de condiciones*.
- en el colectivo de la discapacidad física dotan de *capacidad de alcance y manipulación*.

Las actuaciones comprenden diversos ámbitos, entre los que se encuentran el diseño, el mobiliario, la señalización, evacuación, elementos de comunicación vertical, además de medidas específicas para el colectivo de discapacitados visuales. Las actuaciones se centran en evitar riesgos innecesarios, mejorar las condiciones de estancia y conducir a los invidentes. ■

## Cerramiento mamparas

El cerramiento físico dispuesto para diferenciar la zona de rodadura de autobuses con respecto a la zona de estancia de viajeros, dota a los intercambiadores de mayor seguridad en el tránsito de personas, puesto que los puntos de cruce se restringen a las puertas de embarque y de salida, y que se diseñan para permitir el paso de

personas en determinadas circunstancias. Se reduce la presencia de personas junto a la zona de autobuses hasta que éstos no estén posicionados y preparados para admitir viajeros, con lo que se minimizan las interferencias de las personas sobre la zona de circulación de autobuses.

- For the visually impaired, these make possible use with equal conditions.
- For the physically disabled, these provide ease of access and use.

These actions cover a wide range of areas, including design, furniture and fittings, signs, evacuation, vertical communication between floors and special measures for the visually impaired. These actions focus on avoiding unnecessary risks, and improving conditions in the station and transit through it for the blind. ■

### Screen enclosures

The physical barrier separating the area where the buses manoeuvre from the passenger areas make the transport interchange stations safer for passengers to pass through, as the only places where the two areas meet are the boarding and alighting doors, and these are designed to only let people pass under certain circumstances. This reduces the presence of people in the area of the buses to such a degree that they are no longer suitable for, or accessible to, passengers, and this minimises the interference of people with bus movements.

The screen enclosure has been conceived as an almost transparent wall, and features doorways that help us to understand the functions they perform: channelling the flow of queue formation for the bus bays, receiving passengers as they arrive from the buses and leading them to the passenger islands so that they may connect to other forms of transport or leave for the street.

The colour and shapes of the different elements used in the stations' designs make it easy to quickly understand the purpose of each area. They also distinguish the interior and exterior elevations of the station.



El cerramiento de mamparas se concibe como un paramento casi transparente sobre el que se insertan unas cajas o pórticos que nos ayudan a comprender las funciones que realiza: encauzar el flujo de formación de cola en las dársenas recibir la llegada de viajeros desde los autobuses y conducirla hacia el interior de las islas para su conexión con otros modos de transporte o la calle.

Para facilitar una comprensión rápida de estas funciones se adoptan el color y la geometría de los diferentes elementos como instrumentos de diseño. Se distingue además entre alzado interior y alzado exterior del cerramiento.

Para comprender la primera función hay que observar el cerramiento desde el alzado interior. Unas cajas sobresalen del paramento de cierre, y contrastan en color con respecto del fondo gris con el que se trata el resto del cerramiento.

La segunda función se percibe desde el alzado exterior. Las puertas de salida, resaltadas por un ancho marco perimetral de un verde intenso en contraste con el gris claro del resto de elementos de la fachada exterior, indican cuál es el camino de la salida. Su geometría abocinada nos acompaña suavemente en esa dirección.

Para facilitar el tránsito de personas, las puertas incorporan automatismos que abren las puertas mediante un pulsador luminoso, en el caso de la puerta de embarque, o de la detección de presencia de personas, en el caso de la puerta doble de salida.

Las puertas se diseñan con un ancho amplio, de 90 cm de hoja, para que el movimiento a través sea cómodo, y en el caso de la puerta de salida, se opta por la solución de puerta doble para que el movimiento pueda ser más rápido, ya que la inclusión de dos puertas sencillas con el mismo ancho libre total resulta en una ralentización del flujo de viajeros. ■



In order to understand the first function, the enclosure must be viewed from the interior elevation. Some boxes stick out from the surface finish and are featured in colours that contrast with the grey background that characterises the rest of the enclosure.

The second function can be observed from the outside elevation. The exit doors are signalled by a wide perimeter framework in an intense green, contrasting strongly with the light grey used for the other elements of the external facade. Their splayed geometry draws us gently in their direction.

In order to facilitate the movements of people, the

doors are equipped with equipment that automatically opens them, using a luminous button, in the case of the boarding door, and through a movement detector in the case of the double exit doors.

The doors are designed to be amply wide, the width of the door itself being 90cm, so that movement through them is not inhibited; double doors are used for the exit doorway to ensure that movements are even more rapid, as the use of two single doors that jointly have the same width as one of the doors used would slow down the flow of passengers. ■





## Mobiliario

Los intercambiadores incorporan medidas para facilitar la espera a los usuarios, incluyendo como parte de su mobiliario:

- apoyos isquiáticos o *paciencias*
- que sirven para mejorar la espera previa a la llegada del autobús, mientras se hace cola. Se insertan, según la medida del pórtico de formación de cola, de una a tres paciencias, que facilitan, además, la ordenación de los primeros metros de la cola fuera del ámbito de los flujos normales de tránsito.
- bancos de espera
- con apoyabrazos en los extremos para facilitar el asiento y levantamiento de personas con algún tipo de discapacidad o limitación.
- Torniquetes
- De conexión con Metro, entre los que se incluyen unos de ancho mayor, de 80 cm en lugar de 60 cm, para facilitar el paso cómodo a las personas que presentan algún tipo de discapacidad o limitación.

### Furnishings

The transport interchange stations include measures to make waiting more pleasant for passengers:

- Hip-level supports for seating.
- These make waiting more pleasant while queuing for the arrival of a bus. Depending on the dimensions of the doorway, there are between one and three of these hip-level supports that, in addition to offering seating, also serve to organise the first few metres of the queue away from the normal flows of people through the station.
- Benches for seating.
- These are equipped with armrests at the ends to make it easier for people with physical handicaps or limitations to sit down and stand up.
- Turnstiles.
- For connecting to the underground; these are normally 60cm-wide, but some are 80cm-wide to make it easier for people with physical handicaps or limitations to pass through.



Espacio reservado para PMR / Space reserved for PMR

## Espacios reservados para PMR (personas con movilidad reducida) en vías de evacuación

Entre los condicionantes de diseño de los intercambiadores, la evacuación de las personas en caso de emergencia ha sido uno de los más importantes, en aras de garantizar la seguridad de sus ocupantes dentro de los mismos.

Con el ánimo de garantizar la evacuación de las personas con algún tipo de discapacidad, se han incorporado rampas de evacuación en caso de emergencia en aquellos lugares donde ha sido posible. Dichas rampas cuentan con una pendiente máxima del 8%, y sirven, además, para evacuar a personas en camillas, si fuese preciso, dado que el ancho sobrepasa los 3 m.

En los recorridos de evacuación, se han previsto zonas de espera y refugio para personas con movilidad reducida, que se ubican en los vestíbulos previos de las escaleras de emergencia. ■

### Space reserved for people with restricted mobility in emergency exits

One of the most important factors governing the design of the transport interchange stations is the evacuation of people in the event of an emergency, so as to ensure the safety of everybody who uses them.

In order to guarantee the evacuation of people with handicaps, evacuation ramps have been installed for emergency use in places where this was possible. These ramps have a maximum slope of 8% and also serve for the evacuation of people on stretchers, if necessary, as they are over 3m in width.

The evacuation routes have waiting and refuge areas for people with reduced mobility, which are located in the halls immediately prior to the emergency stairs. ■



### Toilet facilities: general use

The internal organisation of the toilet facilities meets the requirements of Law 8/93, as do all other aspects of the projects, and the maximum possible effort has been used to implement the demands of the Regulations, which specify the dimensions and other requirements for the cubicles. The accessible cubicles for the disabled have been designed, located and equipped to be used by all users, not just the disabled. Furthermore, they have been equipped with measures that facilitate their use, such as bars on the inside of the doors that make them easier to open and close, in addition to other accessories that make their autonomous use both safe and comfortable.



## Aseos: uso general

La organización interna de los aseos, cumple las disposiciones de la Ley 8/93, como el resto de los proyectos, y se ha hecho lo posible por implementar las exigencias del Reglamento, en el que se especifican las dimensiones y otros requisitos sobre las cabinas. Así, las cabinas accesibles se diseñan, localizan y disponen para que sean utilizadas por todos los usuarios, y no solo por discapacitados. Además, se han dotado de medidas que facilitan el uso de las mismas, como barras interiores sobre las puertas para mejorar su apertura y cierre, además de los accesorios necesarios para su uso autónomo, cómodo y seguro.



Su organización interior permite una aproximación al inodoro por ambos laterales, y el lavabo puede ajustarse en vertical y en horizontal, con accionamiento fácilmente accesible. ■

## Escaleras mecánicas: plataformas

Todas las escaleras mecánicas incluyen el requisito de que los escalones formen una plataforma horizontal con los tres primeros escalones, tanto en su embarque como en su desembarque. De esta forma se mejoran las condiciones de seguridad en su uso puesto que en el momento en que se despliegan o juntan los escalones discurren unas décimas de segundo después de estar en ella, permitiendo que los sentidos se centren primero, en

pasar a un elemento en movimiento, y segundo, agarrarse al pasamanos para comenzar la subida o la bajada.

Durante el funcionamiento, las escaleras están preparadas para hacer tanto el recorrido de bajada como el de subida, luego en el caso de que una no funcionase, es posible invertir el sentido de la otra para facilitar el movimiento de ascenso. ■

The internal layout of these cubicles makes it possible to approach the toilet from either side, and the sink can be adjusted both vertically and horizontally, with fittings that are easily accessible. ■

### Escalators: platforms

All the escalators meet the requirement that the first three steps form a platform, both when getting on and getting off the escalator. This makes the escalators safer to use, as there are a few tenths of a second at the time that the stairs come together or begin to separate at the end or start of their trajectory which give the senses time to acclimatise to having got onto or off a moving object and, secondly, give the user time to take hold of the handrail to help them to get on or off.

The escalators are capable of operating in both directions; as a result, in the event that one is not working, it is possible to reverse the other to make it easier to ascend. ■

## Ascensores

Los ascensores están dotados de señalización en braille en la botonera, tanto en el interior de la cabina, como junto a la puerta de acceso en cada nivel.

La señalización acústica indica el nivel al que se llega, el uso predominante del mismo (salida, dársenas 01 a 10, Metro y servicios complementarios, por ejemplo), además de la apertura y cierre de puertas. ■



## Badenes

Los cambios de nivel de la altura de un escalón que se producen en los intercambiadores se salvan mediante **badenes** de dos tipos, los primeros con planos que conforman una volumetría cóncava, y los segundos con una volumetría convexa.

Estos desniveles se producen por dos razones:

- para atravesar la zona de rodadura desde las zonas peatonales (dársena o aceras) y salvar el escalón de 15 cm que supone el

bordillo, haciendo accesible el recorrido de las vías de evacuación hacia escaleras y refugios para PMR. Suelen tener 120 cm de profundidad, y una pendiente de 12,5% de media. La longitud varía en cada caso según las características geométricas del entorno.

- para salvar los desniveles generados en las puertas en aquellas islas que presentan una ligera pendiente longitudinal, es necesario acomodar ésta para que el barrido de las hojas de las puertas se produzca en horizontal. Se resuelve

### Elevators

The elevators have Braille on the control buttons, both inside the elevator, itself, and outside next to the elevator doors on each floor.

There are audio alerts indicating which floor the elevator has reached and the main use of the floor (exit, bus bays 01 to 10, Metro, complementary services for passengers, etc.) in addition to warning that the doors are about to open or close. ■

### Ramps

Changes in level of the height of one step in the transport interchange station are overcome through the use of two types of ramps, the first are flat and form a concave volume, whilst the second have a convex volume.

There are two reasons for these differences in level:

- To cross the areas for movement from pedestrian areas (bus bays and roadways) and to overcome a 15cm-step at the curb, making it possible for people with restricted mobility to use the evacuation routes towards the stairs and the refuges. These are usually 120cm-long and have an average slope

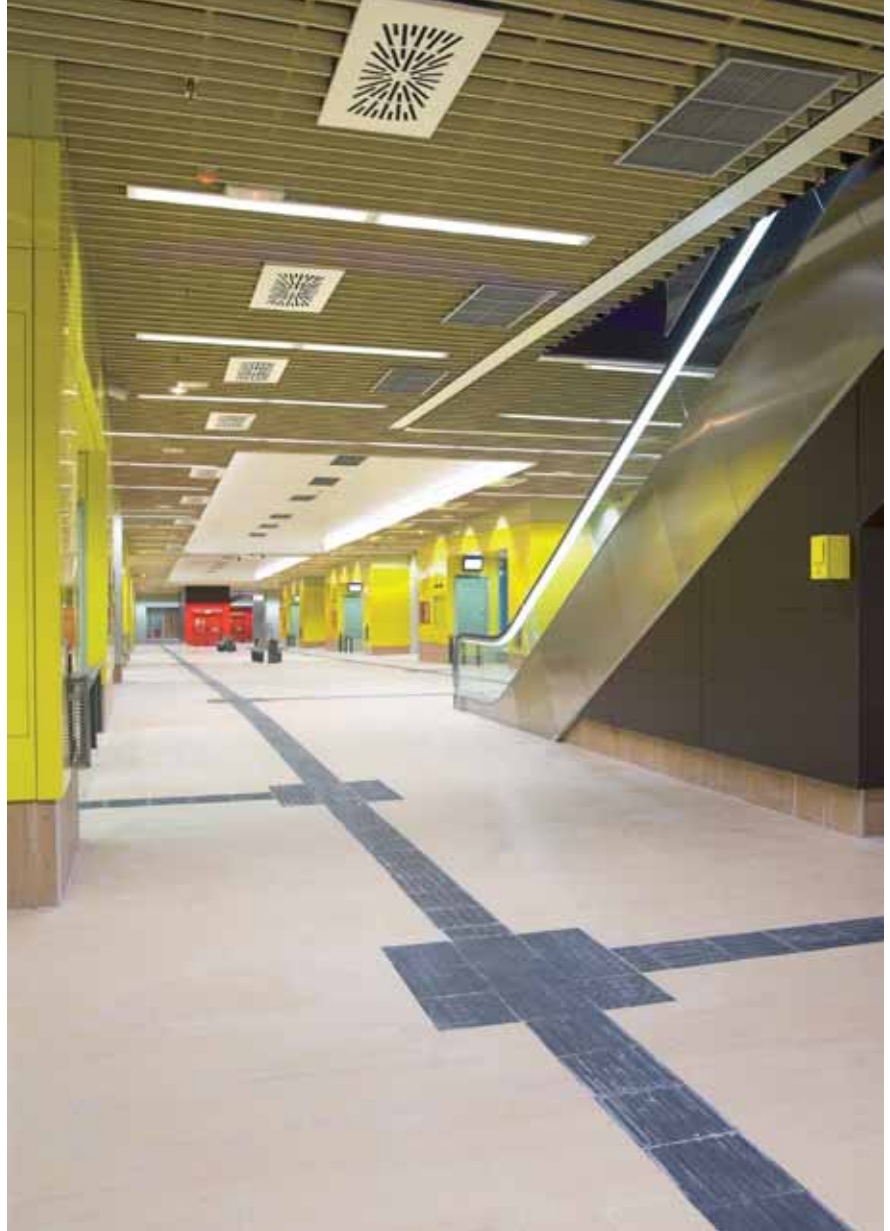
of 12.5%. The length varies in each case depending on the geometric characteristics of the location.

- In order to overcome level-changes at the doors to those passenger islands that have a slight longitudinal slope, so that the sweep of the doors as they open can occur horizontally. This is achieved through gentle changes of plane that configure a horizontal plane under the doors, so to avoid substituting the double doors for two separate doors, in addition to maintaining the orthogonal geometry of the doors, and thus facilitating their manufacture, hanging and maintenance.

The 2.8% longitudinal slope of the floors is overcome

con cambios de planos suaves que configuran un plano horizontal bajo las puertas, de forma que se evita sustituir la doble hoja por dos sencillas, además de mantener la geometría ortogonal de las mismas, facilitando así su producción, montaje y mantenimiento.

La pendiente longitudinal de los forjados del 2,8% se resuelve de forma casi imperceptible, puesto que los planos que las conforman se extienden en las superficies anterior y posterior hasta conseguir pendientes muy suaves. ■



## Colectivo con discapacidad visual

Los intercambiadores han implantado una serie de medidas nuevas, que dan respuesta a las exigencias del recién estrenado Reglamento de Accesibilidad de la Comunidad de Madrid, específicas para el colectivo con discapacidad visual.

Es por ello que las zonas públicas de los intercambiadores, vestíbulos de acceso, islas y dársenas, han introducido diversas actuaciones en los pavimentos para este colectivo, tan castigado en espacios amplios y de gran envergadura, donde los elementos de referencia se pierden en la magnitud del espacio.

almost imperceptibly, as the planes from which they are formed extend over the surfaces to both sides, so as to achieve very gentle gradients. ■

### People with visual impairments

The transport interchange stations have implemented a series of new measures to meet the requirements of the visually impaired established in the Community of Madrid's recently released Accessibility Regulations.

For this reason, the public areas of the transport interchange stations, the entrance halls, the passenger islands and the bus bays all have a range of features for this group, which tends to suffer from problems in large open spaces in which reference points are lost in the magnitude of the space.

The regulations state that systems suitable for people with visual disabilities should be established to signal the main routes through the space. In order to achieve this, two types of floor tiles have been used: corrugated and domed, using two different colours. These types of tiles and the different colours are used to signal:

- Guidance, with a strip of corrugated tiles in a different colour from the rest of the flooring which is between 30cm- and 60cm-wide in the direction of the path. Changes of direction are signalled with the same tile, divided into two so that each half signals a different direction, without the use of any additional elements.
- Warnings, to indicate the presence of particular features.



Tal como recoge el reglamento, deben establecerse encaminamientos que señalen los recorridos principales, adecuados para personas con discapacidad visual. Es por ello que se han utilizado dos tipos de baldosas en el pavimento: acanaladas y abotonadas, con dos colores diferentes que, según su disposición y color, señalizan:

■ **orientación**, con una franja de entre 30 a 60 cm de ancho, de baldosas acanaladas, dispuestas en la dirección de la marcha, que contrastan con el color del resto del pavimento. Los cambios de dirección se realizan con la misma baldosa, partida en dos para tomar en cada mitad la dirección, sin introducción de ningún otro elemento adicional.

■ **Lifts**, with a strip of corrugated tiles which is 120cm deep and at least equal in width to the access door (minimum of 120cm), which is perpendicular to the direction of the path, i.e., with the channels in the corrugated tiles parallel to the lift door.

■ **Stairways**, both for boarding and alighting, with a 120cm-deep strip of corrugated tiles that is as wide as the stairs, and with the channels in the tiles being parallel to the steps.

■ **Steps**, with a longitudinal contrasting strip at the edge of the step to warn of changes of level, and to stop people thinking that they are on a flat surface.

■ **Junctions of two paths**, which are signalled with

■ **advertencia**, para indicar la presencia de diversos elementos.

■ **ascensores**, con una franja acanalada de 120 cm de profundidad y el ancho igual a la puerta de acceso (y como mínimo de 120 cm) dispuesta en perpendicular al sentido de la marcha, es decir con la acanaladura en paralelo a la puerta.

■ **escaleras fijas**, tanto en su embarque como en su desembarque, con una franja acanalada de 120 cm. de profundidad y el ancho igual a la escalera, con la acanaladura en paralelo a los escalones.

■ **escalones**, provistos de una franja longitudinal de contraste, colocada junto al borde del escalón, para advertir sobre los cambios de cota, y evitar que se entienda como un plano.

■ **intersecciones con otros encaminamientos**, señalizadas con unos "rosetones" (cuadrados) de 9 ó 16 baldosas abotonadas que se insertan en los encaminamientos cuando se produce una intersección de dos o más caminos.

■ **peligro**, para advertir sobre límites

squares of 9 or 16 domed tiles at the point where the two paths meet.

■ **Danger**, to signal points which should not be passed because of potential dangers. A 30cm- to 60cm-wide strip of yellow domed tiles is used next to the bus bay kerb, and around the interior of slopes leading to evacuation routes, so that these are not confused with normal paths through the space.

The flooring used for these purposes has to meet specific criteria. They are described as being podotactile and must be accredited; in order to achieve this they must meet a series of requirements with regard to the

que no deben sobrepasarse puesto que implican cierto riesgo. Se emplea una franja de 30 a 60 cm. de baldosa abotonada de color amarillo junto al bordillo de las dársenas, y rodeando interiormente los badenes que conducen a vías de evacuación, para que éstos no se confundan con pasos a través de la zona de rodadura.

Los pavimentos encargados de tales funciones tienen unas características especiales, se denominan podotáctiles y deben estar homologados, para lo que deben reunir una serie de requisitos geométricos con respecto a las distancias entre canales y botones, a el ancho y la altura de los mismos.

La inserción de los pavimentos podotáctiles debe hacerse de forma que se diferencien en color con el resto del suelo, de forma que sean fácilmente distinguibles no solo por su textura, sino por el contraste producido con respecto al resto del pavimento en el que se inserta.

Las funciones que deben acometerse con estas baldosas dan lugar a recorridos principales y secundarios. ■

distance between the channels and the domes, and their widths and heights.

The podotactile flooring used must be of a different colour to the rest of the flooring so that it can easily be differentiated not just by its surface texture, but also by the colour contrast with the rest of the floor.

These tiles are used for main and secondary routes. ■



## Recorridos principales guiados

Los recorridos horizontales principales interiores se encargan de conectar los diferentes accesos al intercambiador, ya sea por superficie, o por cualquiera de los modos que confluyen en el intercambiador, entre sí y con el resto de dependencias públicas que acoge, ya sean vestíbulos, islas y zonas comerciales. Se disponen como una franja de 30 a 60 cm de baldosas acanaladas en la dirección de la marcha.

Desde los accesos en superficie, estos recorridos conectan con las escaleras fijas. Y desde los torniquetes de Metro, se traza un encaminamiento que conduce bien a escaleras fijas, bien a un recorrido principal.

En las islas los recorridos principales se establecen como un recorrido perimetral cercano al cerramiento de mamparas de las dársenas. La franja de 30 a

60 cm de baldosas acanaladas se dispone de forma que guía a lo largo de la isla, conectando con los núcleos de escaleras fijas y con otros recorridos de carácter secundario, también acanalados, que conducen a cada una de las dársenas.

El encaminamiento perimetral se dispone de tal forma que las posibles interferencias a su paso (barandillas, papeleras, paramentos, columnas) quedan a 80 cm de distancia, y lo más alejado posible de las zonas de formación de cola, lo que permite un barrido cómodo y seguro con un bastón de ciegos, con las mínimas interferencias en las zonas donde es habitual la presencia permanente de personas.

Es en las intersecciones de los encaminamientos donde se introducen los "rosetones". ■



### Main guided paths

The main internal paths in the transport interchange station are used to connect the entrances to the station, whether from the surface or from any of the transport systems that use the station, and to connect the transport systems to each other and to the rest of the public spaces in the building, including the entrance halls, passenger islands and commercial areas. A 30cm- to 60cm-wide strip of corrugated floor tiles is used, with the channels running in the direction of the path.

These routes join the entrances on the surface to the stairways. And from the turnstiles of the underground

station these paths lead either to stairways or to another of the main paths.

On the passenger islands, the main routes follow a perimeter path close to the enclosures of the bus bay screens. The 30cm- to 60cm-wide strip of corrugated strips is laid out in such way that it guides the user to all parts of the island, connecting to the stairways, and secondary guided paths, which are also channelled, leading to the bus bays themselves.

This perimeter path is laid out in such way that any possible obstacles (handrails, rubbish bins, facings, columns) are at least 80cm away, and so that they are

as far as possible from the queue formation areas, allowing the person to use their white stick freely with minimal interference in areas where people are usually present.

Large squares of tiles are used to signal that users are at a junction. ■

## Recorridos secundarios guiados

Los encaminamientos secundarios son aquellos que parten de los recorridos principales, o tienen como función, llegar a ellos.

Desde el interior de la isla, los encaminamientos secundarios dirigen hacia los pórticos de la formación de cola, en el punto en que termina la ordenación de la misma por las *paciencias*, donde además está prevista la colocación de información en altorrelieve y braille. Estos encaminamientos suelen ser

bastante cortos puesto que el recorrido principal se desarrolla en paralelo al cerramiento de mamparas, a una distancia variable de entre 1 y 2,5 m, dependiendo de la isla.

Desde el exterior de la isla, el encaminamiento secundario está compuesto por una baldosa acanalada, dispuesta en dirección paralela a la marcha, frente a las puertas dobles de salida, que al abrirse, nos acercan hasta el encaminamiento perimetral. ■



### Secondary guided paths

Secondary guided paths branch off, or lead to, the main guided paths.

From the interior of the passenger island, the secondary paths lead to the queue formation areas, to the point where the hip level supports for seating signal the end of these areas; it is planned to place information in high contrast and Braille at these points. These paths are usually quite short, as the main path is parallel to the screen enclosures, at a distance of between 1m and 2.5m, depending on the passenger island.

From the exterior of the passenger island, the secondary paths are composed of corrugated tiles, laid out

parallel to the path, in front of the double exit doors that lead to the perimeter path around the island. ■





## Acceso

Para facilitar la entrada en los accesos a los intercambiadores se debe emplear un sistema de **apertura fácil** en una puerta de entrada y otra de salida, o en una única puerta si existe una batería de entrada y salida. Las entradas aparecen señalizadas con la palabra “apertura fácil” mientras no se cree un pictograma específico.

La puerta de fácil apertura funciona mediante un muelle electro-hidráulico, que se activa y abre automáticamente desde el interior mediante un pulsador, y desde el exterior, con un empuje suave sobre la misma hoja con un mínimo esfuerzo, hasta que alcanza unos 10° de apertura, momento en el que se abre completamente sola. ■

## Recomendaciones

Dado que muchas de las medidas se han ido adoptando conjuntamente con la Comisión de Accesibilidad durante la ejecución de las obras, ciertas medidas de accesibilidad se han apuntado como recomendaciones en aquellos

casos en los que la ejecución del intercambiador estaba muy avanzada o finalizada, con la idea de que sean las propias concesionarias las que tomen la decisión de implementarlas. ■

### Access

In order to facilitate entrance to the transport interchange stations, an easy-open system is used for one entrance door and one exit door, or in just one door if it offers both entrance and exit. The entrances are signalled with the words “apertura fácil” (easy open), but no specific pictogram is used.

The easy open door works through an electronic-hydraulic spring, which is activated and opens automatically from the interior using a button, and from the exterior by a light push on the door itself, requiring minimum effort, until the door is 10° open, at which time it opens automatically. ■

### Recommendations

Given that many of the measures were adopted jointly with the Accessibility Commission whilst the work was being carried out, and as the construction of some of the transport interchange station was too advanced to incorporate the measures during building, certain accessibility measures have been noted as recommendations for future implementation, so the concessionaires can take a decision as to whether to implement them. ■



## Señalización

*Borja Pardo, Arquitecto*

La señalización en los intercambiadores ofrece información visual, en braille y en altorrelieve, cada una con una función específica, con unas características y dimensiones que pretenden servir al mayor número posible de usuarios con cada una de ellas.

La información se ofrece a través de distintos elementos de señalización, que acompañan en el itinerario desde el exterior hasta los diferentes modos, o entre los diferentes espacios públicos del intercambiador.

La señalización debe cumplir varias funciones: direccional, de información general y de información específica de la dársena. ■

## Señalización direccional

La señalización direccional se introduce para guiar en el recorrido a través de vestíbulos, zonas comerciales, accesos y dársenas. Está compuesta por rótulos

que se suspenden desde el falso techo, o se adosan a las paredes, con vinilos sobre los vidrios del cerramiento de mamparas, y con pegatinas en braille.

### Criterios generales:

Los vinilos deben ser mates, para que no se produzcan deslumbramientos con la iluminación.

La tipografía utilizada en toda la señalización es la siguiente:

- la **Arial Narrow Bold** como norma general
- la **Futura Md Bt**, para el nombre del intercambiador
- la "i" de información en la fuente de letra: **rockwell negrita i**

Se utilizan cuatro colores:

- verde para indicar salida (Pantone 369 U)
- rojo para indicar autobuses (Pantone 485 U)

### Arial Narrow Bold

abcdefghijklmnñopqrstuvwxyz

ABCDEFGHIJKLMNÑOPQRSTUVWXYZ

1234567890

Pantone 369U

Pantone 485U

Pantone 286U

Pantone 425U

### Signs and information

The signs and information in the transport interchange stations give visual information, and the information is displayed in high relief and in Braille, all of which have specific functions, and are of a size that is intended to serve the largest possible number of passengers.

The information is displayed using a range of different types of signs, which are used throughout the station, from the exterior to the transport systems, and between the public spaces in the transport interchange station.

The signs have to perform several functions: giving directions, general information and specific information on the bus bays.

### Directional signs

The directional signs are used to guide paths through the halls, commercial areas, the entrances and bus bays. They consist of signs that hang from the false ceiling or are fixed to the walls, with vinyl stickers on the glass of the screen, and with stickers in Braille.

### General conditions:

Vinyl stickers must be in a matt finish in order that dazzles are not produced with the lighting.

The typography used in the signs is the following one:

- azul para indicar Metro (Pantone 286 U)
- gris oscuro para usos complementarios (aseos, zona comercial, ascensores...)  
(Pantone 425 U)

Los textos como norma general serán en blanco, y con las tildes correspondientes, en minúsculas, exceptuando la primera letra. El único texto que va en mayúsculas es el del nombre del intercambiador en el directorio.

El diseño de la señalética mantiene un patrón constante en todo el intercambiador, y los caracteres alfanuméricos que contenga se ajustarán en cuanto a tamaño mínimo, sobre la base de la distancia perceptiva estimada, a lo establecido en la siguiente tabla:

| Distancia de lectura | Tamaño de letra |
|----------------------|-----------------|
| 5 m                  | 140 mm          |
| 4 m                  | 110 mm          |
| 3 m                  | 84 mm           |
| 2 m                  | 56 mm           |
| de 50 cm a 1 m       | 28 mm           |

Los niveles o islas de dársenas, se señalizan mediante el color del pórtico de

- Arial Narrow Bold as general norm.
- Futura Md Bt for the transport interchange station name.
- Rockwell Bold for the "i" of information.

Four colours are used:

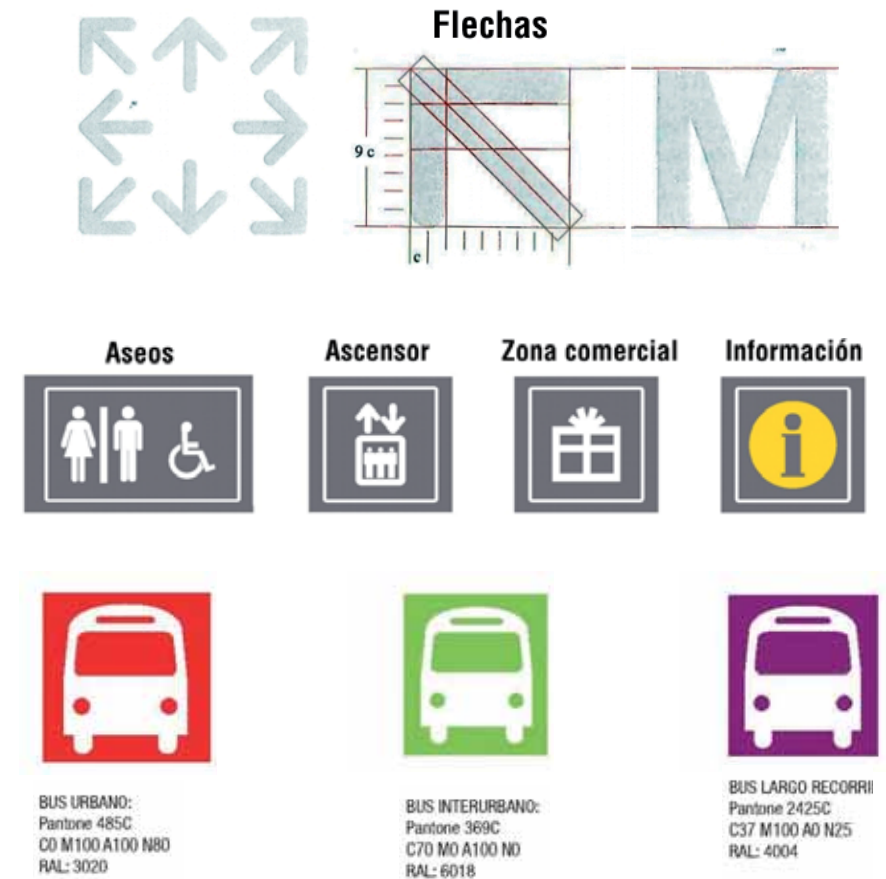
- Green to indicate the exit (Pantone 369 U)
- Red to indicate buses (Pantone 485 U)
- Blue to indicate the Underground (Pantone 286 U)

Grey for other uses (toilets, commercial areas, elevators, etc.) (Pantone 425 U)

Texts in general will be in white colour in minuscule let-

ters, except the first letter. The only text that goes in capital letters is the name of the interchange station in the directory.

The signs design keeps constant all through the interchange station, and all the alphanumeric characters will adjust in size to the established in the following table:



**BUS URBANO:**  
Pantone 485C  
C0 M100 A100 N80  
RAL: 3020

**BUS INTERURBANO:**  
Pantone 369C  
C70 M0 A100 N0  
RAL: 6018

**BUS LARGO RECORRI**  
Pantone 2425C  
C37 M100 A0 N25  
RAL: 4004

ters, except the first letter. The only text that goes in capital letters is the name of the interchange station in the directory.

The signs design keeps constant all through the interchange station, and all the alphanumeric characters will adjust in size to the established in the following table:

| Reading distance | Letter size |
|------------------|-------------|
| 5m               | 140mm       |
| 4m               | 110mm       |
| 3m               | 84mm        |
| 2m               | 56mm        |
| 50cm / 1m        | 28mm        |

## Rótulos

Los rótulos que cuelgan del techo o se adosan a la pared se componen de una o dos filas de 30 cm de ancho, con una longitud que varía en función de las necesidades específicas de las indicaciones que se muestran y pudiendo aprovechar ambas caras para dar información complementaria. Los tamaños de los textos serán de 140 mm en la tipografía Helvética Condensed Bold color blanco.

Con respecto a los rótulos de los ascensores todos los carteles serán iguales, exceptuando el color del rectángulo que indique el nivel en el que se encuentra, cuyo color hará referencia al uso principal de dicho nivel. El rótulo deberá situarse encima de la puerta del ascensor, y si esto no es posible, lo más cercano a dicha localización.

Los tamaños de los textos serán de 56 mm salvo el nº del nivel en el que se encuentra que será de 84 mm.

Los pictogramas de las islas serán en color blanco sobre fondo gris oscuro.



Ejemplo de aplicación de señalización direccional (Intercambiador Moncloa)  
Directional signs example (Moncloa Interchange Station)



Ejemplo de señalización de ascensores (Intercambiador Moncloa)  
Lifts signs example (Moncloa Interchange Station)

Los textos de "ISLA" en negro y mediante el color del pórtico de las mamparas de la isla correspondiente se resalta un círculo de color en su interior con el número de isla en color blanco ó negro según resalte más. La numera-

ción de las dársenas será en color blanco sobre fondo rojo y en tamaño de letra de 140mm. Los montantes perimetrales del soporte de cada rótulo serán en acabado aluminio.

The levels and the passenger islands are identified by the colour of the doorway in the screen to enable rapid identification.

Symbols will be the same that gathers the Corporate Manual of the Community of Madrid, happening the same thing with the arrows, which the Manual gathers specially, as for geometry and position with regard to the texts.

-Signs

The signs that hang from the ceiling or are fixed to the walls consist on one or two 30 cm wide bars, with a

changeable length depending on the needs of the information they give. Both sides can be used to give complementary information. All texts will be 140 mm size in white colour Helvética Condensed Bold type.

With regard to the elevator signs they will all be the same except for the colour of the rectangle that indicates the level in which you are. This colour will refer to the principal use of the level. The sign will be situated above the elevator door, and if it is not possible, the nearest to this location.

The texts sizes will be 56 mm except for the number of the level in which you are that will be 84 mm.



Ejemplo de señalización de islas (Intercambiador Moncloa)  
Islands signs example (Moncloa Interchange Station)



Braille en dársenas  
Braille in bus bays

Island pictograms will be in white colour with dark gray background and with the colour of the doorway screens, a colour circle in the middle with the number of the island in black or white, as stands out more. Bus bay numbering will be in white colour with a red background and a 140 mm letter size. "Island" texts in black colour.

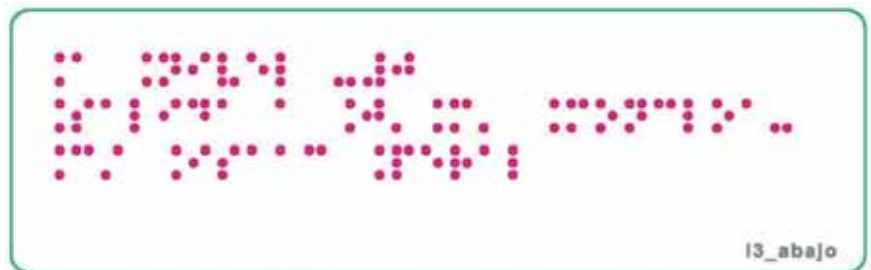
-Braille

The Braille and high relief signs are set up trough the bus bays giving information about the bay number, the bus line number and the destination. This sign is made of aluminium dull black finished muds with braille and high relief white colour texts.

### Braille

La señalización en Braille y altorrelieve se dispone en las dársenas dando información sobre el número de dársena, el número de línea y el destino. Esta señalización se realiza en laminas de aluminio en acabado negro mate y con textos en braille y altorrelieve en color blanco.

También se dispone información en Braille en ascensores cumpliendo con la normativa vigente sobre accesibilidad así como pegatinas en vinilo transparente con textos en braille en la cara inferior de los pasamanos de las escaleras indicando las salidas, los niveles y las dársenas a los que conducen.



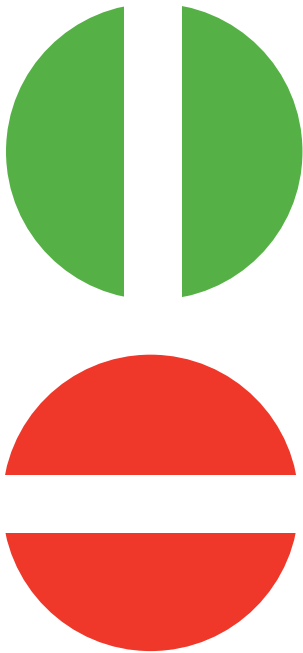
Pegatinas en braille en pasamanos  
Braille stickers on rails

There is also Braille information in elevators fulfilling the accessibility regulation as well as vinyl stickers with Braille text located on the under side of the handrails of the stairs indicating the exits, the levels and the bus bays to which they lead.

-Vinyl stickers

The vinyl stickers stuck to the glass have two purposes:

- Using arrows and the bus bay number, they indicate the direction to the entrance of each of the bus bays, and using arrows and the word "exit" they



## Información General

### Vinilos

Los vinilos se adhieren sobre los vidrios con dos objetivos:

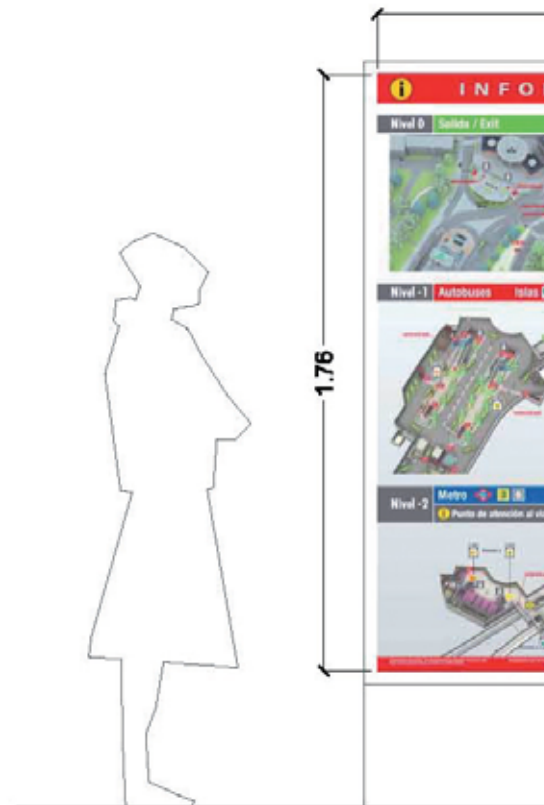
- mediante flechas y el número de la dársena se indica la dirección hacia la entrada en cada uno de los vidrios modulares del pórtico, y mediante flechas y la palabra "salida" se señala la puerta doble en los vidrios del cerramiento de la zona de espera y salida.
- mediante pictogramas de prohibido y adelante, se señalizan los flujos de las puertas dobles de salida. ■

La información general está compuesta por pegatinas de señalización general de advertencia, por unos directorios de planta y por una señalización de identificación.

### Directorios

Los directorios tienen un tamaño de plano de 1200x1760mm, donde muestran tanto información escrita sobre el uso principal de cada nivel,

como información gráfica a través de planos, en tres dimensiones para facilitar su comprensión. Están localizados, como mínimo uno por planta, cerca de los recorridos principales, para facilitar su localización.



show the way to the double doors in the screen which give access to the waiting and exit area.

- Pictograms indicating permission and prohibition show the flows through the double exit doors. ■

### General Information

General information is composed by general warning stickers, a few plan directories and by an identification sign.

### -Directories

The directories have a plan size of 1200x1760mm, where they show both information, written about the main use of each level, and graphical information

through plans, in three dimensions to facilitate their comprehension. They are located, as minimum one in every floor, near the main routes, to make them easier to find.

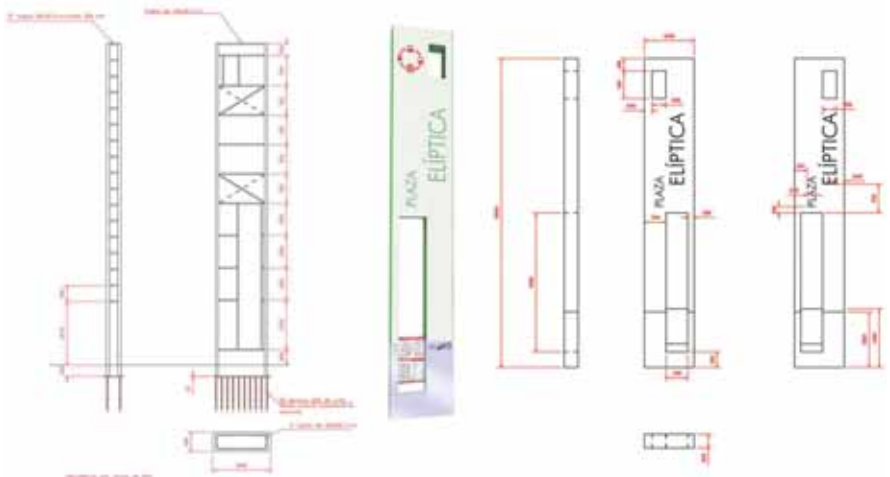
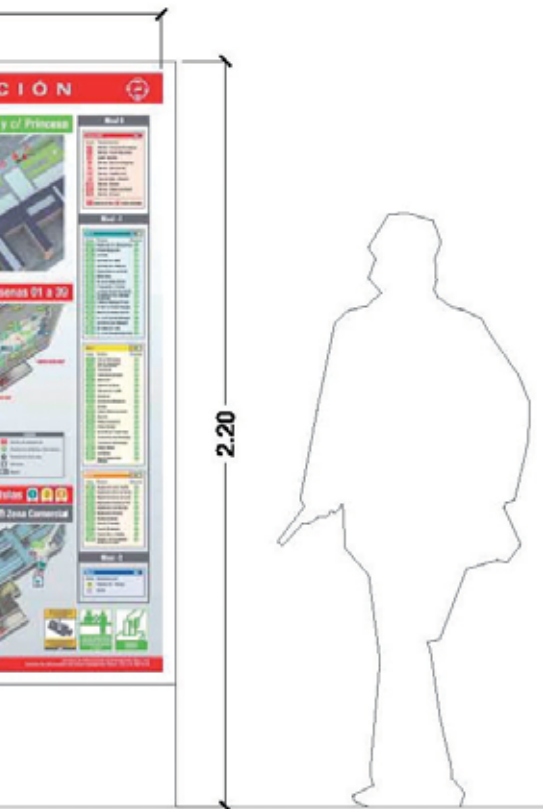
### -Identification sign

- An exterior totem will be placed in surface to identify the interchange station. It will consist on a great painted sheet structure. The interchange station name will be in green vinyl (size letter 450 mm) and will have a light box connected to lodge an informative two faces panel.

- In every principal passengers access there will be a sign with the interchange station name (in Fu-

## Señalización de identificación

- Para identificar el intercambiador, se situará en superficie un tótem exterior que consistirá en una gran estructura forrada por chapa pin-



tada (en gris claro en su parte frontal y trasera y en verde en los cantos). El nombre del intercambiador será en vinilo verde (tamaño letra 450 mm) y tendrá una caja de luz acoplada para alojar un panel informativo a dos caras.

En el frontal de cada uno de los accesos de peatones se instalará un

cartel con el nombre del intercambiador (irá en estilo FUTURA Md BT, en mayúsculas) y los pictogramas identificativos de cada modo de transporte.

En el frontal de las tolvas de acceso de autobuses se colocará un cartel, que identifique el intercambiador y ordene la circulación.

tura Md BT style in capital letters) and the pictograms of every way of transport.

- In the bus access frontal chutes there will be placed a sign which identifies the interchange station and arranges the traffic.

-General warning stickers

The general information signs include general warning stickers, such as no-smoking signs, communication with the Control Post using intercoms, information on video-surveillance using short-circuit television, and on penalties for undue use of the fire alarm systems. ■

## Advertencia Alarmas



## Interfono



## Prohibido fumar



## Advertencia Videovigilancia



## Desnivel acusado



### Señalización general de advertencia

Con respecto a la información general, la señalización incluye pegatinas de advertencia general como la prohibición de fumar, comunicación mediante interfonos con el Puesto de Control, información sobre la videovigilancia a través de circuito cerrado de televisión, o sobre la penalización por el uso indebido de los sistemas de alarma contra incendios. ■

de autobuses que operan en la misma. Cada dársena presenta tres zonas de señalización:

#### a) En el frontal del pórtico:

En el que está integrado un armario donde se muestra información gráfica y escrita sobre los destinos, rutas y horarios de las líneas que operan en la dársena y en el número grande de la dársena acompañado de las líneas que operan en la misma.

Estos paneles informativos serán de distintos colores según el tipo de autobús de la dársena:

## Señalización en dársenas

La información de cada dársena se compone de varios elementos de señalización que refuerzan tanto la dársena en la que se está como las líneas



#### Bus bay information

The information for each bus bay consists of various signs that reinforce the message of which bus bay it is and which bus services use it.

Each bus bay has three signs areas:

#### a) In the front of the doorway:

Where there is a case that displays visual and written information on destinations, routes and timetables for the services from each bus bay and also in the bus bay number that is shown in large numbers accompanied by information on the services which operated from the bus bay.

These informative panels will be of different colors according to the type of bus:

- green for inter-city buses.
- red for urban buses-EMT.
- purple for long route buses.

#### b) In the interior totem:

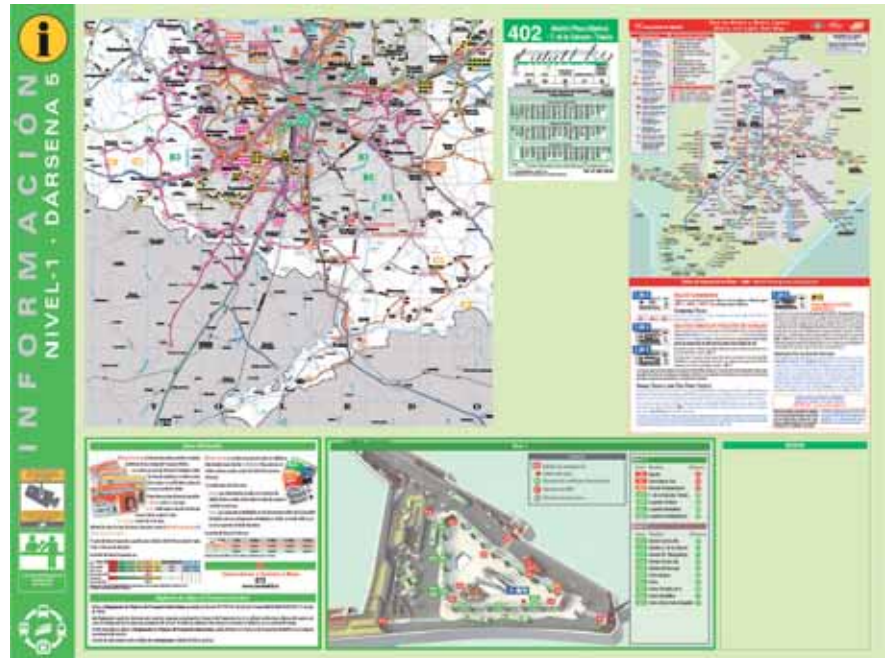
Where the lines and destinations in Braille and high relief information are integrated and with the big illuminated number of the bay.

#### c) In the bus bay:



Área para información de líneas, esquema y tarifas de Metro, esquema de Cercanías...

Plano de la población o zona de destino



- Autobuses interurbanos Verde.
- Autobuses urbanos-EMT Rojo.
- Autobuses de largo recorrido Morado.

Tarifas de transporte público

Plano de la isla, situación de líneas de autobús, listado, salidas de emergencia...



Panel de información empotrado

BIE empotrada

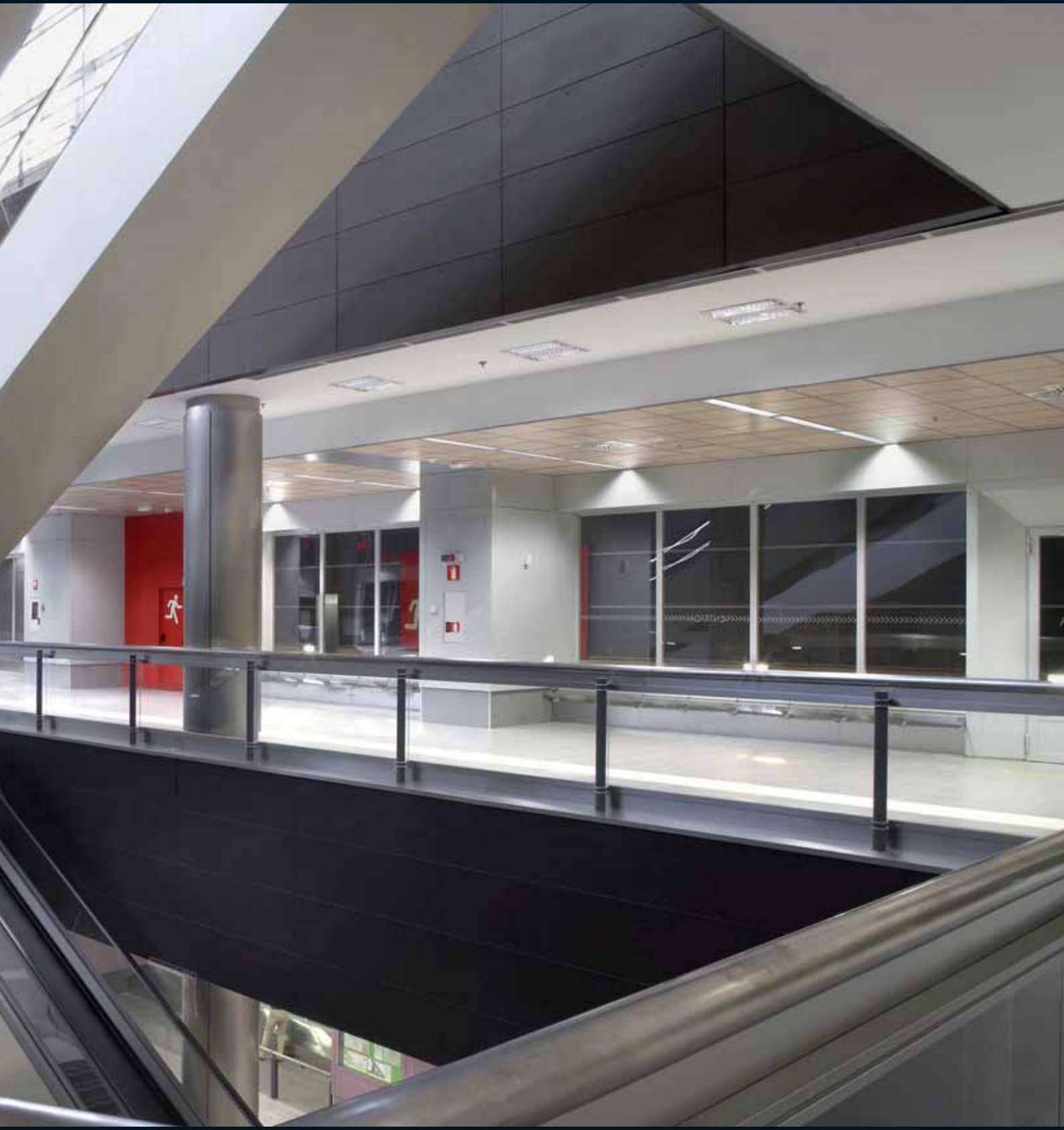


In the interior with an informative panel in real time above the door and with a big bay number printed in the door. In the exterior with a photoluminescent text indicating the exit besides a sign painted on the causeway of the bay (that serves basically for driver's identification) and with a hanging sign with a red and green light to indicate whether the bus bay is free or in use.

- Dynamic and Static Information

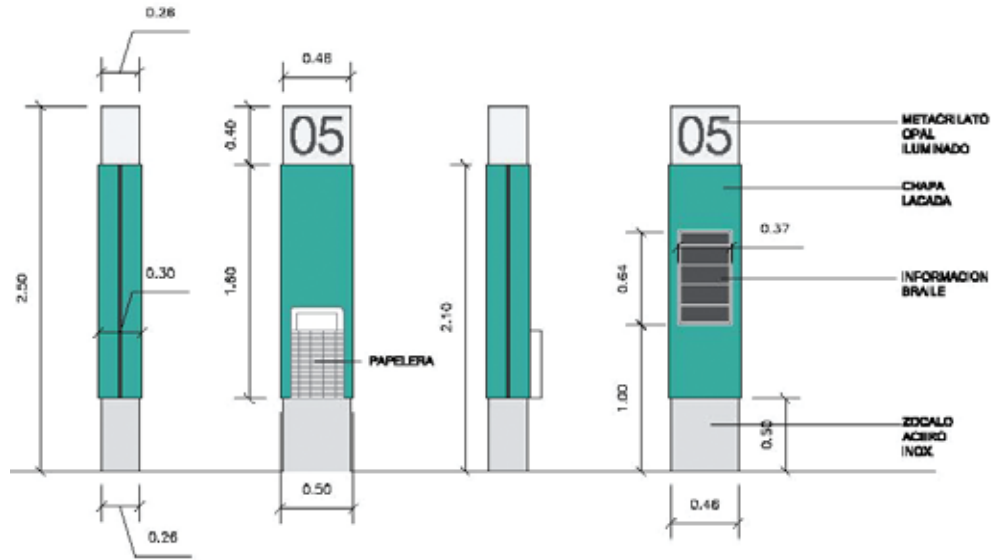
The signs elements reinforce the bay information and the buses lines that operate in the bay in different ways:





b) En el totem:

En el que está integrado la información de las líneas y destino en braille y alto-relieve, y el número grande de la dársena impreso en metacrilato opal iluminado.



c) En la dársena:

En el interior, con un panel informativo en tiempo real sobre la puerta y con un número grande de la dársena en la puerta, y en el exterior con un texto fotoluminiscente sobre fondo gris oscuro indicando la salida además de un rótulo pintado sobre la calzada de la dársena (que sirve básicamente para su identificación por los conductores) y con un rótulo colgado del techo con semáforo rojo y verde para indicar cuando la dársena está libre u ocupada.



The dynamic information is the one that is provided in real time and is capable of being able to be modified giving different information. It is provided by the SGI to 2 concrete screens:

- A screen placed above the bay door where exit and destination hours of the next 2 or 3 services appear, besides a line for incidents.
- A led screen in every passenger's access with the exits information of every line.

The static information is the printed information that is capable of being vandalizable, for what it is shown in a



- Información dinámica y estática

Los elementos de señalización refuerzan la información de la dársena y las líneas de autobuses que operan en ella de diferente manera:

La información dinámica es aquella que se proporciona en tiempo real y es susceptible de poder modificarse dando diferentes informaciones. Es proporcionada por el SGI a dos pantallas concretas:

- una pantalla situada sobre la puerta de embarque de cada dársena. En ella se muestran las horas de salida y destino de los próximos dos o tres servicios, además de una línea para incidencias.
- una pantalla de leds por cada acceso a cada isla, próximo al

cupboard integrated on the screen, with registrable doors so it can be updated. In case it is still exposed to the user being able to be damaged, it will be realized by photoprinting; or with vinyl stickers when it is more inaccessible to the public. ■

mismo, con la información de las salidas de cada línea.

La información estática es la información impresa que es susceptible de ser vandalizable, por lo que se opta por mostrar este tipo de información en un armario integrado en la mampara, con puertas registrables para su actualización. En caso de que quede expuesta al usuario pudiendo ser dañada, se realizará mediante fotoimpresión; o con

vinilos cuando sea más inaccesible al público. ■

Pantalla de TFT



Pantalla de leds

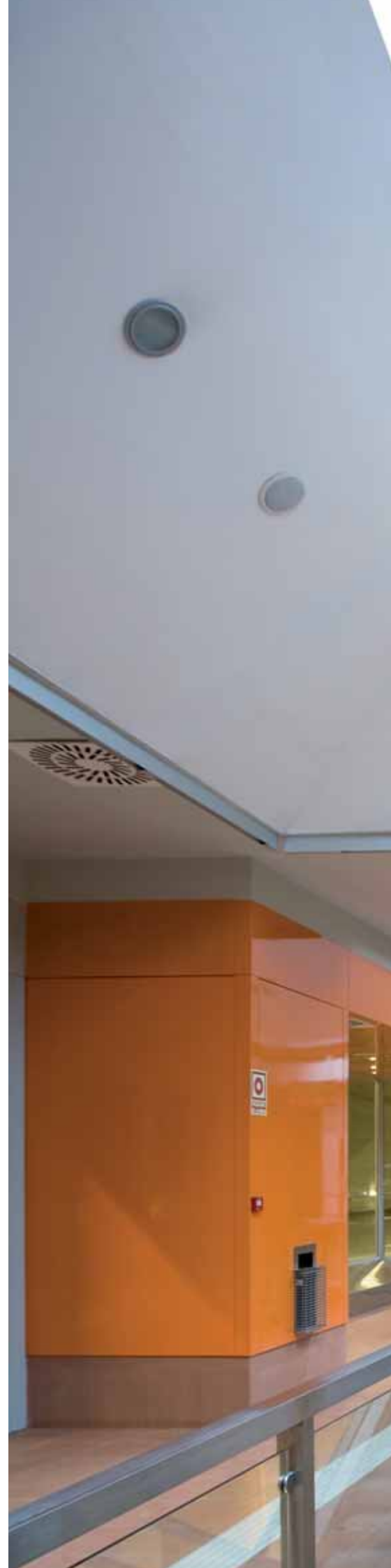


## Señalización acústica

La automatización de la puerta de embarque se convierte en accesible para las personas con discapacidad visual al dotar a los pulsadores de embarque de sonido de baja frecuencia mediante un zumbador, situándolo lo más próximo posible al pulsador. La señal acústica funciona de la misma forma y a la vez que la señal luminosa intermitente, que indica que el autobús colocado en dársena está preparado para admitir viajeros. ■

### Acoustic signals

The automation of the boarding door is made accessible for people with visual impairment as the boarding buttons emit a low frequency sound through a buzzer, located as close as possible to the button. The acoustic signal works in the same way and at the same time as the flashing luminous signal, which indicates that the bus in the bay is ready to accept passengers. ■







El mobiliario con que se ha dotado a los intercambiadores se ha diseñado expresamente para ellos, y se compone de bancos, apoyos isquiáticos, y papeleras.

Su diseño parte de una serie de premisas que hacen referencia a:

## Mobiliario

*Caridad Criado, Arquitecta*

- su uso masivo
- propiedades frente a vandalismo
- fácil mantenimiento
- como elemento integrante de la imagen de conjunto
- ajuste al presupuesto

Los intercambiadores de transportes son infraestructuras que soportan un

flujo importante de viajeros al día, y es por ello que cualquiera de los elementos expuestos al público sufre un gran desgaste. El mobiliario, en cada uno de sus componentes, debe estar preparado para un uso continuo, no siempre cuidadoso y respetuoso.

Las propiedades frente al vandalismo se configuran entonces como base de partida de su diseño, aunando cualidades que resulten en un fácil y rápido mantenimiento para que el buen aspecto se mantenga en el tiempo.

Su ubicación en las zonas públicas del intercambiador se realiza como parte integrante de la nueva imagen creada con el cerramiento de mamparas, y es por ello que se inserta en el mismo y contribuye en su funcionalidad, evitando la introducción de obstáculos en un espacio sometido a gran tránsito de personas. Siendo la ligereza de los elementos una de las premisas para su diseño. Premisas, que debían ajustarse al presupuesto del proyecto contemplado para mobiliario en cada uno de los intercambiadores, teniendo presente, que cualquier alteración del mismo fuese a la baja. ■



### Furniture

The furniture that has been used for the transport interchange stations was designed specifically for installations, and consists of benches, hip-level supports and rubbish bins.

They were designed with a number of points in mind:

- That they will be used extensively
- How resistant they were to vandalism
- Ease of maintenance
- Combining them with the overall image of the building
- The budget available

Transport interchange stations serve a huge number of people every day, leading to heavy wear on items used by the public. All parts of the installed furniture must be suitable for continuous use that may not always be careful or respectful.

One of the key factors taken into account was vandalism, leading to a design that is quickly and easily maintained so that the furniture will continue to look nice over an extended period.

The location of the furniture in public parts of the transport interchange station constitutes part of the new image created by the screen enclosures, which is why

the furniture is integrated into the screen enclosures and contributes to their functionality, removing obstacles from a space through which a huge number of people pass. Another key point in the design was lightness. However, these factors had to be considered within the budget established for the furniture of the transport interchange stations, with any changes to the budget moving downwards rather than upwards. ■





## Elementos

El mobiliario está compuesto por **apoyos isquiáticos, bancos y papeleras**.

Los **apoyos isquiáticos** se configuran como un mueble de apoyo en la espera previa al embarque, que suele ser de corta duración. Su ubicación ayuda a organizar los primeros metros de cola junto a la puerta de embarque, conformando, además, el volumen de la caja del pórtico. Su función es permitir una espera más cómoda a la realizada hasta ahora, de pie, mediante un asiento poco frecuente, situado a la al-

tura del hueso isquion, de forma que se pueda apoyar el hueso isquion con una ligera flexión de las rodillas, dependiendo de la altura de la persona que lo utilice. De esta manera se formaliza la cola permitiendo una circulación fluida y ordenada en el tránsito de acceso.

Los asientos que se prevén en los intercambiadores responden a dos clases de espera, de corta duración y de larga duración. En la primera, los **bancos** se integran como parte del cerramiento de mampara, apoyándose

**Elements** The furniture consists of hip-level supports, benches and rubbish bins.

The hip-level supports are used for support while waiting to board the bus, which is usually only for a short period. Their location helps to organise the first few metres of the queue next to the boarding door, and also parts of the doorway itself. They exist to make waiting more comfortable, as in the past, people were forced to stand. Through the use of a seat situated at the height of the hip-bone, a person, depending on his/her height, would only need to bend his knees slightly to make use of the seat. This helps to organise the queue, making it easier

for people to move around the area and organises the space.

The seating designed for the transport interchange stations is for two types of waits – short waits and long waits. For the first of these, the benches are built into the screen enclosure, supported on the skirting in the waiting and exit area. The benches have no backs so that their location does not affect the transparency of the glass screen, and as the short period of time for which they will be used makes this possible.

In the larger spaces in the transport interchange station, single and double benches are fixed in place



sobre el zócalo en la zona de espera y salida. Los asientos se realizan sin respaldo ya que su ubicación pretende no interferir en la transparencia del ventanal del pórtico y el uso previsto de corta estancia lo permite.

La **papelera de suelo**, con una capacidad de 43 litros, permite su ubicación en cualquier parte de los vestíbulos, como apoyo a las zonas de espera, o para dar servicio en la parte exterior de las dársenas.



En los espacios más amplios de los intercambiadores y con el objeto de permitir estancias más largas y cómodas, se introducen bancos sencillos o dobles, exentos y fijados al suelo, que distribuidos en los vestíbulos de las islas, ofrecen respaldo y apoyabrazos para las esperas de mayor duración.

La **papelera mural**, con una capacidad de 30 litros, permite el aprovechamiento del espacio interior del trasdorado del cerramiento de mamparas, de forma que no se generan obstáculos en las zonas de tránsito más próximas al cerramiento. Su ubicación, en el forro de columna entre las puertas de la misma dársena, responde al criterio de minimizar los elementos insertados en el cerramiento, sin reducir el servicio requerido, situándolo lo más próximo al flujo de usuarios en la zona.■

Para la gestión de residuos de los intercambiadores se han diseñado dos tipos de **papeleras**: *exentas*, con fijación al suelo, y *de empotrar o mural*, para integrarlas sobre el cerramiento de mamparas.

around the passenger islands, providing back support and arm rests for longer and more comfortable waits.

stacle near the screen. Their location, in the lining of the column between the doors of the bus bay, is based on the criterion of minimising the elements in the enclosure, without reducing the service provided to users, locating them as close as possible to the flow of passengers in the area.■

Two types of rubbish bins have been designed to collect rubbish: free standing ones, which are fixed to the floor, and those that are built into the screen enclosure.

The capacity of the free standing rubbish bins is 43 litres, and they can be placed in any part of the station, whether in the waiting areas or outside the bus bays.

The rubbish bins built into the wall have a capacity of 30 litres, and take advantage of the internal space of the screen enclosure, so that they do not form an ob-





## Materiales

La elección de los materiales se realizó en base a los criterios expuestos, y en consecuencia se escogieron: acero lacado para los elementos de soporte y acero inoxidable para los elementos de mayor contacto con los usuarios.

Se adoptó una rejilla, realizada a base de varillas de acero, para proporcionar transparencia y evitar las acciones vandálicas más habituales. La flexibilidad de la rejilla permite conformar las superficies curvas que se adaptan a las diferentes necesidades del mobiliario: asiento y respaldo continuos, superficie de apoyo del isquion, o puerta de registro de las papeleras. Con la utilización de los mismos colores y materiales en los distintos elementos del mobiliario se consigue una homogeneidad que facilita su lectura, en un espacio donde proliferan elementos de varios tipos y funciones diversas.

Por razones de atención al 'severo' uso público, se decidió la utilización de acero inoxidable AISI 304 como material estructural en todos los asientos, ya



que dicho material ostenta las altas prestaciones que requiere tal fin.

Las superficies de contacto son de varilla acero inoxidable con acabado granallado con óxido de silicio, material que permite cierta flexibilidad y confort de asiento.

La utilización de varilla en todas las partes de mayor superficie, dificulta actos vandálicos como la aplicación de pin-



### Materials

Materials were chosen based on the criteria described, subsequently including the following: lacquered steel for support elements, and stainless steel for elements that would have the most contact with users.

They consist of a grille made from steel bars, which offer transparency, and inhibit common types of vandalism. The flexibility of the grille means it can be adapted to curved surfaces depending on the needs of the furniture: seats and continuous back supports, hip-level supports and the doors for checking the rubbish bins. Using the same colours and materials in the var-

ious types of furniture achieves a degree of consistency that makes everything easy to recognise, in a space where there are many different elements with a range of different uses.

In order to be able to handle the heavy use by the public, it was decided to use AISI 304 stainless steel for the structure of all seats, as this material has the high specifications required to cope with such heavy use.

The contact surfaces are made of stainless steel rods, with a pitted finish using silicone oxide, which permits a degree of flexibility and comfort in the seat.

The use of rods in all the parts with the largest surface area makes it difficult for acts of vandalism, such as graffiti, displaying posters and stickers and scratching the surfaces. This material also achieves transparency, which is important for two reasons: security in the case of the rubbish bins and lightness, in the case of the benches.

Carbon steel painted with a zinc finish and epoxy was chosen for all other parts, as this finish requires practically no maintenance, and remains the same over time.

The set of two seats consists of two grilles of electro-welded 5mm-rods, reinforced with 3mm-diameter



turas (graffiti), pegado de carteles y pegatinas, o rayado de la superficie. Con este material se logra además transparencia, muy adecuada por dos motivos: la seguridad, en el caso de las papeleras, y la ligereza, en el caso de los bancos.

Para el resto de las partes se ha elegido acero al carbono, con acabado zincado y pintado epoxi, un acabado que no requiere prácticamente mantenimiento y conserva un aspecto inalterable en el tiempo.

El conjunto *dos plazas de asiento* se compone de dos empujados de varilla electrosoldada de diámetro 5 mm y refuerzos en varilla de diámetro 3 mm, con tubo posterior de diámetro 60 x 1,5 mm soldado a piezas laterales y central de chapa de 4 mm de espesor con pliegue inferior para instalación sobre zócalo.

rods, with a rear tube measuring 60mm x 1.5mm, soldered to side and central 4mm-thick metal panels, with a fold underneath for it to be installed over the skirting.

The legs of the seats are fixed to the floor by carbon steel tubes measuring 120 x 60, with a zinc finish and painted with epoxy, using stainless steel screws.

The hip-level support consists of a grid of 5 mm bars reinforced with a 3mm bar, a 1.5mm-thick tube with a diameter of 40mm, and side covers and central reinforcement using 4mm thick metal sheets. The supports use 80mm x 40mm carbon steel tubes, which are attached using stainless steel screws. Each support is

Las patas de los asientos se fijan a suelo mediante tubos de acero al carbono 120x60, con acabado zincado y pintado epoxi, y uniones mediante tornillería inoxidable.

El *apoyo isquiático* está compuesto por emparrillado de varilla soldada de 5 mm de diámetro y refuerzos en varilla de 3 mm, un tubo de 1,5 mm de espesor y 40 mm de diámetro, y tapas laterales y refuerzo central en chapa de 4 mm. Los soportes se realizan mediante tubo de 80 x 40 mm, de acero al carbono, unidos mediante tornillería de acero inoxidable. Cada apoyo se une al siguiente formando una línea para conferir más robustez al conjunto. Su fijación al suelo se realiza mediante unas patillas de anclaje, de acero al carbono galvanizado en caliente, que se embeben en el suelo y se atornillan a las patas.

attached to the next one, forming a line, which makes the whole set of supports more robust. They are fixed to the floor with anchor feet made from galvanised carbon steel, which are embedded into the floor and screwed to the legs.

The 30 litre rubbish bins built into the screen are inserted into the panels of the screen enclosures in the area of the pillars, so that only the maintenance door protrudes. The body of the bin is made of galvanised sheet steel painted with epoxy, with an electro-soldered grille door made of 5mm diameter rods, a welded lower tray and stainless steel AISI 304 hinges; the bins have a granular finish using silicon oxide. The internal hoop

La *papelera mural* de 30 litros se inserta sobre los paneles del cerramiento de mamparas en la zona de pilares de forma que sólo sobresale la puerta de mantenimiento. El cuerpo se realiza en chapa galvanizada pintada epoxi, con puerta de varilla electrosoldada de diámetro 5 mm, bandeja inferior soldada y bisagras en acero inoxidable AISI 304, acabado en granallado con óxido de silicio. El aro interior para la colocación de bolsa se sujeta al cuerpo mediante una cadena metálica. La boca está compuesta por chapa de acero inoxidable con grabado a láser de los logotipos del Consorcio de Transportes de Madrid y de Intermodalidad, en su parte inferior y superior, respectivamente.

La *papelera de suelo* tiene una capacidad de 43 litros compuesta por un cuerpo en acero zincado y pintado epoxi, puerta de varilla electrosoldada de diámetro 5 mm y bandeja inferior soldada. Las bisagras son de acero inoxidable AISI 304, acabado granallado con óxido de silicio. La boca, en su cara superior, se realiza en chapa de acero inoxidable, con los grabados de los logotipos, al igual que la papelera mural. ■

for holding the rubbish bags is attached to the body of the bin using a metal chain. The mouth is made of stainless steel, with the logos of the Madrid Regional Transport Board and Intermodal Transport Board on the lower and upper parts, respectively.

The 43 litre-capacity free standing rubbish bins consists of a zinced steel body painted with epoxy, a door of electro-soldered 5mm bars and a soldered lower tray. The hinges are made of AISI 304 stainless steel, with a granular finish with silicon oxide. The mouth, in the upper part, is made of stainless steel, etched with the same logos as the rubbish bins built into the screen. ■



## Nuevas tecnologías aplicadas a la información

*Antonio Rubio,  
Ing. Telecomunicación  
Ricardo Carrilero,  
Ing. Técnico Industrial*

Para garantizar la viabilidad funcional de los intercambiadores, se requiere un soporte que proporcione el intercambio de datos e información de forma ágil y eficiente. Este soporte debe facilitar al usuario un entorno confortable, donde perciba seguridad, rapidez e integración en los modos de transporte, todo ello a través de una información clara, intuitiva y eficiente.

Esta información, debe transmitir al viajero la impresión de estar realizando un único viaje que a pesar de que se divide en etapas, no se presente como varios viajes inconexos que casualmente coinciden en el intercambiador. El viajero, usuario final del intercambiador, debe elegir el transporte público frente al privado para lo cual ha de percibir un servicio de calidad, rápido, fácil y cómodo.

Con estos requisitos, la información debe llegar hasta el usuario de forma intuitiva, clara y fácil de localizar, pero ante todo, de forma coherente.

Por su parte, los modos de transporte presentes en un intercambiador, pueden estar sujetos a contingencias que,

a pesar de una rápida respuesta y solución, pueden afectar al conjunto de servicios, de tal forma que el usuario reste confianza en la eficacia y fiabilidad del Transporte Público como un todo.

Así pues, tratar de transmitir, de forma inmediata, los datos de cada modo de transporte, integrarlos y facilitar una información útil y veraz al usuario, se convierte en una tarea básica, a la par que crítica, con sus propios requisitos, que pueden resumirse en los siguientes:

- Diferentes fuentes de información para cada modo de transporte.
- Formatos y datos de diferentes características, acordes al modo a que corresponden.
- Diferentes periodos y criterios de actualización.
- Diferentes modos de presentación al usuario, horarios, frecuencias, tiempos de llegada, tiempos de recorrido.
- Necesidad de integración en un escenario común.
- Extensión y estructura del intercambiador, subterráneo, plantas, modos de transporte.

### New technology applied to information

In order to guarantee the functional viability of the transport interchange stations, a system is required to supply the stations with data and information efficiently and responsively. This system should provide the user with a comfortable environment where they appreciate the safety, rapidity and integration of all the transport available, through clear, intuitive and efficient information.

This information should give the passenger the impression that he is making a single journey that, although divided into stages, does not feel like a set of different journeys that are disconnected to each other and just

happen to meet at the same station. The passenger, the end-user of the transport interchange station, must choose public transport over private transport, and in order to make this choice, he must appreciate the quality, speed, ease and comfort of the public service.

With these requirements, the user must receive the information intuitively, clearly and, above all coherently, and it must be easy to find.

The forms of transport offered in a transport interchange station may be subject to unexpected events that, no matter how quickly the response and remedy are, affect the set of services offered, causing the user

to lose confidence in the efficiency and reliability of public transport as a whole.

To avoid this, one of the basic and most critical requirements is to provide the user with useful and accurate information on all of the transport modes as soon as it becomes available; this involves the following:

- Different sources of information for each form of transport.
- Different data formats and characteristics for the various forms of transport.
- Different periods and criteria for providing updates.
- Different ways of presenting the timetable, fre-

- Entorno cerrado, desvinculado del escenario urbano en que se integra, rompiendo las coberturas de servicios como telefonía móvil, redes, radio...
- y nuevos modos de acceso a la información, estática, dinámica, paneles, informática (PDA, PC, WIFI).

A los requisitos anteriores, deben añadirse las necesidades propias de un intercambiador en sí, tales como:

- La integración de varios modos de transporte.
- Sistemas relacionados directamente con la operación de transporte y orientados al viajero.
- Sistemas requeridos por los operadores de transporte para su personal, vehículos, servicios de transporte y servicios al viajero.
- Sistemas requeridos para la gestión y explotación del intercambiador, como autoridad o gerente-coordinador del intercambiador, seguridad, iluminación, limpieza, aseos, consignas para equipajes, puntos de encuentro, teléfonos, tiendas co-



merciales, ocio, hoteles, información en general.

- Sistemas de seguimiento y control de calidad de los servicios prestados al viajero (CRTM).
- Sistemas para la seguridad integrada de los intercambiadores y sus modos de transporte (Sistema de seguimiento remoto, Centro de Control Integrado de Transportes)

quency, arrival times and journey times to the user.

- The need to integrate the above into a common scenario.
- The structure of the station, itself, with its different levels below ground level and different forms of transport.
- The station is a closed environment, which is separated from the urban environment in which it is located, affecting coverage of services such as mobile phones, networks radio, etc.
- New and different ways of accessing information, whether static or dynamic, using displays and IT (information technology, i.e., PDA, PC, WIFI).

The specific requirements of the transport interchange station itself should be added to the above, these include:

- The integration of a range of different types of transport.
- Systems related directly with transport operations which are focused on the passenger.
- Systems required by the transport operators for their staff, vehicles, transport services and services for the passenger.
- The systems required for the management and exploitation of the transport interchange station, such as the coordinating or managing authority, safety, il-

lumination, cleaning, toilets, left-luggage, meeting points, telephones, commercial premises, leisure facilities, hotels, and information in general.

- Quality monitoring and control systems for the services provided to the passenger (CRTM – Madrid Regional Transport Board).
- Systems related to the security integrated into the transport interchange stations and the various modes of transport (remote monitoring systems, Integrated Transport Control Centre)

In order to satisfy the complex flows of information involved, many alternative systems had to be evaluated. Based on this work, a communication infrastructure

Para satisfacer el complejo tráfico de información que se presenta, ha sido necesario evaluar múltiples alternativas. A partir de las cuales, se ha desarrollado una infraestructura de comunicaciones específicamente diseñada para este entorno en el que confluyen diversas necesidades, diferentes usuarios y muy diversas funcionalidades.

Así, el intercambiador, como gestor de la coordinación de los diferentes modos y expediciones diarias, precisa disponer de una información actualizada de forma ininterrumpida y constante.

A su vez, debe transmitir, a los diferentes responsables y puntos de información, infinidad de datos que incluyen planificación, servicios, incidencias, mantenimiento y seguridad. Esta información, debe distribuirse por una extensa superficie, diseminada a su vez en diferentes plantas como consecuencia de la ubicación de los diferentes modos de transporte.

Si bien las redes de comunicación tradicionales facilitan un medio de comu-

nicación óptimo, rápido y seguro, éste resulta rígido en cuanto que el soporte físico de la red no puede ser continuamente modificado para adaptarse a la evolución de las necesidades.

Por otra parte, el personal encargado de los sistemas de información y gestión del intercambiador suele tener sus áreas de responsabilidad distribuidas en varias zonas. De tal forma que precisan la información allí donde surge la necesidad, para garantizar una respuesta lo más rápida posible a cuantas actuaciones van surgiendo en el desarrollo diario de la actividad del intercambiador.

Los usuarios, que demandan una información exhaustiva y ubicua, evolucionan al ritmo de las nuevas tecnologías, demandando no sólo, la información que precisan, sino también, los modos de acceder a dicha información. De tal forma que, cada día la información debe estar más próxima, ser adaptada a sus necesidades y contrastada con la realidad.

Con el objetivo de reunir de forma satisfactoria todas estas exigencias, se ha

desarrollado una infraestructura de comunicaciones robusta, a la par que flexible, basada tanto en redes tradicionales como en las últimas tecnologías, capaz de adaptarse en el futuro a nuevos canales de comunicación. Esta infraestructura, contempla desde redes como Ethernet y fibra óptica de alta velocidad hasta redes de última generación, basadas en tecnologías inalámbricas como WIFI o GPRS. Mediante estas redes, tanto los usuarios, como el personal del intercambiador disponen, en tiempo real, de toda la información que precisan en el momento y el lugar en que la requieren.

Así, las diferentes redes de comunicaciones facilitan al personal de mantenimiento, gestión y seguridad, información en tiempo real de los servicios, equipamientos, cámaras de seguridad, etc.. Éstos reciben, en tiempo real y en cualquier punto, las alertas técnicas, eventos o incidencias que se produzcan facilitando su resolución con la mayor inmediatez posible.

Esto permite la gestión óptima de prácticamente todos los aspectos relacio-

was specifically designed for this environment in order to meet the diverse needs, to serve the full range of users and to provide the full range of functionality required.

As a result, and as the manager is responsible for coordinating the different forms of transport and the daily journeys, the transport interchange station must be constantly supplied with updated information without interruption.

The system must transmit a huge range of data, including planning, services, incidents, maintenance and safety to all the information points and people involved. This information must be distributed over a huge area, located on several floors as a result of the location of the various forms of transport.

Whilst traditional communication networks provide optimum, rapid and safe communication, they are rigid to the extent that the network can not be adapted continuously to adapt to changing requirements.

In addition, the personnel responsible for the information and management systems normally have their responsibilities spread over several areas. As a result they need the information wherever they may be in order to ensure the most rapid response possible to events affecting the activity of the station as they occur during the day.

User requirements for exhaustive and ubiquitous information evolve at the pace of new technology, meaning that not only do they demand the information that they require, but they also demand to have the information available in the form they choose. As a result, the infor-

mation must be ever more readily accessible for users, and adapted to their needs and reality.

In order to meet all of these demands satisfactorily, a robust, flexible communications infrastructure has been designed based on both traditional networks and on the latest technologies, which are capable of adapting to new communication channels in the future. This infrastructure includes Ethernet, high-speed fibre-optics and the latest networks, based on wireless technologies, such as WIFI and GPRS. Both users and employees of the transport interchange station can use these networks to have available all the information they require, when and where they need it, in real time.

In this way, maintenance, management and security staff receive real time information from the various net-





dados con el intercambiador, sus condiciones de funcionamiento, medioambientales y de seguridad.

Las redes se han desarrollado sin comprometer la seguridad ni las exigencias legales que puedan afectar tanto a las comunicaciones como a los datos de carácter restringido o personal.

Sobre el total de este entramado de comunicaciones, coexisten diversos servicios presentes o futuros, como son, la información al público, los servicios de seguridad interna del intercambiador y la gestión y mantenimiento de las infraestructuras y equipamientos del intercambiador.

works on services, equipment, security cameras, etc. Wherever they are, they receive information in real time on the technical alerts, events and incidents that occur, enabling them to be resolved as quickly as possible.

This enables optimal management of practically all aspects related to the transport interchange station, and its operating, environmental and safety conditions.

These networks have been developed without compromising security or legal requirements which might affect communications and personal or restricted data.

A diverse range of present and future services coexist on this communications structure, such as information for the public, internal security services for the station,

Gracias a estas facilidades, ha sido posible poner en marcha proyectos singulares y pioneros en su entorno como la Información de Transportes, accesible mediante cualquier dispositivo WIFI, como agendas electrónicas, PDA y ordenadores portátiles.

Para ello, se han habilitado redes de acceso público en el área del intercambiador que presentan, en un interfaz guiado e intuitivo, toda la información de los diferentes modos de transporte del intercambiador.

Esta información, complementada con otros servicios adicionales de transporte, se encuentra disponible igual-

and the management and maintenance of the station's infrastructure and equipment.

These facilities make it possible to implement unique and pioneering projects for such an environment, such as providing Transport Information that may be accessed from any WIFI gadget, such as a PDA (Personal Digital Assistant) or laptop computer.

In order to achieve this, public access networks have been established in the transport interchange stations which use a guided and intuitive interface to provide full information on all the transport services offered by the station.

This information, which is complemented by other additional transport information services, is also available in

mente en diversas páginas de Internet de los intercambiadores, como en la página web del Consorcio Regional de Transportes de Madrid, donde se integra toda la información de los diferentes modos y servicios a disposición del usuario.

En conjunto, se ha obtenido una infraestructura capaz de satisfacer todas las necesidades de comunicación, externas e internas, tanto públicas como restringidas, con un conjunto limitado de redes digitales adecuadas para las necesidades actuales y futuras. ■

the Internet sites for the transport interchange stations, and on the Web site of the Madrid Regional Transport Board, which brings together information on all the transport services available to travellers in the region.

In summary, an infrastructure has been created to meet present and future, internal and external communication needs, both public and restricted, using a limited range of digital networks. ■



El área de actuación de la zona de estudio se sitúa en el Término Municipal de Madrid, en el margen derecho del río Manzanares, al Oeste de la ciudad, entre el Paseo de la Florida y la Cuesta de San Vicente, en los terrenos anexos a la estación ferroviaria del mismo nombre.

## Nuevos hallazgos Paleontológicos y Arqueológicos en el Intercambiador de Príncipe Pío

*Lara Pilar Roca, Susana Fraile, Gonzalo Bernal, Miguel Dumas, Andrea Alonso, Lorenzo Galindo y Vicente Marcos Sánchez, (Arqueoestudio Soc. Coop.)*

Al encontrarse ubicada esta zona en el área de influencia de las Terrazas del Manzanares, consideradas como “Bien de Interés Cultural” (Decreto 113/1993, de 25 de noviembre, de la Consejería de Infraestructuras y Transportes de la Comunidad de Madrid), se solicitó la realización de un control arqueológico y paleontológico durante las obras de ejecución del nuevo intercambiador por parte de la Dirección General de Patrimonio Histórico de la Consejería de Cultura y Deportes de la Comunidad de Madrid con objeto de localizar y documentar cualquier resto patrimonial.

El control arqueológico y paleontológico se ejecutó en varias etapas de actuación. En la primera de ellas se realizó una peritación del área de actuación previa al comienzo de las obras y en las etapas posteriores se llevó a



cabo el control del movimiento de tierras, durante el cual fueron hallados restos de interés tanto arqueológico como paleontológico. ■

### New Palaeontology discoveries in Príncipe Pío

The area studied is located in the municipal area of Madrid, on the right bank of the Manzanares River, in the west of the city, between the Paseo de la Florida and Cuesta de San Vicente roads, in land adjacent to the Príncipe Poi railway station.

As the area in question is in the area of influence of the “Terrazzo's del Manzanares,” which is classified as an “Asset of Cultural Interest” (Decree 113/1993, of 25 November from the Community of Madrid's Infrastructure and Transport Department), a request was submitted to carry out an archaeological and palaeontological study of the area during the work on the new transport interchange station by the Commu-

nity of Madrid's Culture and Sports Department's General Directorate of Historical Heritage in order to locate and document any remains of interest on the site.

This archaeological and palaeontological study took place in several stages. In the first of these, there was a general examination of the area of study prior to work commencing; and in subsequent stages checks were carried out during earth-moving operations, during which remains of archaeological and palaeontological interest were found. ■



## Yacimiento Paleontológico

En el seguimiento paleontológico de la citada obra de construcción del “Intercambiador de transportes de Príncipe Pío” se descubrieron una serie de restos fósiles de macrovertebrados en el mes de octubre de 2006. En concreto, el nivel sedimentario con restos fósiles se halló en el segundo sótano de dicho intercambiador, a una cota aproximada de 575 metros.

El hallazgo fue comunicado a la Dirección General de Patrimonio Histórico de la Consejería de Cultura y Deportes de la Comunidad de Madrid, quién comprobada la importancia y excepcionalidad del yacimiento, emitió una

Resolución con las actuaciones a seguir y en las que el objetivo principal fue excavar de forma sistemática el yacimiento paleontológico.

Los trabajos comenzaron en el mes de enero de 2007 y finalizaron a mediados del mes de febrero de 2007. En este tiempo se recuperaron aproximadamente unos 3.000 fósiles.

Asimismo, se recogieron muestras de sedimentos de los estratos fosilíferos para su posterior procesado y obtención de microvertebrados y muestras palinológicas. ■

### The Príncipe Pío Palaeontology Deposits

In the palaeontological work carried out on-site of the new Príncipe Pío transport interchange station, a range of fossil remains of macro-vertebrates were found in October 2006. These remains were discovered in the second underground level of this transport interchange station, at a height of around 575m above sea-level.

This discovery was communicated to the Community of Madrid's Culture and Sports Department's General Directorate of Historical Heritage, which verified the importance and unique nature of this find; it then issued a Resolution with the actions to be taken, the main objectives of which was to excavate the palaeontological remains systematically.

Work began in January 2007 and ended in mid-February 2007; a total of around 3,000 fossils were recovered during this work.

In addition, samples were collected of sediments from the fossil layers for subsequent analysis and discovery of micro-vertebrates and palinological samples. ■

## Contexto Geológico

Los sedimentos en los que aparecen los restos fósiles corresponden a materiales arcillosos terciarios. Estratigráficamente se diferencian dos niveles sedimentarios que corresponden de techo a muro a:

Un nivel de arcillas de color marrón muy compactadas, sin apenas componente arenoso, que presentan laminaciones oscuras de manganeso no estratificadas, que siguen las líneas de fracturación, por lo general ortogonales.

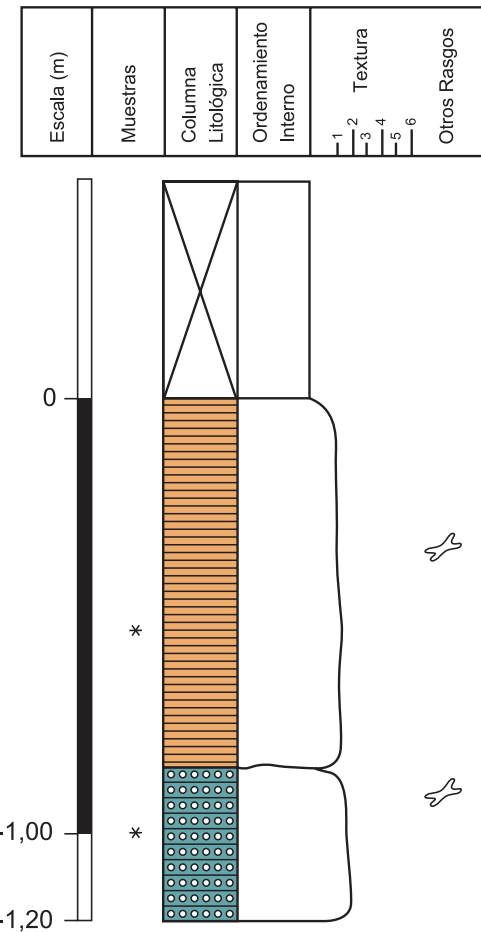
En este nivel es donde se han encontrado la mayor concentración de restos fósiles, la mayoría presenta un buen estado de conservación y muchos aparecen en conexión anatómica. Hacia el SO del yacimiento paleontológico, los fósiles aparecen dispersos y fragmentados.

Un nivel de arcillas arenosas de tamaño de grano fino a medio, de color verde azulado, bien compactadas.

Este nivel presenta una concentración de fósiles muy escasa y los restos hallados se encuentran mucho más dispersos. ■

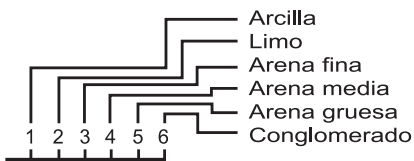


Vista general del yacimiento paleontológico de Príncipe Pío



### LEYENDA

- Nivel Antrópico
- Arcillas marrones
- Arcillas arenosas
- Restos fosilíferos



Columna estratigráfica general del yacimiento paleontológico de Príncipe Pío  
General strata column of the Príncipe Pío paleontological deposit

### The Geological Context

The sediments in which the fossil remains were found were tertiary clays. In terms of strata, two sedimentary levels were distinguished which corresponded from the ceiling to the wall to:

A level of highly compacted brown clays, with hardly any sand, with dark layers of manganese, not in strata, following fracture lines, which were in general orthogonal.

The majority of the fossil finds were in this level, and were in a good state of conservation and anatomically

complete. In the south east of the area, the fossils were dispersed and broken up.

A level of highly compacted green-blue clay with fine to medium grain sands.

There was a very low concentration of fossils in this level, and the remains found were much more widely dispersed. ■

## Trabajos Realizados: Excavación Sistemática



*General view of the Príncipe Pío palaeontological deposit*

Work carried out: Systematic excavation



*Detalle del proceso de excavación de las extremidades del rinoceronte Hispanotherium matritense*

*Detail of excavation process of the limbs of a Hispanotherium matritense rhinoceros*

El yacimiento paleontológico excavado presentaba una superficie total de 985 m<sup>2</sup>. Dicha superficie se dividió en cuadrículas de 4 x 4 metros de lado, obteniéndose un total de 56 cuadrículas y se procedió a su excavación sistemática de urgencia. Los trabajos de excavación no se pudieron realizar en toda la superficie del yacimiento, permaneciendo algunas cuadrículas sin excavar debido a la proximidad del nivel freático y por motivos de seguridad.

The palaeological deposit excavated covered a total surface area of 985m<sup>2</sup>. This surface was divided into 4m x 4m squares, totalling 56 such squares, and the excavation work was carried out urgently. The excavation work could not be carried out on all the surface of the deposit, and some of the squares were not excavated because of their proximity to the water table and for reasons of safety.

The methodology used consisted of the location of all the fossil remains using a PENTAX PCS-315 station with UTM coordinates, taking measurements of longitude, latitude and height above sea-levels of all the remains "in situ" and subsequently extracting them. In

addition, photogrammetry was carried out on the squares where the fossil finds were the most important.

La metodología empleada consistió en la ubicación de la totalidad de los restos fósiles mediante estación total PENTAX PCS-315 con coordenadas U.T.M., tomándose longitud, latitud y

addition, photogrammetry was carried out on the squares where the fossil finds were the most important.

During the excavation work, over 3,000 fossil remains were recovered from the various squares excavated. In addition, further fossils were recovered during the processing of the sediment and from large blocks extracted during the systematic excavation.

In addition, a total of 22 tonnes of sediment samples were collected for the purpose of obtaining fossil remains (macro and micro-vertebrates) and palinological samples.



*Proceso del lavado del sedimento para la obtención de restos fósiles*  
*Washing the sediment to recover the fossil remains*

altura, consolidación de todos los restos "in situ" y extracción de los mismos. Además, se realizaron fotogrametrías en las cuadrículas donde los restos fósiles eran más relevantes.

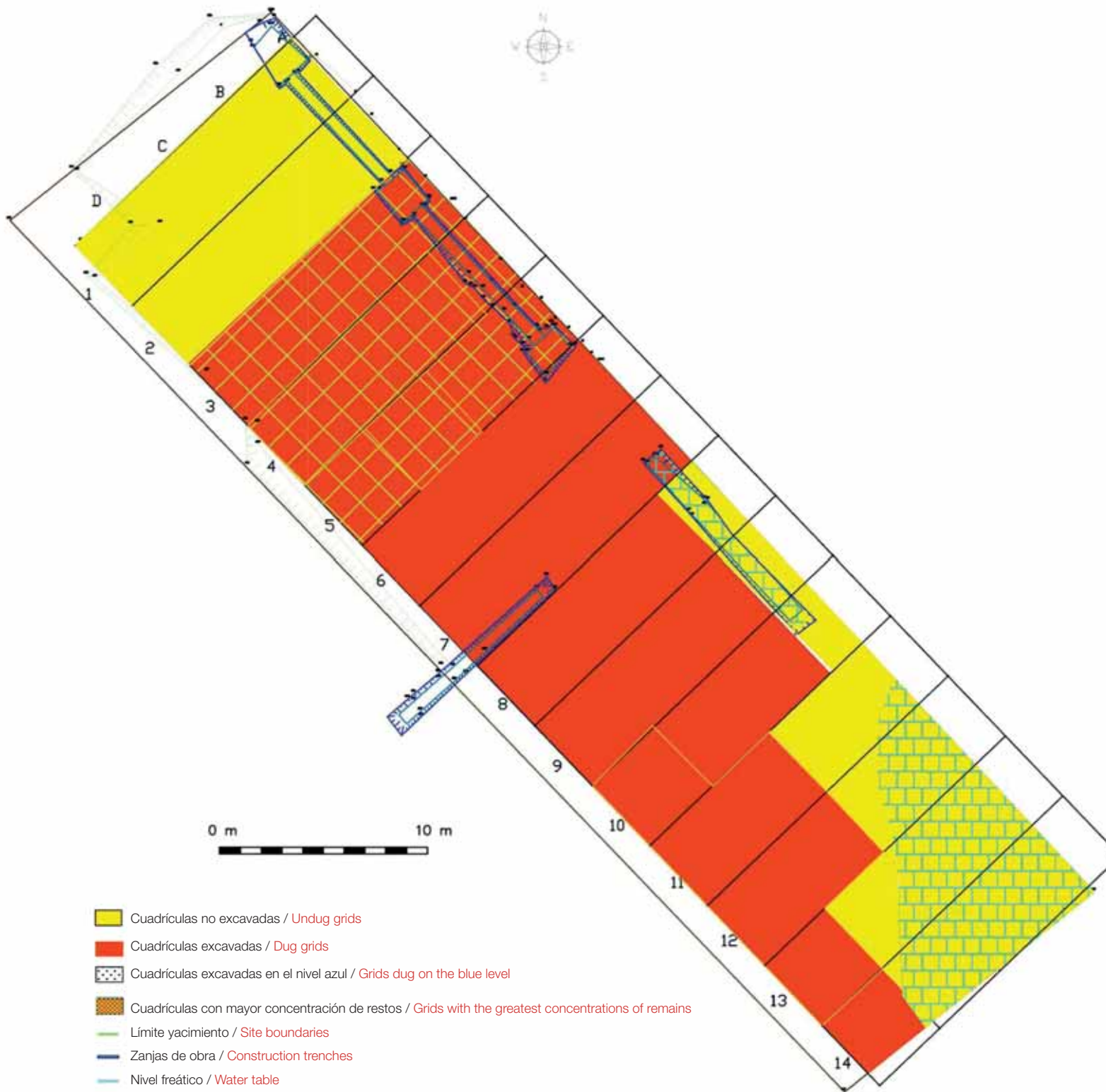
Durante toda la fase de excavación se recuperaron más de 3.000 restos fósiles ubicados en las diferentes cuadrículas. A estos restos habrá que sumar todos los fósiles que aparezcan durante el proceso de triado del sedimento y en la extracción de los bloques de gran tamaño recuperados durante la excavación sistemática.

Además, se recogieron un total de 22 toneladas de muestras de sedimento con objeto de obtener restos fosilíferos (macrovertebrados y microvertebrados) y muestras palinológicas.

La metodología empleada para el análisis de las muestras de microvertebrados se realizó por el método tradicional del lavado-tamizado-triado. Para ello, en primer lugar se procedió al secado del sedimento directamente al sol y al aire. Posteriormente, se sumergió en abundante agua para facilitar la disgregación de la muestra. Una vez termi-

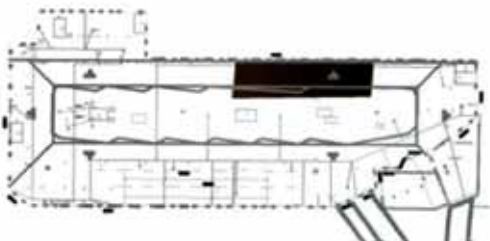
nada esta fase, se procedió al lavado en un juego de tamices, de luces de malla 2 y 0,630 mm, según norma UNE 7050, que asegura la retención de los fósiles más pequeños. El material retenido en los distintos tamices se volvió a secar. Finalmente, este sedimento recuperado y separado en los distintos tamaños de grano está siendo triado, este proceso consiste en observar el residuo resultante a través de una lupa binocular marca MOTIC, modelo ST-39-Z de 40 aumentos en zoom continuo. ■

The methodology employed in the analysis of the samples of micro-vertebrates was the traditional washing-sieving-separation from sediment process. In order to carry this out, the sediment was first dried directly in the sun and open air. It was then submerged in abundant water to help the sample to separate. Once this phase had been completed, the sample was washed through a series of sieves, with mesh size varying from 2mm to 0.630mm, in accordance with the UNE 7050 standard, which ensures that the smallest fossils are retained. The material collected in the sieves was then dried. Finally, the sediment collected and separated based on grain size is examined using a MOTIC ST-39-Z binocular magnifying glass with 40x magnification. ■



- Cuadrículas no excavadas / Undug grids
- Cuadrículas excavadas / Dug grids
- Cuadrículas excavadas en el nivel azul / Grids dug on the blue level
- Cuadrículas con mayor concentración de restos / Grids with the greatest concentrations of remains
- Límite yacimiento / Site boundaries
- Zanjas de obra / Construction trenches
- Nivel freático / Water table

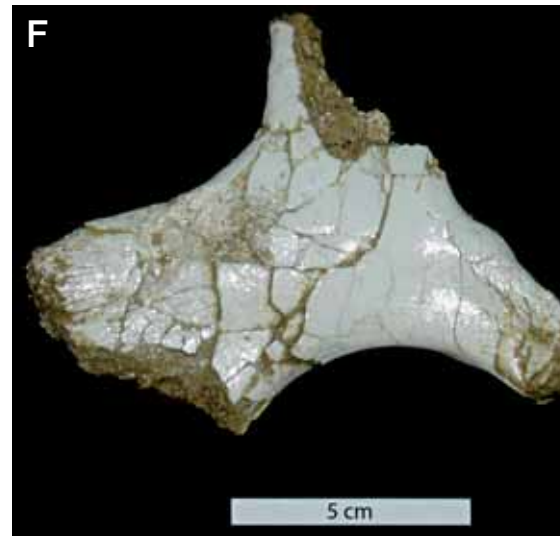
*Vista general del área excavada del yacimiento paleontológico de Príncipe Pío*  
*General view of the excavated area of the Príncipe Pío palaeontological deposit*



# Lista Faunística

Hasta que se realice un estudio exhaustivo del material obtenido en la excavación sistemática de urgencia de Príncipe Pío la lista faunística provisional es:

- Reptilia
  - Chelonia indet.
- Aves
  - Aves indet.
- Mammalia
  - Lagomorpha indet.
  - Rodentia
    - Cricetidae indet.
      - Democricetodon sp.*
      - Megacricetodon sp.*
    - Gliridae indet.
      - Armantomys sp.*
  - Proboscidea
    - Gomphotherium angustidens*
  - Carnivora
    - Mustelidae indet.
      - Magerictis imperialensis*
      - Pseudaelurus sp.*
    - Hemicyoninae indet.
  - Perisodactyla
    - Hispanotherium matritense*
  - Artiodactyla
    - Bunolistriodon lockharti*
    - Triceromeryx pachecoi*
    - Bovidae indet.



**List of Fauna** Until an exhaustive study has been made of the material obtained from the urgent systematic excavation of the Príncipe Pío site, the provisional list of fauna found is:

- Reptiles
  - Chelonia indeterminate
- Mammals
  - Lagomorpha indeterminate
  - Rodents
    - Cricetidae indeterminate
    - Gliridae indeterminate
  - Proboscidea
    - Gomphotherium angustidens*
  - Carnivora

- Magerictis imperialensis*
  - Mustelidae indeterminate
  - Pseudaelurus sp.*
  - Hemicyoninae indeterminate
  - Perisodactyla
    - Hispanotherium matritense*
  - Anchitherium sp.
    - Artiodactyla
      - Bunolistriodon lockharti*
      - Micromeryx flourensianus*
      - Triceromeryx pachecoi*
    - Bovidae indeterminate
- This fauna developed in an open, dry landscape with a warm climate.





- A. Detalle de una hemimandíbula de *Hispanotherium matritense* en el yacimiento antes de su extracción.
- B. Detalle del cráneo y parte del esqueleto postcranial de *Hispanotherium matritense* durante el proceso de excavación.
- C. Detalle de una hemimandíbula de *Magerictis imperialensis*.
- D. Detalle de un canino de *Bunolistriodon lockharti*.
- E. Detalle de un fragmento distal de un metápodo de *Paleomerícido*.
- F. Detalle del apéndice craneal de *Triceromeryx pachecoi*.

Estas faunas se desarrollaron en un paisaje abierto y seco, con condiciones climáticas cálidas.

La edad del yacimiento paleontológico de Príncipe Pío está determinada, hasta el momento, por la asociación de macrovertebrados encontrados, caracterizándose por la presencia del rinoceronte *Hispanotherium matritense*, típico del Aragoniense medio (Mioceno medio) entre 17,5 y 14,1 millones de años.

La asociación faunística hallada en el yacimiento de Príncipe Pío pertenece a las denominadas “Faunas con *Hispanotherium*” típicas del Aragoniense medio y muy representadas en todo el área de Madrid.

En la actualidad se están llevando a cabo los trabajos de restauración de todos los restos fósiles de macrovertebrados, así como el proceso de inventariado y descripción de cada una de las piezas fósiles recuperadas.

Del mismo modo, se están realizando las labores de triado del residuo obtenido en el lavado de las muestras, para poder determinar las asociaciones faunísticas de roedores que nos permitan datar con mayor precisión la Biozona en la que se enmarca el yacimiento. ■

The age of the Príncipe Pío palaeontological deposits has so far been determined by the macro-vertebrates found, which is characterised by the *Hispanotherium matritense* rhinoceros, which is typical of the Middle Miocene Aragonese section, approximately 14.1 to 17.5 million years ago.

The fauna found in the Príncipe Pío deposit belongs to the *Hispanotherium* fauna typical of the Aragonese section, which is strongly represented throughout the Madrid area.

At the present time, work is being done to restore the macro-vertebrate fossil remains, and to process, inven-

tory and describe each of the fossil fragments recovered.

In addition, work is being carried out to sift through the residues obtained from washing the samples in order to determine the rodent fauna associations so as to date the deposits with greater precision. ■

- A. Details of half a *Hispanotherium matritense* jaw on site prior to extraction.
- B. Detail of the cranium and part of the post-cranial skeleton of *Hispanotherium matritense* during the extraction process.
- C. Detail of half a *Magerictis imperialensis* jaw.
- D. Detail of a canine from *Bunolistriodon lockharti*.
- E. Detail of a distal fragment of a “Paleomerícido” metapod.
- F. Detail of a cranial appendix of a *Triceromeryx pachecoi*.

## Restos Arqueológicos de Príncipe Pío

Los restos arqueológicos situados en la Glorieta de San Vicente fueron localizados durante la obra de construcción del “Intercambiador de transportes de Príncipe Pío”, en el mes de septiembre de 2006. Estos restos se corresponden con la cimentación del Asilo de las Lavanderas, edificio patrocinado por la Casa Real a finales del XIX, y diversas canalizaciones de agua, en la que des-

taca una que discurre sobre una potente torre maciza.

Los trabajos arqueológicos tuvieron como finalidad la documentación de dichos restos, mediante planimetría, fotografía y escaneado láser. Así mismo, se realizó una búsqueda bibliográfica y en archivos que pudieran aportar datos sobre la zona de estudio. ■



### Archaeological Finds in Príncipe Pío

The archaeological remains located on the Glorieta de San Vicente were discovered during the construction of the “Príncipe Pío transport interchange station,” during September 2006. These remains correspond to the foundation of the Washerwomen’s Shelter, a building sponsored by the Royal Family at the end of the 19<sup>th</sup> century, as well as to diverse water supply structures, of which one that passes through a strong, solid tower stands out.

The goal of the archaeological work was to document said remains through planimetry, photography and laser scanning. Along these lines, a bibliographic search was conducted with archives that could provide information on the studied zone. ■

## Contexto histórico



A finales del s. XVI, Madrid se encuentra parcelada en seis zonas en función de las principales vías de comunicación. Una de dichas parcelas está conformada por el Alcázar y su entorno. En el primer plano de Madrid, la Topographia de la Villa de Madrid, descrita por Don Pedro Texeira, en el año 1656, muestra la localización extramuros de la actual Puerta de San Vicente, puesto que el crecimiento por el sur y el oeste se encontraba frenado por la presencia del Río Manzanares y sus terrazas, encontrándose sin urbanizar al utilizarse como huertas.

Será con el ensanche impulsado por Felipe II cuando se creen una serie de núcleos en el extrarradio que afectarán, entre otras, a la Dehesa del Amanié, la Huerta de la Priora (actual Monte de Príncipe Pío) y el Parque (actual Campo del Moro) siendo, a partir de este momento, cuando el espacio ocupado por la actual glorieta adquirió gran relevancia, debido a la proximidad del Alcázar y ser paso obligado hacia las Reales Posesiones de la Casa de Campo. De esta forma, la zona afectada queda incorporada al casco urbano de Madrid.

Sin duda el siglo XVIII es el momento en el que se producen los mayores cambios en este espacio urbano, debido al crecimiento que experimenta Madrid extramuros y en función de la necesidad. Así, a principios del siglo XVIII, se realizan nuevas puertas y se modifican las antiguas con objeto de facilitar la movilidad y, a su vez, realizar el control de la población y de las mercancías que entran y salen de Madrid.

Los alrededores del Alcázar son remodelados en el s. XVIII, siguiendo un proyecto de Juan Gómez de Mora, procurando que las calles fuesen regulares y con alguna nota monumental, momento en el que se realizan las primeras nivelaciones en la zona.

En las cercanías del área de trabajo se encontraba la Puerta del Parque, cuya función era la de entrada y salida de viandantes sin equipaje a través del Parque o Campo del Moro. Las reformas que sufre este espacio supondrán la demolición de dicha puerta para ser sustituida por la Puerta de San Vicente, diseñada por D. Pedro de Ribera por encargo del Marqués de Vadillo en 1726. Debido a las transformaciones

### Historical context

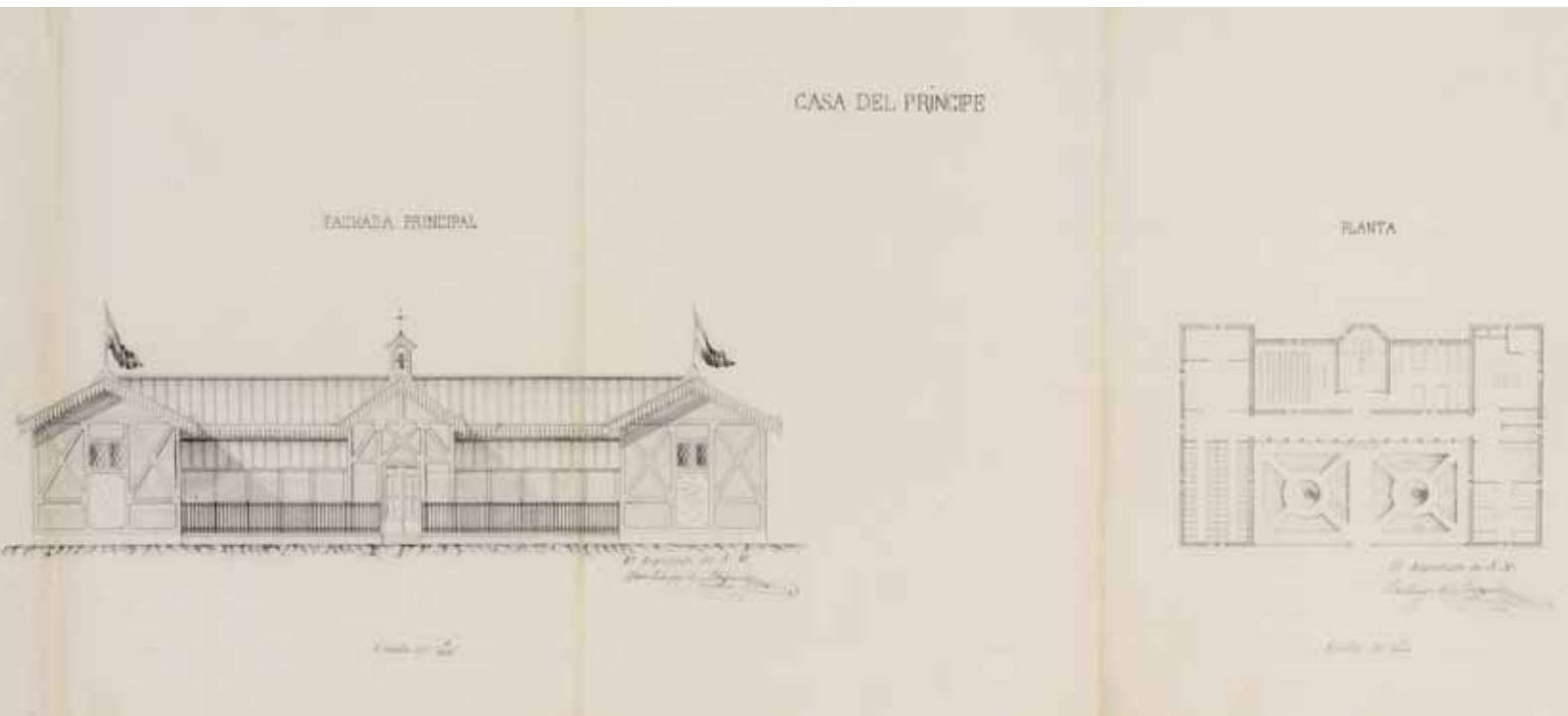
At the end of the 16th century, Madrid was divided into six zones according to the principle main roads. One of these land plots was shaped by the fortress and its surrounding environment. In the first map of Madrid, entitled "Topographia de la Villa de Madrid," (the Topography of the City of Madrid), drawn by Don Pedro Texeira in 1656, one sees the location of the current Puerta de San Vicente in the outskirts of the city, given that growth to the south and east was impeded by the presence of the Manzanares River and its surroundings, which failed to be urbanised due to their use for farming.

It wouldn't be until the expansion driven by Philip II that a series of population centres would be formed in the city's outskirts, affecting the Dehesa del Amanié, the Huerta de la Priora (currently the Monte de Príncipe Pío) and the Park (presently the Campo del Moro), among other elements. From this moment onwards, the space occupied by the current motorway gained great importance due to its proximity to the Fortress and en-route location towards the Royal Properties of the Casa de Campo. Due to these reasons, the affected zones became incorporated into Madrid's urban helmet.

Undoubtedly, the 18<sup>th</sup> century is the moment when

the greatest changes in this urban space occur, thanks to the growth experienced by the then-suburbs of Madrid and the increasing demand. At the beginning of the 18<sup>th</sup> century, new city gates were constructed, modifying the former entrances to facilitate mobility and, at the same time, ensure the security of the population and of the goods that entered and left Madrid.

The land surrounding the Fortress was reorganised in the 18<sup>th</sup> century, following a design by Juan Gómez de Mora, who attempted to normalise the streets and add a monumental aspect, leading to the construction of the area's first levelling.



Plano original del Asilo de Lavanderas / Original building plan for the Washerwomen's Home



Asilo de Lavanderas / Washerwomen's shelter

de este espacio, como consecuencia de la modificación de la Cuesta de San Vicente y de los accesos del Palacio Real, esta primera puerta monumental será derribada en 1770.

En 1775, enmarcado en un proyecto de embellecimiento de la ciudad desarrollado por Sabatini y para evitar el "cuello de botella" que se producía en esta zona, se recrece el terreno en varios metros para explanarlo y generar un nuevo espacio que será embellecido por una nueva puerta monumental y por la Fuente de los Mascarones. ■

Within the suburbs of the industrial area was the Puerta del Parque, which served as an entrance and exit for passers-by without luggage through the Park or Campo del Moro. The reforms exacted to this space implied the demolition of said gate, which was substituted by the Puerta de San Vicente, designed by Mr. Pedro de Ribero on behalf of the Marques de Vadillo in 1726. Due to the transformations of this area, as a consequence of the modification of the Cuesta de San Vicente and of the Royal Palace accesses, this first monumental gate would be demolished in 1770.

"bottleneck" that was beginning to be produced in this region, the land was reorganised in various metres to be levelled and converted into new space, which would later be embellished by a new monumental gate and the Fuente de los Mascarones. ■

In 1775, falling within the framework a city embellishment project developed by Sabatini, and to prevent the



Vista de la cimentación de la Fuente de los Mascarones y la actual Puerta de San Vicente  
*View of the foundation of the Fuente de los Mascarones and the current Puerta de San Vicente*



Vista aérea de la cimentación de la Fuente de los Mascarones  
*Aerial view of the foundation of the Fuente de los Mascarones*

## Los Trabajos Arqueológicos

Los trabajos arqueológicos realizados durante las obras de construcción del nuevo Intercambiador de Príncipe Pío, han tenido como resultado la localización de varios elementos arqueológicos de la historia reciente de Madrid.

De entre todos los restos localizados destaca una potente y compacta estructura de planta circular, con un diámetro estimado de 16 m, construida mediante módulos realizados con mamposterías de cantos de sílex y pedernal, unidos mediante argamasa de cal y arena de 0,55 m de potencia y verdugadas de ladrillos de 0,20 x 0,14 x 0,04 m en tres hiladas, documentándose una potencia de 8,85 m, aunque

esta estructura tendrá unas dimensiones mayores ya que no se documentó la base. Esta estructura se ha identificado como la suma de las diferentes cimentaciones de las fuentes que históricamente se han ubicado en este punto. El modelo constructivo es el mismo para toda la cimentación, debido a que siempre que se realizan modificaciones en estructuras ya existentes se tiende a imitar sus formas constructivas.

La parte inferior de la cimentación se corresponde con el elemento más antiguo documentado, y así parecen confirmarlo las distintas planimetrías históricas de la ciudad de Madrid, ya

### The Archaeological tasks

The archaeological tasks carried out during the construction of the new Príncipe Pío transport interchange station have resulted in the localisation of several archaeological elements from Madrid's recent history.

Among all of the discovered remains, a powerful and compact circular structure, with an estimated diameter of 16m, built by modules created with flint boulder masonry, stands out. The modules are united by lime and sand mortar with 0.55m-thick and welded with three rows of 0.20m x 0.14m x 0.04m bricks, adding to a total thickness of 8.85m. Because the base wasn't measured, the true dimensions of the structure are even greater. This structure has been identified as the result

of various foundation-layings of the fountains that historically were located at this point. The constructive module is the same across the entire foundation, due to the fact that when modifications are made to existing structures, they always tend to imitate the previous forms.

The interior part of the foundation represents the oldest documented element, thus confirming the city of Madrid's various historical planimetries, now that since Gregorio Forman's 1683 map, the existence of a monumental fountain in this area of the city has come to be expected. This may also be found in the maps by Matth Semteri Ario from 1728-1736 and the 1769 map of Antonio de Espinosa de Monteros.



*Vista del escaneado realizado de la cimentación de las diferentes fuentes ubicadas en las cercanías de la Puerta de San Vicente*

*View of the scan performed on the foundation of the various fountains located in the area surrounding the Puerta de San Vicente*

que desde el plano de Gregorio Forman de 1683 suele apreciarse la existencia de una fuente monumental en esta área de la ciudad, localizándose también en los planos de Matth Semtteri Ario de 1728-1736 o en el de Antonio de Espinosa de Monteros de 1769.

La última reforma realizada en esta estructura se efectúa con la monumentalización de este espacio urbano realizada por Sabatini, debido a que se

The last reform carried out on this structure occurred with the establishment of monuments in this space by Sabitini, given that the elevation of the street-level by various metres in height must have been followed by also raising the foundation, in order to continue using the same space for a monumental fountain, which in those days corresponded to the fountain of Mascarones or Miñote (names given for the sculptured elements represented in the structures), which were also designed by Sabitini.

On the surface of the conserved structure, and on its eastern side, one can see route of the water, formed by an arcade that is 1.50m in height. The central zone of

the arcade, which corresponds to the arcade's key, is collapsed along with several bordering bricks, remaining within the filling and making itself visible only from the top part of the foundation.

The construction continues underneath, crossing the structure from east to west, as determined by its fall; it has a wall-to-wall width of 1m, covered by a lime mortar, making it impenetrable; the height of the wall reaches almost 1.4m, containing several lateral corridors that are 0.20m-wide and give way to a gutter of 0.40m x 0.20m, through which the greatest part of the water flowed. This part also likely served as a decanting structure, given that in the final zone of the gutter, two

eleva el nivel de calle en varios metros de altura se tendrá que subir la cimentación, a la vez que la calle, para seguir manteniéndose en el mismo espacio una fuente monumental, que en estos últimos momentos corresponderá con la fuente de los Mascarones o del Miñote (nombres recibidos por los elementos escultóricos representados en ella), también diseñada por Sabatini.

En la parte superior de la estructura conservada, y en su cara oeste, se ha documentado un viaje de agua, formado por una arcada de 1,50 m de altura. La zona central de la arcada, que correspondería a la clave de la arcada, está derruida junto con algunos ladrillos aledaños, quedando dentro del relleno y siendo visible desde la parte superior de la cimentación.

La construcción continuaba por debajo, atravesando la estructura de E a W, como determina la caída de la misma; tiene una anchura entre paredes de 1 m, las cuales están cubiertas por un mortero de cal, a modo de impermeabilización; la altura del mural es de casi 1,40 m, encontrándose unos pasillos laterales de 0,20 m de ancho que dan paso a un

small ledges were found, whose function was most likely to trap mud or break the pressure of the water before being channelled into the tube. This piping ended in a well that lowered the water into several channels, made from brick and located at a lower height.

The last urban modification that took place was the construction of La Casa del Príncipe (the Prince's House), which began to be built on July 9, 1871, when the Royal Family placed the first brick, consisting of a granite rock that contained a wooden box within one of zinc, according to the inaugural, notarised acts documented by the press of that era. In this event, Notary



Vista de las diferentes canalizaciones  
*View of the different channels*



Detalle de una de las canalizaciones  
*Detailing of one of the channels*



Viaje de agua localizado en el interior de la cimentación de la Fuente  
*The water's route located in the interior of the fountain's foundation*

canalón de 0,40 x 0,20 m, por donde discurriría la mayor parte del caudal, que probablemente también serviría como estructura de decantación, puesto que en la zona final del canalón fueron localizados dos pequeños resaltes, cuya función fuese o bien atrapar lodos o bien romper la presión del agua antes de entubar. Esta conducción terminaba en un pozo que bajaba el agua hasta varias canalizaciones, realizadas en ladrillo, localizadas a menor altura.

La última modificación urbana que se produce, es la construcción de La

Casa del Príncipe, edificio que se comenzó a edificar el día 9 de julio de 1871, momento en el que los Reyes colocan la primera piedra, compuesta de una piedra de granito en la que se introducen una caja de madera dentro de una de cinc, tal y como queda reflejado en un acta notarial inaugural y en la prensa de la época. En dicha Acta, el notario D. Luís González Martínez da fe de que “ha de levantarse en el punto que ocupaba la antigua fuente del Miñote en la plazoleta de San Vicente (...) para recoger a los hijos de las lavanderas pobres del Río Manzanares durante

las horas del día que ocupan a su faena”. El proyecto se va a desarrollar con urgencia sobre la base del proyecto del Arquitecto de Palacio Don Luís Martín, situándose a 57 m de la Puerta de San Vicente.

Otro acta firmada por el notario D. Luís González Martínez da fe del acto de posesión de la Casa del Príncipe por parte de las hermanas de San Vicente Paúl, que serán las encargadas de la gestión completa. Realiza el notario una descripción del edificio ya construido que consta de una única planta;

Mr. Luís González Martínez officially recognises that “building must take place on the point previously occupied by the old fountain of Miñote on the small square of San Vicente (...) to house the children of the poor washerwomen of the Manzanares River during the hours of the day that were occupied by their task.” The project was urgently developed based on the project by Palace Architect, Mr. Luís Martín, located 57m from the Puerta de San Vicente.

Another act signed by Notary Mr. Luís González Martínez, officially recognises the passing of ownership of the Casa del Príncipe to the Sisters of San Vicente Paúl, who would be those in charge of running the

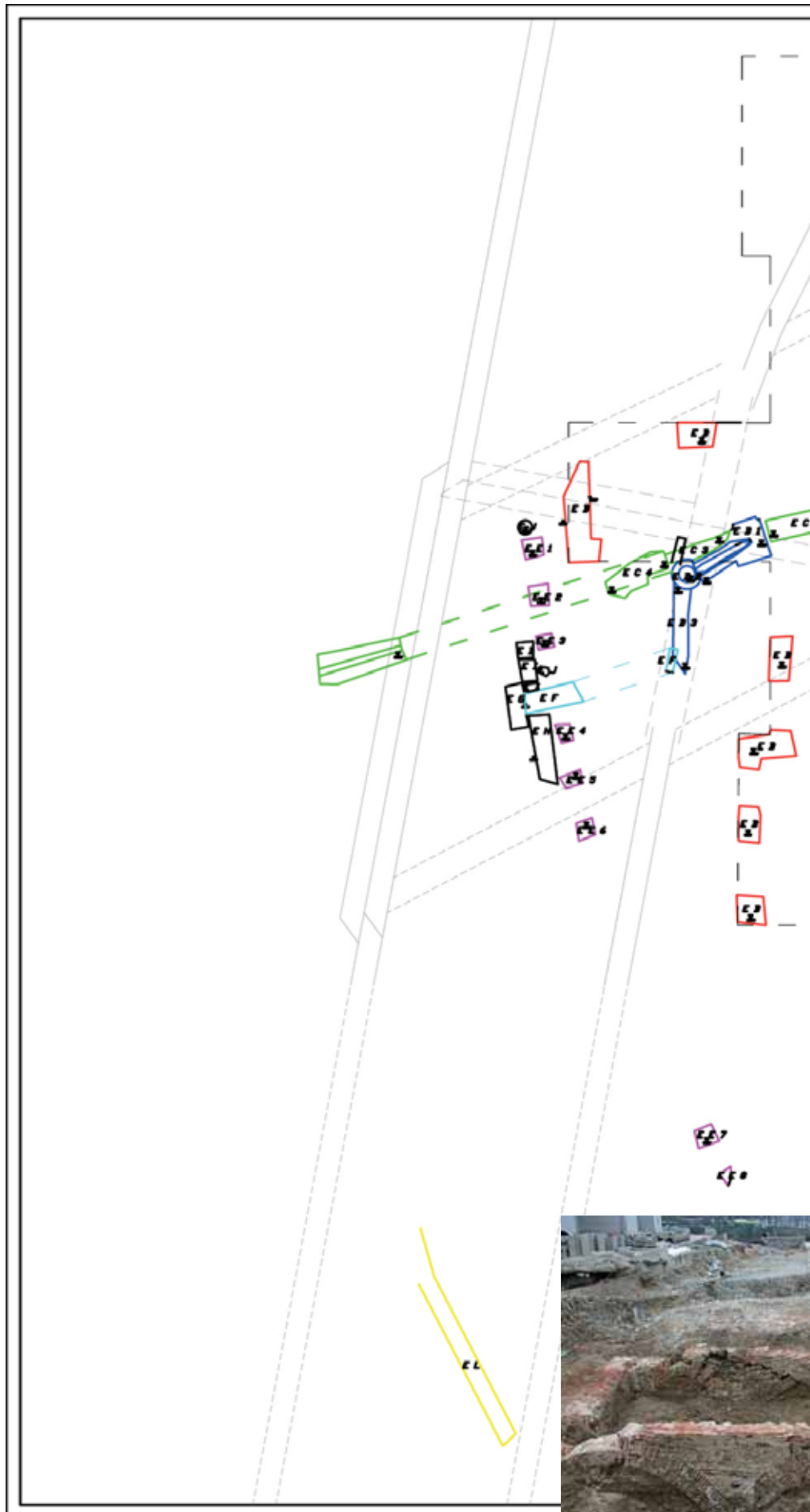
shelter. The notary writes a description of the already-constructed building, which consisted of a single floor; the central hall measured 30m, two lateral wings of 18m and, in the back, “three prominent beams, one in the centre and two on the sides.” There was an interior garden with a fountain in the centre, a porch around the door and a gate that surrounded the entire premises. The central hall contained an entryway and an oratory, situated in one of the beams. The right wing housed a refectory for the infants, two schooling halls and an outhouse. In the left wing there was a room for the groundskeeper, the cloakroom, the cleaning room, the office for the Mothers, a service room and an outhouse. There were attics above each wing. Also, “lastly

there was also a kitchen, cleaning room, nanny room and a drainage system that served the general structure.”

Thus, the most modern documented elements correspond with the foundations of this building, built with solid 0.28m x 0.14m x 0.04m bricks. This building was destroyed during the Spanish Civil War. ■

tiene un cuerpo central de 30 m, dos alas laterales de 18 m y, en la parte posterior, “tres martillos salientes, uno en el centro y dos en los costados”. Tiene un jardín interior con una fuente en el centro, un pórtico en la puerta y el conjunto rodeado por una verja. En el cuerpo central se encuentra el vestíbulo de acceso y el oratorio, situado en uno de los martillos. En el ala derecha, hay un refectorio para los párvulos, dos salas de educación y un servicio de retretes con leñera. En el ala izquierda, un cuarto para el portero, el guardarropa, el cuarto de limpieza, el despacho para las Madres, un cuarto de socorro y un servicio de retrete y leñera. Sobre ambas alas hay desvanes. También “por último existen además, cocina, cuarto de limpieza, cuarto de amas y un servicio de alcantarillado con acometimiento a la general”.

De esta forma, los elementos más modernos documentados corresponden con la cimentación de este edificio, construida mediante ladrillos macizos de 0,28 x 0,14 x 0,04 m. Este edificio fue destruido durante la Guerra Civil Española.■



*Cimentación del Asilo de las Lavanderas*  
*Foundation of the Washerwomen's Shelter*






|  |  |                                    |         |
|--|--|------------------------------------|---------|
| INTERVENCIÓN ARQUEOLÓGICA<br>"PRÍNCIPE PÍO"                                |  | <b>ARQUEOSTUDIO<br/>SOC. COOP.</b> |         |
| CONSTRUCCIÓN DEL INTERCAMBIADOR DE TRANSPORTES DE PRÍNCIPE PÍO<br>(MADRID) |  |                                    |         |
| DIRECCIÓN ARQUEOLÓGICA   | MIGUEL DUMAS PEÑUELAS - ROBERTO PARRA    | FECHA<br>FEBRERO 2007              |         |
| TOPOGRAFIA   | EVA REDONDO GÓMEZ - MIGUEL DUMAS PEÑUELA | ESCALA<br>GRÁFICA                  |         |
| PLANIMETRIA  | EVA REDONDO GÓMEZ - MIGUEL DUMAS PEÑUELA |                                    |         |
| UBICACIÓN DE LOS HALLAZGOS EN LA OBRA                                      |  |                                    | PLANO 1 |

*Planta de las estructuras arqueológicas  
Layout of the archeological structures*





■ Aspectos que influyen en la calidad

- Instalaciones
- Simuladores de movilidad y evacuación
- Acondicionamiento del aire
- Nuevas tecnologías aplicadas:
  - Control de viajeros
  - Gestión de tráfico
  - Lectura de matrículas
- Parámetros de calidad



El diseño, ejecución y operación de las instalaciones de los intercambiadores de transportes están condicionados por una serie de aspectos, entre los que destacan:

## Instalaciones

*Marco Antonio Marcos,  
Ing. Industrial*

- La ubicación de la infraestructura, puesto que son espacios que distan mucho de ser los idóneos para asegurar las prestaciones requeridas: el subsuelo de un entramado urbano que se encuentra saturado de servicios y que en su superficie está condicionado por los usos de su entorno.
- El método constructivo, que restringe la implantación de los espacios necesarios por las instalaciones en la infraestructura. Aproximadamente se dedica la misma superficie a las islas de viajeros que a los locales para instalaciones y el 5 % de la superficie del intercambiador está destinada a huecos para flujo de aire.
- La plataforma de transporte que opera en la infraestructura, principal generador de la contaminación. Los autobuses de transporte interurbano se equipan con motores diesel que generan ruido, calor y desprenden partículas en suspensión y gases nocivos.
- La operación casi permanente de la infraestructura, en continuo funcionamiento durante 18 horas al día los 365 días del año, así como el número de usuarios de la misma.
- La ausencia de normativa específica aplicable a infraestructuras de este tipo, sobre todo en aspectos relacionados con la calidad de ambiente y la seguridad contra incendios.
- La ausencia de infraestructuras de referencia con un nivel de prestaciones similar al definido y desarrollado en el Plan de intercambiadores de Madrid.

### Installations

The design, construction and operation of transport interchange stations are dependent upon a number of issues, the most relevant of which are:

- The location of the infrastructure, as the space available can be far from perfect for the facilities required: The subsoil of an urban area can be packed with other services, and the surface area is constrained by the use already being made of it.
- The construction methods used, which restrict the construction of the spaces required for the installation infrastructure. Approximately, the same amount of space is used for the passengers as is used for the installations, and 5% of the surface area of the trans-

port interchange station is required for air flow spaces.

- The types of transport that will use the infrastructure, as these are the main causes of pollution. Buses use diesel engines, which generate noise and heat, and emit suspended particles and noxious gasses.
- The almost constant use of the infrastructure, which is in continuous use 18 hours a day, 365 days a year, and the total number of users.
- The absence of specific regulations applicable to this type of infrastructure, particularly with respect to issues relating to environmental impact and fire safety.
- The absence of benchmark infrastructure with the same level of facilities as those defined in the Madrid Transport Interchange Stations Plan.



Plantearnos la meta de conseguir la máxima **calidad del servicio**, nos obligó a definir y desarrollar las prestaciones requeridas. Para ello se analizó la explotación de los intercambiadores de Avenida de América y Moncloa. Las conclusiones de los trabajos fueron rotundas acotando en dos los ámbitos de actuación:

- La Calidad de Ambiente Interior, y
- La Seguridad.

La concreción de los requerimientos de las instalaciones se ha basado en una revisión tanto de los reglamentos y/o normas vigentes como del estado de la tecnología disponible.

Setting ourselves the challenge of achieving the highest possible quality of service requires that we define and develop the facilities required. In order to do this, the Avenida de América and Moncloa transport interchange stations have been studied in depth. The study reached clear conclusions relating to two distinct areas for action:

- Internal Environmental Quality; and
- Safety.

The requirements for the installations have been established based on an analysis of the enforced regulations and/or standards and on the available technology.

Destacar que, en la medida de lo posible, todos los sistemas y montajes proyectados se han ajustado a normas UNE de referencia.

Las instalaciones requeridas por la infraestructura han sido:

- Ventilación
- Climatización
- Fontanería y Saneamiento
- Protección Contra Incendios
- Electricidad
- Transporte vertical
- Especiales

As far as possible, all planned systems and construction are in accordance with relevant UNE standards.

The installations required for the infrastructures were:

- Ventilation
- Air conditioning
- Plumbing
- Fire safety
- Electrical
- Vertical transport
- Special installations

## Ventilación

Una de las justificaciones del montaje de la mampara entre la zona de espera de viajeros y la zona de rodadura de autobuses, es la necesidad de confinar la fuente de contaminación. Esto ha permitido implantar dos sistemas de tratamiento del aire diferentes pero interrelacionados para ambas zonas: un sistema de ventilación en la zona de dársena y un sistema de climatización en la zona de isla.

De este modo, los parámetros del aire de la zona de circulación de autobuses se mantendrán en cualquier momento por debajo de los siguientes valores:

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| Concentración CO                 | 50 ppm    |
| Concentración NO <sub>2</sub>    | 1 ppm     |
| Opacidad                         | 0.005 m-1 |
| Temperatura seca interior verano | 30 °C     |
| Humedad relativa                 | 60%       |

Se diseña un sistema de dilución de la contaminación que desplaza el aire tratado desde el andén hacia la pantalla, manteniendo una sobre presión en las islas respecto de las dársenas para que las partículas de contaminantes no penetren en aquéllas cuando se abran las puertas que comunican esta zona.

El aire exterior, antes de ser impulsado al andén, es tratado por una unidad de enfriamiento adiabático compuesta por un filtro del aire y unos paneles de humectación. Este sistema permite combatir tanto la carga térmica como la dilución de los contaminantes, completándose con una extracción en la pantalla perimetral. Esto hace que se genere un gradiente de contaminación y temperatura entre andén y pantalla. El caudal movido por el sistema es variable para contar con la máxima eficiencia energética pero el sistema cuenta con un máximo de 12 renovaciones/hora.

La supervisión y control de los siguientes parámetros logra mantener las condiciones de calidad de ambiente interior requeridas:

- Balance de caudales entre isla y dársena.
- Ocupación de viajeros.
- Frecuencia de autobuses.
- Condiciones termo higrométricas.
- Calidad de ambiente interior y exterior.

**Ventilation** One of the reasons behind building a screen between the passengers' waiting area, or "island," and the bus bays is to confine the source of pollution. This screen results in two separate but interrelated air treatment systems that are installed in the two areas: a ventilation system in the bus bay and an air conditioning system in the passenger island.

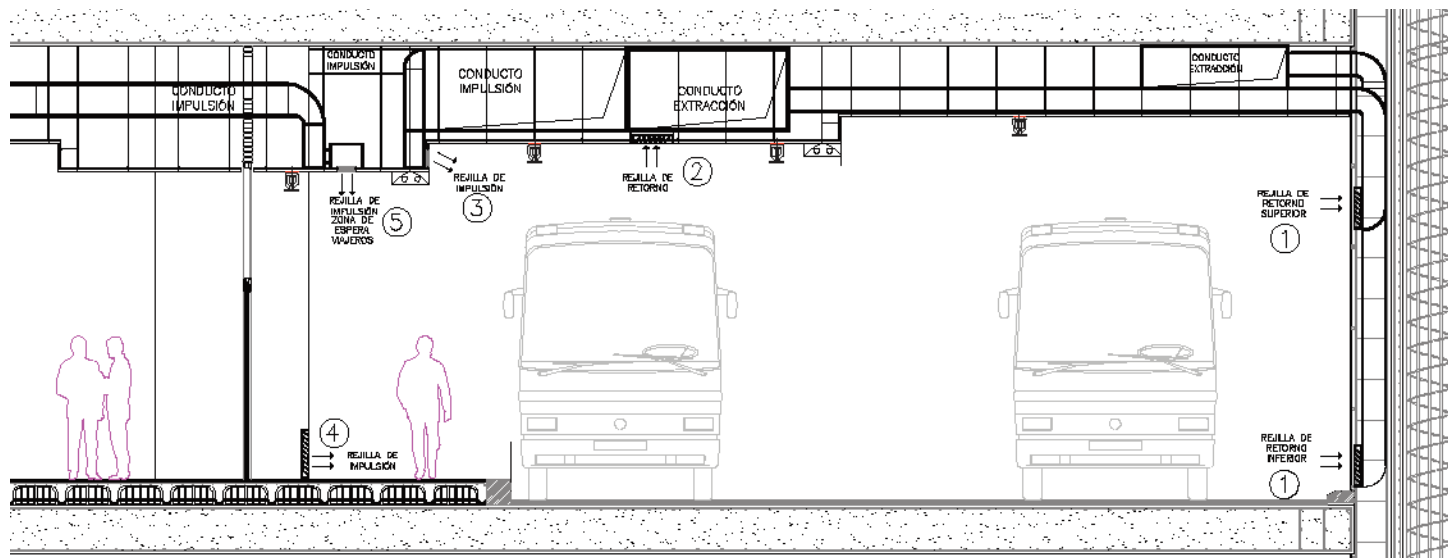
As a result, the air quality parameters in the bus bays will always be below the following levels:

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| CO concentration              | 50 ppm    |
| NO <sub>2</sub> concentration | 1 ppm     |
| Opacity                       | 0.005 m-1 |

Dry internal summer temperature 30 °C  
Relative humidity 60%

A system for diluting pollution has been designed to move the treated air from the platforms towards the screen, maintaining higher pressure in the passenger island than in the bus bays so that pollutant particles do not pass from one zone to the other when the connecting doors open.

Before being released onto the platform, the external air is treated by an adiabatic treatment unit, consisting of an air filter and humidifier panels. This system combats thermal loads and enables pollution to be re-



1. Rejillas perimetrales de extracción superior e inferior situadas en la cámara de la pantalla con conducto independiente para cada una de ellas.
  2. Rejillas horizontales de extracción situadas sobre el área de estacionamiento del autobús.
  3. Rejilla vertical de impulsión de aire intercalada entre las dos rejillas de extracción.
  4. Rejilla inferior de impulsión de aire a nivel de suelo situada en la zona de subida de viajeros.
1. Upper and lower perimeter extraction grilles in the screen chamber, with a separate conduit for each.
  2. Horizontal extraction grilles above the bus bays.
  3. Vertical air outlet grille linking the two extraction grilles.
  4. Lower air outlet grille at ground level in the passenger embarking area.

Se dispone un sistema de detección combinado de monóxido de carbono, dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno. Los detectores disponen de toma de aspiración equipada con filtro y están ubicados de forma homogénea en todo el recinto. Asimismo, se instalan medidores de opacidad, del tipo de

muestreo por aspiración, basados en el principio de funcionamiento por dispersión progresiva de la luz.

La zona de cuartos técnicos quedará ventilada mediante extracción y aporte de aire para garantizar la disipación térmica en aquellos locales que lo preci-

sen y el correcto funcionamiento de los equipos. Este sistema de ventilación evita la entrada de partículas contaminantes procedentes de la zona de dársenas que afectan al mantenimiento y la vida útil de los equipos. ■

duced; it is complemented by an extractor in the perimeter screen wall. This results in a pollution and temperature gradient between the platform and the screen. The air flow provided by the system is variable to ensure maximum energy efficiency, with the system providing a maximum of 12 renovations per hour.

The monitoring and control of the following parameters ensures that the internal environmental qualities are maintained:

- Balance of flows between the passenger island and the bus bays.
- Occupation by passengers.

- Frequency of buses.
- Thermal hygrometric conditions.
- Internal and external environmental quality.

There is a combined detection system for carbon monoxide, carbon dioxide and nitrogen oxides. The sensors have an inlet equipped with a filter and they are evenly distributed throughout the space. In addition, opacity measurement equipment based on sample aspiration and progressive dispersion of light has been installed.

The area for technical facilities will be ventilated by extraction and air supply to ensure the dissipation of heat

from areas where it tends to build up, and to guarantee that all equipment works correctly. These ventilation systems will prevent polluting particles from the bus bays from entering and affecting the working lives of the equipment. ■

## Climatización

Las condiciones termo higrométricas en el interior de las zonas climatizadas se mantendrán dentro de los siguientes parámetros:

|           |       |        |
|-----------|-------|--------|
| Verano:   | 25 °C | 50% HR |
| Invierno: | 20 °C | 50% HR |

Además de mantener estas condiciones, se realiza una renovación permanente de aire en las zonas climatizadas de seis renovaciones/hora, con sistemas de recuperación de calor para el ahorro energético.

La central de producción está formada por bombas de calor aire-agua, con depósito de inercia para limitar el número de arranques de los equipos principales.

La distribución de agua desde la central de producción hasta cada zona se realiza mediante tuberías de acero negro, que parten desde la sala de hidráulica en la que se centralizan todas las bombas circuladoras, válvulas actuadoras, depósito de inercia, etc.

El diseño de los circuitos secundarios, es decir, los circuitos de distribución de agua a los elementos terminales (clima-

tizadores, fancoils) se ha realizado teniendo en cuenta la previsión de distintos horarios. Así se consigue adaptar la demanda de energía a la producción y a la distribución.

Para minimizar el consumo energético de las instalaciones durante la fase de explotación, se ha implementado un sistema de gestión de las instalaciones que permite aumentar la eficiencia del sistema. Otra medida para minimizar el consumo energético consiste en dotar a los ventiladores de variadores de frecuencia que ajustan su funcionamiento a la demanda real en cada momento, reduciendo la energía absorbida por el motor a la necesaria para cumplir las condiciones de confort consignadas.

El Sistema de Gestión Integrado (SGI) permite establecer la maniobra más eficiente de funcionamiento de los equipos de producción de frío y calor para que éstos actúen en el punto de mayor rendimiento, igualando, además, los tiempos de funcionamiento de los equipos.

Cada zona dispone de una Unidad de Tratamiento de Aire (UTA) en la que se realizan las siguientes operaciones:

### Air conditioning

The thermal hygrometric conditions in air conditioned areas will be within subject to the following limits:

|         |       |        |
|---------|-------|--------|
| Summer: | 25 °C | 50% HR |
| Winter: | 20 °C | 50% HR |

In addition to maintaining these conditions, air in the climate controlled areas will be constantly renewed, with six renewals per hour and a heat recovery system that saves energy.

The production plant consists of air-water heat pumps, with an inertial tank to limit the number of times the main equipment comes into operation. Water distribution from the production centre to the areas of use is executed through black steel tubes that originate in the hydraulics room, in which all the circulation pumps, valves, inertial tanks, etc., are located.

The design of the secondary circuits, or in other words, the circuits for the distribution of water for their end-use (air conditioning plant, fan coils), was based on a range of timetables. This enables production and distribution to be matched to energy demand.

A management system has been implemented in order to minimise the energy consumed by the installations during operations and so increase the system's efficiency. A further measure that minimises energy consumption is the provision of fans with frequency regulators that constantly adjust their performance to real demand, thus reducing the energy used by the motor to the level necessary for achieving the established comfort standards.

The SGI (Sistema de Gestión Integrado - Integrated Management System) facilitates the management of heating and cooling production equipment in order to achieve maximum performance, and balances the workload of the equipment.



- Toma de aire exterior.
- Filtrado aire exterior.
- Retorno de aire desde la zona tratada.
- Recuperación de calor del aire de extracción.
- Calentamiento, enfriamiento en la batería de agua.
- Filtrado final.
- Impulsión a la zona tratada.

Las tomas de aire exterior se ubican lo más alejado posible de las zonas de tráfico rodado; disponen de un prefiltro G4 y sondas de humedad, temperatura y NO<sub>2</sub>.

Desde cada UTA se distribuye el aire a la zona tratada mediante conductos de chapa de acero galvanizado, impulsándolo a través de difusores rotacionales. Para controlar la calidad del aire en la zona de espera de pasajeros, se instalarán sondas de ambiente ubicadas uniformemente (cada 300 m<sup>2</sup>) en las zonas de espera de viajeros y tendrán lectura de los parámetros de NO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad.

En la zona de espera de viajeros climatizada se garantizará una sobre presión

Every zone has its own UTA (Unidad de Tratamiento de Aire – Air Treatment Unit), which is responsible for:

- Collecting external air.
- Filtering external air.
- Air return from the area treated.
- Heat recovery from the extracted air.
- Heating and cooling in the water plant.
- Final filtering.
- Channelling the air to the area treated.

The external air intakes are located as far as possible from traffic; they are equipped with G4 pre-filters and humidity, temperature and NO<sub>2</sub> probes.



respecto de la zona de dársenas evitando así la entrada de partículas contaminantes.

El SGI recogerá todas las señales necesarias y suficientes de las bombas de calor, bombas circuladoras, circuitos de impulsión y retorno, caudalímetro del circuito de refrigeración, contadores de energía, sondas de condiciones exteriores y climatizadores

Each UTA distributes air to the area treated through galvanised steel channels, driven by rotary diffusers. In order to monitor air quality in the passenger islands, probes will be evenly distributed throughout the area (every 300 metres) to measure NO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, and temperature and humidity readings.

Higher pressure will be maintained in the passenger islands, compared to the bus bays, in order to avoid polluting particles from entering the passenger areas.

The SGI will collect all the information required from the heat and circulation pumps, the driver and return circuits, the flow of the cooling circuits, energy meters,

para implementar los criterios del Plan General de Explotación y Mantenimiento de los Intercambiadores de Transportes.

Los locales para usos complementarios al viajero disponen de preinstalación de climatización mediante sistema a dos tubos con aporte de aire exterior y extracción. ■

the external condition probes and condition units in order to implement the criteria established in the General Operating and Maintenance Plan for Transport Interchange Stations.

The premises for complementary use by passengers, such as shops and cafes, have preinstalled climate control using a two tube system providing external air and extracting used air. ■

## Fontanería y Saneamiento

La acometida permitirá el funcionamiento del caudal simultáneo previsto, cumpliendo con los requisitos del Canal de Isabel II. Se dispondrán de válvula reductora de presión y filtro autolimpiante en todos los casos con by-pass para mantenimiento.

Los locales de usos complementarios al viajero disponen de contadores individuales centralizados en una batería de contadores a la que tendrá acceso directo la compañía para su lectura.

El grupo de presión de fontanería se instala en cuarto independiente e insonorizado, que estará accesible para mantenimiento por todos sus lados. Dispone de variador de frecuencia en el cuadro eléctrico para reducir el consumo de electricidad. Está formado por cuatro bombas, cada una de las cuales da un tercio del caudal máximo simultáneo previsto; una de las bombas es de reserva y alternará su puesta en funcionamiento con las anteriores para alargar la vida útil de todos los componentes.

Se dispone de un by-pass con la red general, para utilizar la presión de red

en caso de que sea suficiente para garantizar el funcionamiento de la instalación aunque se cerrará al menos dos veces al día, durante dos horas, para renovar el agua de los aljibes.

Los aljibes de reserva de agua garantizarán el consumo de la misma durante al menos dos días.

Se equipa a la instalación con un sistema para analizar los parámetros químicos del agua almacenada en los aljibes y con un sistema de tratamiento para mantener estos parámetros dentro de los valores indicados en la normativa vigente.

Toda la instalación interior se ejecuta con tubería de polipropileno triple capa, S 3.2 (SDR 7.4), soldadas mediante el método de polifusión o con manguito eléctrico, s/UNE 53-380, s/DIN 8077/1997.

Se instalan fluxores para los inodoros en los núcleos de aseos, mediante depósitos hidroneumáticos de presión en cada núcleo.

La instalación de fontanería además de



### Plumbing

The systems will be capable of handling the forecast simultaneous flow, in accordance with the requirements of the Canal de Isabel II water company. There will be pressure-reduction valves and self-cleaning filters, all of which will have a by-pass facility for maintenance purposes.

There are individual meters for the premises of complementary use by passengers, such as shops and cafes; these meters are located in a centralised battery of meters to which the company has direct access for reading purposes.

The plumbing pressure system is installed in a separate, insulated room, which will be accessible by maintenance from all sides. There is a frequency regulator in the electric circuit board in order to reduce electricity consumption. It consists of four pumps, each of which can simultaneously provide a third of the maximum forecast flow, with one being a reserve; the pumps will be alternated in order to extend the working lives of all the components.

There is a by-pass with the main supply, which uses the network pressure when this is sufficient to ensure the functioning of the installation. This device will be closed at least twice a day, for two hours, to refresh the water in the tanks.

The water reserve tanks are sufficient to guarantee consumption during a minimum of two days.

The installation is equipped with a system to analyse the chemical composition of the water stored in the tanks, as well as a treatment system that maintains quality parameters within the values established in current regulations.

The entire internal installation uses triple-layer polypropylene pipe work, S 3.2 (SDR 7.4), soldered using polyfusion methods or an electrical sleeve, according to UNE 53-380 and to DIN 8077/1997.



a los núcleos húmedos, da suministro a los humidificadores para ventilación y a las centrales de producción de climatización.

En la zona de circulación de autobuses se instalan grifos para baldeo y limpieza.

La zona de vestuarios de personal dispone de agua caliente sanitaria que se produce mediante termos eléctricos instalados en cada núcleo húmedo.

El sistema de recogida es separativo en la red interior del edificio y mixto en la

acometida a la Red General. Se divide en dos redes, una red para aguas fecales y otra red de aguas de baldeo, pluviales y drenaje.

Se prevén sumideros en todas las zonas cubiertas por instalaciones de extinción por agua (rociadores, cortinas, bies y agua nebulizada).

Las tuberías que atraviesan sectores de incendio disponen de abrazaderas intumescentes según UNE 23802-79.

En las zonas de tránsito de los autobuses se instalan imbornales sifónicos para la recogida de agua.

Todos los registros de profundidad superior a 1,5 m serán pozos, con un diámetro mínimo de 800 mm, y dispondrán de partes para registro y limpieza.

Los locales destinados a cafetería contarán con separador de grasas.

Los equipos de climatización disponen de desagües conectados a la red de saneamiento con el cierre hidráulico correspondiente.

La red de pluviales, baldeo y drenaje dispone de una arqueta decantadora de lodos y una separadora de hidrocarburos previa a la acometida exterior. ■

Flush valves are installed for the toilets in the toilet units, using hydro-pneumatic pressure in each unit.

In addition to the wet areas, the plumbing installations also serve the humidifiers for ventilation and the climate control production plants.

In the bus bay, taps are installed for cleaning and hosing down the vehicles.

The changing rooms for staff are supplied with hot water from electric water heaters in each wet area.

The internal water collection system for the building sep-

arates, though it is mixed in its connection to the water mains. It is divided into two networks, one for sewage and one for hosing down, rain and drainage water.

All covered areas have water supplies for fire fighting (sprinklers, curtains, fire hose cabinets and water atomisers).

Pipe work that passes through fire zones use non-swelling clamps in accordance with standard UNE 23802-79.

In the bus areas, siphon scuppers are installed for the collection of water.

All water depths of over 1.5m will be wells, with a minimum diameter of 800 mm, and will have rungs for monitoring and cleaning.

The premises designed for use as a cafe will have fat separators.

The climate control equipment will have drains connected to the public drains, with the appropriate hydraulic seal.

The rainwater, cleaning and drainage networks will have a sediment settling box and a hydrocarbon separator prior to external discharge. ■

# Protección Contra Incendios

La integridad de las personas y de los edificios en situaciones de riesgo ocasionadas por el fuego, depende de dos factores fundamentales:

- Diseño arquitectónico del edificio.
- Diseño de los equipos e instalaciones de seguridad contra incendios.

Con el diseño arquitectónico se persigue evitar la propagación del incendio y que los ocupantes puedan evacuar el edificio en condiciones de seguridad; el objetivo de los equipos e instalaciones de seguridad contra incendios es controlar el fuego para aumentar la seguridad de los ocupantes durante la evacuación y reducir los daños materiales ocasionados por el mismo.

La normativa española no contempla, dentro de su ámbito de aplicación, infraestructuras similares a esta, por lo que el diseño del edificio en lo que se refiere a la seguridad en caso de incendio, ha supuesto un reto para todos los técnicos implicados en el proceso constructivo al tiempo que establece un punto de referencia para actuaciones similares que se desarrollen en el futuro.

El diseño de la instalación se ha generado a partir de una necesidad fundamental: limitar el tiempo de evacuación de los ocupantes a un máximo de 6 minutos, de modo que transcurrido este tiempo todos los ocupantes del edificio hayan alcanzado un espacio exterior seguro.

La preocupación por la evacuación, el control de humos y de la temperatura como consecuencia del fuego, han conformado el núcleo a partir del cual se ha desarrollado el proyecto.

Un estudio de estas características ha requerido el empleo de herramientas informáticas, tanto para el análisis de la ocupación (software LEGION) como para la simulación del desarrollo del fuego en el edificio mediante Computacional Fluid Dynamics (CFD).

Como consecuencia de los nuevos criterios de diseño, a simple vista, diferencias sustanciales respecto a los intercambiadores que están siendo actualmente explotados en la Comunidad de Madrid, como la interposición de una mampara entre la isla y la dársena para crear sectores de incendio dife-

## Fire safety

Fire safety for people and buildings depends on two fundamental factors:

- The architectural design of the building.
- The design of the fire prevention equipment and installations.

Architectural design aims to stop fires from spreading and to enable people to evacuate the building safely. The objective of the fire prevention equipment and installations is to control the fire during the evacuation process and to reduce the physical damage caused.

Spanish fire safety regulations do not explicitly deal with this type of infrastructure. As a result this represents a challenge for all technicians involved in the construction process and establishes a reference point for similar future projects.

The design of the installations is based on a fundamental requirement: to limit the evacuation time to six minutes, sufficient time for those in the building to evacuate and be in a safe external space.

This focus on evacuation and smoke and temperature control in the event of fire represented the core around which the project was developed.



renciados, de modo que, en caso de incendio en un autobús, el fuego quede confinado en la dársena.

#### Sistema de control de humos

Los Intercambiadores de Transportes están dotados con sistemas de extracción de humos en dársenas, sistemas de desenfumaje en islas y sistemas de presurización en escaleras de evacuación.

IT (Information Technology) tools are required in order to carry out this type of study, both for the analysis of building occupation (LEGION software) and for the simulation of how a fire spread through a building using Computational Fluid Dynamics (CFD).

As a consequence of these new design criteria, one sees substantial differences in comparison to the transport interchange stations that are currently in operation in the Community of Madrid; these include, for example, the use of a screen between the passenger island and the bus bay in order to create separate fire containment areas, so that for example, in the event of a fire on a bus, this would be confined to the bus bay.

#### Sistema de detección

Los Intercambiadores de Transportes están dotados con un sistema de detección analógico que permite identificar exactamente el lugar donde se produce el incendio. El sistema está compuesto, esencialmente, por una central de incendios, detectores y pulsadores. La central de incendios recibe las señales de los detectores y pulsa-

#### Smoke control system

Transport interchange stations are equipped with smoke extraction facilities in bus bays, smoke suppression systems on passenger islands and pressurisation systems for fire escapes.

#### Fire detection systems

The transport exchange stations are equipped with an analogue detection system that identifies the exact location of the fire. The system comprises a fire control centre, fire detectors and switches. The fire control centre receives signals from the detectors and switches, activating sirens, warnings, fire containing equipment, fire doors, etc. In addition, there is a linear

dores y actúa sobre sirenas, avisadores, retenedores, compuertas cortafuego, etc. Además, se dispone de un sistema de detección lineal en túneles y un sistema de aspiración VESDA.

#### Presurización de escaleras

Las escaleras de evacuación disponen de un sistema de presurización para evitar la entrada de humos en caso de

fire detection system in tunnels and a VESDA draught system.

#### Pressurisation of stairs

The fire escape stairs feature a pressurisation system to stop smoke from entering in the event of fire. Air supply fans are activated from the fire control centre in the event of a fire alarm.

#### Smoke extraction

In the passenger island areas, there is a smoke extraction system in case of fire, which contains extractor fans capable of withstanding smoke at 400°C for a period of two hours. These extractor fans are activated



incendio. La activación de los ventiladores de aporte de aire se realiza desde la central de incendios en caso de alarma.

### Desenfumage

En el interior de las islas, se dispone de un sistema de evacuación de humos en caso de incendio mediante extractores resistentes al paso de humo a 400°C durante 2 horas; su activación se realiza desde la central de incendios en caso de alarma. Este sistema se combina con la instalación de cortinas para la formación de depósitos de

humo, que eviten la invasión de las vías de evacuación y favorecer su eliminación.

### Sistema de extinción

Los Intercambiadores de Transportes están dotados de tomas de fachada en escaleras de evacuación; sistemas de agua nebulizada en escaleras automáticas; sistemas de extinción automática mediante gas HFC-227 en zona de racks de puesto de control, centros de transformación y cuadros generales de baja tensión; sistema de extinción por agua formado por red de

bocas de incendio equipadas y red de rociadores.

El corazón del sistema de extinción por agua es un grupo de presión construido según normas de CEPREVEN, con dos bombas eléctricas y una bomba jockey para mantener la presión de la red. El grupo de presión aspira de un aljibe que garantiza el suministro de agua durante al menos una hora a los diferentes subsistemas. El grupo de presión alimenta a un colector principal que incluye puestos de control para redes húmedas de rociadores y bocas de incendio equipadas. ■

from the fire control centre in the event of an alarm. This system combines with the installation of curtains to retain the smoke, stop it from entering the escape routes and remove it.

### Fire extinguishing system

The transport interchange stations are equipped with water outlets on emergency exits; water atomisation systems on escalators; automatic fire extinguishing systems using HFC-227 gas in rack areas for control systems, transformer centres and low tension fuse boards; a water-based fire extinguishing system consisting of a network of fully equipped fire hose points and a sprinkler network.

The heart of the water-based fire extinguishing system is a pressure group built in accordance with CEPREVEN (Centro Nacional de Prevención de Daños y Pérdidas - National Centre for the Prevention of Damage and Injury) standards, with two electric pumps and a jockey pump to maintain network pressure. The pressure group is fed from a tank that guarantees water supply for at least one hour to the various sub-systems. The pressure group feeds a main collector that includes control points for wet networks of sprinklers and fully equipped fire house points. ■



## Electricidad

Dada la importancia del suministro eléctrico en los Intercambiadores de Transportes, se plantea doble acometida eléctrica en media tensión, procedente de distinto anillo de suministro como mínimo y para el 100 % de la potencia simultánea. La conmutación entre ambas, será en media tensión y el sistema de gestión técnica centralizada integrará todos los parámetros eléctricos de la red exterior para disponer de registro de la calidad de suministro eléctrico. Además de esta doble acometida, se dispondrá de grupo electrógeno que alimentará a los servicios esenciales:

- Un tercio del alumbrado normal.
- Todos los sistemas de información, gestión y seguridad.
- Ventilación.
- Equipos de protección contra incendios.
- Pozos de bombeo de saneamiento.
- Ascensores y escaleras mecánicas.

Los locales de usos complementarios al viajero contarán con suministro independiente en baja tensión desde una centralización de contadores, que estará alimentada desde un centro de transformación de compañía independiente.

### Electrical

Given the importance of the electricity supply in Transport Interchange Stations, a double-power, medium-tension power supply is in place, powered from different rings with a minimum supply capacity of 100% of simultaneous power. The switch between the two will occur at medium tension, and the centralised technical management system will collect all electrical statistics of the external grid to make available a record of the electricity supply quality. In addition to this dual supply, there will also be a generator for supplying essential services, including:

- Ventilation.
- Fire prevention equipment.
- Plumbing pumping tanks.
- Lifts and escalators.

The premises for complementary use by passengers, such as shops and cafes, will have an independent local tension supply from centralised meters, which will be fed from a transformation centre run by an independent company.

- One-third of normal lighting.
- All the information, management and safety systems.

The general fuse boards for the network will be installed in independent rooms that constitute separate fire sectors. The supply cable for the fuse box will be

Los cuadros generales de red y grupo se instalarán en cuartos independientes que constituyen sectores de incendio diferenciados. El cable de alimentación al cuadro de grupo será resistente al fuego para permitir su funcionamiento incluso en caso de incendio. El cuadro de grupo dispone de la conmutación automática de la acometida de la red y la del grupo. La acometida principal, la acometida de suministro complementario y la acometida de grupo, disponen de analizadores de redes para exportar al SGI los datos registrados. Se disponen de baterías de condensadores para corregir el factor de potencia global de la instalación.

En cada zona se dispone de un cuadro de red y un cuadro de grupo, tanto para fuerza como para alumbrado. Las salidas de alumbrado de los cuadros disponen de telerruptores, de forma que desde el SGI se puede controlar individualmente cada circuito, hacer actuaciones horarias e informar sobre el estado del mismo.

Las líneas generales de alimentación de CGBT a cuadros secundarios tienen las siguientes características:

fire-resistant so that it will continue to work, even in the event of fire. The fuse box will automatically switch the network and the group. The main supply, the complementary supply and the group supply have network analysers that export the recorded data to the Integrated Management System. There are batteries of condensers to correct the installation's total power factor.

Each area has a network fuse box and a group fuse box, both for energy supply and for lighting. The fuse box lighting outputs have remote-controlled switches that can be individually controlled for each circuit from the Integrated Management System. These switches

- Conductores de cobre unipolares y aislados de tensión 0,6/1 KV.
- Para suministro normal, no propagadores de incendio, con emisión de humos y opacidad reducida, cero halógenos, tipo RZ1-K (AS) 0,6/1 KV, cumpliendo la norma UNE correspondiente.
- Para suministro SAI y socorro, además, resistentes al fuego, tipo SZ1-K(AS+), cumpliendo la norma UNE correspondiente.
- Los trazados serán lo más cortos y rectilíneos posible y la sección mínima de los conductores de cobre será de 16 mm<sup>2</sup>.
- La canalización de esta distribución es bandeja de chapa de acero galvanizado perforada con tapa.

Todas las alimentaciones, desde cuadros secundarios o terciarios a receptores, discurren bajo tubo de acero galvanizado en todo su recorrido fijado sobre techo o pared. Dentro de locales en los que su ejecución tenga que ser empotrada, son de PVC cero halógenos. Las canalizaciones para alumbrado normal, de socorro y de emergencia son independientes.

can also be updated for timetables and provide information on their status.

The general system of supply of CGBT (Cotter to Googong Bulk Transfer) to secondary fuse boxes has the following characteristics:

- Uni-polar copper conductors insulated for tension of 0.6/1 kV.
- For normal supply, fire resistant, zero halogen, RZ1-K (AS), 6/1 KV type cable that does not emit toxic gasses, in accordance with the appropriate UNE standard.
- The permanent power supply for emergency sup-

El Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) alimenta a todos los equipos electrónicos e informáticos, independientemente de los equipos individuales que incorpore cada sistema. Dispone de filtro anti-armónicos para estabilizar las alimentaciones a equipos. La autonomía mínima del equipo es de 15 minutos a plena carga.

El **alumbrado normal** tiene los siguientes valores mínimos de iluminación según estancia:

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Espera o circulación de viajeros:     | 600 lux. |
| Embocadura de rampas:                 | 500 lux. |
| Oficinas y despachos:                 | 500 lux. |
| Andén o embarque de viajeros:         | 300 lux. |
| Locales técnicos:                     | 300 lux. |
| Circulación de vehículos y autobuses: | 150 lux. |

La uniformidad para estos niveles de iluminación normal será del 60% y el plano de trabajo considerado será 0,5 metros del suelo.

El **alumbrado de socorro** es como mínimo un tercio del alumbrado normal, siendo la uniformidad 20%. Se agrupan las luminarias de socorro y emergencia, por zonas, en circuitos independientes

ply uses fire resistant SZ1-K(AS+) type cable, complying with the appropriate UNE standard.

- The paths are the shortest and straightest possible, and the minimum section of the copper conductors will be 16 mm<sup>2</sup>.
- The conduits for distribution consist of galvanised steel plate trays perforated with lids.

All sources, from secondary or tertiary fuse boxes to receptors, run through galvanised steel tubes throughout their full length, attached either to the roof or walls. In areas where the tubes must be built into the surfaces, they are constructed of zero halogen PVC. The conduits for normal, help and emergency lighting are independent.





pero bajo diferenciales comunes, de tal forma que la caída de un diferencial haga saltar las emergencias de la zona.

El **alumbrado de emergencia** tiene los siguientes valores mínimos de iluminación según estancia:

|   |        |
|---|--------|
| Vías de evacuación:                     | 5 lux  |
| Equipos de protección contra incendios: | 10 lux |
| Alumbrado antipático general:           | 3 lux  |

Todas las iluminaciones se situarán de forma que señalicen claramente los pasillos y zonas de evacuación. La uniformidad para la iluminación de emergencia será del 40% y el plano de trabajo considerado será el suelo.



The Uninterrupted Power Supply (UPS) powers all electronic and IT equipment irrespective of the equipment in each system. There is an anti-harmonics filter to establish supply to items of equipment. The minimum autonomy of the equipment is 15 minutes at full load.

The minimum values for normal lighting depending on the space are as follows:

|                                     |          |
|-------------------------------------|----------|
| Waiting and transit for passengers: | 600 lux. |
| Entrances to ramps:                 | 500 lux. |
| Offices:                            | 500 lux. |
| Platform and boarding areas:        | 300 lux. |

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| Technical facilities: | 300 lux. |
| Vehicle areas:        | 150 lux. |

The uniformity for these normal levels of illumination will be 60%, at a distance of 0.5 metres from the ground.

The help lighting is, as a minimum, one-third of the normal lighting, with uniformity of 20%. The help and emergency lighting are grouped by area into independent circuits with common circuit breakers. As a result, should one circuit breaker fail, the zone's emergency lighting will be activated.

The minimum values for emergency lighting depend on the space, as follows:

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| Emergency escapes:           | 5 lux.  |
| Fire protection equipment:   | 10 lux. |
| General background lighting: | 3 lux.  |

The location of all lighting will clearly indicate evacuation passageways and areas. The uniformity for the emergency illumination will be 50% and the level considered will be ground level.

The types of illumination used depending on the type of space will be:



La tipología de luminarias utilizadas según estancia será:

- Zonas de estancia de viajeros; luminarias empotradas en falso techo con protección IP 44/clase I mínima, equipada con lámparas fluorescentes y reactancia electrónica. La temperatura del color de la lámpara será entre 3.300 y 5.300 °K.
- Locales técnicos; luminarias de superficie con protección IP 65/clase I mínima, equipada con lámparas fluorescentes y reactancia electrónica. El difusor será estampado por inyección de policarbonato transparente.
- Oficinas; luminarias empotradas en falso techo, equipada con lámparas fluorescentes y reactancia electrónica. La temperatura del color de la lámpara será entre 3.300 y 5.300 °K.
- Vías de evacuación; luminarias de superficie con protección IP 65/clase I mínima, equipada con lámparas fluorescentes y reactancia electrónica. Los cruces de las vías de evacuación, en las zonas de rodadura, se reforzarán los niveles de iluminación de socorro y de emergencia. El difusor será estampado por inyección de policarbonato transparente.
- Zonas de rodadura de autobuses en las dársenas, luminarias suspendidas o adosadas a la pared con protección IP 65/clase I equipadas con lámparas de halogenuros metálicos, el difusor será de cristal templado de protección. En la pared opuesta al andén se dispondrá perimetralmente de balizas de señalización a base de luminarias IP 65/clase I con luminaria fluorescente compacta separadas un metro entre sí y a 1,5 metros del suelo. El difusor será de vidrio templado resistente a cambios bruscos de temperatura y a golpes, y el reflector será asimétrico de aluminio rayado.
- Túneles y rampas de acceso: luminarias adosadas a la pared con protección IP 65/clase I equipadas con lámparas de vapor de sodio. Además se montarán luminarias de balizamiento con protección IP 65 y lámpara fluorescente y reactancia electrónica.
- En todas las zonas se utilizarán luminarias de emergencia con una hora de autonomía, IP 65 mínimo de superficie y 300, 150 y 85 lúmenes según la superficie.

■ Passenger areas: lighting built into a false ceiling with minimum IP 44/class I protection, with fluorescent lamps with electronic reactance. The temperature of the colour of the lamp will be between 3,300 and 5,300 °K.

■ Technical facilities: surface lighting with minimum IP 65/class I protection, equipped with fluorescent lamps and electronic reactance. The diffuser will be injection-moulded from transparent polycarbonate.

■ Offices: lighting built into a false ceiling equipped with fluorescent lamps and electronic reactance. The temperature of the colour of the lamp will be between 3,300 and 5,300 °K.

■ Evacuation routes: surface lighting with minimum

IP 65/class I protection, equipped with fluorescent lamps and electronic reactance. The crossing points of evacuation routes in the bus areas will be reinforced with brighter levels of help and emergency lighting. The diffuser will be injection moulded from transparent polycarbonate.

■ Bus circulation areas and bays: suspended lights or lights attached to the wall with IP 65/class I protection equipped with metal halide lamps – the diffuser will be made of tempered safety glass. On the wall opposite the platform, there will be signs using compact P 65/class I illumination, 1 metre apart and 1.5 metres from the ground. The diffuser will be made of tempered glass, which is resistant to

sharp temperature changes and knocks, and the reflector will be asymmetrical and made of ridged aluminium.

■ Tunnels and access ramps: wall mounted lighting with IP 65/class I protection, equipped with sodium vapour lamps. Furthermore, signal lighting with IP 65 protection and a fluorescent lamp and electronic resistance will be installed.

■ In all areas there will be emergency lighting with one hour of autonomy, using a minimum surface IP of 65, and 300, 150 or 85 lumens according to the surface.



## Transporte vertical

Los ascensores y las escaleras mecánicas se han proyectado para atender la demanda de viajeros prevista en hora punta. Su diseño cumple el Reglamento de Aparatos de Elevación y Mantenimiento y la Normativa Europea EN-115.

Los ascensores instalados tienen una capacidad de hasta 21 personas. Permiten ejecutar 240 arranques/hora, por

tanto, pueden desplazar un máximo de 5.040 personas/hora.

Las escaleras mecánicas tienen capacidad para dar servicio a 9.000 personas/hora. Aunque no se pueden considerar como escaleras de evacuación, se han dotado de un sistema extinción automática por agua nebulizada para evacuar el edificio en condiciones de seguridad en caso de incendio. ■

### Vertical transport

The lifts and escalators have been designed to meet the needs of passengers forecast for peak time. The design complies with the Regulations on Lifts and Maintenance and European Standards EN-115.

The capacity of the lifts is 21 people. They can make 240 journeys per hour, as a result of which they can move a maximum of 5,040 people per hour.

The escalators can serve 9,000 people per hour. Although they can not be considered as evacuation routes, the escalators have an automatic fire-fighting system that uses atomised water to enable safe evacuation of the building in the event of fire. ■



## Especiales

Se han ejecutado las siguientes instalaciones especiales para aumentar la calidad del servicio prestado a los usuarios:

- Voz y datos, compuesto por una red de cableado estructurado.
- Infraestructura común de telecomunicaciones, para dar servicio a los locales comerciales.
- Telefonía Móvil.
- Sistema de información al viajero, compuesto por teleindicadores, pantallas TFT y paneles LED.
- Sistema de gestión del tráfico, compuesto por semáforos, lectura de matrículas, conteo de autobuses, conteo de pasajeros.

### Special

The following special installations have been implemented in order to increase the quality of the service provided to passengers:

- Voice and data, consisting of a structured cable network.
- Common telecommunications infrastructure to provide service for commercial premises.
- Mobile telephony.
- A passenger information system, consisting of television displays, and TFT and LED displays.
- A traffic management system, consisting of traffic

lights, number plate reading, counting of buses, counting of passengers, etc.

In addition, there is another group of installations, the main aim of which is to safeguard people's assets and safety:

- Closed-circuit television with cameras installed regularly throughout the transport interchange station, which automatically record and store images in order to protect passengers and their assets.
- Intercoms and public-address systems to communicate directly with the control point, and to transmit audible alarm signals throughout the transport interchange.

Además, existe otro grupo de instalaciones cuyo objetivo fundamental es salvaguardar los bienes patrimoniales y la seguridad de las personas:

- Circuito cerrado de televisión, con cámaras distribuidas por todo el intercambiador, con grabación y almacenamiento automático para proteger tanto a los bienes como a las personas.
- Interfonía y megafonía, para comunicar directamente con el puesto de control y transmitir mensajes de alarma audibles en todo el intercambiador.
- Intrusión y control de accesos. Para proteger los accesos a todas las zonas restringidas del intercambiador, vigilado desde el puesto de control.
- Cobertura radiolétrica, para garantizar el funcionamiento de las emisoras de policía y bomberos en el interior del intercambiador.

El SGI incluye un módulo de seguridad que actúa como gestor de incidentes. ■

■ Intrusion and access control to protect access to all restricted areas in the transport interchange station, which are monitored from the control room.

■ Radio coverage to guarantee that police and fire service radios work inside the transport interchange station.

The Integrated Management Plan includes a safety module that acts as an incident manager. ■



## Calidad de ambiente interior

La experiencia acumulada en la explotación de las infraestructuras de transporte existentes ha supuesto un punto de inflexión en el diseño y ejecución de las infraestructuras desarrolladas dentro del Plan de Intercambiadores de Madrid en lo que se refiere a la calidad de ambiente interior.

El aumento de la carga térmica generada por los autobuses, el empeoramiento de la calidad de las condicio-

nes ambientales y la mayor exigencia en el confort demandada por los usuarios, hacía necesario diseñar un sistema integrado que cumpliera el objetivo de conseguir unas condiciones de confort adecuadas en el interior del edificio, entendiendo el confort desde dos puntos de vista diferentes:

- Control de temperatura.
- Control de contaminantes.

### Quality of the internal environment

Accumulated experience in the operation of the existing transport infrastructure has been an important input into the design and execution of the infrastructure developed as part of the Madrid Transport Interchange Station Plan in terms of interior environment.

The increase of the thermal load caused by buses, the deterioration in the quality of environmental conditions and the greater demands for comfort from users made it necessary to design an integrated system that meets the objective of offering adequate comfort within the building, with comfort being understood from two differing points of view:

- Temperature control.
- Pollutant control.

In order to quantify the comfort parameters and to establish valid criteria for the design of the new transport interchange stations, specific quality studies were carried out on environmental quality in the Avenida de América transport interchange station. In order to understand the real problem in a similar building, Computational Fluid Dynamics simulations were used to analyse the mechanisms of pollutant diffusion and extrapolate the results to our particular case. In addition, the objective was to adapt the spirit of the UNE-EN 13779-2005 standard: Ventilation of non-residential





Para cuantificar los parámetros de confort y fijar un criterio válido para acometer el diseño de los nuevos intercambiadores, se han realizado estudios específicos de calidad de ambiente en el intercambiador de Avenida de América. Para conocer la problemática real en un edificio de similares características, y simulaciones de mecánica de fluidos (Computational Fluid Dynamics) con el fin de analizar los mecanismos de difusión de contaminantes y extrapolar los resultados obtenidos a nuestro caso particular. Además, se ha intentado adaptar el espíritu de la norma UNE-EN 13779-2005: Ventilación de edificios no residenciales, a las exigencias y a la particularidad de los intercambiadores.

Se ha contado con la colaboración de instituciones de carácter público, en particular la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid, para realizar un estudio exhaustivo de la normativa internacional existente relacionada con la calidad de aire y limitar las concentraciones de partículas contaminantes a niveles que no resulten peligrosos para la salud.

buildings, to the demands and specific nature of transport interconnections.

Public sector institutions, in particular the Higher School of Industrial Engineers in Madrid, provided support for an exhaustive study of the current international regulations related to air quality and limiting concentrations of specific pollutant particles to levels that are not dangerous for health.

As a result of the studies, it was concluded that the most efficient method to achieve the internal environmental quality that would meet the demands of users and, at the same time, not pose a hazard to health,

Como consecuencia de los estudios realizados, se ha concluido que el método más eficiente para conseguir una calidad de ambiente interior que satisfaga las exigencias de los usuarios y, al mismo tiempo, no suponga ningún riesgo para la salud, consiste en implementar dos sistemas diferenciados separados físicamente mediante una mampara que impide la difusión de contaminantes desde la zona de rodadura a la zona de espera de viajeros, es decir, desde la zona de mayor contaminación a la de menor contaminación.

Ambos sistemas están integrados dentro de otro sistema de mayor entidad dirigido por un sistema de gestión y control centralizado que monitoriza todos los parámetros de calidad y permite mantener éstos de manera continua dentro de los límites establecidos de la manera más eficiente.

Cualquier maniobra de funcionamiento debe tener en cuenta el acoplamiento entre todos los subsistemas para mantener la zona de rodadura en depresión respecto de la zona de espera de viajeros con el fin de evitar la infiltración de partículas contaminantes.

consisted of implementing two separate systems physically separated by a screen wall that would stop the dissemination of pollutants from the bus bay to the passenger islands, i.e., from the area of greatest pollution to that with the lowest pollution.

Both systems are integrated into a larger system that is directed by a centralised control and command system, which monitors all quality parameters in order to ensure they are always kept within the established limits and in the most efficient manner possible.

Any functional manoeuvre should take into account the coupling of the sub-systems, which enables the bus

Entre los parámetros que son necesarios controlar destacan:

- Temperatura y humedad relativa en el exterior.
- Temperatura y humedad relativa en el interior.
- Concentración de óxidos de nitrógeno en el exterior.
- Concentración de óxidos de nitrógeno en el interior.
- Concentración de monóxido de carbono en el interior.
- Concentración de dióxido de carbono en el interior.

Altas concentraciones de óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono son indicativas del funcionamiento de motores de combustión; altas concentraciones de dióxido de carbono indican la presencia de un elevado número de personas.

La parametrización de las concentraciones de estos gases se realiza mediante un sistema de detección y análisis de contaminantes que toma muestras de aire, las analiza y facilita información al sistema de control para gestionar las maniobras de funcionamiento del sistema.

bays to be kept at lower pressure than the passenger island so as to avoid pollutants entering the latter area.

The parameters that must be monitored include:

- Relative temperature and humidity in the exterior.
- Relative temperature and humidity in the interior.
- Exterior nitrogen oxide concentrations.
- Interior nitrogen oxide concentrations.
- Interior carbon monoxide concentrations.
- Interior carbon dioxide concentrations.

High concentrations of nitrogen oxides and carbon monoxides result from internal combustion engine oper-





Estudios realizados tomando como referencia la norma PIARC 05.02.B-1995 "ROAD TUNNELS: EMISSIONS, VENTILATION ENVIRONMENT", han demostrado que en las condiciones de funcionamiento más desfavorables, es decir, suponiendo el funcionamiento simultáneo de la totalidad de los autobuses, renovar doce veces el volumen de aire en la zona de rodadura permite

mantener unos niveles de dilución de contaminantes adecuados.

Por otra parte, el caudal máximo de aporte de aire exterior que debe dar la instalación de climatización en la zona de espera de viajeros viene marcado por el hecho de encontrarse rodeada por un volumen peligroso, clasificado así por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, lo que obliga a fijar un

número de renovaciones del volumen de aire cada hora para considerarlo como espacio suficientemente ventilado. En este caso, seis renovaciones cada hora es el valor de referencia.

No obstante, el diseño y ejecución de las instalaciones de climatización y ventilación permite adecuar los caudales de ventilación a las condiciones reales

ations; whilst high concentrations of carbon dioxide are indicative of the presence of a large number of people.

The measurement of the concentrations of these gasses is carried out through a pollution detection and analysis system that takes and analyses air samples and provides the results to the control system for systems management.

The studies carried out use the PIARC 05.02.B-1995 "ROAD TUNNELS: EMISSIONS, VENTILATION ENVIRONMENT" as their reference point. These studies have demonstrated that in the most adverse operating conditions, i.e., in the event of all buses operating at the

same time, renewal of the volume of air within the bus area twelve times would enable diluted levels of pollutants to be maintained at adequate levels.

The maximum flow of air from the exterior, which is provided to the passengers' waiting area from the climate control installation, is conditioned by its surrounding dangerous space, as classified by the Low Tension Electrical-Technical Regulations; this obliges the establishment of a specific number of hourly renewals of the air in order for the space to be considered adequately ventilated. In this case, six renewals per hour is the reference value.

However, the design and installation of the climate con-

trol and ventilation systems enables the ventilation flows to be adjusted to actual operating conditions. As the flow of air from these machines is proportional to the velocity of rotation of the motor, this regulation of air flow is achieved through frequency regulators that act directly on the fan motors to adjust their rotation speeds. The power consumed by the motors is directly proportional to the speed of rotation, so this design enables electricity consumption to be adapted to actual demand and contributes to maintaining a balance between the performance and the energy efficiency of the system. The control system is responsible for sending precise instructions to the frequency regulators based on the information received from the detection system.



de funcionamiento. Puesto que el caudal de aire impulsado por estas máquinas es proporcional a la velocidad de giro de su motor, esta regulación se consigue mediante la inclusión de variadores de frecuencia que actúan directamente sobre el motor de los ventiladores, modificando su velocidad de giro. La potencia absorbida por los

motores es directamente proporcional a su velocidad de giro, por lo que este diseño permite adaptar el consumo eléctrico a la demanda real y contribuye, sin duda alguna, a mantener el equilibrio entre la prestación y la eficiencia energética del sistema. El sistema de control se encarga de enviar las instrucciones precisas a los variadores de frecuencia en función de la información recibida del sistema de detección.

Si es importante conocer las condiciones en el interior del edificio, tanto o más importante es conocer el entorno donde se desarrolla la actividad, puesto que todo el aire que se introduce en el edificio es aire que se toma de las inmediaciones de la propia instalación, inmediaciones con un elevado tráfico de vehículos pesados (los propios autobuses que prestan servicio en el intercambiador). Esto quiere decir que para obtener una calidad de ambiente interior adecuada se debe tomar aire lo más limpio posible dentro de un entorno contaminado. Para ello, las tomas de aire exterior se realizan en los puntos más elevados evitando que se produzcan recirculaciones entre la admisión y la extracción de aire. ■

Whilst it is important to be aware of the conditions in the interior of the building, it is equally, if not more, important to be aware of the surroundings in which the activity takes place, as all of the air supplied to the building is sourced from the surrounding areas, which have a high concentration of heavy vehicles (the buses that use the transport interchange station). This means that in order to obtain adequate internal air quality, the cleanest air possible must be sourced from the polluted environment outside. In order to achieve this, the air inlets are located at the highest possible level, thus avoiding recirculation of air already extracted from the building. ■



## Criterios de Protección contra Incendios

Uno de los grandes retos para los técnicos que han intervenido en el diseño y ejecución del sistema de protección contra incendios, en el Plan de Intercambiadores de la Comunidad de Madrid, ha sido desarrollar unos criterios específicos “ad hoc” para este tipo de infraestructuras.

La condición de todo el diseño de las medidas de prevención de incendios del Intercambiador, es asegurar la protección de los usuarios del mismo frente a los riesgos originados por un incendio.

La normativa estatal vigente sobre Condiciones de Protección Contra Incendios, NBE-CPI-96 (actualmente derogada por el Documento Básico de Seguridad en caso de incendio del Código Técnico de la Edificación), no recoge el uso de Intercambiadores de

Transportes. Sin embargo, el Reglamento de Prevención de Incendios de la Comunidad de Madrid (actualmente derogado), aunque tampoco incluye dicho uso, sí exige, en su disposición adicional segunda, que las estaciones de autobuses y los centros de transporte público sean objeto de un estudio específico que debe presentarse para su aprobación al Organismo Municipal o de la Comunidad de Madrid, previo informe favorable de la Comisión de Prevención de Incendios de la Comunidad de Madrid.

Por ello, se establece como premisa para la redacción del proyecto el desarrollo, un estudio específico para dar respuesta a todos y cada uno de los criterios de seguridad contra incendios que han servido de base para el desarrollo de la normativa vigente.

### Fire prevention criteria

One of the biggest challenges for the technical personnel involved in the design and implementation of the fire prevention system in the Madrid Regional Government Transport Interchange Station Plan was developing specific, ad hoc criteria for this type of infrastructure.

The entire fire prevention system in the transport interchange station is designed to ensure the protection of users from the risk of fire.

Current state regulations on Fire Prevention Conditions, NBE-CPI-96 (now repealed for fires by the Technical

Building Code's Basic Security Document) do not cover transport interchange stations. However, although the Prevention Regulation Department of Madrid Regional Government does not cover transport interchange stations either, its second additional provision does require that bus stations and public transport centres be the subject of a specific study that must be presented for approval to the Municipal Body or the Community of Madrid provided a favourable report has been received from the Community of Madrid's Fire Prevention Commission.

This requires that the study specifically deal with all the fire safety criteria used as a basis for the development of current regulations.

To this end, the study takes into account the CEPREVEN (Centro Nacional de Prevención de Daños y Pérdidas - National Centre for the Prevention of Damage and Injury) Technical Rules on Fire Risk Evaluation, which were developed based on the method established by Engineer M. Gretener so as to make alternative methodologies that are more suited to the proposed objective acceptable.

The fundamental design of the fire protection conditions, which had a major impact on the architectural design of the building, is the definition of the set of measures that contribute to confining a fire to a specific sector, stopping it from spreading and providing es-

En este sentido, se contempla en el estudio la Regla Técnica Cepreven sobre Evaluación del Riesgo de Incendio, justificado en base al método establecido por el ingeniero M. Gretenner, sin menoscabo de aceptar métodos alternativos que se ajusten mejor al objetivo propuesto.

El diseño fundamental de las condiciones de protección contra incendios, con profunda repercusión en el planteamiento arquitectónico del edificio, es la definición del conjunto de medidas que contribuyan a confinar el incendio en un determinado sector, eviten su propagación y provean de las vías de evacuación necesarias para desalojar el edificio en condiciones de seguridad. La definición de estas condiciones se hace en base a unas hipótesis de partida; una de ellas, y quizás la más importante, es la ocupación.

Las instalaciones de protección contra incendios son los medios con que cuenta el edificio para extinguir el mismo, y se plantean como un complemento de las medidas adoptadas para desalojar el edificio en condiciones de seguridad, constituyendo ésta,

por tanto, la primera premisa de toda extinción de incendio.

Entre las instalaciones implantadas en los intercambiadores se encuentran:

- Sistema de control de humos.
  - Extracción de humos en dársenas.
  - Desenfumage en islas.
  - Presurización de escaleras de evacuación.
- Sistemas de detección.
- Sistemas de extinción.

El sistema de control de humos conforma el elemento clave del éxito de la evacuación. Compuesto en esencia por ventiladores mecánicos y redes de conductos, complementado con las cortinas de humos, va a permitir confinar los humos de incendio a elevada temperatura en unos determinados depósitos o capas de humos junto al techo.

Para que el sistema funcione correctamente, la capa de humos debe permanecer estable, sin desprendimientos, de modo que el balance entre el caudal de humos, generado por el propio desa-

rollo del incendio, y el caudal de aire extraído por la instalación de control de humos sea nulo. De este modo se garantiza que las vías de evacuación permanezcan libres de humos, permitiendo una evacuación segura.

El tiempo máximo de evacuación lo determina el momento en que el gas tóxico se enfría y comienza a desprenderse de la capa de humos. En este momento, todos los ocupantes deben haber alcanzado un espacio exterior seguro y será a partir de este momento, después de la evacuación de las personas, cuando los sistemas de extinción automáticos entren en funcionamiento para apagar el incendio.

Para determinar el número mínimo de salidas y escaleras necesarias para la evacuación de todo el edificio, en el tiempo determinado por el sistema de control de humos, hay que conocer la ocupación del mismo. Para un determinado nivel de ocupación, el tiempo efectivo de la evacuación será menor cuanto mayor sea la superficie de las vías de evacuación, buscando el equilibrio entre el número y la dimensión de éstas.

cape routes to clear the building safely. These conditions were defined based on a set of basic criteria, the most important of which was perhaps the occupation of the building.

The fire protection installations are the resources available to the building for fire fighting, and are considered as a complement to the measures adopted to clear the building safely, which is the basic objective in all fire fighting.

The installations in the transport station include:

- Smoke Control System
  - Bus bay smoke extraction system.

- Smoke removal from passenger islands.
- Pressurisation of emergency stairs.
- Detection systems.
- Fire extinguishing systems.

The smoke control system is the key to successful evacuation of the building. This basically consists of mechanical ventilators and networks of conduits, complemented by smoke curtains, which enable smoke from high-temperature fires to be confined in a specific area or in layers near the ceiling.

In order for the system to work correctly, the layer of smoke must remain stable, without any release, in such

a way that a balance is achieved between the flow of smoke generated by the fire and the flow of air extracted by the smoke control. This guarantees that the evacuation routes will remain smoke-free, enabling safe evacuation.

The maximum time for evacuation will be determined by the moment at which the toxic gas cools and begins to detach itself from the smoke layers. By this time, all occupants of the building must have reached a safe external space, and it is from this moment, following the full evacuation of the building, that the automatic fire extinguishing systems come into operation to extinguish the fire.



Mapa de evacuación de Plaza Elíptica / *Plaza Elíptica evacuation plan*

La ocupación es un dato difícil de cuantificar, y su estudio sólo se puede estimar a partir de hipótesis con base estadística. Para determinar la ocupación prevista en el intercambiador, se han establecido dos hipótesis:

- Ocupación máxima teórica de dársenas y vestíbulo.
- Tráfico de viajeros en hora punta.

Para llegar a los resultados obtenidos, se realizaron simulaciones de mecánica

de fluidos (Computational Fluid Dynamics) mediante el software ANSYS CFX. Esto permitió determinar el tiempo crítico de desprendimiento de la capa de humos, fijado en seis minutos.

Por tanto, una vez fijado el tiempo máximo de desalojo y la ocupación máxima teórica, el problema se reducía a determinar los elementos de evacuación necesarios para conducir a todos los ocupantes hasta un espacio exte-

rior seguro en un tiempo inferior a seis minutos.

Definidos los caminos de evacuación, sólo quedaba comprobar que, efectivamente, las condiciones de evacuación previstas se cumplieran. Para ello se contó con la ayuda de una herramienta informática de simulación, denominada LEGION, que reproduce el mecanismo de funcionamiento de masas de gente. ■

In order to determine the minimum number of exits and stairways required for the full evacuation of the building in the time established by the smoke control system, it is essential to know the occupancy of the building. For a given level of occupancy, the effective time for evacuation is lowest when the surface area of the available escape routes is the greatest, making necessary the search for a balance between the values of these two elements.

However, occupation of the building is difficult to quantify, and it can only be estimated by hypothesis based on statistical methodology. In order to determine the forecast occupation of the transport interchange station, two hypotheses have been developed:

- The maximum theoretical occupation of the bus bays and halls.
- The number of passengers at peak time.

The results obtained were reached using Computational Fluid Dynamics with ANSYS CFX software. This enabled the critical time to break up the smoke layer to be established as being six minutes.

Once this maximum time for clearing the building, and the maximum occupation time, had been established, the problem was reduced to determining the evacuation elements needed to get all occupants of the building to an external space safely in a time of less than six minutes.

Once the evacuation routes had been defined, it was necessary to verify that the planned evacuation conditions would occur. This was checked using an IT simulation tool, known as LEGION, which reproduces the flows of masses of people. ■



# Simuladores de la movilidad y la evacuación

Susana Álvarez  
Alsentia

El Consorcio Regional de Transportes ha sido el principal impulsor de una iniciativa para evaluar y refinar el diseño de los intercambiadores de Plaza Elíptica, Moncloa, Príncipe Pío, Plaza de Castilla y Avenida de América a través de la simulación peatonal.

Gracias a estos estudios se han podido verificar los diseños, los planes operacionales y los tiempos y condiciones de evacuación de los intercambiadores, haciendo de ellos infraestructuras más seguras y confortables para los pasajeros.

La herramienta elegida para llevar a cabo las simulaciones ha sido **Legion Studio**. Esta elección se ha fundamentado en dos razones principales:

En primer lugar, su probado historial en el sector transporte, con proyectos ejecutados a día de hoy para el Metro de Madrid, RENFE, Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya, TMB o AENA a nivel nacional y Transport for London (UK), SNCF (Francia), London Underground Limited (UK), Cross London Rail Links (UK), New York City Transit (USA), Mass Transit Railway Corporation

(Hong Kong), Kowloon-Canton Railway Corporation (Hong Kong), Network Rail (UK), Strategic Rail Authority (UK), East London Line (UK), Metro de Santiago (Chile), Thameslink (UK) y Olympic Transport (UK) a nivel internacional.

En segundo lugar, en base a lo elaborado de su algoritmo microscópico de simulación. A diferencia de otras herramientas de simulación peatonal, Legion Studio simula a los pasajeros como entidades inteligentes que toman decisiones sobre sus movimientos, que son capaces de interactuar con el resto de los pasajeros y con el entorno y que están dotadas de visión, memoria y capacidad de aprendizaje. Las preferencias personales de las entidades, como la velocidad o el espacio personal preferido, están basadas en mediciones tomadas en el mundo real. Así, el software contempla las diferencias culturales y/o regionales: un pasajero en una estación de Hong Kong no se comporta de la misma manera que un pasajero en una estación de París.

Para alcanzar este nivel de detalle y precisión en la simulación han sido

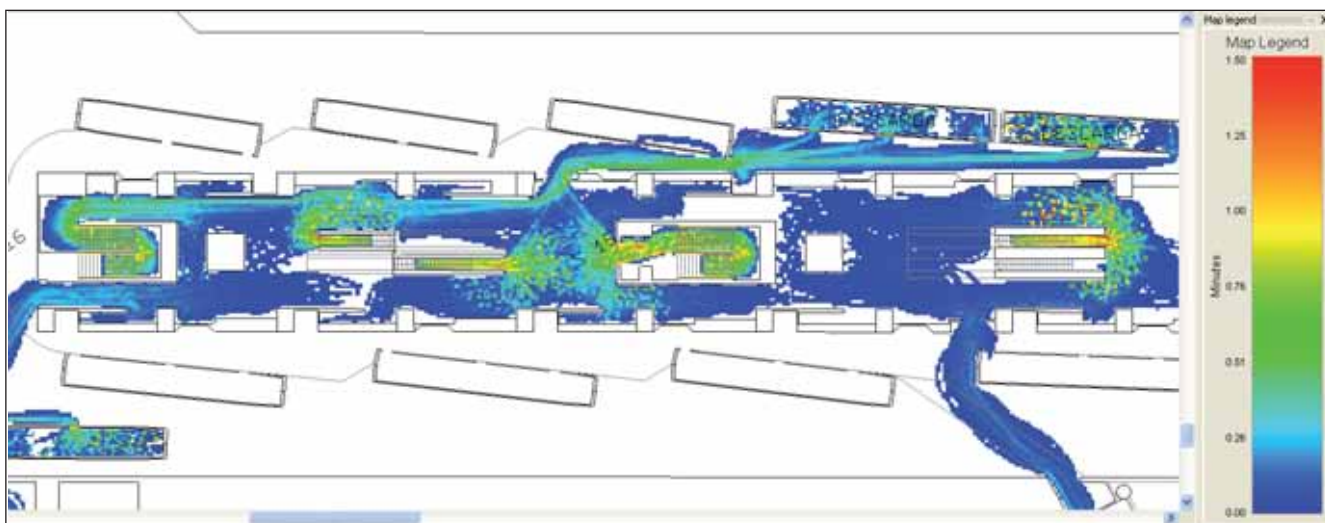
## Mobility and evacuation simulators

The Regional Transport Board was the main driver behind the initiative to evaluate and refine the design of the transport exchanges at Plaza Elíptica, Moncloa, Príncipe Pío, Plaza de Castilla and Avenida de América through the simulation of pedestrian behaviour.

As a result of these studies, it was possible to verify the designs, the operational plans and the evacuation times and conditions for the transport interchange stations, making this infrastructure safer and more comfortable for passengers.

The tool chosen to carry out the simulations was Legion Studio. This tool was chosen for two main reasons:

Firstly, it has a proven history in the transport sector, having in the past been involved in projects for Metro de Madrid (Metro of Madrid), RENFE, Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (RENFE Railways of the Autonomous Government of Catalonia), TMB (Transports Metropolitans de Barcelona - Barcelona Metropolitan Transportation) and AENA (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea - Spanish Airports and Air Navigation) in Spain and Transport for London (UK), SNCF (France), London Underground Limited (UK), Cross London Rail Links (UK), New York City Transit (USA), Mass Transit Railway Corporation (Hong Kong), Kowloon-Canton Railway Corporation (Hong Kong), Network Rail (UK), Strategic Rail Authority (UK), East



Mapa de utilización del espacio / *Map of disposable surface space*

necesarios más de 70 años/hombre de investigación científica, durante los cuales se han tomado más de 8 millones de mediciones que constituyen una base de datos empírica sin precedentes. Estos estudios se aplican a lo largo de toda la vida de una estación, desde las fases de desarrollo inicial, estudio de viabilidad y diseño, hasta las fases de operación diaria y renovación periódica, para mostrar a los responsables de la toma de decisiones cómo un diseño o un proyecto operacional funcionarían en la práctica, proporcionando así soporte de cara al desarrollo de espacios económicamente eficientes que respondan de forma adecuada en situaciones de presión.

En el caso del **Intercambiador de Moncloa** se analizaron las operaciones normales durante la hora punta de la mañana (de 8.00am a 9.00am) y tres escenarios de evacuación: la hipótesis teórica de bloqueo - considerando únicamente las salidas protegidas y estando la de mayor capacidad bloqueada - un escenario real con fuego en la zona interior de la mampara - se consideraron todas las salidas, de emergencia o no, y se bloqueó la de mayor capacidad dentro de la mampara - y por último, un escenario real con fuego en el exterior de la mampara. Igualmente, para todos los escenarios se consideró una demanda incrementada. En concreto, se utilizaron los datos de afluencia previstos

para el año 2026 con 29.239 pasajeros en la hora punta de la mañana.

El objetivo de estos estudios era analizar el rendimiento en términos de flujos peatonales tras la reforma del intercambiador, que pasaría de tener 15 dársenas a 35.

Durante las operaciones normales y tanto en la isla existente como en las islas nuevas, las densidades experimentadas no fueron elevadas. Sólo se observaron densidades máximas moderadas en las zonas laterales de las escaleras mecánicas con Niveles de Servicio Fruin D-E, equivalentes a un máximo 2,12 personas/m<sup>2</sup> y Niveles de Servicio Fruin A-B en el resto del in-

London Line (UK), Metro de Santiago (Chile), Thameslink (UK) and Olympic Transport (UK) internationally.

Secondly, due to its microscopic simulation algorithm. Unlike other pedestrian simulation tools, Legion Studio simulates passengers as intelligent entities who make decisions about their movements, are capable of interacting with other passengers and their surrounding environment they are in, and have vision, memory and learning capacity. The personal preferences of these "entities," such as the speed at which they move and their preferred degree of personal space, are based on real-world measurements. In this way, the software is capable of incorporating cultural and/or regional differ-

ences: For example, a passenger at a station in Hong Kong does not behave in the same manner as a passenger at a station in Paris.

In order to achieve this level of detail and accuracy in the simulations, over 70 person/hours of scientific research were required, during which over 8 million measurements were taken, together constituting an unprecedented empirical database. This research is applied to the whole life of the station, from the initial development phase, the viability and design stage, to daily operations and periodic renovations, in order to show those responsible for making decisions how a design or project would work in practice. As a result

this provides valuable support in the development of economically efficient spaces that can respond adequately when subject to pressure.

In the case of the Moncloa transport interchange station, normal operations were analysed at peak time in the morning (8:00am to 9:00am) using three evacuation hypotheses: the theoretical hypothesis of blockage - considering only the protected exits, with the exit with the greatest capacity being blocked; a real scenario with fire in the interior zone of the screen wall - all exits, whether emergency or not, were considered, and the exit with the greatest capacity was blocked; and finally a real scenario with fire outside the screen wall. In ad-

tercambiador, es decir, una densidad máxima inferior a 0,43 personas/m<sup>2</sup>. Las densidades observadas son bajas, ya que, incluso las densidades máximas moderadas en los laterales de las escaleras mecánicas, no se sostienen durante periodos largos de tiempo y sólo se producen en caso de coincidencia de varios autobuses de llegada y/o salida.

Los tiempos de recorrido en el Intercambiador de Moncloa oscilan entre los 00'40" para pasajeros con origen en el exterior y destino en las islas nuevas o viceversa y los 02'20" para pasajeros de intercambio entre la isla actual y las islas nuevas.

En cuanto a la evacuación, en el caso teórico con hipótesis de bloqueo, el tiempo de evacuación es de 06'13". En los escenarios reales, el intercambiador evacuaría en 03'36" en caso de fuego en el interior de la mampara y en tan sólo 2'35" en caso de fuego en el exterior de la misma.

En el **Intercambiador de Príncipe Pío** se analizaron cuatro escenarios de evacuación: teórico con y sin bloqueo, con

una ocupación de 3.978 pasajeros y real con fuego dentro y fuera de la mampara, con una ocupación de 5.171 pasajeros. Los tiempos de evacuación se situaron en torno a los 6 minutos para los cuatro escenarios, aunque la mayoría de los pasajeros consiguen acceder a zonas protegidas en menos de 3 minutos. El estudio detectó las zonas críticas que condicionan los tiempos de evacuación y aportó sugerencias de cara a la optimización de los diseños. Así, los tiempos de evacuación, a pesar de estar dentro del tiempo objetivo (incluso con un incremento de la demanda del 30% en los escenarios reales), podrían reducirse sustancialmente eliminando dos cuellos de botella en el acceso a sendas salidas de emergencia, evitando el cambio de diseño de una de las salidas en el cambio de nivel y disminuyendo el recorrido en otra.

Los tiempos de evacuación del **Intercambiador de Plaza Elíptica** fueron reducidos hasta un 12%, bajando de 7'25" a 5'50" en el caso de fuego en la salida de emergencia de mayor capacidad, para 2.652 pasajeros evacuados. Esto se ha conseguido gracias al refi-

dition, an increased level of demand was considered for all these scenarios. To be precise, the forecast figures for 2026 were taken into account, with 29,239 passengers per hour at peak time in the morning.

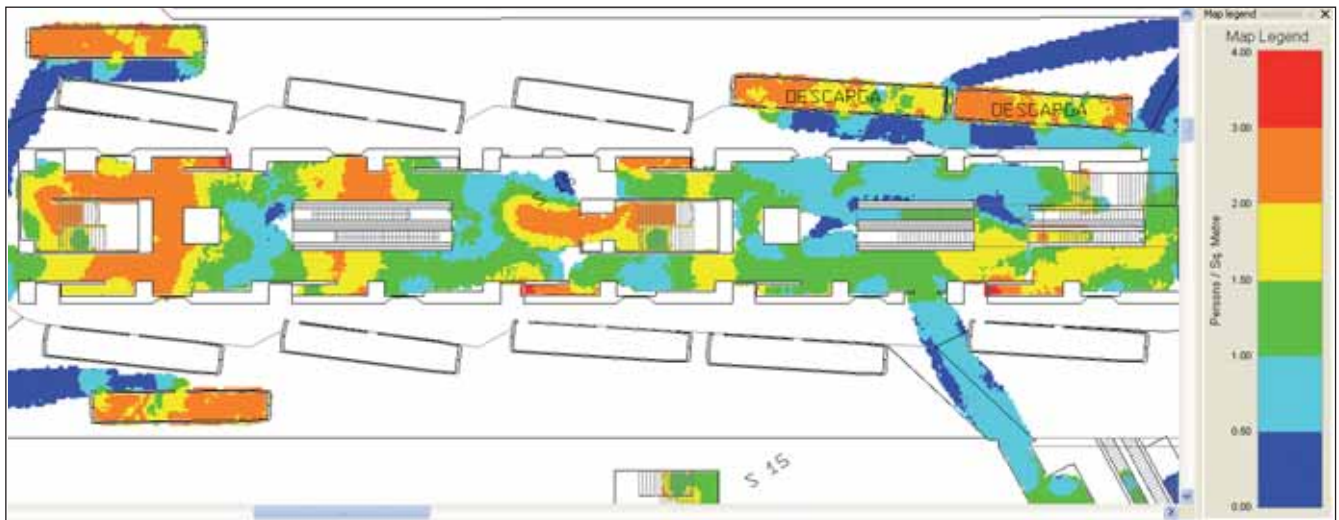
The objective of these studies was to analyse the performance in terms of flow of people following the refurbishment of the transport interchange station, which increased capacity from 15 to 35 bus bays.

During normal operations, and on the existing passenger islands in addition to the new ones, the resulting densities were not very high. There were only moderate maximum densities in the side areas of the escalators,

with Fruin Service Levels D-E, equivalent to a maximum of 2.12 people/m<sup>2</sup>, and Fruin Service Levels A-B in the rest of the transport interchange station, i.e., with a maximum density of 0.3 people/m<sup>2</sup>. The densities observed are low, as even the moderate maximums at the sides of the escalators were not sustained over extended periods, and they only occurred at times when several buses arrived and/or left at the same time.

The journey times through the Moncloa transport interchange station varied between 00:40 minutes for passengers from the exterior going to one of the new islands, or vice versa; and 02:20 minutes for passengers interchanging between the current island and the new islands.





Mapa de densidad / Density map

namiento de diseños con leves modificaciones sobre los diseños originales.

En lo que a simulación peatonal se refiere, hay varios aspectos de vital importancia que se deben tener en cuenta:

#### Simulación del Movimiento:

Al contrario de lo que ocurre con los modelos macroscópicos, en los que el

movimiento esperado de la masa es el que determina el movimiento individual, en los modelos microscópicos son las interacciones entre los individuos las que determinan el comportamiento de una masa, tal y como ocurre en la realidad.

La teoría de navegación peatonal tenida en cuenta en las simulaciones de los Intercambiadores se puede clasificar de la siguiente manera:

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Ruido + Error</b> | Todos los procesos naturales tienen ruido y un margen de error.  |
| <b>Situacional</b>   | Las preferencias están condicionadas por el paso del tiempo, en función de lo que se considera o no viable.                  |
| <b>Contextual</b>    | Distintas zonas dentro de un área o recinto inducen a diferentes patrones de comportamiento y redefinen lo que es aceptable. |
| <b>Regional</b>      | Factores Socio-demográficos y culturales influyen en lo que los peatones consideran insatisfactorio.                         |
| <b>Universal</b>     | Como regla general, todos los peatones tratan de minimizar su insatisfacción   |

In terms of evacuation in the hypothetical case of blockage, the evacuation time was 06:13 minutes. In the real scenarios, the transport exchange would be evacuated in 03:36 minutes in the event of fire in the interior of the screen wall; and in just 2.35 minutes in the case of fire in the exterior of the screen wall.

Four evacuation scenarios were considered for the Príncipe Pío transport interchange station: theoretic situations with and without blockage, with passenger occupation of 3,978; and a real situation with fire inside and outside the screen wall, with passenger occupation of 5,171. The evacuation times were around 6 minutes for each of the four scenarios, although the

majority of passengers managed to reach safe areas in less than three minutes. The study identified the critical zones that conditioned the evacuation times and made suggestions about how the design of these could be made more efficient. As a result, the evacuation times, despite not being within the objective time (even with an increase in demand of 30% in the real scenarios), may be reduced substantially by eliminating the bottle necks at the emergency exits, avoiding the design switch of one exit at the change of levels and decreasing the length of the journey for the other.

The evacuation times for the Plaza Elíptica transport interchange station were reduced by 12%, falling from

7:25 minutes to 5:50 minutes in the case of fire in the emergency exit with the greatest capacity and with 2,652 passengers evacuated. This was achieved by refining the design with slight modifications to the original design.

There are several aspects of vital importance in terms of pedestrian simulation that must be taken into account:

#### Simulation of Movement:

Unlike macroscopic models, in which the expected movements of masses are determined by individual



Mapa de simulación del espacio / Map of simulated surface space

En lo que a micro-navegación se refiere, las entidades de Legion poseen las características humanas que influyen en la manera en la que tomamos decisiones acerca de nuestro movimiento:

- Preferencias personales
- Limitaciones físicas
- Objetivos
- Conciencia de las circunstancias (situación de espera, escaleras, etc.)
- Memoria
- Negociación con otros
- Sincronización

- Conciencia del tiempo
- Percepción del comportamiento de los otros

Así, en el modelo microscópico, cada peatón toma decisiones sobre su comportamiento en función de todos estos factores y es el conjunto de estas decisiones individuales lo que determina el comportamiento de la masa.

#### Simulación del Espacio:

Las entidades inteligentes de Legion se desplazan vectorialmente por un espacio continuo y no a través de sistemas

movements, in microscopic models the behaviour of the mass is determined by the interactions between individuals, as occurs in reality.

The theory of pedestrian navigation used in the transport interchange station simulations can be classified in the following way:

With regards to micro-navigation, the "entities" in Legion have the human characteristics which influence our decision making about how we move around:

|               |  |
|---------------|--|
| Noise + Error | All natural processes have noise and a margin of error.  |
| Situational   | The preferences are conditioned by the passage of time, in relation to what is considered to be viable or nonviable. |
| Contextual    | Distinct zones within an area or premises lead to different forms of behaviour and redefine what is acceptable.      |
| Regional      | Social-demographic factors and cultures influence what pedestrians consider to be acceptable.                        |
| Universal     | As a general rule, all of the pedestrians attempt to minimise dissatisfaction.                                       |

- Personal preferences
- Physical limitations
- Objectives
- Awareness of circumstances (waiting time, stairs, etc)
- Memory
- Negotiation with others
- Synchronisation
- Awareness of time
- Perception of the behaviour of others



Mapa de evacuación / Evacuation map

de celdas o rejillas. Trabaja con espacios libres de restricciones o limitaciones artificiales.

La distancia interpersonal viene determinada por una distribución de preferencias individuales de espacio personal basada en mediciones, siendo los resultados de densidades experimentadas fiables.

El tamaño de los individuos no está predeterminado.

El modelo no tiene un límite de densidades máximas.

En los flujos cruzados, las entidades inteligentes de Legion son capaces de

negociar y sincronizarse con el resto de pasajeros, no produciéndose por tanto bloqueos artificiales que no se producirían en la realidad.

La demanda de estudios de simulación peatonal está experimentando un crecimiento constante. Cada vez son más los operadores o gestores de infraestructuras que apuestan por la simulación peatonal, ya sea para analizar diseños en fase proyecto, antes de tomar decisiones de planificación irreversibles y de implementar diseños específicos, o para optimizar infraestructuras existentes. La simulación peatonal microscópica supone una gran ayuda en los procesos de ingeniería de valor, consistentes en conseguir el mismo valor por menos dinero,

además de proporcionar un apoyo excelente en la comunicación de planes a las partes interesadas, de ayudar a reducir los tiempos de evacuación y de aportar soluciones económicamente eficientes para incrementar la capacidad de las infraestructuras. De igual forma la simulación peatonal ha servido para cruzar los datos con la simulación del movimiento del aire y humos en caso de emergencia, ayudando a conseguir una evacuación eficiente en los tiempos reglamentarios. ■

In the microscopic model, each person makes decisions about his own behaviour based on all of these factors, and the sum of all these individual decisions determines the behaviour of the mass.

#### Simulation of Space:

The intelligent "entities" in Legion move vectorally through a continuous space; they do not move from cell to cell or across a grid. They work within spaces that are free of restrictions or artificial limitations.

Interpersonal distance is determined by the distribution of individual preferences relating to personal space

based on measurements, with the resulting experimental densities being reliable.

The size of the individuals is not predetermined.

The model has no maximum density limits.

In crossing flows the intelligent "entities" in Legion are able to negotiate and synchronise with other passengers, and therefore they do not produce artificial blockages that would not occur in real life.

The demand for pedestrian simulation studies is constantly increasing. Ever more infrastructure operators and managers are turning to pedestrian simulation, whether to analyse designs in the project phase, before making irreversible planning decisions and imple-

menting specific designs, or to optimise existing infrastructure. This microscopic pedestrian simulation is a great help in the value engineering process, which aims to achieve the same value with less money, in addition to providing excellent support in the communication of plans to interested parties; helping to reduce evacuation times; and providing economically efficient solutions for increasing the capacity of infrastructure. Furthermore, pedestrian simulation has served to compare data with simulations of air and smoke movements in emergencies, helping to achieve efficient evacuation within the times established by regulations. ■



## Acondicionamiento del aire en situaciones de operación y emergencia

Jorge Servert del Río  
Ing. Industrial

Los Intercambiadores de Transporte subterráneos son una solución eficiente en ciertos nodos de la red. Como consecuencia de las necesidades operativas y de la escasez de espacio en las ciudades, particularmente en Madrid, se ha optado por infraestructuras enterradas en las que los medios de transporte se ubican en diferentes niveles y se comunican verticalmente.

La zona central, en la que se genera el movimiento de personas, comunicada con el exterior, está rodeada por la zona de movimiento de autobuses y se conecta con otros modos de transporte como el Metro o vehículos privados (aparcamiento). Tanto, los autobuses como los vehículos privados deben acceder al edificio del intercambiador mediante túneles.

El resultado final, a efectos de movimiento del aire y condiciones del mismo, es muy complejo. Se trata de un edificio de gran volumen condicionado por las salidas de los distintos modos: accesos peatonales a la superficie; túneles de entrada y salida; red de Metro, que provoca un flujo pulsante;

y, en cuyo interior, se genera una actividad (movimiento de autobuses) que produce una importante carga térmica

Air conditioning in operational and emergency situations.

Underground transport interchange stations are an efficient solution for some nodes of the network. As a result of operating requirements and the scarcity of space in cities, particularly in Madrid, decisions have been made to use underground infrastructures in which the means of transport are located at different levels and are joined together vertically.

The central area, in which the movement of passengers takes place, connected to the exterior, is surrounded by an area of bus movements and is connected to other forms of transport, such as the underground or private vehicles (car parking lots). Both buses and private vehicles use tunnels to enter the traffic interchange station.



y, en cuyo interior, se genera una actividad (movimiento de autobuses) que produce una importante carga térmica

The final result in terms of air movement and conditions is highly complex. These are buildings with very large volumes that are conditioned by the exits of the different means of transport: pedestrian access on the surface, entrance and exit tunnels, and the underground network. This results in a pulsating flow and combines with the internal activity (bus movements) that generates a significant thermal load and pollutants. Furthermore, in emergency situations there is a high risk of fire within the transport interchange station, which must be adequately controlled along with the products of any such fire, to ensure that users can be safely evacuated.



y de contaminantes. Así mismo, en situaciones de emergencia, dentro del intercambiador existe una alta carga de fuego, cuya combustión y productos deben ser adecuadamente controlados para permitir la evacuación segura de sus usuarios.

El Consorcio de Transportes de Madrid, consciente de la magnitud del reto, ha realizado un importante esfuerzo por introducir criterios y buscar soluciones que permitan obtener unas condiciones adecuadas para los usuarios.

En primer lugar, se aprendió de las experiencias obtenidas en la explotación de los intercambiadores existentes (Moncloa y Av. de América) con anterioridad al último Plan de Intercambiadores. Especialmente, se analizó con detalle el intercambiador de Avenida de América. Tras este análisis se obtuvieron conclusiones, que se aplicaron en el diseño de los nuevos intercambiadores y, posteriormente, se modeló el funcionamiento de los mismos.

Seguidamente, se detallan las principales experiencias adquiridas. ■

The Madrid Transport Board, being aware of the scale of this challenge, has made a major effort to introduce criteria and find solutions that will enable adequate conditions to be achieved for users.

Firstly, they took advantage of the experience obtained in operating the existing transport interchange stations (Moncloa and Avenida de América) before producing the latest Transport Interchange Station Plan. In particular, the Avenida de América transport interchange station was analysed in detail. The conclusions of this analysis were applied in the design of the new transport interchange stations and, subsequently, to model the way that they operate.

The main experience acquired as a result is detailed below. ■

## Experiencias del pasado

El intercambiador de Avenida de América que se inauguró en el año 2000, fue un hito en muchos aspectos.

Se trata de un edificio multinivel en el que no se han establecido divisiones entre las diferentes plantas. No se ha separado las zonas de espera y movimiento de pasajeros (denominadas zona de isla) de la zona de movimiento de autobuses y zona de embarque (denominada zona de dársenas).

La ventilación del intercambiador se realiza mediante impulsión forzada a través de rejillas que se encuentran situadas en el borde superior de las islas y extracción, también forzada, a través de rejillas ubicadas en el perímetro inferior externo de la zona de circulación de autobuses. También, dispone de un sistema de enfriamiento adiabático, se evapora agua en el interior del intercambiador.

Para ganar experiencia y definir posibles mejoras para los nuevos intercambiadores, se analizó esta instalación desde el punto de vista de la calidad de aire. Los trabajos permitieron establecer criterios de diseño y desarrollar técnicas

*10.- Se utilizó el código comercial CFX y la simulación la realizó la empresa ANALISIS-DSC.*

de modelado. Para ello fue necesario realizar las siguientes actuaciones:

- Se instaló en él una red de medición en continuo de la calidad del aire (contaminantes y temperatura) y se midieron las condiciones reales de impulsión de aire de la red de conductos.
- Se modeló el comportamiento del aire del intercambiador mediante técnicas de mecánica de fluidos computacional (CFD)<sup>10</sup>, en condiciones análogas a las reales (Se realizó un modelo estacionario que reproducía condiciones medias de operación del intercambiador). Para ello, se caracterizaron las fuentes de calor (autobuses, iluminación, personas, etc.), las entradas de aire mediante la ventilación y se establecieron condiciones de contorno para las salidas y entradas de aire exterior.
- Se compararon los resultados del modelo con las medidas y se obtuvo un acuerdo que permitió calibrarlo.
- Así mismo, se modeló el incendio de un autobús en una dársena y el movimiento de los humos.

### Past experience

The Avenida de América transport interchange station, inaugurated in 2000, was in many respects an important milestone.

It is a multi-level building in which no divisions between the different floors have been established. The waiting and movement areas for passengers (known as the "island") were not separated from the bus manoeuvring area and the boarding area (known as the "bus bays").

Ventilation of the transport interchange station was carried out through forced air impulsion through grilles located in the upper part of the islands and extraction, also through forced air removal, through grilles located

in the lower, perimeter part of the bus manoeuvring area. There is also an adiabatic cooling system, which evaporates water in the interior of the transport interchange station.

In order to gain experience and to identify possible improvements for new transport interchange stations, these installations were analysed from the point of view of air quality. This work enabled design criteria to be established and modelling techniques to be developed. In order to do this, the following work had to be carried out:

- A network for continuously measuring air quality (pollutants and temperature) was installed to meas-



ure the real conditions of air forced through the conduit network.

■ The behaviour of the air in the transport interchange station was modelled using computational fluid dynamics techniques (CFD) , in conditions similar to the real ones (a stationary model was created that reproduced average operating conditions in the transport interchange station). In order to do this, the heat sources (buses, lighting, people, etc.) and the sources of air from the building's ventilation were modelled, and gradient conditions were established for the external air inlets and outlets.

■ The results of the model were compared with the measurements in order to calibrate it.

■ In addition, a fire on a bus in one of the bays was also modelled, as were subsequent smoke movements.

## Diseño adoptado en los nuevos intercambiadores

Como resultado de las mediciones y del modelado, se estableció la conveniencia para los futuros intercambiadores de:

- Separar la zona de islas de la zona de dársenas que es el área de estancia de los pasajeros y de realizar en éstas una climatización convencional.
- En la zona de dársenas, combinar la impulsión por la parte superior con impulsión por la parte inferior para mejorar las condiciones de confort, enfriar el aire mediante evaporación adiabática y realizar la extracción por la parte inferior y superior (sobre todo de cara la evacuación de humos y calor).
- Construir escaleras especialmente protegidas
- Realizar un tratamiento específico en los túneles.

### Zona de isla

La separación de la zona de isla respecto de las dársenas se ha realizado mediante mamparas de cristal y una presurización respecto de las dársenas,

de tal forma que cuando se abran las puertas el aire no penetra al interior de la isla.

Como consecuencia, el sistema de climatización es un sistema convencional para un gran volumen en el que hay que tener el tiro producido por los huecos de comunicación vertical.

Desde el punto de vista de seguridad frente a un eventual incendio, es adecuado seguir la norma UNE 23585:2004 para el diseño. El criterio ha sido generar sectores de incendio mediante cortinas que impidan la propagación del humo entre plantas y realizar la extracción forzada de los humos. Se debe verificar que se aporta aire de forma natural para evitar combustiones incompletas.

Tanto para la aplicación de la norma UNE, como para el modelado posterior, que se ha realizado mediante modelos CFD, es preciso definir escenarios del incendio. Se ha considerado el incendio de una máquina de venta y el de una tienda. En el caso de una tienda, la elevada carga de fuego aconseja que este tipo de usos se sectorice respecto del

The design adopted for the new transport interchange stations

As a result of the measurements taken and the modelling work, it was established for transport interchange stations to be built in future that:

- The passenger island areas should be separated from the bus bays and conventional climate control should be used for these areas.
- In the bus bay area there should be a combination of forced air input from upper levels and forced air input from lower levels in order to improve comfort, to cool the air by adiabatic evaporation, and to extract air from both upper and lower levels (particularly in terms of smoke and heat extraction).
- Specially protected stairways should be built.

- The tunnels should have their own specific treatment.

### The island zone

The separation of the passenger island from the bus bays is achieved using glass screen walls, with higher pressure in the passenger areas to ensure that when the doors are opened, polluted air does not enter the interior of the passenger island.

As a result, climate control is achieved through a conventional climate control system for a large volume area which has to account for the currents produced by the vertical communication spaces.





resto del intercambiador. En el caso de la máquina de venta, otro mobiliario o elemento decorativo, es aconsejable que esté construido con materiales que no produzcan compuestos tóxicos o irritantes en su eventual combustión o pirólisis.

### Zona de dársena

La zona de dársena es la propiamente característica de este tipo de instalaciones. En ella, existe un importante movimiento de autobuses, lo que genera una alta carga térmica y de contaminantes. Así mismo, los autobuses son un riesgo potencial por su alta carga de fuego.

From the point of view of fire safety, the system design is adapted to the UNE 23585:2004 standard. The objective was to generate fire sectors by using curtains that would inhibit the spread of the fire between floors, and to extract smoke by force. It should be verified that air is supplied naturally to avoid incomplete combustion.

It is essential to define fire scenarios in both the application of the UNE standard and in the subsequent modelling, which was carried out using CFD models. The cases of a fire in a vending machine and in a shop were considered. In the case of a shop, the strength of the fire will determine whether this type of use should

### Operación normal

En operación normal, es preciso disminuir los contaminantes introducidos y la carga térmica introducida.

La carga térmica proviene de diferentes partes del autobús: los frenos, la refrigeración del motor y el condensador de la máquina de acondicionamiento del aire interior del autobús. Evaluar estas cargas no es fácil y, en gran medida, dependen de la historia pasada del autobús. Se utilizaron balances energéticos para estimarlas y los resultados se compararon con los valores obtenidos en el caso de Avenida de América.

be sectioned-off from the rest of the transport interchange station. In the case of the vending machine or other furniture, fitting or decorative element, it is advisable that these elements should not be made from materials that release toxic or irritating compounds in the event of fire or pyrolysis.

### The bus bay area

The bus bay area is the defining feature of this type of building. There is a heavy load of bus movements in these areas, resulting in a heavy thermal and pollutant load. Furthermore, buses also represent a potential risk due to the large amounts of fuel that they carry.

La emisión de contaminantes se produce, básicamente, por el tubo de escape del autobús, cada autobús generará unas emisiones diferentes en función de su edad y mantenimiento, se han utilizado los valores límites fijados por la normativa para diferentes condiciones: ralentí y movimiento.

Para eliminar estos contaminantes, se impulsa aire por la pared más próxima a la isla del intercambiador y se recoge por la pared opuesta más alejada. Éste se enfría mediante una evaporación adiabática del aire. Sobre esta corriente se superpone la debida al movimiento de los autobuses que la distorsionan y generan una circulación que produce la

### Normal operations

Under normal operating conditions it is essential to decrease the pollutants and thermal load produced.

This heat is generated by various parts of the bus: the brakes, the engine cooling system and the condenser of the climate control system for the bus's internal temperature control. It is not easy to measure these loads and, to a large extent, they depend on the history of the bus, itself. Energy balances are used to estimate the loads and the results are compared to the values obtained from the Avenida de América transport interchange station.



acumulación de contaminantes en zonas de remanso y la recirculación de aire en las zonas traseras de los autobuses que pueden generar la entrada de contaminantes en la zona entre el autobús y la isla.

Por todo lo anterior, la impulsión se realiza desde la parte superior del borde de la isla (aproximadamente un tercio) y la parte inferior (dos tercios) con ello se barre la carga térmica y la contaminación. Así mismo se debe reforzar la extracción en los puntos de remanso en los que se acumulan contaminantes.

La impulsión se puede realizar mediante rejillas, difusores rotacionales o toberas. Se realizó un análisis detallado de su aplicabilidad en los diferentes casos.

La extracción se realiza de manera combinada por la parte inferior y superior en proporciones similares a la impulsión.

### Situación de emergencia

Para situaciones de emergencia, en las que se produzca un incendio, se

Pollutants are emitted mostly from the bus's exhaust pipe; each bus has different emission levels depending on its age and state of maintenance. As a result of these difficulties, the limit values established by regulations for two different conditions have been used: idling and movement.

In order to eliminate these pollutants, the air input comes from the wall closest to the passenger island of the transport interchange station, and it is collected and expelled through the opposite wall, furthest away from the passenger island. This is cooled by adiabatic evaporation of the air. This air current is superimposed by those caused by bus movements, which distort the

utiliza la extracción forzada para evacuar los humos y el calor generado. Para impedir la propagación de los humos se utilizan cortinas que sectorizan las diferentes plantas y, dentro de ellas, establecen cantones. Así mismo, se cierra la comunicación con los túneles.

El aporte de aire se realiza por la parte inferior de las dársenas mediante chimeneas que comunican con el exterior.

Los escenarios de incendio que se han analizado son: el incendio completo de un autobús y el incendio de una rueda. El modelo de incendio del autobús, es el correspondiente al propuesto en la reunión de la PIARC de Montreal.

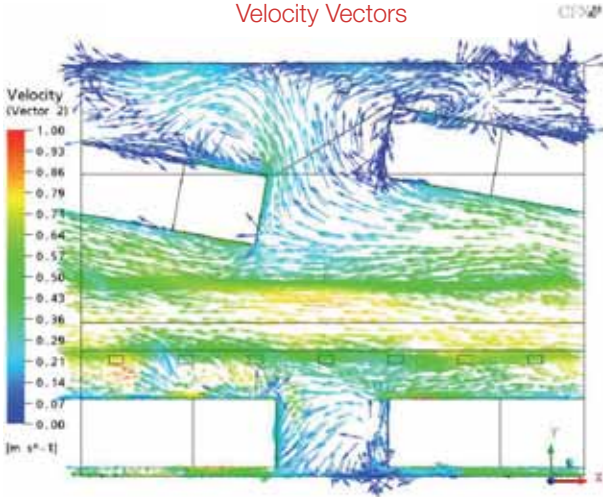
Como criterio de diseño se puede utilizar la norma UNE 23585:2004 y se han realizado modelos dinámicos de la evolución de los humos en el intercambiador.

Los resultados de los modelos sirven para compararlos con los tiempos necesarios para la evacuación segura de los ocupantes del recinto realizados mediante la simulación peatonal. ■

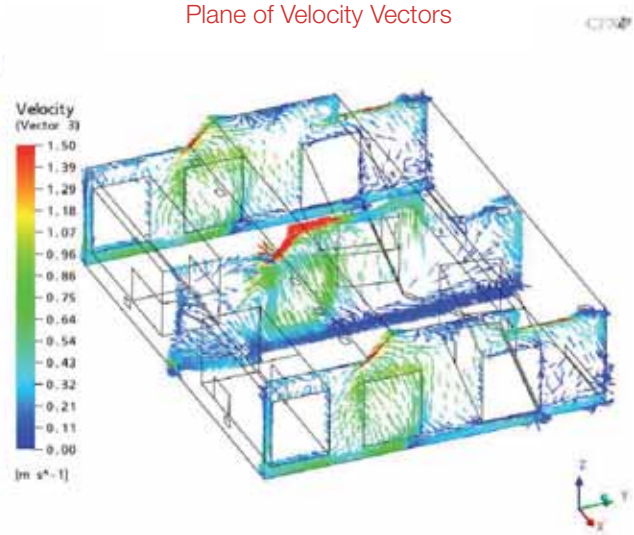
flow and generate accumulations of pollutants in pools, and by the recirculation of air at the back of buses which can result in pollutants entering the area between the bus and the island.

As a result of the above, the air is forced from the higher part of the edge of the passenger island (approximately one-third) and from the lower part (two-thirds) in order to sweep away the thermal load and the pollution. Furthermore, extraction should be reinforced in the pooling points where contaminants accumulate. The air should be force using grilles, rotational diffusers or nozzles. A detailed analysis was carried out of the applicability of these in different cases.

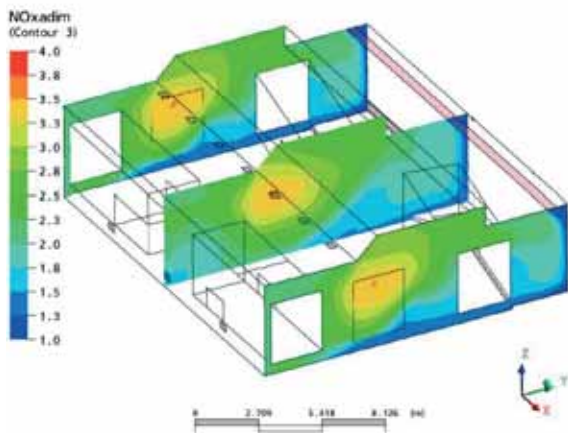
Vectores Velocidad  
Velocity Vectors



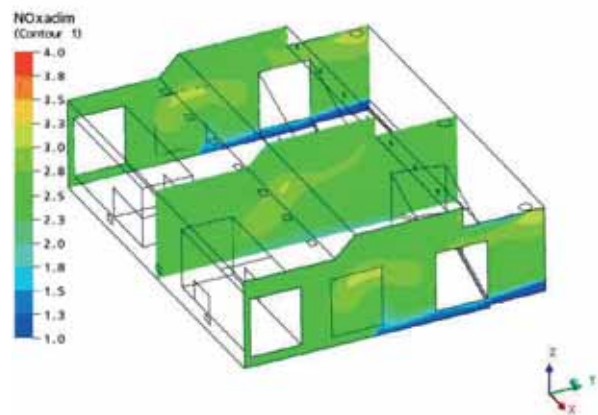
Plano de Vectores Velocidad  
Plane of Velocity Vectors



Distribución de NOx  
Distribution of NOx



Planos de NOx  
Planes of NOx



Air extraction is also carried out in the same combined way at both upper- and lower-levels, in similar proportions to the air inflow.

#### Emergency situations

In emergency situations in which there is a fire, the forced air extraction system is used to remove the smoke and the heat generated. In order to stop smoke from spreading, curtains are used to segment the floors and to establish sections within them. In addition, communication with the tunnels is also closed.

Air supply is provided from the lower part of the bus

bay, through chimneys that connect to the exterior.

The fire scenarios analysed are: a fire involving a whole bus and a fire involving one wheel. The bus fire model corresponds to that proposed in the PIARC (World Road Association) meeting in Montreal.

The UNE 23585:2004 standard can be used as the design criteria, and dynamic models of smoke patterns in the transport interchange station have been created.

The results of the models are useful for comparison with the time required for the safe evacuation of the occupants of the building during a pedestrian simulation. ■



El plan de intercambiadores de la Comunidad de Madrid, del Ayuntamiento de Madrid y del Consorcio Regional de Transportes de Madrid, contempla la creación y puesta en servicio de varios intercambiadores subterráneos.

## Nuevas tecnologías aplicadas: conteo de viajeros, gestión de tráfico, lectura de matriculas

*Antonio Rubio,  
Ing. Telecomunicaciones  
Ricardo Carrilero,  
Ing. Técnico Industrial*

New technology applications: passenger counting, traffic management, reading of number plates

The Transport Interchange Station Plan includes the creation and operation of several underground transport interchange stations.

The requirements of the Plan include, among other things, operating technical control and supervision systems for the installations, the environmental conditions, safety and traffic. The objectives of the Plan include, among other things, improving the quality of public transport services, and ensuring the comfort and safety of the users of these services.

Entre sus requisitos incluye, la puesta en servicio de sistemas tecnológicos de control y supervisión de las instalaciones, las condiciones ambientales, la seguridad y el tráfico. Y entre sus objetivos se incluye mejorar la calidad de los servicios de Transporte Público ofrecidos, así como garantizar el confort y la seguridad de los usuarios.

El conjunto de tecnologías aplicadas en los intercambiadores debe facilitar la seguridad de los usuarios, unas condiciones de entorno adecuadas y confortables, equipamientos en perfecto estado de funcionamiento, así como fluidez en las operaciones de transporte, incluyendo la subida y bajada de cientos de miles de viajeros diarios, el acceso a los diferentes modos de transporte y la coordinación precisa de las entradas y salidas de autobuses.

The technology applied in the transport interchange stations should promote the safety of users; appropriate and comfortable environmental conditions; equipment in perfect working condition; and a fluid flow of transport operations, including hundreds of thousands of passengers getting on and off the transport provided every day, access to different types of transport, and precise coordination of bus arrivals and departures.

These requirements, which are common to almost all public spaces or buildings and are essentially similar for all such buildings and service centres, have their own special characteristics when applied to a transport interchange station.



Estos requisitos, comunes a prácticamente cualquier recinto o inmueble de uso público, presentan peculiaridades propias de un intercambiador de transporte, pero son en esencia similares a otras edificaciones o centros de servicios.

Múltiples empresas proveen dispositivos, equipamientos y sistemas tecnológicos expresamente desarrollados para atender las necesidades anteriores y adaptables a las particulares exigencias de este tipo de edificación, garantizando las mejores capacidades no sólo para la prestación de servicios, sino también para atender, en las mejores condiciones, cualquier contingencia con las máximas garantías.

De esta forma puede disponerse de sistemas de control de accesos, instalaciones, climatización, ventilación, seguridad y vigilancia, sobradamente contrastados y de probada fiabilidad.

A wide range of companies provide equipment, devices and technical systems that have been expressly designed to meet these needs, and which can be adapted to the particular demands of this type of building; this ensures that the most effective capabilities are available not only for the provision of services, but also for the effective and rapid response to any event that might occur.

As a result, access control, climate control, ventilation, safety and vigilance systems, and installations that have been tried and tested, and are of proven reliability are made available.



## Las necesidades

No obstante, otras facetas del servicio prestado en los intercambiadores resultan especialmente delicadas, como puede ser la coordinación de miles de entradas y salidas diarias de autobuses, e incluso el propio tráfico interno de autobuses que puede verse fuertemente condicionado por las características de los intercambiadores.

Estas construcciones subterráneas, con espacios y viales necesariamente limitados, están capacitadas para absorber un volumen de circulación y un número de operaciones simultáneas determinado, que en el caso de ser superado puede llegar a generar colapsos cuya resolución no resulta trivial.

Junto a las necesidades propias de la operación de los servicios de transporte, el intercambiador es utilizado a diario por un determinado número de

usuarios, cuyas necesidades de transporte, destinos, modos, horarios, etc. puede llegar a evolucionar con el tiempo. Lo que hace necesario adecuar los servicios, horarios o frecuencias con el objeto de mantener, en todo momento, la eficacia del conjunto, evitando carencias, incomodidades o inconvenientes innecesarios.

Todos estos condicionantes exigen, no sólo coordinar los servicios, accesos, salidas, paradas, subidas, bajadas, etc. con precisión y flexibilidad, sino conocer al mismo tiempo el modo en que los usuarios utilizan dichos servicios, las líneas con mayor demanda en determinadas horas o días, las zonas más o menos transitadas, etc.

Esta faceta de los intercambiadores, que parece limitarse a recabar datos, aparentemente poco relacionada con la

### The requirements

Many of the other services provided in a traffic interchange station can also be extremely complex, such as, for example, the coordination of thousands of bus arrivals and departures every day and bus traffic within the traffic interchange station itself, which is heavily dependent on the design characteristics of the interchange.

These underground constructions, with spaces and roads that must be limited in size and capacity, are designed to handle a particular number of simultaneous operations and passenger movements. In the event

that this number is exceeded, the whole system could collapse and be extremely difficult to correct.

Together with the operational needs of the transport services, the transport interchange station is used on a daily basis by a particular number of users, whose transport needs, destinations, means of transport, timetables, etc., can change over time. This makes it necessary to adapt services, timetables and frequencies constantly to ensure that the station always operates efficiently, with no unnecessary inconveniences, discomforts or gaps.

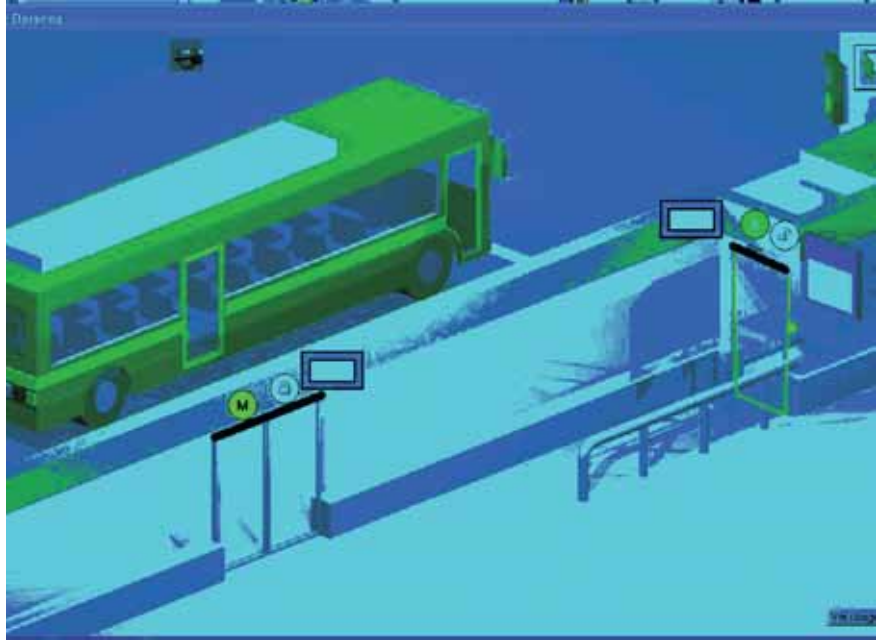
These conditioning factors not only require that services, arrivals, departures, boarding and alighting, etc.,

be coordinated precisely and flexibly, but they also require in-depth knowledge of the way in which users use these services, the lines with the highest demand at particular times or on particular days, the areas with the greatest traffic, and so on.

This aspect of traffic interchange station operations may appear to be little more than a collection of data with little relevance to the management of daily operations; however, information is a key element for determining the appropriate parameters that ensure the optimum operational efficiency of the traffic interchange station and of each means of transport.

gestión y operación diarias, es sin embargo, el elemento clave de información que permite determinar los mejores parámetros para el funcionamiento óptimo del intercambiador así como de cada modo de transporte.

La información se convierte pues, en la herramienta necesaria para detectar con la mayor prontitud periodos punta, valle, aglomeraciones, etc. que permite ajustar la regulación de los diferentes modos para facilitar servicios eficientes y útiles para los usuarios. ■



## El conteo

El conteo del número de usuarios que utilizan el intercambiador y sus diferentes modos de transporte, puede resolverse por diferentes medios, de forma similar a grandes y pequeñas empresas, comercios e instituciones que se sirven de sistemas de contadores mediante diversas tecnologías que incluyen desde torniquetes hasta haces de luz, cámaras de televisión o detectores infrarrojos, con la finalidad de contar o evaluar el mayor o menor nivel de uso u ocupación de cualquier zona o servicio.

En el área de los intercambiadores, a la información proporcionada por los contadores de usuarios, se deben añadir detalles específicos relacionados con cada uno de los modos de transporte y en particular con cada uno de los servicios o expediciones de autobús que llegan o abandonan el intercambiador.

Estos datos, aparentemente sencillos, han requerido precisar las diferentes características, prestaciones y fiabili-

This information is therefore an essential tool for detecting as quickly as possible the peak and low periods, bottlenecks, and so on, and this in turn enables the various means of transport to be adjusted in order to ensure that the services are useful and efficient for users. ■

### Passenger counting

A range of different methods are available for counting the number of passengers using the traffic interchange station and the various means of transport available; these are similar to those used by large and small companies and institutions for comparable purposes and include, for example, turnstiles, beams of light, television cameras and infrared sensors that count and evaluate the highest and lowest usage levels, and the degree of use of any particular area or service.

With regard to the specific case of traffic interchange stations, the information provided by counting technology on the number of users should be supplemented with specific details related to each of the transport

dad de las tecnologías de conteo más probadas y mejor consolidadas en el mercado, así como su adecuación al propósito al que se quieren destinar en los intercambiadores de transporte.

De esta forma, para la elección de las tecnologías más idóneas de conteo de viajeros, se han probado en condiciones normales de funcionamiento y ubicaciones reales en los diferentes intercambiadores. Evaluando en cada una de las tecnologías de conteo, su facilidad de instalación, mantenimiento, fiabilidad y robustez ante las exigentes condiciones técnicas y ambientales impuestas por los intercambiadores.

Por otra parte, la necesidad de obtener información detallada con diferentes criterios para diferentes propósitos, ha llevado a diseñar soluciones de conteo expresamente adecuadas a cada tipo de ubicación y cada tipo de servicio prestado por el intercambiador.

Por ejemplo, varios dispositivos determinan, en tiempo real, las entradas y salidas así como el paso por los distin-

modes, and in particular to each transport service or bus that arrives at and leaves the station.

Although this data might appear simple, it has been necessary to refine the various characteristics, features and reliability of the most proven and established counting technologies on the market, and to customise these for the purposes of traffic interchange stations.

In order to achieve this, the choice of the most appropriate passenger-counting technologies was based on tests conducted under normal operating circumstances in real locations, in various stations. This test-



tos accesos y dependencias del intercambiador, lo que permitirá conocer en cualquier momento el grado de ocupación de las zonas y estancias, información que puede resultar vital, por ejemplo, en caso de cualquier alarma o incidencia.

ing included the analysis of the ease of installation, maintenance, reliability and robustness of the counting technologies when faced with the demanding technical and environmental conditions within a traffic interchange station.

This requirement to obtain detailed information with different criteria for different purposes led to the design of custom-made counting solutions for each type of location and each type of service provided in a traffic interchange station.

For example, there are devices that measure arrivals and departures in real time, together with transit

Esta información, convenientemente agregada, permitirá estudiar el uso o demanda real del intercambiador a lo largo de la jornada, los días de la semana, temporadas, etc. permitiendo adecuar, por ejemplo, la ventilación al número de usuarios presentes en cual-

through the station, which enable the determination of the degree of occupation of areas and facilities at any time; information such as this could prove vital, for example during an alarm or emergency.

This information, grouped appropriately, will facilitate the analysis of real demand and use of the traffic interchange station throughout the day, every day of the week, at different times of year. This will make it possible, for example, to adjust ventilation to the number of passengers present in a particular area at a particular time, and could even be used to relocate the bus stops to avoid crowding in specific areas or periods.



quier zona, o incluso distribuir las paradas, de modo que se eviten concentraciones de público en determinadas áreas o períodos.

Por otro lado el conocimiento del uso de cada una de las zonas del intercambiador permitirá, si fuese necesario, reordenar los accesos o la ubicación de una línea de autobús para facilitar una mayor capacidad de tránsito o mayor proximidad entre aquellas líneas con mayor demanda.

Por último, si bien no menos importante, la disposición de sistemas de contaje en las propias dársenas de subida y bajada de viajeros permiten conocer con todo detalle, cuántos viajeros van o vienen en cada una de las expediciones y cada una de las líneas, lo que resultará una inestimable ayuda para mejorar, si fuese necesario,

los servicios de transporte de acuerdo a la demanda real en los diferentes períodos del día o del año.

Toda esta información no sólo refleja el uso de los diferentes servicios, permitiendo actuar para resolver contingencias o facilitar las mejores condiciones en un momento dado, sino que faculta posteriormente el análisis de forma conjunta de todos los aspectos del servicio, suministrando una excelente herramienta de análisis para la continua mejora de los servicios de transporte.

La optimización de los servicios requiere que se éstos se proporcionen con los ritmos o cadencias adecuados a la planificación establecida y, si se diese el caso, a las nuevas necesidades que pudiesen imponer los cambios en la demanda.

El ritmo de llegadas y salidas de autobuses debe pues corresponderse, no sólo con la mencionada demanda, sino con unas limitaciones impuestas por la geometría del intercambiador que al mismo tiempo impone unas capacidades máximas tanto de tráfico como de ocupación. ■

Furthermore, in-depth knowledge of the use of each of the traffic interchange station's areas will make it possible, if necessary, to reorganise the access points or the location of a particular bus line to facilitate greater transit capacity or bring the lines with the highest demand closer together.

Lastly, but by no means least, the use of passenger-counting systems in bus bays during boarding and alighting will provide detailed information on how many passengers use each bus service at different times; this will be of considerable use in improving services, if necessary, by adapting them to actual demand at different times of day and different times of year.

This information not only reflects the use of various services, which enables action to be taken to resolve any issues that may arise and ensure the best conditions at any given time, but also facilitates subsequent analysis of all aspects of the service provided as a whole. This is an excellent analysis tool to be exploited for the continuous improvement of transport services.

This service optimisation requires that services be provided at appropriate times and frequency in terms of the established planning, and also, if necessary, that they be adapted to any new requirements that might emerge as a result of changes in demand.

The rhythm of bus arrivals and departures should match not just demand, but also the limitations imposed by the design of the traffic interchange station, which imposes maximum capacity in terms of both traffic and usage density. ■





## El Control del tráfico

La gestión de varios miles de vehículos diarios, con sus paradas y esperas en las diferentes dársenas, plantea por sí solo un considerable reto que se une a la singular construcción subterránea y dimensión de los intercambiadores.

La puesta en marcha de sistemas capaces de controlar y coordinar este gran volumen de operaciones y la correcta respuesta ante cualquier eventualidad, exige un análisis detallado de los requisitos, las dificultades y sus posibles soluciones.

Como se ha indicado en la introducción, el intercambiador debe facilitar la

entrada de los autobuses en el momento preciso, su fluida circulación y la parada en las dársenas habilitadas al efecto para descenso y subida de viajeros, en cada una de las líneas y de acuerdo con unos horarios previamente planificados.

Para ello, se debe asegurar no sólo la posibilidad de acceso y la circulación libre de obstáculos, sino también, que la dársena que precisa cada autobús se encuentra disponible en el momento preciso.

Los sistemas de gestión de tráfico, integrados en el Sistema de Gestión del

### Traffic control

Management of several thousand vehicles per day, with their stops and waiting times at different points, represents a considerable challenge in itself, on top of the challenge posed by the unique underground configuration of the traffic interchange station, itself.

Implementing systems that are capable of controlling and coordinating such a large volume of operations and responding effectively to any event that may occur requires a detailed analysis of needs, difficulties and potential solutions.

As stated in the introduction, a traffic interchange station should enable buses from all lines using the station

to arrive at the precise moment planned, ensure free circulation and arrivals at bays ready for passenger boarding and alighting in accordance with the established timetables.

In order to achieve this, it is essential to ensure not only that buses enter and move around the transport interchange station freely, but that parking bays are available for each bus at the precise time required.

The traffic management systems incorporated into the transport interchange station's management system have the capacity required to coordinate, in real time, the demand for bays resulting from the continuous ar-



Intercambiador, tienen la capacidad necesaria para coordinar, en tiempo real, la demanda de dársenas con la continua afluencia de autobuses. Cada autobús debe dirigirse y estacionar en una dársena asignada en el instante previsto, y abandonar la misma según los horarios establecidos, de forma que ninguna de las dársenas esté asignada a más de un autobús en un mismo momento.

Esta planificación de horarios de llegada y salida permite a los viajeros conocer el lugar y momento exacto en que se sitúa el autobús que precisan.

La coordinación de estos servicios requiere que el sistema de control disponga en todo momento de los datos necesarios, lo que incluye de una parte, la planificación de los servicios, de otra, la asignación de cada autobús a cada una de las líneas y por último, los datos de posición e identificación de cualquier autobús que acceda o abandone las diferentes zonas del intercambiador.

La información referente a los autobuses, debe incluir, no sólo el vehículo físicamente,

de que se trata, identificado por su matrícula o número de serie, sino también el autobús "lógico" al que representa, esto es, qué ruta tiene asignada el autobús en cada momento, y dentro de cada ruta, cuál es el servicio, turno o expedición que está realizando.

Sin toda esta información, resulta prácticamente imposible para un sistema automatizado o para el mejor de los gestores, determinar cuándo llega un autobús, a qué lugar debe dirigirse y cuándo tiene que partir, sin causar interrupciones de ningún tipo al resto de los miles de autobuses que a diario entran y salen del intercambiador.

Esta información se obtiene por diferentes medios que incluyen el propio Consorcio Regional de Transportes de Madrid, responsable de la planificación de los servicios; los operadores de transportes, responsables de la dotación de vehículos y su asignación a cada una de las expediciones programadas; y por los dispositivos y elementos de control del intercambiador que facilitan información en tiempo real relativa a los accesos, circulación y salidas de los autobuses. ■

rival and departure of buses. Each bus should park in the bay assigned at the time planned and should leave the bay according to the timetable established, so that no bay is ever assigned to more than one bus at any particular moment.

This timetable planning enables passengers to be aware of the exact time and location of the bus they require.

Coordination of all these services means that the necessary information must be available to the control system at all times; this includes the planning of services, the assignment of each bus to each of the lines and, fi-

nally, data on the position and identification of any bus that enters or leaves a particular area of the traffic interchange station.

Bus-related information must include the physical details of the bus, itself, the registration number or series number, and also the bus service that it represents, in other words, the route assigned to the bus at that specific time and, within the route, the particular service or time that the bus represents.

Without all of this information, it is practically impossible for an automated system or even the best of managers to determine when a bus will arrive, where it should go

and when it should leave, without disrupting the other thousands of buses that enter and leave the traffic interchange station every day.

This information is received from many sources, including the Madrid Regional Transport Board, which is responsible for the service planning, the transport operators, which are responsible for the provision of vehicles and the assignment of these vehicles to particular routes and times, and from control and monitoring equipment in the transport interchange station, which provide information in real time on bus arrivals, circulation, parking and departures from the station. ■

## Lectura de matriculas

La lectura de matriculas de los vehículos, sobradamente probada y contrastada en muy diversos ámbitos, ha mostrado una innegable fiabilidad, que puede ser de gran utilidad para la identificación de los autobuses con elevados índices de acierto. Dicha lectura ofrece la posibilidad de contrastar la matricula leída con una base de datos para determinar, en caso de duda, si el autobús detectado pertenece o no a las flotas en servicio.

Debido a que los autobuses interurbanos cambian con cierta frecuencia los servicios asignados, al objeto de facilitar tanto la rotación de la flota, las operaciones de mantenimiento, revisiones, inspecciones, etc. así como la adición en determinados momentos de autobuses a diversas líneas para aumentar la oferta en los días y horarios con mayor demanda o la sustitución, en su caso, de un autobús averiado.

Sin embargo, no siempre es posible determinar el servicio o línea que está realizando un autobús en un momento dado, basándose sólo en su matricula. Sin embargo, este problema puede resolverse mediante la actualización de los datos de asignaciones que a diario elabora cada operador de transporte, de modo que, cada día pueda disponerse de una tabla que correlacione las matriculas de los autobuses y los servicios que cada uno de los vehículos tiene asignados. Si bien este método de identificación impone unos estrictos requisitos de mantenimiento de datos por parte de los operadores, mediante comunicaciones en tiempo real entre los diversos operadores, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid y

**CONSEJERÍA DE TRANSPORTES E INFRAESTRUCTURAS**  
**Comunidad de Madrid**

**ITS** CONSORCIO TRANSPORTES MADRID

Sistemas Inteligentes para el Transporte  
**Consorcio Regional de Transportes de Madrid**

**Visión Artificial por CCTV**  
-Reconocimiento Óptico de Caracteres  
-Lectura de Matriculas

| LINEA - TURNO |               |
|---------------|---------------|
| 3             | 10.55 - 11.35 |
| 4             | 11.25 - 11.55 |
| 5             | 11.55 - 12.35 |
| 6             | 12.25 - 13.05 |

**Via Ticketing**  
-Integración con Expendidora

### Reading of number plates

The reading of vehicle number plates has been widely tested and checked in many different areas, and has been shown to be highly reliable. This is of great use for the identification of buses with a high degree of certainty. Number-plate reading enables said plate to be read and compared to a database in order to determine, if there is any doubt, whether the detected bus belongs to the fleet in service or not.

Inter-urban buses frequently change the services assigned to them in order to ensure rotation of the fleet, maintenance, servicing, inspections and so on. In addition, at specific times, buses from other lines may be added during the days or periods with the great-

est demand, or as a replacement in the event of a breakdown.

However, it is not always possible to determine the particular service or line that a bus offers at a specific time based only on its number plate. This problem may be resolved by updating the assignment data prepared on a daily basis by each operator, making available a daily timetable that correlates the bus number plates with the services to which they have been assigned. This identification method imposes strict requirements for accurate data maintenance on the part of operators, who are responsible for real-time communication amongst themselves, the Madrid Regional Transport



los intercambiadores, además de la actualización de los datos de control de los intercambiadores.

La complejidad de los procesos de actualización anteriores se ve además condicionada por las posibilidades de fallo o error que pueden suceder en cualquiera de las múltiples etapas del procedimiento de actualización, lo que hace necesario contar con sistemas cuya fiabilidad no se vea afectada por tantos condicionantes.

Por otra parte, las ventajas de los sistemas de lectura de matrículas, están supeditadas, a unas condiciones de contorno específicas, en las que las cámaras dispongan de imágenes adecuadas para la identificación y posterior lectura de los caracteres de la matrícula.

Sin embargo, la configuración de los intercambiadores viene impuesta por el espacio físico en que se ubican, restringido por los viales, las edificaciones circundantes y los servicios de alumbrado, sanitarios, etc. que ocupan el espacio destinado al intercambiador y obligan a conformar las dimensiones y trazados a las posibilidades de dicho entorno.

Como consecuencia de ello, rampas de acceso, salida y maniobra así como los propios viales dentro ya del intercambiador, imponen una geometría determinada que condiciona el tránsito de los autobuses de acuerdo a sus dimensiones y capacidades de maniobra.

A esto se une el ritmo de acceso de los autobuses, cuya entrada al intercambiador puede producirse en determinados momentos cada pocos segundos, impidiendo literalmente visualizar el autobús en las condiciones necesarias para la identificación de las matrículas.

Este conjunto de características constructivas unido a la casuística de los servicios hacen desaconsejable basar el control de los servicios exclusivamente en un sistema de lectura de matrículas, cuya utilidad se ve condicionada adicionalmente por los procesos de mantenimiento de datos antes descritos, siendo sin embargo un elemento de control auxiliar de excelentes prestaciones dentro de sus capacidades operativas. ■

Board and the transport interchange station, in addition to updating of the station's control data.

The complexity of these data-updating processes is also affected by the possibilities of technical problems or human errors that could occur during any of the multiple stages of the updating processes; this makes it necessary to use systems that are not subject to so many factors.

In addition, the advantages of a number-plate reading system are dependent upon specific environmental conditions that allow the cameras to take adequate images for the identification and reading of number plates.

However, the configuration of transport interchange stations is imposed by the physical space in which they are located, restricted as they are by roadways, surrounding buildings, lighting and plumbing services, and so on, which occupy the space used for the transport interchange station, and which determine the size and layout of the station.

As a consequence of this, the requirements of the access and exit ramps, and the roadways inside the station impose a particular geometry on the design that determines the transit of the buses, depending on their size and manoeuvrability.

To this is added the frequency of bus arrivals, which may at certain times arrive within a few seconds of each other, making it impossible to view the number plates and so identify them.

This set of design characteristics, together with the other complexities of the provided services, makes it unadvisable to base the control of services exclusively on a number-plate reading system, the usefulness of which is also dependent on the data-updating processes described above. Instead this should serve as a supplementary control with excellent features given the limits of its operating capabilities. ■

## La identificación de los servicios

El necesario cambio de los autobuses que prestan servicio en las distintas líneas, exige disponer de una relación detallada de autobuses y servicios que permita determinar en cada momento qué ruta está haciendo un autobús que accede al intercambiador y determinar igualmente, si una vez finalizada ésta, reemprenderá el servicio en la misma línea o en otra diferente.

Por ejemplo, un autobús puede entrar a las 10,00 h. para terminar su servicio en la línea 999, cuya próxima salida no se producirá hasta las 14,00 h. debido

a la escasa demanda de esta línea a partir de ese momento.

Sin embargo, la línea 888, ve incrementada su demanda a las 10,00 horas por lo que el autobús que ha entrado realizando la línea 999, se incorpora, una vez bajados sus viajeros a la línea 888 para reforzar el número de servicios de dicha línea entre las 10 y 14 horas.

Sin embargo, si no se dispone de información exacta y actualizada sobre este cambio, difícilmente se podrá informar a los usuarios de la salida de la nueva expedición, al conductor de qué dársena debe ocupar, o a los autobuses de otras expediciones de que la dársena 1 o la 2 se encuentra libre u ocupada. No es necesario hacer un gran esfuerzo para imaginar el desenlace de una mala coordinación causada por una información poco precisa o simplemente desactualizada.

Al objeto de remediar estas incertidumbres, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid ha diseñado y probado con éxito un sistema de identificación dinámico, que aprovecha las tecnologías existentes junto con las nuevas infraes-



### The identification of services

As it is necessary to change the buses used by the various lines, it is also necessary to have a detailed record of buses and services, making it possible to know at all times which route a particular bus is operating upon its arrival at the transport interchange station, and also to determine whether, once the bus has finished this journey, it will continue with the same service or be changed to a different one.

For example, a bus may arrive at 10:00h at the end of a service route on line 999, and its next departure may not be until 14:00h due to the low demand for this particular line at the time.

However, demand for line 888 increases at 10:00h, so once passengers have alighted from the arriving bus that provided service to Line 999, that same bus will change over to line 888 to increase the resources available for this line between 10:00h and 14:00h.

However, if no exact and up-to-date information is available on this change, it is difficult to inform passengers of the departure of this new service, to inform the driver which bay he should be in and to ensure that buses from other services know whether bays 1 or 2 are free or occupied. It does not require much effort to imagine the outcome of poor coordination resulting from information that is not sufficiently accurate or has not been updated.

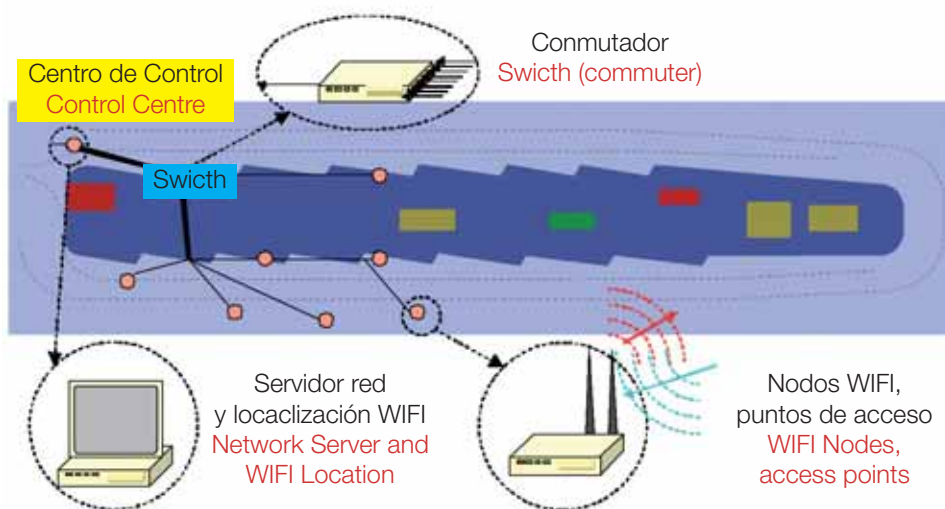
estructuras de comunicaciones WIFI, para obtener, también en tiempo real, el identificador del servicio que está realizando un autobús en un momento dado, sin depender de que los gestores, el operador, el propio conductor, los mismos sistemas de gestión o la comunicación entre ellos hayan logrado obtener, en el escaso tiempo disponible ante cualquier cambio, los nuevos datos que permitan su correcta identificación.

Para ello, se ha adaptado la tecnología de gestión y control en tiempo real de los autobuses interurbanos, ya probada bajo el proyecto de información de transportes desarrollado en fechas recientes por el Consorcio Regional de Transportes para su conexión y comunicación con las expendedoras de títulos o billetes que desde hace años equipa de forma estándar a cada uno de los autobuses.

Así, el sistema instalado a bordo de cada autobús, puede informar al centro de gestión del intercambiador no sólo de su posición en todo momento, sino también del identificador del servicio que está realizando, que se puede obtener directamente de la expendedora, único punto de todo el sistema donde la información del servicio se corresponde de forma indudable y libre de cualquier error posible con la realidad.

Esta prestación, aparentemente trivial elimina, sin prácticamente modificaciones en los sistemas de gestión ya existentes, las no pocas posibilidades de error en la anteriormente detallada cadena de información, necesaria para transmitir, generalmente al instante, los nuevos servicios de cada autobús, adecuados a los cambios que a diario, y de forma inevitable, deben realizarse para que las, incidencias, averías, etc. no repercutan en los servicios de transporte que se requieren y que cada día se manifiestan de forma más patente como uno de los servicios más trascendentales para el funcionamiento de las ciudades y de la sociedad en general. ■

Sistema de localización de autobuses en tiempo real  
Real-time Location System for buses



In order to overcome these difficulties, the Madrid Regional Transport Board has successfully designed and tested a dynamic identification system. This system employs existing technology and also takes advantage of the latest WIFI communications infrastructure to obtain, in real time, the identification of the service being provided by a bus at a particular time. This system does not depend on managers, the operator, the driver or the management system, nor does it depend on the communication system between any of these in order to obtain the new data and correctly identify the bus and its service in the limited time available.

This involved adapting technology for real-time man-

agement and monitoring of inter-urban buses for connection and communication with ticket and pass-validation machines, which have been standard equipment on buses for many years. This has already been included as part of the transport information project recently carried out by the Regional Transport Board.

The system installed on each bus informs the management centre in the transport interchange station not only of its position at all times, but it also gives details of the services offered, which may be obtained directly from the ticket validation machine, the only system-point that corresponds without any opportunity for doubt or error.

Though it may seem trivial, without implying practically any changes to existing management systems, this facility eliminates the many possibilities for error in the communication chain detailed above. This chain is necessary for the real-time transmission of the new services offered by each bus, which must respond to the changes that inevitably occur every day as a result of incidents, breakdowns, etc. This ensure that such events do not have any impact on the transport services, whose importance to the functioning of our cities and society, in general, continually increases. ■



## La coordinación de los servicios

Continuando con la gestión de los autobuses, considérese el constante tránsito de vehículos y personas en algún área del intercambiador. Un autobús detenido por cualquier causa, en prácticamente cualquier punto, que no sea detectado de inmediato, se convierte, en el acto, en la causa de una serie de incidencias concatenadas cuya repercusión crece de forma continua, a medida que el flujo de vehículos o viajeros accede o intenta acceder a dicho punto.

Un sistema de control ideal debería ser capaz de facilitar, de modo continuo, el intercambio de información entre los autobuses y los centros de control encargados del tráfico, siendo la localización del autobús en todo momento,

uno de los primeros datos necesarios. Siguiendo este ideal, el centro de control debería disponer, con antelación suficiente, de la información relativa a los autobuses que se dirigen al intercambiador, y una vez en éste, ofrecer información permanente de su posición y estado que permita, por una parte, regular las operaciones de tránsito, y por otra, incluso más importante, detectar con la mayor rapidez posible cualquier incidencia que se produzca, y que invariablemente acabará por trascender al servicio del intercambiador en su conjunto.

Esta primera reflexión marca ya dos de los requisitos que debieran figurar como primarios en el diseño e implantación de los centros de control. Pro-

### Coordination of the services

Continuing with our examination of bus management, let us consider the constant movements of people and vehicles in the area of a transport interchange station. The delayed detection of a bus that is detained for any reason at any point on its journey may become the cause of a series of incidents, the impact of which snowballs as the flow of vehicles or passengers accessing or attempting to access this point increases.

An ideal control system should be capable of continuously providing an exchange of information between the buses and the traffic control centres, with the locations of buses at all times being one of the first pieces of information required.

Based on this ideal situation, the control centre should have, with sufficient processing time, all information relating to the buses heading for the transport interchange station and, once they have arrived, said centre should provide ongoing information on their positioning and status. This would enable the management of transit operations and, perhaps more importantly, it would facilitate the rapid detection of incidents that may occur, which would inevitably have an effect on the overall operations of the station.

This first concept leads to two of the requirements that should be priorities in the design and implementation of the control centres. The only universally accepted cri-



bablemente sea la fiabilidad y la rapidez en la obtención de información el único criterio universalmente aceptado, en cualquier ámbito, para la mejor resolución de incidencias.

Tan sólo estos requisitos sobre la rapidez de detección, priman ya cualquier sistema de control continuo frente a cualquier otro método de control basado en la obtención de información en puntos discretos, y en estos últimos marca la prioridad en los sistemas de control capaces de adquirir la información con los lapsos de tiempo más breves posibles.

Como última reflexión en este sentido, un sistema de control en tiempo real parece, en principio, más adecuado que un sistema capaz de adquirir información sólo en determinados momentos o aquellos lugares dotados de sistemas de comunicación cuando tienen su alcance restringido a un área reducida. Careciendo de comunicación, y por tanto de control, en las áreas intermedias entre dos puntos de comunicación cualesquiera.

Por su parte, la coexistencia de elementos tales como túneles, dársenas,

áreas de tránsito y espera en un recinto cerrado y subterráneo, parecen reforzar la necesidad de sistemas que proporcionen un control prácticamente continuo que permita garantizar el conocimiento inmediato y la capacidad de respuesta, tanto en situaciones de explotación normal como ante la aparición de cualquier tipo de incidencia.

De este modo, a las requeridas prestaciones de los sistemas de control de vehículos y flotas, (habituales ya en diferentes ámbitos y plasmados en complejos Sistemas de Ayuda a la Explotación capaces de gestionar amplias flotas de autobuses en tiempo real) se añaden los requisitos y las necesidades específicas de los intercambiadores y sus no menos singulares características constructivas.

Este complejo escenario restringe sensiblemente la utilidad de las soluciones actualmente disponibles, que se ve afectada por la inevitable ubicación subterránea de los vehículos y áreas a controlar, y que afecta, especialmente, a la cobertura radioeléctrica en el interior del intercambiador. ■

teria for resolving incidents as effectively as possible in any area would perhaps be rapidity and reliability of information.

These requirements relating to the rapidity of detection take priority in any continuous control system when compared to any other method of control that is based on obtaining information from discrete points. In these latter systems, the priority is to acquire the information with the shortest time delay possible.

As a final thought on this issue, a real-time control system would seem to be, in principle, more appropriate than a system that is only capable of obtaining infor-

mation at specific moments or from specific locations with communication systems. Because the range of these systems is restricted to small areas, this would result in a lack of communication, and therefore, of control in intermediate areas between any two communication points.

The existence of structural elements such as tunnels, bays, and transit and waiting areas in an enclosed, underground space would seem to reinforce the need for systems that provide almost continuous monitoring, guaranteeing immediate knowledge of the situation and the response capacity, both in normal operating conditions and in the event that an incident occurs.

In this way, the necessary features of the control system for vehicles and fleets (which are normal in various areas and consist of complex operational help systems that are capable of managing large fleets of vehicles in real time) are supplemented by the specific requirements and needs of transport interchange stations, and their unique structural characteristics.

This complex scenario noticeably restricts the usefulness of the currently available solutions, which are affected by the inevitable subterranean location of the vehicles and the area to be controlled. This, in turn, particularly affects the radio coverage within the transport interchange station, itself. ■



## Las opciones



Ya desde la planificación del primer Intercambiador subterráneo, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid, consciente tanto de la necesidad de disponer de sistemas de comunicación y control, como de las dificultades inherentes a los intercambiadores subterráneos, ha venido desarrollando una serie de proyectos dirigidos al estudio de las tecnologías y los sistemas existentes, sus ventajas, inconvenientes así como las posibles soluciones que dichos sistemas pueden ofrecer para la solución de estas necesidades.

En el desarrollo de dichos proyectos se han realizado desde estudios de cobertura radioeléctrica, consultas detalladas a diferentes fabricantes e integradores tecnológicos en la búsqueda de tecnologías existentes o nuevas hasta métodos de implantación y procedimientos de control que permitan garantizar las funciones requeridas mediante la adaptación al escenario de los intercambiadores de soluciones robustas y fiables.

Diferentes cuestionarios han permitido determinar "a priori" el grado de idoneidad de algunas tecnologías, que si bien

se hallan sobradamente consolidadas en el mercado, no habían sido experimentadas en el escenario típico de los Intercambiadores subterráneos de Transportes.

Así, los sistemas basados en la captación de señales procedentes de satélites como GPS, GLONASS o el futuro GALILEO facilitan uno de los medios actualmente más cómodos, fiables y eficientes para determinar la posición de los vehículos, proporcionando en sus diferentes variantes mayor o menor precisión, lo que permite adecuar los sistemas a las necesidades específicas de cada modelo de control.

Desafortunadamente, los intercambiadores subterráneos no parecen los candidatos idóneos para este tipo de soluciones, restringidas a escenarios con visión directa de los satélites, o con una atenuación limitada, en el caso de sistemas de alta sensibilidad, ninguno de los cuales puede garantizarse en el interior de los intercambiadores.

Esta limitación hizo necesario abordar el estudio de alternativas capaces de determinar de un modo continuo, au-

### The options

Ever since the planning of the first underground transport interchange station, the Madrid Regional Transport Board has been aware of the need to have available control and communication systems, and of the difficulties inherent in underground transport interchange stations. As a result, the Board has been involved in a number of research projects that have examined the strengths and weaknesses of current systems and technology, and the extent to which they may be useful in meeting some of these needs.

This research has covered areas such as radio coverage, detailed consultations with a range of manufacturers and technology installers in the search for

existing technologies, and new methods for the implementation and control procedures, which may be adapted to the environment of a transport interchange station to ensure the required functions are robustly and reliably performed.

»Questionnaires were used to determine "a priori" the degree of suitability of certain technologies that, whilst well-established in the market, have not been tested in the typical environment of an underground transport interchange station.«

For example, systems based on receiving signals from satellites such as GPS, GLONASS or, in future,







tomático y fiable, la posición de cada uno de los autobuses en el interior del intercambiador.

Se contempló igualmente el posible uso de diferentes soluciones basadas en radiofrecuencia, como etiquetas RFID pasivas o activas y capaces de facilitar, desde la simple identificación de la etiqueta, hasta una comunicación enriquecida mediante la programación específica de cada etiqueta, que en cualquier caso, se ve limitada al intercambio de los datos preprogramados en la misma y no permite su interacción con otros sistemas de control que puedan existir a bordo de los vehículos.

Por otra parte, la lectura de las etiquetas se realiza mediante lectores de corto alcance, que obligan a la instalación de una densa red de antenas o lectores para lograr una aproximación al requerido control continuo en todo el área del intercambiador.

La suma de limitaciones funcionales unida a la compleja instalación y posterior gestión, necesaria para el control continuo de la posición mediante esta tecnología, parecen no aconsejar, en

principio esta solución como la opción idónea para la determinación de la posición de los autobuses.

Las experiencias obtenidas en el pasado con la aplicación de lectores y emisores infrarrojos en otras compañías de autobuses urbanos, han mostrado junto a sus innegables ventajas en la determinación de la posición, restricciones similares a las existentes para la tecnología RFID, a las que se suman las mayores exigencias de limpieza, mantenimiento y conservación de los componentes ópticos sujetos a unas condiciones extremas dentro del intercambiador.

Los estudios realizados han contemplado igualmente otras tecnologías, que si bien no fueron diseñadas para su aplicación específica en los intercambiadores, pudieran ser de aplicación para resolver la necesidad de sistemas de localización ágiles y eficientes, como pueden ser lazos inductivos, detectores de presencia, emisores Bluetooth® o lectores de matrículas etc. que en un primer análisis no parecen ser la opción idónea para proporcionar la funcionalidad de posi-

GALILEO, provide one of the most user-friendly, reliable and efficient ways of determining the position of vehicles. These systems can also provide, depending on the technology, a degree of precision that refines the system to the specific needs of each control model.

Unfortunately, underground transport interchange stations would not seem to be the ideal candidates for this type of solution, which is restricted to areas with direct vision of the satellites or have limited discrimination regarding high-sensitivity systems. Neither of these two characteristics can be guaranteed in the interior of a station.

This limitation made necessary the study of alternatives

that might be capable of continuously, automatically and reliably determining the position of each bus inside a transport interchange station.

The use of other solutions based on radiofrequency was also considered. These included passive and active RFID tags, which, use tag-identification to provide enriched communication based on the specific programming of each tag; however, this is limited to the exchange of pre-programmed data and does not enable interaction with other control systems that the bus may use.

The tags are read by tag-readers that have a short range, thus requiring a dense network of antennae or

readers in order to provide the continuous control required throughout the transport interchange station.

The sum of these functional limitations, together with the complex installation and subsequent management required for the continuous control of bus positioning using this technology, makes it unadvisable in principle to regard this system as an ideal solution for determining bus positioning.

Past experience in the use of infrared transmitters and receivers in other urban bus companies has shown, together with their undeniable advantages in determining position, similar restrictions to those of RFD technology.



cionamiento continuo requerida, bien por carencias funcionales o bien por restricciones operativas, si bien no se han descartado como posibles y valiosos complementos en áreas o puntos específicos que aconsejen la implantación de recursos adicionales o funciones complementarias.

Aunque llegados a este punto el panorama no parece muy halagüeño, dado que las tecnologías existentes y de uso común parecen distanciarse de los

particulares requerimientos de los intercambiadores, el mercado no deja de proporcionar soluciones innovadoras que posiblemente permitan paliar las aparentemente irresolubles dificultades técnicas asociadas a la localización automática de los autobuses en recintos subterráneos.

La industria en general y diferentes laboratorios en particular, llevan algún tiempo analizando y experimentando posibles soluciones al posicionamiento en interior-

res así como aplicaciones realmente espectaculares de dichas tecnologías, entre las que se cuentan aplicaciones propietarias o estándares como GPS para interiores, aplicaciones metrológicas basadas en la tecnología GPS, y de uso frecuente en las industrias del automóvil y aeroespacial GPS TV, basados en la captación de señales de televisión y otras tecnologías igualmente diseñadas alrededor de diferentes metodologías de triangulación automática a partir de señales radioeléctricas. ■

To this list of restriction one should also add the greater requirements for cleaning, maintenance and conservation of the optical components that are subject to extreme conditions within the transport interchange station.

The studies carried out have also considered other technologies that, although they were not designed specifically to be applied to transport interchange stations, might be suitable for providing an efficient and responsive location system. The technology studied includes inductive loops, movement detectors, Bluetooth® transmitters, number-plate readers, and so on. However, whether as a result of functional or operational deficiencies, upon examination these did not seem to

be the ideal solutions for providing the continuous positioning functionality required. At the same time, they were not discarded as possible, valuable complements for specific points or areas that require the use of additional resources or complementary functions.

Although the panorama does not look very promising at this point, as existing, commonly used technology seems to be a long way from what is required for the specific needs of an underground transport interchange station, the market never ceases to provide innovative solutions that may enable the reduction of the technical difficulties associated with the automatic location of buses in underground locations.

For some time now, the general industry and several specific laboratories have been analysing and experimenting with possible positioning solutions and spectacular applications of such technologies for interiors; these include both proprietary and standard systems such as GPS for interiors, metrological applications based on GPS technology, and the frequent use in the car and aerospace industries of GPS TV, which is based on television-signal capture and other technologies also designed around a range of automatic triangulation methodologies based on radio-electrical signals. ■

## Las soluciones

Entre las diferentes soluciones que van abriéndose paso en el mercado, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid ha seleccionado las que mejor parecen poder adecuarse a las características de los Intercambiadores a través de la realización de pruebas de campo que permitan determinar su idoneidad.

Una de dichas tecnologías, capaz de facilitar la localización mediante redes WIFI, y cuya aplicación es pionera en el ámbito de los intercambiadores, ha mostrado tanto la precisión como la fiabilidad necesaria para su aplicación como sistema de posicionamiento o localización de autobuses, en tiempo real y de modo continuo, en el interior de los intercambiadores.

Por otra parte, las redes WIFI probadas aportan, como valor añadido, una infraestructura de comunicaciones suficiente para efectuar la comunicación, en tiempo real, entre los autobuses y el centro de control encargado de su gestión.

Al objeto de contrastar dicha tecnología el Consorcio Regional de Transportes de Madrid ha llevado a cabo una serie de pruebas dirigidas a la determinación de la precisión, fiabilidad y eficacia de esta tecnología para determinar de modo continuo la posición y mantener la permanente comunicación de los equipos embarcados en los autobuses con sistemas de control remotos, todo ello en escenarios reales, subterráneos y en plena explotación. ■

## Valores añadidos

Las mencionadas redes WIFI que proveen tanto la localización de cada uno de los autobuses equipados con la tecnología adecuada, como la red de comunicaciones de transmisión y recepción de la información necesaria para la coordinación de los servicios, ofrecen adicionalmente una infraestructura que facilita a las restantes áreas de

gestión, como atención al cliente, mantenimiento o seguridad, comunicaciones en tiempo real y en la totalidad del recinto del intercambiador mediante las cuales, pueden prestarse servicios que de otro modo, resultarían de todo punto inviables o se verían restringidos a puntos de información limitados y estáticos.

### The solutions

Of the various solutions, the Madrid Regional Transport Board selected those that appeared on the market and seemed to best match the characteristics of transport interchange stations in field tests that determined their suitability.

One of these technologies, which is capable of using WIFI networks to establish locations and is a pioneer for transport interchange stations, has demonstrated both the precision and the reliability required for its application as a continuous, real-time positioning or location system for buses inside transport interchange stations.

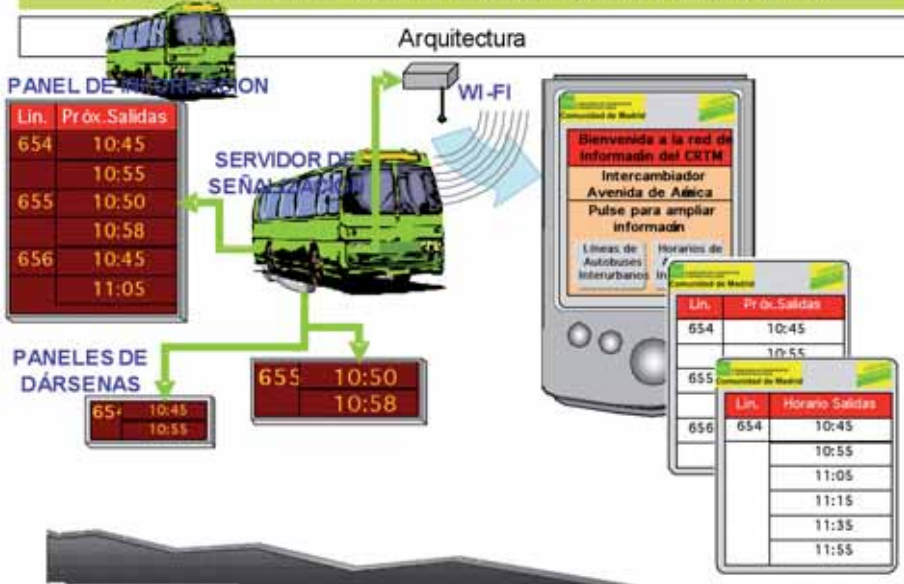
In addition, an additional advantage of the tested WIFI networks is that they provide a communications infrastructure that is sufficient for real-time communication between the buses and the control centre responsible for monitoring them.

The Madrid Regional Transport Board's objective in testing this technology was to carry out a series of tests to determine its accuracy, reliability and efficiency in continuously identifying bus positioning and maintaining permanent communication between the equipment aboard the buses and remote monitoring systems. The testing was carried out in real, underground and fully operational scenarios. ■

### Added value

These WIFI networks, which monitor the location of buses installed with suitable equipment, and the communication network for sending and receiving the information required for the coordination of services, also provide an infrastructure that facilitates the work of other management areas, such as customer service, maintenance and safety, by providing real time communications throughout the whole of the transport interchange station. This means that they can provide services that would otherwise be impossible or restricted to limited, static information points.

## Sistema de información de Transportes sobre PDA



Así, el personal de mantenimiento o seguridad puede recibir en una pequeña agenda electrónica, similar a las comunes PDA, de modo instantáneo y en cualquier lugar en que se encuentre, datos referentes a cualquier alarma o contingencia que se produzca, junto con toda la información disponible para facilitar la atención de la incidencia y su resolución prácticamente inmediata.

Por ejemplo, un vigilante podrá recibir en su PDA una alerta o alarma que se haya producido en cualquier área del intercambiador, podrá consultar en el momento la ubicación de dicha alarma sobre un plano digital en la propia agenda, e incluso, podrá visualizar sobre el mismo dispositivo las imágenes

procedentes de los circuitos cerrados de televisión correspondientes a la zona en que ésta se ha producido.

Así mismo, un responsable de mantenimiento, podrá recibir en su agenda una alerta inmediata en el caso de que un ascensor, escalera o cualquier otro dispositivo técnico deje de funcionar dentro de sus parámetros normales, pudiendo consultar igualmente sobre su agenda los planos tanto del edificio, como de las instalaciones afectadas, los manuales de los dispositivos, su estado de funcionamiento o los partes de mantenimiento del mismo, que en su caso podrá igualmente cumplimentar en el acto, sin necesidad de detraer tiempo a sus labores de mantenimiento

As a result, maintenance and security personnel can use a small handheld device similar to a PDA (Personal Digital Assistant) to instantly receive, wherever they are, information on any alarm or incident that occurs, together with all the information available to help them to resolve said incident almost immediately. For example, a guard might receive an alert or alarm on his PDA relating to any part of the transport interchange station; he can instantly find the location of the alarm on a digital plan on his PDA and see images recorded from closed-circuit TV cameras located in the area of the incident on the screen of his PDA.

Likewise, a member of the maintenance staff may receive an immediate alert on his PDA relating to an elevator, es-

calator or other piece of machinery that has ceased working within its expected parameters. He can then use his PDA to consult the building plans, the affected installation, the instruction manuals for the installation, the current status of the installation and recent maintenance reports, which may also be completed in action. All of these may be done without the need to take time off from maintenance work to go to the offices and complete a work order or report, should it be required.

WiFi networks also facilitate access to full information on the transport interchange station for the general public, who can use any portable device equipped with WiFi, such as a laptop computer or a PDA, to access

para cumplimentar en las oficinas los partes u órdenes de trabajo, cuando éstos sean necesarios.

Las redes WIFI facilitarán igualmente el acceso al público en general a toda la información de transportes del intercambiador, accediendo, mediante cualquier dispositivo portátil dotado de tecnología WIFI, como un ordenador o una PDA, a páginas de información pública especialmente diseñadas para estos usuarios y adecuadas para los dispositivos y formatos más comunes del mercado.

De este modo las inversiones realizadas en nuevas tecnologías, que se justifican sobradamente por su función primaria, como la localización de autobuses, han facilitado, sin prácticamente modificaciones, diferentes redes de comunicaciones restringidas por fuertes medidas de seguridad al tiempo que accesibles al público en general, que permiten prestar servicios de gran valor, que de otro modo hubiesen resultado prácticamente inviables, tanto a los propios gestores del intercambiador como a los usuarios, objetivo único y final de todo el intercambiador y sus servicios. ■

pages specially designed for such use and for the most common types of devices on the market.

As a result, the investment in new technology, which is more than justified by its primary function, such as the location of buses, also provides, with hardly any modification, a range of communication networks, which can be restricted with strong security measures whilst at the same time be made accessible to the general public. These networks enable the offering of a range of high added-value services that would otherwise be practically impossible, both for the managers of the station and the passengers, who are, after all, the primary focus of the station and all of its services. ■

# Parámetros de Calidad en los Intercambiadores de Transportes de Madrid

*M<sup>a</sup> Concepción García Pérez  
Licenciada en C.C. Políticas  
y de la Administración*



## Quality Parameters in Madrid Transport Interchange Stations

### Quality beginnings in transport interchange stations

From its early days in 1986, the Madrid Transport Authority and Madrid Regional Government has maintained a policy of improving transport interchange stations.

In its first year of operation, it produced a study entitled "Criterios funcionales y de diseño para el planeamiento y proyecto de estaciones de intercambio," (Functional and Design Criteria for the Planning and Design of the Interchange Stations). The work consisted in the analysis of 65 interchange station case studies, which were used to establish an interchange station typology according to three criteria: size, location and present transport methods.

The studies re-emphasised the transport interchange stations' functional aspects, largely forgotten in the 1970s, with the concept of stations linking the new Metro lines along lengthy passageways or interminable escalators. They represented a concept of transport interchange stations aimed at the traveller who had no other choice than to take public transport rather than at the customer who could make a choice about his method of travel.

Back in 1996, the Madrid Regional Transport Board conducted a new study "Intercambiadores de transportes: Elementos, factores y su evaluación," (Transport Interchange Stations: Elements, Factors and Their



## Inicios de la calidad en los intercambiadores de transportes



Desde el primer momento de su puesta en marcha en 1986, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid y la Comunidad de Madrid han mantenido una apuesta decidida hacia la mejora de los intercambiadores.

En su primer año de funcionamiento, realizó un estudio de “Criterios funcionales y de diseño para el planeamiento y proyecto de estaciones de intercambio”, este trabajo, consistía en el análisis de sesenta y cinco casos de estaciones de intercambio, a partir de los cuales se establecía una tipología de intercambiadores atendiendo a tres criterios: tamaño, localización y modos de transporte presentes.

Se remarcaban principalmente los aspectos funcionales del intercambiador, olvidados en los años setenta, mediante la concepción de estaciones de intercambio con las nuevas líneas de Metro mediante largos pasillos o interminables escaleras mecánicas. Convirtiéndose en un concepto de estaciones de intercambio para el usuario cautivo del transporte público, más que para el usuario que elige el modo en el que realiza su viaje.

Ya en 1996, el CRTM realizó un nuevo estudio “Intercambiadores de Transportes. Elementos, factores y su evaluación” con el objeto de profundizar en su estudio así como analizar la situación actual y posible mejora de los Intercambiadores de Madrid.

A nivel europeo, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid participó en el año 1998 en el proyecto europeo denominado Promoción de los fundamentos, la accesibilidad y la eficacia de los trasbordos en los intercambiadores (Proyecto PIRATE), en el cual, tras estudiar trece intercambiadores en ocho países europeos y haber realizado cerca de cuatro mil encuestas entre proyectistas, operadores, usuarios y no usuarios, se consiguió definir una metodología para evaluar los intercambiadores, tanto los construidos como en proyecto, permitiendo con ello la mejora de los mismos. En este estudio destaca como conclusión que los cuatro elementos más importantes de un intercambiador son: la información, la seguridad, el trasbordo y la gestión.

Evaluation) with the aim of taking a more in-depth look at Madrid's transport interchange stations, analysing their current situation and considering potential improvements that could be made.

At the European level, in 1998 the Madrid Regional Transport Board participated in the European PIRATE (Promoting Interchange Rationale, Accessibility and Transfer Efficiency) project, which studied 13 transport interchange stations in eight countries, and conducted nearly 4,000 surveys with designers, operators, users and non-users. By the end of the project, a clear methodology had been defined to evaluate the interchange stations (both those that were already built and

those under construction), thus enabling improvements to be made. The study concluded that the four most important elements of an interchange station proved to be: information, security, transfers and management.

### Regulations in Quality Matters

Basically, the Quality aspect of the 2004-2007 Interchange Stations Plan had to be developed in an “ad hoc” fashion, since apart from the PIRATE European project, no methodology or regulations had been drawn up to address this issue.



## NORMATIVA EN MATERIA DE CALIDAD

El desarrollo del aspecto de la Calidad en el Plan de Intercambiadores 2004-2007 básicamente hubo de ser desarrollado “ad hoc”, puesto que a parte del Proyecto europeo PIRATE, no existe metodología ni normativa elaborada al efecto.

Para su puesta en marcha fueron tomadas como referencia las siguientes normas en materia de Calidad:

1. A nivel internacional: UNE-EN ISO 9001:2000, de gestión de la calidad (Desarrollar sus objetivos) y UNE-EN ISO 14001:1996, de gestión medioambiental.
2. A nivel europeo: UNE-EN 13816 de Transporte Público de Pasajeros.
3. A nivel estatal: UNE 161001:2002 de Estudios de Mercado.

To put the quality plan into action, the following quality standards were used as reference:

1. On the international level: UNE-EN ISO 9001:2000, for quality management (Developing objectives) y UNE-EN ISO 14001:1996, for environmental management.
2. On the European level: UNE-EN 13816 for Public Passenger Transport.
3. On the state level: UNE 161001:2002 for Market Studies.

### User Satisfaction Study.

In compliance with existing regulations and prior to launching the various construction projects for each transport interchange station, a User Perceived Quality and Satisfaction survey was carried out with the intention of developing quality assurance plans and actions for the interchange stations.

The samples were designed to represent the reference population using the PAPI (personal and paper interview) survey method on 500 people with a margin of error of  $\pm 4.38\%$  over the total sample, a confidence interval of 95% and under the assumption of maximum imprecision.

## ESTUDIO DE SATISFACCIÓN DE LOS USUARIOS

En base a la normativa existente al efecto, y previamente a la puesta en marcha de los diferentes proyectos de ejecución de cada uno de los Intercambiadores de Transportes, se procedió a efectuar una consulta de Calidad y Satisfacción Percibida del Usuario, con objeto de que posteriormente fueran desarrolladas actuaciones y planes correspondientes en los distintos Intercambiadores para el aseguramiento de la Calidad.

El diseño de las muestras se realizó de forma representativa de la población de referencia, mediante el método de encuesta tipo PAPI (entrevista personal en papel) a 500 personas con un margen de error de  $\pm 4,38\%$  para el total de la muestra, con un margen de confianza del 95% y bajo el supuesto de máxima indeterminación.

## PRINCIPALES RESULTADOS OBTENIDOS

Los estudios se desarrollaron planteando dos cuestiones a los usuarios, de

### Main Results Obtained.

The studies put two questions to users. One question dealt with the aspects that were very or quite important to them in a transport interchange station. The other question touched upon users' degree of satisfaction with the service provided to date, before the interchange stations were put into service, that is, their perception of the services provided.

The first conclusion drawn from the reports was that all elements of the service under scrutiny were highly important for users, as the lowest average importance score recorded in the various analysed service cate-



un lado los aspectos que resultaban muy o bastante importantes para los usuarios en un Intercambiador de Transportes; y de otro, el grado de satisfacción de los usuarios con el servicio prestado hasta el momento, antes de ser ejecutados los Intercambiadores, es decir la percepción del servicio prestado.

La primera conclusión que se desprende de los informes, es que todos los elementos de servicio valorados presentaban un alto nivel de importancia para el usuario, ya que la nota media de importancia más baja registrada entre los distintos epígrafes de servicio

gories was approximately 4.10, equivalent to "quite important" in the evaluation scale of 1 to 5 (from "not very or not at all important" to "very or quite important").

Even so, the overall analysis of the relative importance of aspects valued in the survey showed that the most relevant elements for transport interchange station users were particularly related to security, functionality of the facilities, information and the station's general appearance.

With respect to security, the reports outlined that personal security was a "very or quite important" issue in an interchange station, being the overall aspect that

que se analizaban, se ubicaba en torno a un 4,10 que equivalía a bastante importante en la escala de valoración utilizada del 1 al 5 (de poco o nada importante a muy o bastante importante).

Aún así, el análisis global sobre la importancia relativa de aspectos valorados en la encuesta, puso de manifiesto que los elementos más relevantes para el usuario del Intercambiador estaban asociados especialmente a la seguridad, el funcionamiento de las instalaciones, la información y la imagen general de las mismas.

headed the score ranking in terms of importance for those surveyed. Traffic safety and protection against theft and vandalism also scored highly.

In terms of functionality, the key elements highlighted were transfers to the Metro as a fundamentally important issue in transport interchange station design, together with the overall functionality of the station, itself, the location of the bus stops, and the facilities and general services.

The information available in a transport interchange station and the devices that provide it were also perceived by users as being vitally important and fundamental.

Respecto a la seguridad, los informes perfilaron que la seguridad personal era un elemento muy o bastante importante en un intercambiador, siendo éste el aspecto global que se ubica a la cabeza del ranking de valoración en importancia, para el conjunto de los encuestados. Asimismo, también destacaban la seguridad del tráfico y la protección contra robos y vandalismo.

En cuanto al funcionamiento, los elementos clave que se destacaron fueron el trasbordo con Metro, como algo fundamental para el diseño de los intercambiadores, así como el funcionamiento del intercambiador en general, la ubicación de las paradas de autobuses, el equipamiento y los servicios generales. Respecto a la Información prestada en un intercambiador, así como de los dispositivos que deben ofrecerla, se perfilaban como aspectos de vital importancia y fundamentales para los usuarios de un intercambiador.

En cuanto al análisis Global de la Satisfacción de los usuarios con el Intercambiador, la principal conclusión obtenida fue que aunque se observaban aspectos de valoración positiva

en la gestión ofertada antes de la ejecución de los Intercambiadores, existían también aspectos críticos a mejorar y a tener en cuenta en la puesta en marcha de los distintos Intercambiadores.

Para el análisis global de la satisfacción se diferenciaron tres bloques:

**1. Aspectos clave de alta satisfacción**, básicamente relacionados con el funcionamiento del intercambiador, tales como el trasbordo con Metro y la EMT, el entorno y acceso a pie, así como el intercambiador y sus alrededores, registraron un alto grado de satisfacción en torno a un 70 y 80%.

**2. Epígrafes de satisfacción moderada**. Esta agrupación, fue quizá la más crítica, puesto que se tomaban en consideración aspectos que los entrevistados habían considerado de vital importancia en un intercambiador, tales como la seguridad en sus distintas concepciones, tanto de tráfico, personal, como de protección contra robo y

The main conclusion obtained from the Global analysis of user Satisfaction with the transport interchange stations was that, although some aspects of management prior to the interchange stations' existence were positively valued, there were also critical issues to be improved and taken into account in putting the various interchange stations into service.

For the global satisfaction analysis, three blocks were identified:

1. Key aspects for high satisfaction were basically related to the functionality of the interchange station, such as transfers with the Metro and the EMT (Em-

presa Municipal de Transportes de Madrid - Madrid Municipal Transport Company), the surroundings and pedestrian access, as well as the transport interchange station and its surrounding area. All of these scored very highly, approximately 70 to 80%.

2. Categories of moderate satisfaction. This group was perhaps the most critical, as it took into account aspects that interviewees considered to be of vital importance in a transport interchange station, such as various concepts of safety, in terms of traffic safety, personal safety, protection against theft and vandalism. Between 50 and 60% of those interviewed were quite or very satisfied.



vandalismo, encontrándose entre un 50 y 65% de los entrevistados entre bastante o muy satisfechos.

3. Aspectos valorados con satisfacción crítica, se encontraban elementos que por su importancia relativa, podían incidir en menor medida en la satisfacción global de los usuarios, por considerarse como elementos complementarios de un intercambiador, excepto en

el supuesto de la limpieza cuyo porcentaje de muy o bastante satisfechos se ubicaba por debajo del 50%.

A modo de conclusión, se obtuvieron como datos que los aspectos globales a mejorar y que se encontraban lejos de una situación de calidad de los usuarios eran aquellos relacionados con la Climatización, la Limpieza y la Calidad Global, entendiendo por tal los

servicios complementarios al intercambiador, tales como aparcamientos de bicicletas, paradas de taxi y aparcamientos de coches.

Por contra, se destacaron como aspectos globales de calidad, no obstante siempre mejorables, el funcionamiento en general de los intercambiadores, la ubicación y alrededores de los mismos, así como el intercambio existente con las líneas de Metro. ■

3. Aspects valued as being of critical satisfaction included elements that, due to their relative importance, could have less of an impact on users' overall satisfaction. These issues were considered to be complementary elements in a transport interchange station and the percentage of very or quite satisfied was below 50%.

In contrast, overall good quality aspects, although always susceptible to improvement, were the general functionality of the transport interchange stations, their location and surroundings and those interchange stations available with the Metro lines. ■

In conclusion, the data showed that overall aspects that did not meet users' quality standards and required improvement were those related to air conditioning, cleaning and overall quality. The latter was understood to include complementary services in the interchange stations, such as bicycle parking, taxi ranks and car parking lots.

## La calidad en el diseño de los intercambiadores

En base a los estudios de calidad de satisfacción de los usuarios efectuados, se ha tenido en cuenta en el diseño de los intercambiadores los aspectos a considerar como esenciales, de forma que se ha pretendido en aras de conseguir los parámetros de calidad esenciales en la prestación del servicio, integrar aspectos fundamentales para los usuarios como son la climatización, la seguridad, la limpieza, el confort, y la calidad global en su conjunto.

En definitiva, los requerimientos desde los que se pretendía la construcción de los nodos intermodales recogidos en el Plan de Intercambiadores, en cuanto a calidad y seguridad eran similares a los de un gran aeropuerto.

En su diseño se han tenido en cuenta las necesidades propias de la localización de los intercambiadores, la de los operadores de transporte, de los usuarios y e incluso la del propio intercambio modal disponible en cada intercambiador, ya que sobre todo este último condicionante incide de forma decisiva en la calidad percibida del sistema de transporte público en su conjunto.

Es por ello que en el diseño han sido esenciales establecer aspectos como:

1. Recorridos peatonales cortos.
2. Espacios de trasbordo iluminados, amplios y climatizados.
3. Zonas estancas de seguridad de separación de los usuarios del tráfico rodado.
4. Sistemas de seguridad personal y general de actuación en casos de emergencia.
5. Servicios de información constante en tiempo real.
6. Limpieza y aseos.
7. Concentración de líneas de diversos modos de transporte tales como Metro, Cercanías y Líneas de autobuses Urbanos e Interurbanos, que multiplican las opciones de movilidad del usuario.
8. Zonas comerciales, que pretenden conseguir mayor seguridad a los usuarios, un ahorro de tiempo y facilitar ciertas gestiones a los usuarios en su recorrido habitual.

Todo ello ha dado como resultado el diseño dentro de los Intercambiadores de Áreas Esenciales separadas de la circulación de autobuses donde la ca-

### Quality in the design of interchange stations

Based on the user satisfaction quality studies carried out, a series of essential aspects has been taken into account in the design of the transport interchange stations. In order to achieve the quality parameters that are essential for delivering the service, issues that are fundamentally important to users have been integrated, such as air conditioning, safety, cleanliness, comfort and overall total quality.

In terms of quality and safety, the requirements on which construction of the transport intermodal nodes were based and which were set out in the Transport Interchange Stations Plan were similar to those for a major airport.

The design has taken into account the specific needs arising from the location of each interchange station, that of the transport operators and even that of the transport mode connections, since the perceived quality of the public transport system as a whole has a particular impact on the latter.

Because of this, it has been essential to reflect aspects such as the following in the design:

1. Short pedestrian journeys.
2. Well-lit, spacious and air conditioned transfer areas.
3. Well-defined safety areas separating users from circulating traffic.



lidad medioambiental, física, lumínica, de seguridad y de protección contra incendios está garantizada.

De tal forma que dichas Áreas se conviertan en espacios atractivos de utilización y disfrute para los viajeros que los utilizan a diario. ■

4. Personal and general safety systems activated in the event of emergencies.
5. Continuous real-time information services.
6. Cleanliness and toilets.
7. Concentration of various types of transport, such as the Metro, the suburban railway network, and urban and inter-urban bus lines, thus providing users with greater travel options.
8. Shopping centres providing a safer environment for users, saving them time and enabling them to carry out particular tasks during their usual journeys.

All this has resulted in the design of essential areas within the transport interchange stations that are sep-

arated from bus traffic and in which environmental, physical, lighting, safety and fire protection quality are guaranteed.

These areas have become attractive spaces for travellers to use and enjoy on a daily basis. ■

## Aseguramiento de la calidad

Como se ha mencionado anteriormente el aseguramiento de la Calidad en los Intercambiadores de Transportes fue desarrollado al efecto, teniendo como punto de partida los estudios elaborados por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid, que marcaban la tendencia de hacia dónde había que orientarse, así como el decisivo proyecto europeo PIRATE, que junto con la normativa en materia de Calidad, y los estudios previos de detección de necesidades de los usuarios, supuso la puesta en marcha de la Calidad en los Intercambiadores, al tiempo que se proyectaba el diseño de los mismos.

Para la consecución de las expectativas del nivel de Calidad esperado, se ha establecido dentro del conjunto de Planes a desarrollar por las distintas sociedades concesionarias encargadas de la gestión y explotación de cada uno de los Intercambiadores de Transportes, dos tipos de Planes. De un lado, y dentro del Plan General de Explotación y Mantenimiento de cada Intercambiador, se desarrollaría el Plan de Servicios a los Usuarios, mediante la implementación de un Plan



de Información y Atención al Cliente, así como un Plan de Promoción del Servicio. Y por otra parte, se desarrollaría un Plan de Aseguramiento de la Calidad.

El Plan de Servicios a los Usuarios se perfila en torno a la información prestada a los usuarios, la atención pres-

### Quality assurance

As previously mentioned, quality assurance in transport interchange stations was developed from the studies carried out by the Madrid Regional Transport Board, which set the trend for the direction in which actions should be progressed. The European PIRATE project also played a decisive role, as it set the scene for implementing quality in interchange stations at the project design stage together with quality regulations and prior studies identifying users' needs.

In order to achieve expectations in terms of quality, two types of Plans were designed within the set of plans to be developed by the various concessionary companies responsible for managing and operating

individual transport interchange stations. Firstly, and within the General Operation and Maintenance Plan for each transport interchange station, a Users' Services Plan was developed by implementing a Customer Information and Service Plan and a Service Promotion Plan. Secondly, a Quality Assurance Plan was developed.

The Users' Services Plan addresses information provided to users, the services provided by transport interchange station staff, the easy use of the transport interchange station and, in short, the assurance that users receive an accessible, fast and comfortable service with all the other facets that this entails.





tada por parte del personal del intercambiador, la facilidad de utilización del Intercambiador, y en definitiva asegurar un servicio accesible, rápido y cómodo para los usuarios con todos los servicios que esto conlleva.

Pero centrándonos en el objetivo de asegurar un óptimo nivel de servicio,

la sociedad concesionaria de la gestión y explotación de cada uno de los intercambiadores, debe presentar ante el Consorcio Regional de Transportes un Plan de Aseguramiento de la Calidad del Servicio. Este Plan de Aseguramiento de la Calidad, se ajustará al sistema de Calidad Total en el que el cliente sea el centro de la cali-

dad y se introduzca la misma en todos los procesos de normalización del servicio. Dicho Plan habrá de ser sometido a la aprobación de la Administración concedente (CRTM). Así mismo, deberán obtener y mantener la certificación, de acuerdo con las normas UNE-EN ISO 9001 y EMAS de gestión medioambiental, dentro del primer año posterior al inicio de la explotación del servicio.

Por su parte, el concesionario deberá en todo caso poner en marcha, en materia de Calidad las siguientes actuaciones:

- 1.El Plan de Aseguramiento de la Calidad.
- 2.Determinación de un Equipo de Calidad.
- 3.Parámetros para la evaluación de la Calidad y Capacidad del Servicio.
- 4.Encuestas y toma de datos propuestos.
- 5.Constitución de un Comité de Calidad del Intercambiador, integrado por la Administración concedente, la sociedad concesionaria, operadores, usuarios, vecinos, empresas y comercios del entorno.

Focusing on the objective of ensuring an optimum level of service, the concessionary company responsible for managing and operating individual interchange stations must submit a Service Quality Assurance Plan to the Regional Transport Board. This Quality Assurance Plan must adhere to the Total Quality system, which places the client at the centre of quality and which must be implemented in all processes involved in standardising the service. This Plan must be submitted to the conceding Administration (Madrid Regional Transport Board) for approval. They must also obtain UNE-EN ISO 9001 and EMAS environmental management accreditation within the first year following the launch of services and maintain the certification updated.

The concessionary must also set up the following quality processes:

1. Quality Assurance Plan.
2. Designation of a Quality Team.
3. Parameters for evaluating Service Quality and Capacity.
4. Surveys and action from the results.
5. Setting up a transport interchange station Quality Committee consisting of the conceding Administration, the concessionary company, operators, users, local residents, companies and shops from the surrounding area.

## Parámetros para la evaluación de la calidad y capacidad del servicio

Los parámetros establecidos en base a los estudios previos efectuados, tienen como objeto establecer las condiciones relativas a la operación, conservación y mantenimiento del sistema, que deberán observarse por el Concesionario. En particular, la evaluación y control de calidad y capacidad del servicio se realizará según los siguientes parámetros de calidad:

1. Disponibilidad del Sistema. Es un indicador de capacidad del sistema para desarrollar su función durante un tiempo determinado y en condiciones y rendimientos definidos. Se mide como la relación entre los tiempos de funcionamiento real y los previamente establecidos como programados. Se integra en este concepto la evaluación de perturbaciones del servicio causadas tanto por las instalaciones como por otros agentes externos. La disponibilidad del sistema compara el Servicio programado con el Servicio prestado mediante dos subparámetros, a saber, el tiempo de disponibilidad del servicio, esto es, el servicio efectivo prestado, y el cumplimiento del servicio programado.

2. Fiabilidad del Sistema. Evalúa la calidad técnico-comercial del intercambiador en comparación con las condiciones técnicas para las que fueron proyectadas. En esta evaluación se medirán las averías o deterioros ocurridos en un intervalo de tiempo. Este indicador refleja la frecuencia de aparición de averías en el sistema. Se definen como subparámetros de instalaciones fijas:

- Las comunicaciones
- Transmisión en tiempo real de información al CRTM
- Sistema de seguridad de la información
- Señalización e información al público
- Escaleras mecánicas
- Ascensores
- Sistemas de seguridad generales

3. Funcionalidad del Servicio. Es un indicador clave de la calidad del servicio prestado. Se evalúa a través del grado de cumplimiento del horario de salidas de los diferentes modos de transporte. Da mayor importancia a los adelantos frente

### Parameters for evaluating service quality and capacity.

The parameters that have been established based on the results of prior studies are intended to establish conditions for operation, conservation and maintenance of the system and must be observed by the Concessionary. In particular, evaluation and control of service quality and capacity will be carried out according to the following quality parameters:

1. Availability of the System. This is an indicator of the system's capacity to function over a set period of time and under defined conditions and perform-

ance. It is measured as the relation between the period of actual function and previously programmed periods. This concept includes the evaluation of disruptions to the service caused by the installations as well as by other external agents. System availability compares the programmed service with the actual service by applying two sub-parameters: the period during which the service is available, that is the actual service delivered, and delivery of the programmed service.

2. Reliability of the System. This evaluates the technical and commercial quality of the interchange station compared to the technical conditions for which it

was designed. This evaluation measures faults or deterioration over a period of time. The indicator reflects the frequency of the appearance of faults in the system. The following are defined as fixed installation sub-parameters:

- Communications
- Real time transmission of information to the Madrid Regional Transport Board
- Information security system
- Signage and public information
- Escalators
- Elevators
- General security and safety systems

a los retrasos, y no se aplicará a los servicios que se presten mediante frecuencias. Dicha información deberá ser suministrada al CRTM a través de informes periódicos.

4. Imagen Comercial-Calidad de Atención al Viajero. En este concepto se incluye la evaluación del aspecto general del intercambiador que incluye, iluminación, estado de los paneles informativos e información general, escaleras, ascensores, aspectos ambientales y limpieza de las instalaciones, con el fin de mantener el sistema con una imagen agradable para los pasajeros, y en definitiva conseguir que la calidad percibida por el usuario se aproxime lo máximo posible a la calidad esperada por el mismo. También se incluyen indicadores de seguridad y vigilancia, atención al viajero, mediante el número de Reclamaciones y Sugerencias presentadas, así como la información y venta de billetes a través de la página web de los Intercambiadores.



Todos los parámetros de calidad del servicio prestado, serán calculados mensualmente por la entidad concesionaria de cada Intercambiador y serán remitidos al CRTM mediante Informes de Aseguramiento de la Calidad del Servicio. En caso de no cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos se emprenderá un sistema de revisión de los procedimientos de explotación mediante un Plan de

Acciones Correctoras de Anomalías, que a su vez deberá dar lugar a un Informe de Análisis de Fallos.

En cualquier caso si el CRTM considera que se ha producido una reducción o disminución en los niveles de calidad exigidos, se adoptarán los mecanismos sancionadores correspondientes, hasta que sean efectivos los niveles de calidad requeridos. ■

3. Service Functionality. This is a key indicator of the quality of service delivered. It is evaluated by the degree to which the various transport methods follow the departures timetable. It gives greater importance to early departures than to delays and is not applied to services that are delivered by frequency. This information must be supplied to the Madrid Regional Transport Board by means of regular reports.

4. Commercial Image-Traveller Care Quality. This concept deals with the evaluation of the general appearance of the transport interchange station, including lighting, state of the information panels and general information, stairs and escalators, elevators, envi-

ronmental aspects and cleanliness of the facilities, with the aim of maintaining a pleasant image of the system for passengers. In short, to ensure that the quality perceived by users matches their expectations as closely as possible. Safety and security indicators are also included here, together with customer care, in terms of the number of complaints and suggestions received, as well as information and ticket sales via the transport interchange stations Web site.

All of the quality parameters for service delivered will be calculated on a monthly basis by the concessionary company for each interchange station and will be sent

to the Madrid Regional Transport Board in the form of Service Quality Assurance Reports. In the event of non-compliance with the fixed quality parameters, a review system will be set in motion, using an Anomalies Correction Action Plan to examine operating procedures and producing a Faults Analysis Report.

In any case, if the Madrid Regional Transport Board considers that there has been a reduction or weakening in quality levels, the appropriate sanctions will be applied until the required quality standards are reached. ■





## ■ Gestión y explotación

- Plan de servicios a los usuarios
- Plan de servicios a los operadores
- Plan de seguridad
- Plan de gestión ambiental
- Plan de mantenimiento, conservación y limpieza
- Puesto de control central



# Plan de Servicios a los Usuarios

Javier Aldecoa,  
Arquitecto

El objetivo de este Plan, que forma parte de la política del Consorcio Regional de Transportes de Madrid (CRTM) de que el usuario perciba un único sistema de transportes integrado, es lograr un servicio de calidad óptima. La razón última de esta estrategia es mantener usuarios satisfechos y captar nuevos usuarios al sistema de transporte público.

Los objetivos del Plan de Servicios a los Usuarios han sido los siguientes:

- Asegurar la sintonía de la explotación del intercambiador con la política del Consorcio Regional de Transportes de Madrid de situar al usuario como centro del sistema de transporte público.
- Proporcionar a los usuarios de forma oportuna, sencilla y clara, información actualizada sobre el sistema de transportes de la Comunidad de Madrid, particularmente en relación con el intercambiador y los servicios que allí se prestan.
- Garantizar una atención al usuario correcta y centralizada.



- Disponer la venta de títulos de transporte en las mejores condiciones para el usuario.
- Asegurar un servicio accesible, rápido y cómodo para los usuarios.

## User Services Plan

The objective of this Plan, which is based on the policy of the Madrid Transport Authority that passengers should perceive they are using a single integrated transport system, is to achieve the highest quality service possible. The final objective of this strategy is for users to be satisfied, and to attract new users to the public transport system.

The objectives of the User Services Plan are as follows:

- To ensure that the operations of the transport interchange stations are consistent with the policy of the Madrid Transport Authority of placing the user at the centre of the public transport system.
- To provide users with up-to-date information that is

relevant, simple and clear on the transport systems in the Region of Madrid, particularly with regard to the transport interchange station and the services offered there.

- To ensure appropriate and centralised customer care.
- To make the purchase of tickets and passes as efficient as possible for the user.
- To ensure that the service is accessible, quick and comfortable for users.

Users of the Region of Madrid's transport system and the transport interchange stations must receive the information they need to manage their journeys and station use as effectively as possible. ■



El usuario del sistema de transportes de la Comunidad de Madrid, y del propio intercambiador, debe recibir la información que le permita gestionar de forma óptima tanto su viaje como el uso a hacer del intercambiador. ■



## Atención al usuario

Debido al gran volumen de viajeros que pasan diariamente por un intercambiador, es fundamental disponer de puntos de atención de reclamaciones y sugerencias del usuario sobre cualquier aspecto relacionado con el sistema de transportes de la Comunidad de Madrid. Dicha atención debe realizarse de forma que el usuario reciba un trato exquisito y una respuesta conveniente en el menor tiempo posible.

La atención al usuario debe estar disponible durante todas las horas de servicio del intercambiador de diversas formas: (a) presencialmente; (b) telefónicamente; (c) a través de Internet, debiendo atenderse las consultas recibidas por correo electrónico.

Además, en distintos puntos del intercambiador se localizan interfonos que permiten la comunicación del usuario con el Puesto de Control. ■

### Passenger service

Due to the large number of passengers who use the transport interchange stations daily, it is essential that there be customer complaint and suggestion points for users to confront any aspect of the Region of Madrid's transport system. This customer service should be provided in such a way that treats the passenger respectfully and ensures he receives an appropriate answer in the shortest time possible.

This customer service must be available during the whole period that the transport interchange station is open, and should take several forms: (a) in person; (b) by telephone; (c) on-line and by e-mail.

In addition, intercoms that enable communication between passengers and the Control Post are located at various points throughout the transport interchange station. ■

## Accesibilidad

La gestión de los accesos al intercambiador, así como de los movimientos en su interior, son funciones determinantes de la calidad del servicio prestado a los usuarios, debiendo planificarse y gestionarse los itinerarios para que resulten cómodos, seguros, rápidos y libres de obstáculos.

Todo el personal del intercambiador, fundamentalmente los operarios con presencia habitual en el vestíbulo, debe velar continuamente porque los accesos al mismo y los itinerarios interiores estén libres de obstáculos y bien señalizados. Las acciones correctoras inmediatas, tales como la retirada de obstáculos, deben ser realizadas por el personal de Mantenimiento, Conservación y Limpieza. ■



## Gestión del confort

Esta actividad incluye el control en el intercambiador de factores ambientales (agentes físicos, contaminantes químicos y agentes biológicos) y otros (zonas de espera, disponibilidad de las instalaciones, limpieza de los aseos,...) dentro de niveles adecuados de calidad que permitan, al ser considerados conjuntamente, garantizar el confort del servicio. ■



### Accessibility

The management of access to the transport interchange station and all transit movements within it is a key factor in the quality of service provided to passengers. Timetables should be planned and managed accordingly in order to be convenient, safe, rapid, and free of obstacles.

All staff working in the transport interchange station – particularly those who are frequently present in public areas – must continuously check the access routes and internal areas to ensure that they are free of obstacles and well-signposted. Immediate corrective ac-

tion, such as the removal of obstacles, should be carried out by Maintenance, Repair and Cleaning personnel. ■

### Comfort management

This activity includes the control of environmental (physical items, chemical pollutants and biological agents) and other (waiting areas, availability of installations, cleaning of toilets, etc.) factors within the transport interchange station, maintaining them at adequate levels that, when considered together, guarantee the comfort of the service provided. ■





## Supervisión de actividades comerciales

La calidad de servicio de las actividades comerciales que se prestan en el Intercambiador (aparcamientos, quioscos, cafeterías, tiendas, publicidad, anuncios, etc.), incide de forma sustancial en la imagen del sistema de transportes de la Comunidad de Madrid.

En el caso de que el CRTM autorice el desarrollo de estas actividades dentro del intercambiador, el concesionario debe ejercer una vigilancia sobre las mismas para garantizar un servicio de máxima calidad (horarios de apertura y cierre, reparto de mercancías, almacenes, confort en el interior de quioscos, cafeterías, tiendas, etc., recogida

y trámite de quejas, sugerencias y reclamaciones en relación con tales actividades, ...).

La supervisión de las actividades comerciales debe ser realizada de manera continua por todo el personal del intercambiador, fundamentalmente por los operarios con presencia habitual en dicha zona: personal de Seguridad, que en sus rondas vigilará que no haya deficiencias en las referidas actividades, y personal de Mantenimiento, Conservación y Limpieza, que observará el correcto aseo y buen funcionamiento y conservación de las dependencias en las que se prestan estos servicios.

### Supervision of commercial activity

The quality of service of the commercial activities that take place in the transport interchange station (parking, newspaper kiosks, cafes, shops, advertising, etc.) has a substantial effect on the image of the Madrid's Regional transport system.

In the event that the Madrid Transport Authority authorises such activities to take place within the transport interchange station, the concessionaire should monitor the services to ensure the highest quality possible (opening times, distribution of merchandise, storage, comfort in the interior of kiosks, cafes and shops, etc.,

collection and processing of complaints and suggestions in relation to such activities, etc.).

Supervision of such commercial activities should be carried out continuously by all staff employed in the transport interchange station, particularly those who are normally present in such areas: Security staff who can ensure there are no issues relating to the activities being carried out during their normal rounds, and Maintenance, Repair and Cleaning staff, who can ensure that the premises on which such services are being provided are in suitable operating condition.

To this end, some requirements for the sign-posting project are:

- The information must be coherent with the image of the Community of Madrid's transport system. In particular, the entrances, the Information and Customer Service Points and Ticket Sales facilities must be identified by the logo of the CRTM (Madrid Transport Authority).
- The information shall be available in Spanish and, in some places, in English.
- Easily recognisable symbols and pictograms shall be used instead of words, as this helps those with visual problems, people who do not speak Spanish and people who are illiterate. Signs must consist of text accompanied by a pictogram representing the service.



En este sentido, algunos requisitos de dicho proyecto de señalización son:

- La información será coherente con la imagen del sistema de transportes de la Comunidad de Madrid. En particular, los accesos, los Puestos de Información y Atención al Usuario, y de Venta de títulos de transporte estarán identificados con el logotipo del CRTM.
- La información estará disponible en español y, en determinados lugares, también en inglés.
- Deben utilizarse símbolos y pictogramas fácilmente reconocibles en lugar de palabras, ya que esto beneficia a los que tienen problemas de visión, a los que no hablan el idioma del país y a los analfabetos. La señalización debe realizarse con el texto acompañado de un pictograma representativo del servicio.
- En los accesos y en puntos estratégicos del intercambiador, existirán paneles informativos con un plano del sistema de transportes en el que se sitúa el intercambiador, un esquema físico del mismo y de los servicios por planta y su ubicación, destacando especialmente la posición de los Puestos de Información y Atención al Usuario, así como de Venta de títulos de transporte.
- La información sobre la posición de los distintos servicios del intercambiador y la salida debe colocarse en lugares con buena visibilidad y en puntos estratégicos (entradas, cruces, etc.) para mejorar la movilidad interna, al optimizar los itinerarios seguidos por el público.
- Todas las salidas que lo precisan tendrán iluminación indirecta.
- En las dársenas se debe dar información dinámica tanto a los usuarios como a los operadores de transporte.
- En relación al sistema de megafonía, los mensajes pregrabados serán claros, conforme a los procedimientos establecidos, y en caso de avisos instantáneos, se realizarán mediante mensajes de texto con voz sintetizada. Queda prohibida la difusión de mensajes comerciales por megafonía en el intercambiador.
- Dada la importancia del horario en un intercambiador, se dará información horaria desde el Sistema de Gestión Integrado (GSI), a través de distintos medios.

- At access points and strategic points within the transport interchange station there will be information panels with a map of the transport system of which the transport interchange station forms part of, a diagram of the system and the services available by floor and the location within the building; particular attention will be given to the location of the Information and Customer Services Points, and ticket offices.
- Information on the location of services within the transport interchange station and exits must be located in clearly visible locations and at strategic points (entrances, where tunnels cross, etc.) so as to improve internal mobility, and to optimise the itineraries followed by the public.

- Every exit that requires it will have indirect illumination.
- There should be dynamic information in the bays both for passengers and for transport operators.
- For the megaphone system, the pre-recorded messages must be clear, in accordance with established procedures and, in the case of instantaneous notices, will consist of a text message with a synthesised voice. It is prohibited to use the megaphone system for advertising purposes.
- Given the importance of the timetable in a transport interchange station, timetable information will be provided from the Integrated Management System using various media.

The Integrated Management System is the platform on which the concessionaire will register the monitoring of the User Services Plan, whether through real-time monitoring or through the concessionaire entering the data or specific reports directly.

A list of the minimum indicators in the User Services Plan is given below, and this must be developed by the concessionaire in the General Operating and Maintenance Plan (PGEM), with the Implementation and Monitoring Plan being responsible for measurement and control:

- Information and Customer Service: achievement of timetables, quality, registers, processes and replies.

El Sistema de Gestión Integrado es la plataforma en la que el concesionario registrará el Seguimiento del Plan de Servicios a los Usuarios, bien mediante monitorización en tiempo real o bien mediante la introducción por parte del concesionario de mediciones o informes puntuales.

A continuación se recoge un listado de indicadores mínimos del Plan de Servicios a los Usuarios, que debe ser desarrollado por el concesionario en el Plan General de Explotación y Mantenimiento (PGEM), correspondiendo al Plan de Implantación y Seguimiento su medida y control:

- Información y Atención: cumplimiento de horarios, calidad, registros, trámites, respuestas.
- Funcionamiento del sistema de información y atención al usuario. Disponibilidad.
- Informe de accesibilidad y movilidad interna.
- Confort, que a su vez engloba ruido ambiente, calidad del aire, iluminación y limpieza. Semanalmente, el concesionario emitirá un informe al CRTM sobre la si-

- Operations of the information and customer service system. Availability.
- Accessibility and internal mobility report.
- Comfort – including ambient noise, air quality, lighting and cleanliness. Every week, the concessionaire will issue a report to the Madrid Regional Transport Board on the comfort indicators, indicating and justifying any differences from the acceptable ranges for such values.

Ambient noise: This will not exceed 55 dbA in the island zones.



tuación de los indicadores de confort, analizando y justificando, en su caso, posibles desviaciones del rango en el que deben situarse las medidas.

Ruido ambiente: No se sobrepasarán los 55 dbA en la zona de islas.

#### Calidad del aire

| Parámetro                               | Valores límite   |
|---|--|
| Temperatura                             | 15° C – 25° C  |
| Humedad relativa                        | 30% – 65%  |
| Renovación de aire exterior             | De acuerdo con la UNE EN 13779.2005, el caudal de renovación será el máximo de 12 renovaciones/h ó 12,5 l/s persona con la ocupación prevista en incendios |
| Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )   | De acuerdo con la UNE EN 13779.2005, no podrá sobrepasar en ningún caso los 600 ppm  |
| Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) | De acuerdo con la UNE EN 13779.2005, será el mínimo de 1 ppm o el 50% más de concentración que el exterior   |
| Monóxido de carbono (CO)                | De acuerdo con la UNE EN 13779.2005, no podrá sobrepasar en ningún caso los 25 ppm   |

#### Air quality

| Parameter                           | Limits   |
|-------------------------------------|--|
| Temperature                         | 15° C – 25° C  |
| Relative humidity                   | 30% – 65%  |
| Air circulation                     | In accordance with UNE EN 13779.2005, the flow of air circulation will be a maximum of 12 renewals per hour, or 12.5 litres per person with the occupation forecast in fires |
| Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )   | In accordance with UNE EN 13779.2005, this may not exceed 600 ppm under any circumstances  |
| Nitrogen dioxide (NO <sub>2</sub> ) | In accordance with UNE EN 13779.2005, this will be the lower of 1 ppm or 50% more than the concentration in the exterior   |
| Carbon monoxide (CO)                | In accordance with UNE EN 13779.2005, this may not exceed 25 ppm under any circumstances   |



### Iluminación

| Zona                                 | Iluminancia mantenida (lux) |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| Espera o circulación de viajeros     | 600                         |
| Embocadura de rampas                 | 500                         |
| Oficinas y despachos                 | 500                         |
| Locales técnicos                     | 300                         |
| Circulación de vehículos y autobuses | 100                         |

### Limpieza

Cuando el intercambiador permanezca cerrado se realizará una limpieza general exhaustiva, que facilite esta labor durante el horario de servicio del intercambiador, en el que la limpieza, vaciado de papeleras y recogida de residuos se realizará de forma continua por el personal del Plan de Mantenimiento, Conservación y Limpieza, registrando en el SGI los resultados de la

inspección y poniendo en marcha medidas correctoras en caso necesario.

En el caso particular de los aseos, se efectuará una limpieza básica, reposición de consumibles e inspección cada hora, procediendo cada 2 horas a una limpieza en profundidad, para lo cual se cerrará temporalmente una parte del servicio de aseo.

Además, al menos con carácter mensual, una empresa homologada designada por el CRTM, realizará una ruta, conjuntamente con el Jefe de Mantenimiento, Conservación y Limpieza del intercambiador y un representante del CRTM, para valorar la limpieza de cada área, registrándose los resultados de dicha inspección en un informe y en el Sistema de Gestión Integrado. ■

### Lighting

| Area                               | Lighting level (lux) |
|------------------------------------|----------------------|
| Waiting and transit for passengers | 600                  |
| Entrances to ramps                 | 500                  |
| Offices                            | 500                  |
| Technical facilities               | 300                  |
| Vehicle areas                      | 100                  |

### Cleaning

When the transport interchange station is closed, a thorough general clean will be carried out; this will make it easier to keep the station clean during operational hours, during which cleaning, emptying of bins, collection of rubbish and so on will be carried out continuously by Maintenance, Repair and Cleaning staff. The results of the inspection will be recorded in the Integrated Management System, with corrective measures being applied as necessary.

In the particular case of toilet facilities, basic cleaning and restocking will be carried out every hour, with thor-

ough cleaning being carried out every two hours, requiring the closure of part of the toilet facilities being cleaned.

Furthermore, on at least a monthly basis, an accredited company designated by the Madrid Regional Transport Board will undertake a tour of the transport interchange station with the station's Head of Maintenance, Repair and Cleaning, and a representative of the Transport Board to evaluate the cleanliness of every area, recording the results of the inspection in a report and in the Integrated Management System. ■





# Plan de Servicios a los Operadores

Javier Aldecoa  
Arquitecto

El Plan de Servicios a los Operadores se estructura en dos funciones principales:

- Gestión del tráfico,
- Gestión del confort de los operadores, y dos actividades comunes al Plan General de Explotación y Mantenimiento:
- Mantenimiento, Conservación y Limpieza de los medios afectos a la actividad,
- Implantación y Seguimiento.

La siguiente figura muestra esta organización de actividades:



## Actividades del Plan de Servicios a los Operadores



### Operator Services Plan

The Services Plan for operators is divided into two main functions:

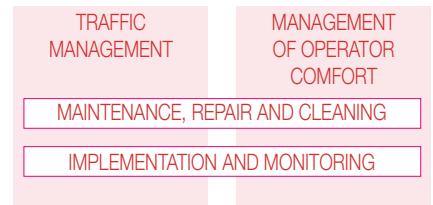
- Traffic management,
- Management of operator comfort,

and two activities that are common to both the General Operating and the Maintenance Plan:

- Maintenance, Repair and Cleaning of the resources affected by the activity,
- Implementation and Monitoring.

The diagram below shows the organisation of these activities:

### Activities of the Operator Services Plan





Los objetivos del Plan de Servicios a los Operadores son los siguientes:

- Potenciar la coordinación entre todos los modos de transporte público presentes en el intercambiador
- Conseguir la máxima puntualidad de todos los servicios de transporte de autobús que operen en el intercambiador.
- Optimizar el uso de dársenas destinadas a la subida y descenso de viajeros, plazas de estacionamiento de regulación y cualquier otro espacio, con el fin de garantizar su disponibilidad para los autobuses que en cada momento los requieran, de forma que se facilite el adecuado cumplimiento de sus servicios.
- Asegurar la fluidez en los movimientos previstos de los autobuses dentro del intercambiador y en los accesos, manteniendo todas las vías libres de obstáculos (incluyendo entre éstos a otros autobuses) evitando tiempos de espera y reduciendo recorridos, especialmente en vacío.
- Garantizar niveles adecuados de seguridad y confort en las operaciones realizadas por los autobuses dentro del intercambiador y para todo el personal de los operadores de transporte que desempeñan su labor en el intercambiador.

The objectives of the Operator Services Plan are as follows:

- To promote coordination between the means of public transport that use the transport interchange station
- To obtain the highest possible degree of punctuality for all public bus services that use the station.
- To optimise the use of bays for passenger boarding and alighting, regulatory parking spaces and all other spaces to ensure the availability of such for all buses as and when they are required to make service performance easier and more adequate.
- To ensure the fluidity of planned bus movements within the transport interchange station and its access points, keeping all roadways free of obstacles (including other buses as potential obstacles), avoiding waiting times and reducing journeys, especially of empty buses.
- To guarantee adequate levels of safety and comfort in the operations carried out by buses inside the transport interchange station, and for all staff working for transport operators who undertake their work in the station.

## Gestión del tráfico

La gestión del tráfico abarca algo más del ámbito físico del intercambiador, de un punto situado en cada acceso, lo más alejado posible del intercambiador, siempre antes de la última salida alternativa y, en todo caso, antes de la entrada del túnel de acceso al intercambiador, de forma que un autobús en ese punto tenga la posibilidad de tomar una ruta distinta a la que le conduce al intercambiador. En sentido salida, incluye un punto en cada salida, situado donde la vía de salida se abre al tráfico, es decir, donde un autobús parado deja de ser un obstáculo para la salida del área de influencia del intercambiador. El Proyecto de Explotación y Mantenimiento debe, además, asignar exhaustivamente las zonas de parada y/o regulación exteriores a las que deben dirigirse los autobuses en caso de saturación o cierre del intercambiador.

Dentro de este ámbito, la sociedad concesionaria del intercambiador tiene la obligación de detectar, localizar e identificar los autobuses con la suficiente antelación, y actuar según los procedimientos establecidos para garantizar que el movimiento de autobu-



ses se realiza en todo momento según lo establecido en el Reglamento General de Explotación y Mantenimiento y su adaptación en el correspondiente PGEM, la asignación de espacios a operadores de transporte y líneas, y la planificación de servicios de las líneas.

Esto incluye situaciones habituales, como retrasos o adelantos en las expediciones, y situaciones excepcionales, tales como condiciones cercanas a la saturación por avalanchas de entrada o exceso de demanda en general, averías, accidentes u otros.

La actividad de gestión de tráfico se ejecuta mediante una aplicación informática que debe desarrollar el concesionario, incluyendo todos los equipos y comunicaciones necesarias. Este subsistema se integra en el Sistema de Gestión Integrado del Intercambiador, de acuerdo con las funcionalidades definidas en el PGEM.

### Traffic management

Management of traffic includes something more than the physical environment of the transport interchange station, stretching as far as a point at each entrance, as far from the station as possible, and always before the final alternative exit route and before the entrance to the access tunnel for the station. In this manner any bus at such a point will be able to take a different route to that which leads to the station. In terms of departures, traffic management includes a point at each exit, where the exit route opens into traffic, in other words when a bus that has stopped would no longer be an obstacle for others leaving the transport interchange station area. The Operating and Maintenance Project should also exhaustively assign the external areas for

stopping and/or regulation to which buses should go in the event of station saturation or closure.

Within this scope, the company with the concession to operate the transport interchange station has an obligation to detect, find and identify buses sufficiently far in advance, and to act in accordance with established procedures to ensure that the bus movements take place at all times in accordance with the General Regulations for Operating and Maintenance, and their adaptation to the corresponding General Operating and Maintenance Plan, and to assign space for transport operators and lines, and for the planning of services for the lines.





Los recursos materiales necesarios para la gestión de tráfico incluyen, como mínimo:

### Sistema central de gestión de tráfico

Físicamente, el sistema central de gestión de tráfico está integrado dentro del SGI con concentradores de comunicaciones intermedios entre los equipos de campo y los servidores centrales.

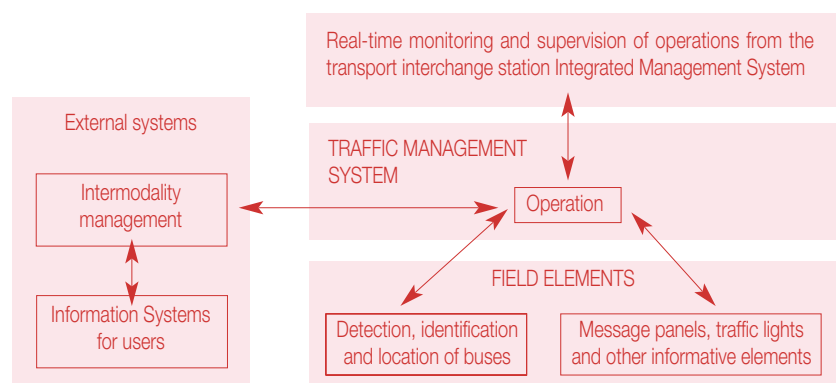
El sistema central de gestión de tráfico está constituido por los siguientes módulos:

- Módulo de adquisición de campo
- Módulo de control de tráfico

*Elementos lógicos principales del Sistema de Gestión de Tráfico*  
*The main logical elements of the Traffic Management System*

This includes normal situations, such as delays or early departures, and exceptional situations, such as an overwhelming influx of passengers or excess demand in general, breakdown, accidents or others.

Traffic management activities are executed through an IT application that the concessionaire should develop, including all of the equipment and communications required. This sub-system integrates into the Integrated Management System for the transport interchange station in accordance with the functionality defined in the General Operating and Maintenance Plan.



## Módulo de adquisición de campo

Los equipos de campo estarán conectados con el sistema de gestión de tráfico permanentemente. Estos elementos incluyen:

- Sistemas de detección, localización e identificación de autobuses, e incidencias relacionadas con la gestión de tráfico. Se encarga de obtener la información de localización e identificación de autobuses cruzando ambas informaciones. En todo momento conoce la posición de todos los autobuses dentro del intercambiador así como el servicio o expedición que está realizando cada uno.
- Sistemas indicadores y de información (paneles de mensaje variable, semáforos, etc.). Se encargará de la adquisición de campo de los elementos de señalización de tráfico como semáforos o paneles, para la integración conjunta con los datos de localización e identificación.



The minimum material resources required for traffic management are the following:

### Central traffic management system

Physically the central traffic management system is integrated into the Integrated Management System, with concentrators for intermediary communication between equipment in the field and central servers. The central traffic management system consists of the following modules:

- The field acquisition module
- The traffic control module

### The field acquisition module

The field equipment is permanently connected to the traffic management system. These elements include:

- Detection systems, localisation and identification of buses and incidents related with traffic management. This is responsible for obtaining information on the location and identification of buses and for cross referencing this information. At all times, it detects the position of all buses within the transport interchange station, together with the service or journey that each is undertaking.
- Indicator and information systems (variable message

panels, traffic lights, and so on). It is responsible for the acquisition of all traffic signalling elements, such as traffic lights and information panels to be integrated with the location and identification details.

### The traffic control module

This collects all of the information required from the acquisition model and from the other Integrated Management sub-systems to carry out the actions associated with traffic control. This model contains all traffic management procedures, including action taken in response to incidents, and it performs, among other things, the following functions:

## Módulo de control de tráfico

Recoge toda la información necesaria del módulo de adquisición y del resto de subsistemas del SGI para así poder realizar las lógicas asociadas al control de tráfico. En este módulo residirán todos los procedimientos de gestión de tráfico, que incluyen las actuaciones en respuesta a incidencias, realizando, entre otras, las siguientes funciones:



- Recibirá en tiempo real eventos y alarmas del módulo de adquisición, y servirá para la toma de decisiones, de forma automática, asistida o manual, sobre las actuaciones de respuesta, que serán enviadas también en tiempo real al módulo de adquisición.
- En el interfaz de operación del SGI se mostrarán diagramas de flujo de los procedimientos, con el estado actualizado de cada actuación incluida en el procedimiento, incluyendo tanto actuaciones automáticas (que resultarán en el

envío de macro-comandos al módulo de operación) como manuales (como por ejemplo: “confirmar incidente mediante observación a través de cámaras”)

- Mantendrá en el SGI la base de datos de estimación de la demanda de cada espacio, permanentemente actualizada con la información sobre la oferta planificada y la localización e identificación de los autobuses que recibirá del módulo de operación.
- Gestionará la asignación de espacios.

- Mantendrá el registro histórico de datos de la operación que serán analizados posteriormente con las herramientas de análisis (filtrado, consultas, etc.) y generación de informes del SGI.
- El SGI dispondrá de una función de edición de incidentes y actuaciones (edición de procedimientos), y de una función standard para su exportación e importación.
- Informará al usuario en los correspondientes paneles a tal efecto del estado de las expediciones entrantes y salientes.

- It receives events and alarms in real time from the acquisition module, and serves for automatic decision-making, whether assisted or manual, on response actions, which are then sent, also in real time, to the acquisition module.
- The operations interface of the Integrated Management System displays flow diagrams of procedures, with the up-to-date status of each action included in the procedure, including both automatic actions (which result in macro-commands being sent to the operation module) and manual actions (such as, for example: “confirming an incident by observation using a camera”).
- The Integrated Management System holds the

database of estimates of demand for each space, which is permanently updated with information on the supply planned and identification of the buses, which it will receive from the operations module.

- It manages the assignment of spaces.
- It maintains the historic records of data on operations, which are subsequently analysed using the analysis tools (filters, queries, etc.) and generation of reports from the Integrated Management System.
- The Integrated Management System will have a function for editing incidents and actions taken (procedure editing), and a standard function for exporting and importing.

- It will inform the user through the use of message panels of the status of arrivals and departures.

### Material for vehicle breakdowns

The transport interchange station should have a permanently available tow truck, whether fully owner or subcontracted, capable of moving a bus that has broken down in the station or in the entry and exit tunnels, or other parts of it.

It will also have a compressor for supplying air to the buses and a trolley with batteries and cables to start a bus with a low battery.







### Material para averías de vehículos

El intercambiador debe tener permanentemente disponible, en propiedad o bien mediante subcontratación, una grúa capaz de movilizar y trasladar un autobús averiado dentro del intercambiador o en los túneles de acceso y salida o en los viarios exclusivos de acceso al mismo.

Dispondrá, asimismo, de un compresor para la carga de aire de autobuses y de un carro de baterías y cables para arrancar un autobús con batería baja.

It should also have available sufficient material resources for repairing minor mechanical problems, without the bus having to be taken to an external mechanic.

### Tools and equipment for traffic management

The General Operating and Maintenance Plan must specify the stock of other materials required to ensure that the objectives in the Operators Service Plan are met (beacons, cones, signs, paint, jackets, whistles, emergency lighting, emergency triangles, etc.).

The concessionaire, through the traffic management system in the Integrated Management System must:

Debe también disponer de los medios materiales suficientes para poder resolver averías mecánicas menores sin necesidad de traslado.

### Equipamiento y útiles para la gestión de tráfico

El PGEM debe especificar el stock de otro material necesario para asegurar el cumplimiento de los objetivos del Plan de Servicios a los Operadores (balizas, conos, señales, pintura, chalecos, silbatos, luminarias de emergencia, triángulos, etc.)

■ Recognise beforehand the forthcoming bus arrivals, through the detection, location and identification of the buses at appropriate points located at the entrances of the transport interchange station, indicating to the buses where they should go.

■ Carry out and record real-time monitoring of buses within the transport interchange station, through the identification of the buses, knowledge of their service records and continuous location within the station, keeping them informed at all times of what they have to do.

■ Take action on any incident that may affect operations in accordance with established procedures,

La sociedad concesionaria debe, a través del sistema de gestión de tráfico incluido en el Sistema de Gestión Integrado:

■ Reconocer con antelación las próximas entradas de autobuses, mediante la detección, localización e identificación de éstos en puntos adecuadamente situados en los accesos del intercambiador, indicándoles hacia donde deben dirigirse.

■ Realizar y registrar un seguimiento en tiempo real de los autobuses dentro del intercambiador, mediante la identificación de los autobuses, el conocimiento de sus cuadros de servicio y su localización continua dentro del intercambiador, informándoles de lo que tienen que hacer en cada momento.

■ Intervenir ante cualquier incidencia que pueda afectar a la operación, según los procedimientos establecidos, informando a los operadores, registrando las mismas, las actuaciones de respuesta llevadas a cabo y el seguimiento de los resultados.

informing operators, recording the incidents and the actions taken to resolve them and monitoring the results.



## Gestión del confort de los operadores

El concesionario del intercambiador habilitará espacios para uso exclusivo de los operadores. Al menos, serán los siguientes:

Vestuarios, provistos de:

- Asientos
- Armarios o taquillas individuales con llave, que tendrán la capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado.
- Duchas y aseos

### Zonas de descanso

Estarán provistos de mesas y asientos con respaldos. Las trabajadoras embarazadas y madres lactantes deberán tener la posibilidad de descansar tumbadas en condiciones adecuadas. Todos ellos tendrán las dimensiones necesarias para permitir su uso sin dificultades o molestias, teniendo en

cuenta en cada caso el número de trabajadores que vayan a utilizarlos simultáneamente. Serán de fácil acceso desde los lugares de estacionamiento y parada de los autobuses y de características constructivas que faciliten su limpieza.

### Otros servicios

El concesionario será responsable de proporcionar cualquier otro servicio necesario a los Operadores, previa aprobación del CRTM (ej. talleres de mantenimiento, dispensadores de efectivo, clasificadores de monedas, etc.).

Esta función debe estar cubierta durante todas las horas de servicio del intercambiador. Las tareas comprenderán, como mínimo, el mantenimiento, conservación y limpieza de las zonas a utilizar por los operadores. ■

#### Management of operator comfort

The traffic interchange operator will make available areas for the exclusive use of operators. At the least, these will include:

Changing rooms equipped with:

- Seating
- Individual wardrobes or lockers with keys and sufficient capacity for the required clothing and footwear
- Showers and toilets

#### Rest areas

These will be equipped with tables and chairs with backs. Pregnant workers and breast-feeding women shall have the opportunity to rest lying down in adequate conditions. All such areas will be of an appropriate size and shape to enable their use without any difficulties or handicaps, taking into account the number of workers who may use them simultaneously. They will be easy to access from the parking bays and bus stops, and will be built in such a way that facilitates cleaning.

#### Other services

The concessionaire shall be responsible for providing any other service required by the Operators, following approval by the Madrid Regional Transport Board (e.g. maintenance workshops, cash dispensers, money sorting facilities, etc.).

This function must be covered during all of the traffic interchange station's operational hours. The tasks shall include, as a minimum, maintenance, repairs and cleaning of the areas to be used by the operators. ■



a seguridad es uno de los pilares más importantes de cualquier infraestructura de

transporte, más aún de los intercambiadores de transporte, al ser utilizados diariamente por cientos de miles de personas.

## Plan de Seguridad

*Luis Alberto Mouchet,  
Arquitecto y Aparejador*

Los intercambiadores de transporte son edificios singulares cuyo uso no se encuentra explícitamente recogido en

ninguna de las normas de prevención de incendios vigentes.

Destacar que en este tipo de edificaciones la mayoría de los viajeros son usuarios habituales, lo que va a facilitar que, un gran porcentaje de esos usuarios, al poco tiempo de empezar a utilizarlo, tendrán un alto grado de conocimiento del edificio, es decir se habrán familiarizado con él.



### Safety Plan

Safety is one of the most important pillars of any transport infrastructure, and this is particularly true of transport interchange stations, which are used on a daily basis by hundreds of thousands of passengers.

Transport interchange stations are unique buildings that are not explicitly covered by current fire prevention regulations.

It is important to note that the majority of passengers in this type of building are frequent users; this means that within a very short time of beginning to use the facility, the user will have a great deal of knowledge about the building. In other words he will be very familiar with it.

This aspect has been promoted from a design perspective so as to facilitate rapid evacuation and clearance of such buildings, along with the rapid removal of smoke caused by a fire in the building.

For this reason, the level of safety and quality for users specified in the 2004-2007 Transport Interchange Station Plan is greatly enhanced in comparison to the first traffic interchange stations, Moncloa in 1995 and Avenida de América in 2000.

Highly specific tools have been used in areas where safety is concerned. The design and size of the air-extraction and ventilation facilities were facilitated by a





specific study performed in collaboration with the Polytechnic University of Madrid on the behaviour of smoke in a fire.

Another tool used to improve the passengers' safety was the simulation of evacuation procedures using a specialised program; this helped with the design, location and number of emergency exits from the transport interchange station, achieving building evacuation in less than six minutes in the case of maximum usage density at peak time.

Great care was also taken with the design of the emergency exit stairways. The objective was to make it easy

for users to locate the emergency exits; this was achieved through the use of a distinctive colour, used only for this purpose, for all transport interchange stations, with increased lighting in the evacuation areas. This enables users to find the emergency exits in the event of having to use them. They are in distinctive colours (reds) that stand out against the neutral colours (greys) of their surroundings. The emergency exits are also highlighted through the use of horizontal markings, similar to zebra stripes, that are illuminated throughout their length to the evacuation door.

Safety has been taken into account at all stages of the projects in the Transport Interchange Stations Plan. In

Este aspecto se ha potenciado desde el punto de vista del diseño, con el fin de facilitar la rápida evacuación y desalojo de dichos edificios y así como, la rápida evacuación de los humos provocados por un incendio.

Por eso, en el Plan de Intercambiadores de Madrid, el nivel de calidad y seguridad para los usuarios ha dado un salto considerable con respecto a los primeros intercambiadores construidos, como son el de Moncloa en 1995 y Avenida de América en 2000.

Para hacer frente al ámbito de la **seguridad** se ha contado con herramientas muy específicas en la materia. Mediante colaboración de la Universidad Politécnica de Madrid en el estudio específico del comportamiento de los humos en un incendio, se ha facilitado el diseño y dimensionamiento de las instalaciones de extracción y ventilación.

Otra herramienta utilizada para optimizar la seguridad de los usuarios, ha sido la simulación de la evacuación de personas mediante un programa especializado en la materia, ayudando al diseño, ubicación y numeración de las



salidas de emergencia de los intercambiadores, consiguiendo de esta forma, que el desalojo del edificio se realice en menos de 6 minutos, en el supuesto de máxima ocupación de la infraestructura en hora punta.

Por su parte, el diseño de las escaleras de emergencia se ha cuidado mucho. El objetivo era la fácil localización de las mismas por los usuarios, objetivo que se ha conseguido mediante la utiliza-

ción de un color distintivo y exclusivo para todos los intercambiadores de transporte, así como mediante un refuerzo de la iluminación de la zona de evacuación. Esto hará, que los usuarios conozcan perfectamente donde se encuentran localizadas las salida en caso de necesidad de utilizarlas. Son colores llamativos (rojos) que contrastan con los colores neutros (grises) de su entorno. También se destacan las salidas mediante señalización horizon-

all transport interchange stations, at the level of interchange with the Metro, exclusive facilities have been provided for the Police, equipped with fixed work stations. This will also result in greater safety for passengers and implies that the Emergencies Plan will have available trained personnel to help facilitate evacuation should this prove necessary. In addition, the staff of the traffic interchange station will include a fireman, who will be responsible for fire safety and evacuation of the building.

As a result of all of these measures, safety has been an ever-present concern from the start of the project, during the performance of the work and, above all, will

be ever-present during the operation of the buildings. The Safety section of the General Evacuation Plan has a description of the Monitoring Service and the procedures to be carried out in the event of an incident or emergency in a transport interchange station.

The main objectives to be achieved through this tool are the following:

- To optimise safety in the transport interchange stations as safe environments, monitoring the circumstances that may be susceptible to causing damage of any kind.
- To identify, evaluate and monitor the risk factors in-



tal de pasos de cebra iluminados longitudinalmente en todo su recorrido hasta la puerta de evacuación.

El aspecto de la seguridad en el Plan de Intercambiadores, se ha tenido en cuenta desde el inicio de los proyectos. En todos los intercambiadores, en el nivel de intercambio con Metro, se han ubicado dependencias exclusivas para Policía, con existencia de puestos de trabajo fijos en ellas, lo que redundará

siempre en una mayor seguridad para el usuario y permitirá en el Plan de Emergencias contar con personal preparado para la agilización de la evacuación en caso de necesidad. Igualmente se dispondrá dentro de la plantilla de los intercambiadores de un bombero que se hará responsable de la seguridad en materia de incendios y evacuación.

Por todo ello, la seguridad ha estado presente en todo momento desde el ini-

cio de los proyectos, durante la ejecución de las obras y sobre todo lo estará durante la explotación y funcionamiento de los edificios.

El **Plan General de Explotación**, en el apartado de Seguridad, cuenta con una descripción del Servicio de Vigilancia y de los procedimientos de actuación a llevar a cabo en caso de incidente o emergencia en alguno de los intercambiadores.

side a transport interchange station and its environment, minimising the impact on people, the station and the public transport system.

- To plan the response to incidents and emergencies.
- To cooperate, as indicated in the transport interchange station's own Safety Plan, with external resources.
- To cooperate with any possible evacuation plan.

The Safety Plan for each transport interchange station should include the following activities:

**Identification of the potential risks for the transport interchange stations associated with the following risk factors**

- Natural risks: flooding, earthquakes, snow, ice, storms, etc.
- Technical-technological risks: failure of installations, lack of availability of safety infrastructure, structural failure, etc.
- Environmental risks: physical, biological and chemical agents, etc.
- Risks related to transport: breakdown, accidents, fires, being stuck in tunnels, pedestrian movements, the presence of animals, etc.

Los objetivos principales a conseguir mediante esta herramienta son los siguientes:

- Optimizar la seguridad del intercambiador como lugar seguro, controlando las circunstancias que puedan dar lugar a hechos susceptibles de producir un daño.
- Identificar, evaluar y controlar los factores de riesgo en el interior del intercambiador y en su entorno, minimizando el impacto sobre las personas, el intercambiador y el sistema de transporte público.
- Planificar la respuesta a incidentes y emergencias.
- Cooperar, según lo indicado en el Plan de Seguridad propio del Intercambiador, con los recursos externos.
- Cooperar ante un posible plan de evacuación.

El Plan de Seguridad de cada intercambiador debe incluir las siguientes actividades:

### Identificación de los riesgos potenciales del intercambiador, asociados a los siguientes factores de riesgo

- Riesgos naturales: inundaciones, terremotos, nieve, hielo, tormentas, etc
- Riesgos técnico-tecnológicos: fallo de las instalaciones, falta de disponibilidad de infraestructuras de seguridad, fallos estructurales, etc.
- Riesgos ambientales: agentes físicos, agentes químicos, agentes biológicos, etc.
- Riesgos relacionados con la circulación: averías, accidentes, incendios, retenciones en túneles, circulación de peatones, presencia de animales, etc.
- Riesgos antrópico-sociales: robos, agresiones, atentados, sabotajes, manifestaciones, etc.

### Gestión de Incidentes

- Superadas las medidas de prevención, si ocurre un incidente se confirma el evento, localizando y valorando su gravedad según el nivel de riesgo producido y según los criterios del Plan de Seguridad.
- Las situaciones de riesgo menores causadas por incidentes son las situaciones de alarma y pueden ser generales o locales. Su respuesta constituye la propia gestión del incidente.
- Los recursos necesarios para la gestión de incidentes son los propios establecidos en el Servicio de Vigilancia, reforzados por el personal del Plan de Mantenimiento y Limpieza según se establezca en el Plan de Seguridad.

### Gestión de Emergencias

Las situaciones de riesgo mayor causadas por riesgos elevados o catástrofes se denominan situaciones de emergencia y pueden ser de nivel 1 ó 2.

Los recursos necesarios para la gestión de emergencias, vienen señalados

- Social risks: robbery, aggression, attacks, sabotage, demonstrations, etc.

#### Incident management

- Should the prevention measures be overcome and an incident occurs, this should be confirmed and located, and its seriousness should be evaluated according to the resulting level of risk and according to the Safety Plan.
- Minor risk situations caused by incidents are alarm situations, and can be general or local. The response to this is the management of the incident.
- The resources required for the management of in-

idents are those established in the Monitoring Service, reinforced by personnel from the Maintenance and Cleaning Plan, as established in the Safety Plan.

#### Emergency Management

Major risk situations caused by serious risks or catastrophes are described as emergency situations, and can be at level 1 or level 2.

The resources required for emergency management are detailed in the Safety Plan, and consist of: the internal resources of the transport interchange (Manager,



en el Plan de Seguridad, y están formados por: los propios recursos internos del intercambiador (Gerente, Jefe de Seguridad, Vigilantes de seguridad, Equipos de evacuación) y los externos (Policía municipal, Bomberos, Samur, Cisem, Dirección General de Movilidad, etc) pudiendo tomar el mando de la situación, según lo establecido en el citado Plan de Seguridad, mediante un Coordinador de Emergencia externo que coordine todos los recursos disponibles, incluyendo los propios.

Se establecen tres estados de actuación para cada organismo implicado:

- Estado de Alerta, es el estado previo a una actuación directa en la emergencia y durante el cual se organiza la posible intervención en función de la naturaleza y los datos que se dispongan.
- Estado de Intervención, es el estado en que cada colectivo o mando activa sus procedimientos de actuación.
- Estado de Apoyo, es aquél en que ante la llegada de los recursos solicitados los recursos que estaban en estado de intervención pasan a estado de apoyo a total disposición del Director de Emergencia.

Si la gestión de la emergencia, de acuerdo con lo establecido en el Plan de Seguridad, hace necesaria la evacuación, los recursos anteriormente citados se refuerzan con el personal del Intercambiador adscrito a cualquier otro Servicio que se encuentre disponible.

Para una posible coordinación de recursos propios en caso de necesidad, el Plan de Seguridad del Intercambiador es conocido detalladamente por los servicios de emergencia públicos. ■

Head of Security, security guards, evacuation teams) and external resources (local police, fire services, Samur health services, Cisem, the General Department for Mobility, etc.). In accordance with the Safety Plan, control of the situation may be taken by an external Emergency Coordinator, who would coordinate all available resources, including the station's own resources.

Three states of action have been established for each body involved:

- Alert state: this is the state before direct action in an emergency, during which any possible intervention

is organised based on the nature or the risk and the information available.

- Action state: in which every group or command chain activates their action procedures.
- Support state: in this state, prior to the arrival of the resources requested, the resources which were in the action state change to being in the support state and are fully available for the Emergency Director.

If the management of the emergency, in accordance with the provisions of the Safety Plan, deems it necessary to evacuate the building, the resources cited above will be reinforced by station staff who are registered with any of the Services that are available.

In order to facilitate the coordination of the station's resources in the event of an incident, the transport interchange station's Emergency Plan is known in detail by the public emergency services. ■



## Plan de Gestión ambiental

*Luis Alberto Mouchet,  
Arquitecto y Aparejador*

El presente apartado tiene como objetivo controlar determinados parámetros relacionados con la salud pública y el medio ambiente, de forma que se garantice el mantenimiento, dentro de unos límites seguros y razonables, de las condiciones normales de funcionamiento de un intercambiador.

Dado que los intercambiadores se sitúan bajo rasante y presentan una circulación de autobuses continua que emiten gases nocivos e incrementan la temperatura ambiente. Teniendo en cuenta la gran demanda de usuarios prevista en las horas punta, se ha prestado especial cuidado en la monitorización de las condiciones ambientales, tanto de temperatura como de ventilación, humedad y detección y control de los gases contaminantes en suspensión. Desde el puesto de control del intercambiador se conoce al instante las variables hidrotérmicas así como los distintos gases contaminantes en suspensión existentes.

El Sistema de Gestión Ambiental implantado en la explotación y manteni-

miento de los intercambiadores, está basado en la aplicación de la norma UNE-EN ISO 14001, destacando como apartados fundamentales:

■ **Actuaciones iniciales:** recopilación de información con objeto de conocer e identificar los tipos de actividades a desarrollar durante la explotación y mantenimiento de un intercambiador, el entorno donde se van a llevar a cabo, los medios e instalaciones existentes y los que son necesarios aportar.

■ **Planificación de las actividades:** integrar criterios ambientales en la planificación inicial de la explotación y mantenimiento de un intercambiador, así como realizar su seguimiento y actualización periódica, identificando todas aquellas actividades de la explotación susceptibles de interactuar desde un punto de vista ambiental.

■ **Aspectos ambientales:** Es necesario conocer los elementos de la actividad de explotación que pueden tener repercusiones sobre el medio ambiente, a fin de extremar

### Environmental Management Plan

The objective of this section is to discuss certain parameters related to public health and the environment, so that maintenance of the normal operating activity of the transport interchange station is guaranteed within safe and reasonable limits.

The transport interchange stations are located below ground level and buses are continuously circulating around the station, emitting noxious fumes and increasing the air temperature. Given the high level of passenger demand forecast for peak times, special care has been taken in the monitoring of environmental conditions, such as the temperature, ventilation, humidity, detection and control of pollutant gasses in sus-

pension. The control point for the station is permanently aware of hydro-thermal variables and the levels of pollutant gasses in suspension in the station.

The Environmental Management System implemented for the operation and maintenance of the transport interchange stations is based on the UNE-EN ISO 14001 standard; the main sections of this are:

■ **Initial actions:** Collection of information to be aware of and identify the types of activities to be carried out during the operation and maintenance of the transport interchange station, where such activities



will be carried out, the existing resources and installations, and those necessary to supply.

■ **Planning of activities:** This integrates environmental criteria into the initial planning of the operation and maintenance of the transport interchange station, subsequently monitoring and updating these as necessary, identifying all those operational activities that are likely to have an environmental impact.

■ **Environmental aspects:** It is essential to be aware of the operational activity elements that may affect the environment in order to take appropriate precautions, taking special care of the most significant elements, which will be determined following an evaluation process.

■ **Legal requirements:** It is essential to be aware of the legal and contractual environmental obligations of the transport interchange station during its operations, including those derived from commitments made by the company, as reflected in international regulations binding in Spain, as well as community, regional and local regulations.

■ **Environmental emergencies:** The actions to be taken to prevent, or at least minimise, environmental impact in the event of an environmental accident or emergency in a transport interchange station.

■ **Training, information and awareness raising:** Promoting a culture that encourages the best practices and respectful use of the environment,

through information, training and raising awareness among the workforce, increasing their skills and encouraging wider knowledge of their responsibilities.

■ **Internal supervision:** To ensure that the organisation, itself, is aware of the degree of system implementation, and the adequacy, efficiency and effectiveness of its processes. The organisation should also be aware of any development needs related to its activities, through internal audits carried out by the Community of Madrid's Directorate General of Environmental Evaluation.

las precauciones sobre los mismos, poniendo especial cuidado en los que resulten más relevantes (significativos), que serán determinados tras un proceso de evaluación (valoración).

■ **Requisitos legales:** Es necesario conocer las obligaciones legales y contractuales ambientales que tiene el intercambiador durante el desarrollo de sus actividades, incluyendo las derivadas de los compromisos adquiridos por la propia empresa, reflejadas en la normativa internacional vinculante para el Estado español, la comunitaria, autonómica y municipal.

■ **Emergencias ambientales:** Se han de definir las actuaciones necesarias ante posibles accidentes y situaciones de emergencia ambiental que puedan presentarse en un intercambiador para prevenir, y en su caso minimizar, los impactos sobre el medio ambiente.

■ **Formación, información y sensibilización:** impulsar una cultura favorable de buenas prácticas y

usos respetuosos con el medio ambiente a través de la información, formación y sensibilización de los trabajadores, incrementando la capacitación y favoreciendo un conocimiento más amplio de las responsabilidades.

■ **Supervisión interna:** permite conocer por parte de la propia organización el grado de implantación del sistema, la adecuación, eficacia y eficiencia de sus procesos, y las necesidades de evolución del mismo, por medio de auditorías internas que realiza la Dirección General de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid.

Hay una serie de aspectos ambientales relevantes muy tenidos en cuenta a la hora de ejecutar el Plan ambiental:

■ **Eficiencia energética:** Los intercambiadores cuentan con un sistema de ventilación y refrigeración adecuado y se proporcionará al usuario, mediante los mecanismos oportunos, información sobre la temperatura en el exterior e interior de los mismos.

■ **Control físico:** de ruidos, vibraciones, de compatibilidades electromagnéticas y de protección contra descargas atmosféricas.

■ **Control químico:** contaminación del aire y contaminación del agua.

■ **Control biológico:** de posibles infecciones de carácter biológico de las instalaciones de climatización. No siendo un control del todo necesario, ya que los sistemas instalados en los intercambiadores se basan completamente en métodos “secos” de climatización y por lo tanto la proliferación de bacterias de legionela es prácticamente inviable.

En definitiva, El Plan de Gestión Ambiental, viene a ser el documento que recoge las distintas formas de operar, los recursos y la secuencia de actividades y responsabilidades ligadas a una adecuada gestión ambiental. Todo ello referido a la explotación y mantenimiento de un intercambiador. ■

The following major environmental aspects were taken into account in detail in the Environmental Plan:

- **Energy efficiency:** Transport interchange stations have ventilation and cooling systems, and information is provided to the user on the internal and external temperatures using appropriate signalling devices.
- **Physical control:** Of noise, vibrations, electromagnetic compatibility and protection against discharges into the atmosphere.
- **Chemical control:** Air and water pollution.
- **Biological control:** Of possible biological infection in the climate control installations. This control is

not necessary, as the systems installed in the transport interchange stations are based completely on “dry” methods of climate control, as a result of which the spreading of Legionnaire’s disease bacteria is practically impossible.

In summary, the Environmental Action Plan is a document that covers the various forms of action, the resources and the sequence of activities and the responsibilities related to adequate environmental management. All of the above is set in the context of a transport interchange station. ■







Los objetivos del Plan de Mantenimiento, Conservación y Limpieza son los siguientes:

## Plan de Mantenimiento, conservación y limpieza

*Javier Aldecoa,  
Arquitecto*

- Optimizar la disponibilidad del intercambiador, minimizando el número de averías o problemas, así como el tiempo de solución de los mismos y su impacto en las actividades propias del intercambiador.
- Maximizar la vida útil de la infraestructura y los sistemas.
- Minimizar los costes de explotación.
- Aumentar la seguridad y el confort de los distintos agentes que hacen uso del intercambiador.
- Minimizar el impacto sobre el medio ambiente de las actividades desarrolladas en el intercambiador.

## Actividades y su organización

El Plan de Mantenimiento, Conservación y Limpieza se estructura en tres funciones principales:

- Mantenimiento de las instalaciones, incluyendo:
  - Mantenimiento preventivo
  - Mantenimiento correctivo
  - Mantenimiento técnico-legal
  - Conducción de instalaciones



- Conservación de la infraestructura, incluyendo:
  - Operaciones ordinarias
  - Operaciones extraordinarias
- Limpieza, incluyendo:
  - Operaciones de limpieza ordinarias
  - Operaciones de limpieza extraordinarias

The Maintenance, Repair and Cleaning Plan

The objectives of the Maintenance, Repair and Cleaning Plan are as follows:

- To optimise the availability of the transport interchange station, minimising the number of breakdowns and problems, and the time taken to resolve any such problems and their impact on the station's activities.
- To maximise the useful life of the infrastructure and systems.
- To minimise operating costs.
- To increase the safety and comfort of all parties who use the station.
- To minimise the environmental impact of the station's activities.

Activities and their organisation

The Maintenance, Repair and Cleaning Plan is divided into three main functions:

- Maintenance of installations, including:
  - Preventive maintenance
  - Corrective maintenance
  - Technical-legal maintenance
  - Installation
- Preservation of infrastructure, including:
  - Ordinary operations
  - Extraordinary operations



Y la otra actividad común al Plan General de Explotación y Mantenimiento: Implantación y Seguimiento.

La siguiente figura muestra esta organización de actividades:

### Actividades del Plan de Mantenimiento, Conservación y Limpieza

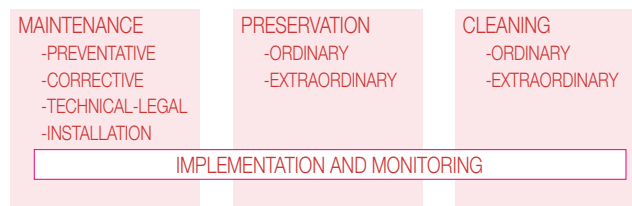


- Cleaning, including:
  - Ordinary cleaning operations
  - Extraordinary cleaning operations

And the other activity that is common to the General Operating and Maintenance Plan: Implementation and Monitoring.

The diagram below shows the organisation of these activities:

### Activities of the Maintenance, Repair and Cleaning Plan





El mantenimiento es la combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, durante el ciclo de vida de un elemento, sistema o equipo, destinadas a conservarlo o devolverlo a un estado en el cual pueda desarrollar su función con las prestaciones requeridas.

El mantenimiento de instalaciones incluye:

- **El mantenimiento preventivo**, es decir, el conjunto de actuaciones periódicas de inspección, supervisión, monitorización, ensayos de conformidad, verificación, revisión, regulación, ajuste, puesta a punto y sustitución sistemática de consumibles y componentes programados previamente para cada instalación concreta, con el objetivo de asegurar su funcionamiento fiable, paliando las desviaciones que se producen durante su funcionamiento normal, con el fin de conservar las instalaciones en condiciones óptimas de disponibilidad, funcionalidad y eficiencia energética, durante su periodo de uso. Un caso particular del mante-

nimiento preventivo es el mantenimiento **predictivo**, encaminado a detectar degradaciones, tendencias o desviaciones respecto de las condiciones de partida predefinidas para, en función de ellas, aplicar nuevas actuaciones de mantenimiento preventivo, modificar las preestablecidas o bien determinar la necesidad de actuaciones correctivas.

- **El mantenimiento correctivo**, que puede comprender actuaciones programadas o no, de reparación o sustitución de elementos, componentes o equipos averiados, fuera de tolerancias o en condiciones precarias de fiabilidad, como consecuencia de circunstancias fortuitas o sobrevenidas por el envejecimiento natural de la instalación o por la aplicación de programas de mantenimiento preventivo inadecuados.
- **El mantenimiento técnico-legal**, referido al conjunto de actuaciones preventivas o correctivas necesarias para dar cumplimiento a las especificaciones establecidas por Reglamentos o Normas de obligado cumplimiento.

Below we describe the activities contained in the Maintenance, Repair and Cleaning Plan.

Maintenance is the sum of the technical, administrative and management actions carried out during the life cycle of an element, system or piece of equipment, in order to conserve it or to return it to a condition in which it can perform its functions to the standard required.

The maintenance of installation includes

- **Preventative maintenance:** The set of periodic inspection, supervision, monitoring, testing, verification, revision, regulation, adjustment, updating and

systematic substitution of consumables and components programmed in advance for each specific installation, so as to ensure reliable operations, offsetting any deviations that may occur during their normal activities, and maintain the installations in peak conditions of availability, functionality and energy efficiency during their period of use. A special case of preventive maintenance is predictive maintenance, which aims to detect decay, negative trends or deviations from the predefined conditions of use in order to apply new preventive maintenance actions, modify those previously established and determine the need for corrective actions.

- **Corrective maintenance:** This may cover both pro-

grammed and non-programmed actions relating to the repair or replacement of elements, components or equipment that have broken down, are outside tolerance limits or have become unreliable due to chance circumstances that have overridden the natural ageing of the item, or as a result of the application of inadequate preventative maintenance.

- **Technical-legal maintenance:** This refers to the set of preventive or corrective actions required in order to comply with the specifications established by Regulations and Standards, and which must be complied with.

- **Installations:** This is the set of actions relating to the

■ La conducción de las instalaciones es el conjunto de actuaciones correspondientes a la gestión y uso diario y sistemático de determinadas instalaciones, incluidas las actuaciones de puesta en servicio, parada, monitorización y manejo diario.

Una adecuada planificación del mantenimiento requiere el conocimiento preciso y exhaustivo de los sistemas a mantener, que debe quedar documentado en el Libro del Edificio con el proyecto "as built" del intercambiador, junto a sus características y las actuaciones de mantenimiento preventivo y técnico-legal a realizar.

La falta de servicio en determinadas instalaciones podría conducir a un deterioro grave de los niveles de seguridad, paralizando la actividad del intercambiador. Por ello, las actividades de mantenimiento deben ser desarrolladas por recursos con un alto grado de disponibilidad.

Durante todo el horario de servicio del intercambiador debe haber un oficial de mantenimiento y conservación que rea-



liza fundamentalmente tareas propias de conducción del edificio, pudiendo alternarlas con otras de mantenimiento preventivo, correctivo, gestión del stock, acompañamiento de subcontratas, pequeñas instalaciones, apoyo a otras actividades del intercambiador, etc.

Las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo podrán ser dotadas con personal propio o subcontratadas a empresas especializadas en cada

una de las instalaciones, no existiendo otro condicionante más que el de la garantía de un servicio eficiente de acuerdo con el Plan de Implantación y Seguimiento.

El mantenimiento técnico-legal será realizado por empresas autorizadas, en régimen de subcontratación, salvo que la sociedad concesionaria del intercambiador tuviera la acreditación necesaria para ello. ■

everyday management and use of certain installations, including their activation, detention, monitoring and daily handling.

Adequate planning of maintenance requires precise and exhaustive knowledge of the systems being maintained, which must be documented in the Building Log Book with the "as built" transport interchange station project, together with its characteristics and the preventative and technical-legal maintenance to be carried out.

A lack of service in particular installations may lead to a serious deterioration in safety levels and may even result in paralysis of the station's activity. As a result,

maintenance activities should be carried out by resources with a high degree of availability.

During all of the hours that the transport interchange station is open and operating, there must have a maintenance and repair official on premises to carry out basic tasks related to the building, which may alternate with other preventative and corrective maintenance tasks, stock management, accompanying sub-contractors, small installations, support for other activities in the station, etc.

The preventive and corrective maintenance tasks may be carried out by employees or by sub-contractors

specialising in each of the installations, with no other requirement than a guarantee of an efficient service in accordance with the Implementation and Monitoring Plan.

Technical-legal maintenance will be carried out by authorised companies, such as sub-contractors, unless the concessionaire for the transport interchange station is, itself, accredited to carry out such work. ■

## Conservación de la infraestructura

Las infraestructuras requieren intervenciones periódicas para asegurar que se conservan en condiciones óptimas de disponibilidad, seguridad, funcionalidad, maximizando su vida útil.

En general, las actuaciones de conservación pueden clasificarse en:

- Actuaciones de **conservación ordinaria**, que incluyen trabajos periódicos o bien pequeñas reparaciones que pueden ser programados, con el fin de preservar la infraestructura en condiciones óptimas de disponibilidad, funcionalidad y eficiencia energética. Se incluyen también entre las actuaciones de conservación ordinaria aquellas encaminadas a detectar degradaciones, o deformaciones anómalas respecto de las condiciones de diseño, que permiten determinar la necesidad de actuaciones correctivas. Las actuaciones de conservación ordinaria incluyen tareas tales como repintado, sellado de juntas, etc.
- Actuaciones de **conservación extraordinaria**, que incluyen corrección de deterioros importantes o

generalizados, que no pueden ser subsanados mediante operaciones de carácter ordinario

Es recomendable que cada intercambiador cuente con un oficial albañil para hacer frente de manera rápida a las tareas más urgentes de esta naturaleza. ■



### Preservation of infrastructure

The infrastructure requires periodic work to ensure that its availability, safety and functionality remain optimum and to maximise its working lives.

In general, this work may be classified into:

- Ordinary conservation including occasional work and small repairs that may be part of a programme to preserve optimum availability, functionality and energy efficiency. Ordinary conservation also includes action to detect deterioration and abnormal deviation from design specifications in order to de-

termine the need for corrective actions. Ordinary conservation actions include such tasks as repainting, sealing of joints, etc.

- Extraordinary conservation which includes correction of serious or generalised deterioration that cannot be corrected through ordinary actions.

It is recommended that each transport interchange station have an official caretaker who attends to the most urgent tasks of this nature. ■

### Cleaning

Of all the quality criteria, the cleaning of the transport interchange station, including the building, installations, entrances, surroundings and parking facilities (if any), is considered to be one of the most important. In addition to its importance as an indicator of quality, cleaning also has an important role to play in public health. Although macroscopic, solid waste is not normally contaminated to any significant degree, dirtiness in general may result in a high degree of bacterial contamination.

The premises designated for commercial activities may have an independent cleaning service, although in this

## Limpeza



La limpieza del intercambiador, incluyendo edificio, instalaciones, accesos, entorno y aparcamiento, si lo hubiera, es uno de los parámetros de calidad percibida más importantes. Al margen de ello, la limpieza tiene un componente adicional en términos de salud pública, ya que aunque los residuos sólidos macroscópicos suelen tener una escasa contaminación, la suciedad puede poseer en sí misma una elevada contaminación bacteriana.

Los locales destinados a las actividades comerciales podrán tener un servicio de limpieza independiente, si bien la sociedad concesionaria debe velar por el mantenimiento de unas condiciones de limpieza e higiénico-sanitarias adecuadas.

Las actuaciones de limpieza se clasifican en:

- Operaciones de limpieza ordinarias, programadas periódicamente y consistentes fundamentalmente en la limpieza general de zonas comunes y distintas dependencias del intercambiador, limpieza de núcleos de aseos y retirada de basu-

ras y residuos sólidos producidos a los lugares previstos al efecto.

- Operaciones de limpieza extraordinarias, realizadas en respuesta a eventos que lo requieran, tales como limpieza de pintadas, vertidos de líquidos en zonas de tránsito de usuarios, retirada de publicidad o información colocada en lugares no habilitados para ello, en el proyecto de señalización, etc.

Cuando el intercambiador permanezca cerrado se procederá a una limpieza general exhaustiva que facilite esta labor durante el horario de servicio del mismo, en el que la limpieza, vaciado de papeleras y recogida de residuos, se realizará de forma continua por el personal del Plan de Mantenimiento, Conservación y Limpieza, registrando en el SGI los resultados de la inspección y poniendo en marcha medidas correctoras en caso necesario.

En el caso particular de los aseos, se efectuará una limpieza básica, reposición de consumibles e inspección cada hora, procediendo cada 2 horas a una limpieza en profundidad, para lo cual se cerrará temporalmente una parte del mismo. ■

case the concessionaire of the station must ensure that adequate hygiene and cleanliness is maintained.

Cleaning activity can be divided into:

- Ordinary cleaning operations which are scheduled on a regular basis and consist of basic cleaning of the common areas and various sections of the transport interchange station, cleaning of toilet units and removal of rubbish and solid waste produced in areas designed for this purpose.
- Extraordinary cleaning carried out in response to events that make such actions necessary, such as, for example, the cleaning of paint and spillage of

liquids in areas used by passengers, the removal of advertising or information from areas where it is not permitted, as part of the signposting project, and so on.

When the transport interchange station is closed, a thorough general clean will be carried out; this will make it easier to keep the station clean during its hours of operation, during which cleaning, emptying of trash bins, collection of rubbish and so on will be carried out continually by Maintenance, Repair and Cleaning staff, with the results of the inspection being recorded in the Integrated Management System, and with corrective measures being put in place as necessary.

In the particular case of toilet facilities, basic cleaning and restocking will be carried out every hour, with thorough cleaning being carried out every two hours, requiring the closure of the portion of the toilet facilities being cleaned. ■



## Puesto de Control Central

*Dionisio González,  
Ing. de Caminos,  
Canales y Puertos.*

Continuando con la apuesta realizada por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid

en los sistemas tecnológicos implantados para gestionar, controlar y supervisar en tiempo real los intercambiadores de transportes promovidos en el Plan de Intercambiadores de Madrid, y con los ojos puestos en la Cita Olímpica de Madrid 2016, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid junto al Ayuntamiento de Madrid y la Consejería de Transportes de la Comunidad de Madrid han decidido seguir apostando e invirtiendo en el desarrollo del denominado Centro Integral de Gestión del Transporte Colectivo.

En la actualidad cada uno de los modos de transporte que presta servicio en la Comunidad de Madrid, véase Metro, Cercanías, red de autobuses interurbanos y EMT, Metros ligeros,... gestionan sus instalaciones e infraestructuras aisladamente operando con sus sistemas locales, que, aún siendo de muy altas prestaciones, están diseñados para el control y supervisión de su medio de transporte sin concebir la interconexión con otros modos. Por tanto, se ve la necesidad de disponer de una plataforma tecnológica centralizada que permita el

intercambio automático de información entre los sistemas locales de los distintos modos de transporte, ya sea ésta referente a explotación, mantenimiento o seguridad.

Igualmente sucede en el tratamiento y resolución de incidentes relacionados con el servicio, que en muchas de las ocasiones, son gestionados indepen-



### 23. Central control point

Continuing with the Madrid Transport Authority's commitment to use technological systems for managing, controlling and supervising transport interchange stations in real time as detailed in the Madrid Transport Interchange Stations Plan, and with a focus to the 2016 Olympics bid, the Regional Transport Authority has decided to continue its initiative to, and investment in, the development of the Integrated Public Transport Management Centre.

At the present time, all the means of transport that serve the Region of Madrid, including the Metro, suburban railway network, the inter-urban bus network and the EMT (Empresa Municipal de Transportes de Madrid

– the Madrid Municipal Transport Company), light railways, etc., manage their facilities and infrastructure independently using their own systems. However, whilst these are highly specified systems, they are exclusively designed for the control and supervision of that particular means of transport, without considering any interconnection with other means of transport. As a result of this, there is a need to have available a centralised technological platform that enables the automatic exchange of information among these local systems for the various different modes of transport, operational, maintenance and safety purposes.

This is also true with regard to the treatment and reso-





dientemente por cada uno de los operadores de transportes, y que sólo en determinadas ocasiones desencadenan avisos manuales entre operadores, pero que hasta el momento no son soportadas ni automatizadas por ningún sistema informático.

En definitiva, todo ello afecta y supone una degradación del servicio prestado

por el transporte colectivo, debido a una menor eficiencia en la explotación del día a día así como en la gestión y resolución de incidentes.

Para dar solución a la problemática expuesta, además de mejorar la capacidad de análisis de la información y por tanto de toma de decisiones, por no hablar de la información dispo-

nible en tiempo real que se puede ofrecer al ciudadano, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid ha planteado el diseño e implantación de una única plataforma tecnológica que se integre con los sistemas particulares de cada modo de transporte, y sea la base que conforme el Centro Integral de Gestión del Transporte Colectivo en el futuro. ■

lution of incidents related to service, which on many occasions are managed independently by each of the transport operators, and which only occasionally send manual notification to each other. However, in the past, this exchange of information was not automated by any information system.

This affects the service provided by the various forms of public transport, resulting in it being less efficient in its daily operations, and in the management and resolution of incidents.

In order to find a solution to this problem, in addition to improve the capacity for information analysis and,

therefore, decision-making, and to ensure that real time information is available that may be relayed to the public, the Madrid Transport Authority has committed itself to the design and implementation of a single technological platform, which will be integrated with the individual systems of each means of transport, and which will provide the base for the Integrated Public Transport Management Centre in the future. ■

## Objeto del centro integral de gestión



Tal y como se contempla hoy en día el transporte colectivo desde el punto de vista del usuario, no cabe hacer distinciones entre los distintos modos sino que el usuario debe percibirlo como un conjunto de servicios gestionados en su totalidad que le ofrecen un abanico de posibilidades para mejorar su movilidad y que le permite elegir en función de sus necesidades.

En este momento se considera interesante alcanzar el reto de disponer de un centro de gestión y supervisión de todos los modos de transporte para que, desde la perspectiva del usuario, se gestione globalmente el transporte colectivo y se facilite el uso del mismo, a la vez que permita el análisis de la información para su estudio con el fin de obtener una mejora continua tanto del servicio y explotación como de las instalaciones e infraestructuras.

Con esta perspectiva se consigue:

- **Mejorar la calidad del servicio** tanto en la explotación en tiempo real como en el futuro, gracias a la información disponible para su análisis, a la vez que garantiza la

mejora de las infraestructuras y por tanto la calidad ofrecida por las mismas, gracias al seguimiento constante de sus instalaciones y el mantenimiento de las mismas.

- **Disminuir el número de incidencias y el tiempo de resolución de las mismas**, ya que se dispone de muchos más modos de transporte que permiten al gestor una abanico más amplio de decisión.
- **Publicar información en tiempo real** del estado y disponibilidad de todos y cada uno de los servicios del transporte colectivo para que el usuario del mismo pueda en cada momento tomar la mejor de las alternativas disponibles en función de sus necesidades.
- **Agilizar y coordinar la toma de decisiones** por parte de cada uno de los operadores implicados en el transporte colectivo.
- **La planificación de emergencias y definición de protocolos** o mecanismos de actuación que per-

### Objective of the Integrated Management Centre

Public transport today is examined from the perspective of a user. As a result, there are no distinctions between the various modes of transport available and the user should conceive them to be a set of services managed as one entity that offers a range of services to improve mobility and enable the user to choose his transport based on his needs.

As a result, it is important to achieve a management and supervision centre for all means of transport so that, from the user's point of view, public transport is managed globally in order to facilitate its use; at the same time this will enable the analysis of information in order to achieve continuous improvements both in

the service and operations, and in the facilities and infrastructure.

This would result in:

- An improvement in the quality of service both in terms of real-time operations and future operations, due to the analysis of a full range of information; at the same time it will also ensure an improvement in infrastructure and, subsequently, in the quality offered to passengers as a result of the constant monitoring and maintenance of installations.
- A decrease in the number of incidents, which may



mitan la movilización tanto de recursos humanos como materiales para ayudar a mantener y gestionar la seguridad en condiciones de crisis.

Cabe destacar que el Centro Integral de Gestión no tiene el propósito u ob-

yecto de controlar las instalaciones de cada uno de los operadores y/o modos de transporte ya que a tal efecto existen centros de control asociados a cada modo de transporte que cuentan con las infraestructuras, conocimiento y experiencia particular de cada caso. Al contrario, su objeto es ser el meca-

nismo de engrase entre todos los modos de transporte que permitan a cada uno de los operadores obtener la mayor cantidad de información disponible en cada momento en lo que se refiere a la movilidad y el transporte colectivo. ■

be resolved in real time as many more means of transport are available and can be used to manage a wider range of decisions.

- Publishing of information in real time on the status and availability of all the public transport services so that the user is always in a position to make a well-reasoned decision about the best alternative based on his particular needs.
- More efficient and coordinated decision-making by each of the operators involved in offering public transport services.
- Emergency planning and the definition of protocols or mechanisms for action that enable the mobilisation of not only human resources, but also material

resources in order to maintain and manage safety in crisis conditions.

It should be stated that the objective or purpose of the Integrated Management Centre is not to control the facilities of each of the operators and/or means of transport, as there are control centres for each mode of transport with their own infrastructures, knowledge and experiences in each case. On the contrary, the objective is to be a mechanism for facilitating communication among all the means of transport in order to ensure that each operator has the largest amount of information relating to public transport movements available at all times. ■

## Diseño del centro integral de gestión

En lo que se refiere al Centro Integral de Gestión se han contemplado varios aspectos bien diferenciados entre sí, pero que sin cualquiera de ellos no se puede realizar el conjunto. Estamos hablando desde aspectos puramente constructivos como puede ser la ubicación y arquitectura del Centro Integral, hasta la definición de los indicadores a presentar en función de las medidas obtenidas de la agregación de los datos.

### Arquitectura Lógica o funcional del sistema

Desde el punto de vista funcional u operativo existen tres grandes aspectos a tener en cuenta, los cuales son operativamente y con requisitos completamente distintos:

- **Supervisión de la operación y resolución de incidentes en tiempo real:** realiza el seguimiento tanto de la explotación como de las instalaciones y su mantenimiento. En función de los datos obtenidos ejecuta o autoriza los procedimientos asociados.

- **Toma de control ante situaciones de crisis o estados de emergencia:** aunque se ha comentado que este Centro Integral de Gestión no está pensado para controlar u operar, hay determinados casos de emergencia en los que se puede considerar interesante la toma de control desde aquí. En cualquier caso para la toma de control se establecen una serie de procedimientos de seguridad para evitar anomalías.

- **Gestión de la información y análisis de la misma mediante un Cuadro de Mando** (también llamado Business Intelligence): el cuadro de mando, como herramienta fundamental a este nivel de gestión, requiere resolver una serie de aspectos y que a continuación se dibujan:

- Determinación de las dimensiones en las que se basarán las medidas a estudiar. Este es sin duda el aspecto más importante de un proyecto de este tipo ya que establece los puntos de vista desde los que se analizará la información disponible.

### The design of the Integrated Management Centre

A wide range of diverse aspects have been considered with regard to the Integrated Management Centre, all of which must be considered to ensure its functioning as a whole unit. These include factors ranging from the purely structural, such as the location and the architecture of the Integrated Management Centre, to the definition of the indicators presented based on the measurements obtained in the aggregation of data.

### Logical and functional architecture of the system

There are three major aspects to take into account from the functional and operational point of view, all of which have completely different requirements:

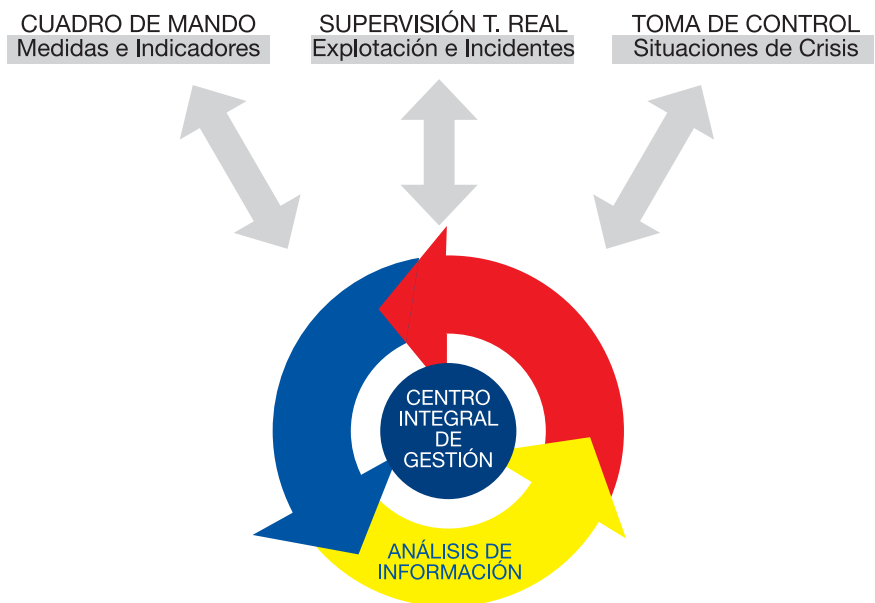
- **Supervision of operations and the resolution of incidents in real time:** Monitoring operations, facilities and their maintenance. Execute or authorise the associated procedures based on the data obtained.

- **Taking control in the event of a crisis or state of emergency:** Although it was previously mentioned that this Integrated Management Centre would not be used for control and operational purposes, there are certain emergency cases in which it may be appropriate to use the centre to take control of the situation. However, a series of security procedures have been established for this change of control to take place



- Determinación de las medidas a obtener mediante la agregación de los datos disponibles en base a las dimensiones establecidas.
- Determinación de los indicadores a presentar mediante la definición explícita de las horquillas en que se deberán situar las anteriores medidas.
- Resolución de la interfaz gráfica del cuadro de mando que permita una visión clara y directa del estado de los distintos modos de transporte.

En la siguiente figura se presentan los distintos niveles de diseño en los que se basa el aplicativo software. ■

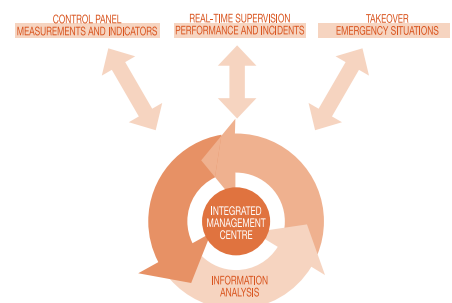


■ Management and analysis of information through a Control Board (also known as Business Intelligence): The control board, as a fundamental tool at this level of management, is required to resolve a series of issues that are described below:

- Determination of the parameters on which the measurements to be studied are based. This is, without any doubt, the most important aspect of a project of this type, as it establishes the points of view from which the information will be analysed.
- Determination of the measurements to be obtained, through the aggregation of the available data based on the established parameters.

- Determination of the indicators to present through the explicit definition of the ranges in which the aforementioned measurements should fall.
- Determination of the graphical user interface for the control board to enable a clear and direct view of the status of the various forms of transport.

The illustration below shows the design levels on which the application software is based. ■



*Interfaz gráfica de acceso a los modos de transporte integrados*  
*Graphical interface for access to the integrated transport modes*



## Ubicación e interconexión de sistemas

En el Centro Integral de Gestión se ubican tanto los sistemas que soportan el centro de control como la propia operativa del mismo, aunque lógicamente se encuentran en zonas aisladas. Se trata por tanto del nodo central del sistema donde confluyen todas las comunicaciones con el resto de sistemas de los distintos operadores de transporte.

En definitiva, a este punto llegan los datos de los distintos sistemas por medios de comunicación diversos, como por ejemplo fibras ópticas monomodo que interconectan el Centro Integral de Gestión con los Puestos de Control Locales de cada uno de los intercambiadores de transporte (SGI).

De este modo los sistemas del Centro Integral de Gestión obtienen todos los datos relativos a cada uno de los modos

de transporte como si la adquisición fuera directa, aunque la adquisición es distribuida por cada modo de transporte que se concentra en un primer nivel en los servidores de control locales a cada modo, para agruparse y transmitirse al sistema central. Las interfaces de conexión de sistemas definidas se han basado en estándares de mercado como servicios web basados en formato XML para el intercambio de datos.

La ilustración de arriba presenta la pantalla inicial del sistema desde donde se puede acceder a cada uno de los modos de transporte integrados hasta la fecha y que nos permite hacernos una idea de las distancias entre los sistemas a comunicar. ■

### Location and interconnection of the systems

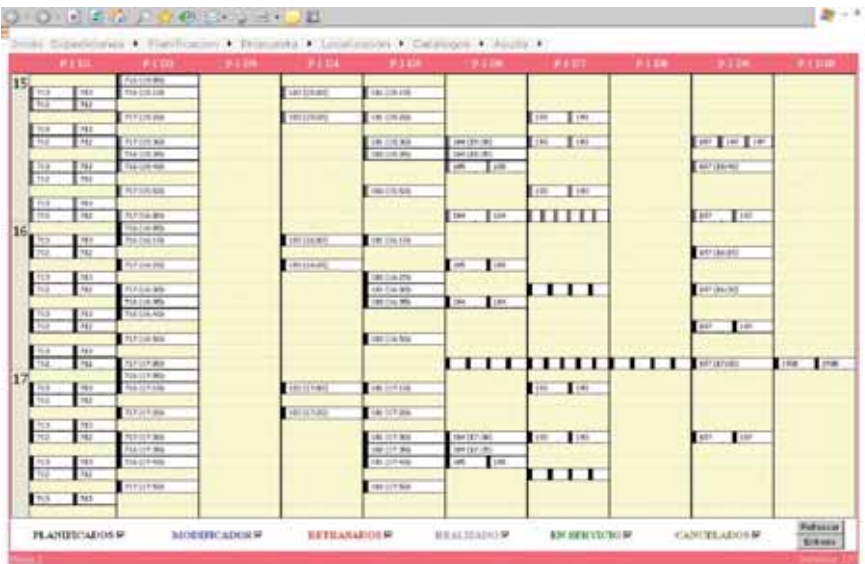
The Integrated Management Centre houses the systems that support the control centre in addition to the operating area for the Centre, although, logically, they are located in isolated areas. This is therefore the central node of the system, where all communications from the systems belonging to the various transport operators come together.

Data arrives from the various systems through a range of communication media, such as single mode fibre optics that connect the Integrated Management Centre to the Local Control Posts of each of the transport interchange stations.

As a result, the Integrated Management Centre obtains all available data relating to each of the modes of transport just as if it had obtained the data directly, although the acquisition is divided by each mode of transport, which concentrates at a first level in the local control servers for each mode of transport, in order for it to be grouped and then sent to the central system. The connection interfaces for the systems defined are based on market standards, such as Web-based services using the XML format for the exchange of data.

The illustration shows the start screen for accessing the system of each of the modes of transport inte-

grated at the present time, providing an idea of the distances between the systems communicating with each other. ■



*Información de gestión de tráfico de un intercambiador en tiempo real  
Real-time traffic management information from a transport interchange station*

## Datos, información y procedimientos

Una vez que todos los datos de los distintos sistemas de transporte llegan al Centro Integral de Gestión, son tratados y asociados a informes, variables en tiempo real y por tanto pasan a considerarse información. A partir de este momento es susceptible de explotar y analizar en el Cuadro de Mando antes descrito, y por tanto deberá ser asociada a medidas en función de las dimensiones establecidas para generar los indicadores definidos.

En función de los estados recibidos de cada modo de transporte y los indicadores obtenidos a partir de los mismos se ejecutarán todos aquellos procedimientos automáticos o manuales que se hayan definido previamente.

A modo de ejemplo, supongamos que una estación intermodal donde finaliza una línea de un tren ligero tiene un avería que implica su indisponibilidad, el sistema del Centro Integral de Gestión

automáticamente actuaría sobre el sistema de información al viajero del propio tren ligero, de modo que los usuarios implicados podrían tomar distintas alternativas.

Es importante destacar que todos los datos de los sistemas locales de cada modo, se almacenan en un único Data-Warehouse que permite realizar cualquier tratamiento posterior desde el Cuadro de Mando. Por tanto, no se trata de terminales remotos de sistemas independientes, sino que el conjunto de la información se está entrelazando permitiendo realizar cualquier tipo de análisis, procedimiento o lógica asociada a los mismos.

En la figura se presentan todos los datos relativos a la gestión de tráfico que en la actualidad se están obteniendo de uno de los intercambiadores de transportes. ■

### Data, information and procedures

Once all the data from the various systems has arrived at the Integrated Management Centre, it is processed and linked to reports that change in real time and may therefore be considered information. From this moment it becomes available to the aforementioned Control Board for use and analysis, and as a result should be associated with measurements based on the parameters established to generate the defined indicators.

Based on the information received from each mode of transport, and the indicators obtained from this infor-

mation, the previously defined manual and automatic procedures are activated.

By way of example, let us suppose that an inter-modal station where a light railway line terminates suffers a breakdown of some kind resulting in its unavailability; the Integrated Management Centre system would automatically send a message using the passenger information system of the light railway, itself, to provide information to the passengers so that they can take alternative transport.

It should be noted that all of the data in local systems for every mode of transport is stored in a single Data

Warehouse, which makes all subsequent processing possible from the Control Board. As a result, we are not dealing with remote terminals of independent systems, but with a full set of interrelated information, which enables us to carry out any type of data analysis or procedure that might be of interest.

The illustration shows all of the data related to traffic management that is currently being obtained from the transport interchange stations. ■

## Beneficios repercutidos a los agentes implicados

Como continuación a los trabajos emprendidos hace ya varios años, se quiere destacar nuevamente los beneficios generados por el Centro Integral de Gestión y que repercute en beneficio de todos los agentes implicados en el transporte colectivo.

El usuario del transporte colectivo es el fin principal del resto de agentes implicados en el sector, y por tanto, la finalidad principal de cualquier iniciativa al respecto redunda en la mejora de la calidad del servicio en beneficio de los usuarios.

Entre las principales mejoras que percibe el usuario con el nuevo centro integral del transporte colectivo tenemos:

- Al igual que ya se comentaba en el caso de los intercambiadores, el usuario dispone de más información y lo que es más importante, actualizada prácticamente en tiempo real en base al estado real de cada modo de transporte. La totalidad de la información le permite de forma rápida, sencilla y guiada, tomar decisiones al respecto.
- Cabe destacar que la información ofrecida no sólo redunda en beneficio del usuario habitual, sino que informa al usuario del transporte privado pudiendo éste reconducir su decisión.
- Garantiza la mejora de las infraestructuras y servicios prestados.
- Disminuye el impacto recibido a causa de las incidencias fortuitas del servicio al reducirse en el tiempo y complementarse con otros modos de transporte.



### The benefits for the parties involved

In continuation of the work begun several years ago, it is appropriate to once again present the benefits generated by the Integrated Management Centre, and the effects of these benefits on all parties involved in public transport.

The main focus of all parties involved in the public transport sector is the transport user; therefore the main aim of any initiative is to increase the quality of service for users.

Among the principle improvements that users notice with the new public transport integrated management centre are:

- As has already been stated with regard to transport interchange stations, more information is available to the user and, more importantly, this information is updated in real time to reflect the status of each mode of transport. This full set of available information enables rapid, simple and guided decision-making with regard to transport options.
- It should be stated that the information offered is not just of use to the habitual user of public transport, as it is also of use to users of private transport who might also change their plans as a result.
- It guarantees the improvement of infrastructure and the services provided.
- It reduces the impact caused by chance incidents

on the public transport service by reducing the time of disruption and alleviating it with other modes of transport.







## Operadoras de transportes y concesionarias de infraestructuras

En la mayor parte de los casos cualquier anomalía externa a la instalación o modo de transporte en concreto, genera perturbaciones en la explotación habitual de su modo o infraestructura, lo cual implica una reacción casi inmediata y complicada. Gracias a que la información externa antes desconocida es ahora accesible, la toma de decisiones es previa al problema, con las ventajas que supone.

- Puede planificar los incidentes que se le van a producir al disponer de información actualizada al momento.
- Las incidencias de terceros afectarán en menor medida en sus infraestructuras gracias a la información suministrada al usuario.

### Transport Operators and infrastructure concessionaires

In the majority of cases, any incident external to the installation or mode of transport causes disruption to normal operations, and this requires an almost immediate response. In the past this was difficult; however, thanks to the information that is now accessible, decisions can be made even before a problem develops, with all of the subsequent advantages.

- The incidents that are about to happen can be planned for as up-to-date information is made available.
- Incidents involving third parties will have a smaller effect on transport infrastructures as a result of the information provided to users.

- La resolución de incidentes propios se soportará no sólo con sus propios medios, sino con la totalidad del transporte colectivo.
- Análisis de la totalidad de la información que permita generar procedimientos de actuación a futuro.

El CRTM, como autoridad competente en materia de transporte público, debe velar por el servicio que se presta en el conjunto del transporte colectivo y es el responsable de ejecutar los procedimientos predefinidos.

- Disponer de las herramientas para analizar la correcta explotación de la totalidad del transporte colectivo e introducir mejoras

- Incidents can be resolved not just with their own resources, but with the combined resources of all public transport.
- Analysis of all the available information enables procedures to be generated for action in the future.

The Madrid Transport Authority, as the body responsible for public transport, has a duty to oversee the public transport service provided as a whole and to implement the predefined procedures.

- It has the tools to analyse whether the full range of public transport is being used appropriately and to



como resultado de la gestión del conocimiento.

- Asegurar que los viajeros están informados y atendidos.
- Disponer de un interfaz donde monitorizar y supervisar el estado en tiempo real de los distintos servicios prestados en cada uno de los modos de transporte.
- En caso de crisis, tomar el control en situación de emergencia y ejecutar los procedimientos de seguridad oportunos.

La puesta en marcha del Centro Integral de Gestión del Transporte Colectivo contribuye a asegurar una gestión más eficaz de la movilidad, al desarrollar estrategias desde un punto de vista integral, considerando dentro de su alcance la totalidad de los modos de

transporte en sus distintas vertientes, optimizando el día a día de los millones de desplazamientos que se producen en la Comunidad de Madrid y favoreciendo una rápida toma de decisiones ante incidencias en el servicio o situaciones excepcionales o de emergencia.

El conjunto de los operadores de los distintos modos de transporte se están integrando en el sistema, a la vez que participan en la definición de los procedimientos de operación, explotación y emergencia a implementar en el sistema. En la actualidad se encuentran integrados no sólo los intercambiadores de transportes que promovieron inicialmente el proyecto, sino los Metros ligeros y Tranvías que han entrado en operación recientemente.

La identificación de los indicadores de servicio mediante la definición explícita de las horquillas en que se deberán situar las medidas asociadas, junto con la extracción de información consolidada desde las distintas fuentes y el almacenamiento de la tablas de hecho, permiten realizar un seguimiento sencillo y directo del estado de los diferentes modos de transporte, a la vez que realizar un análisis futuro para ejecutar una correcta gestión del conocimiento. ■

introduce improvements based on the results of this knowledge management.

- It ensures that passengers are informed and that they are looked after.
- It has an interface for monitoring and supervising the status of the services provided by all the modes of transport in real time.
- In the event of a crisis, it can take control of the situation and implement the appropriate safety and security procedures.

Launching the Integrated Public Transport Management Centre contributes to the assurance of more efficient mobility management by developing strategies

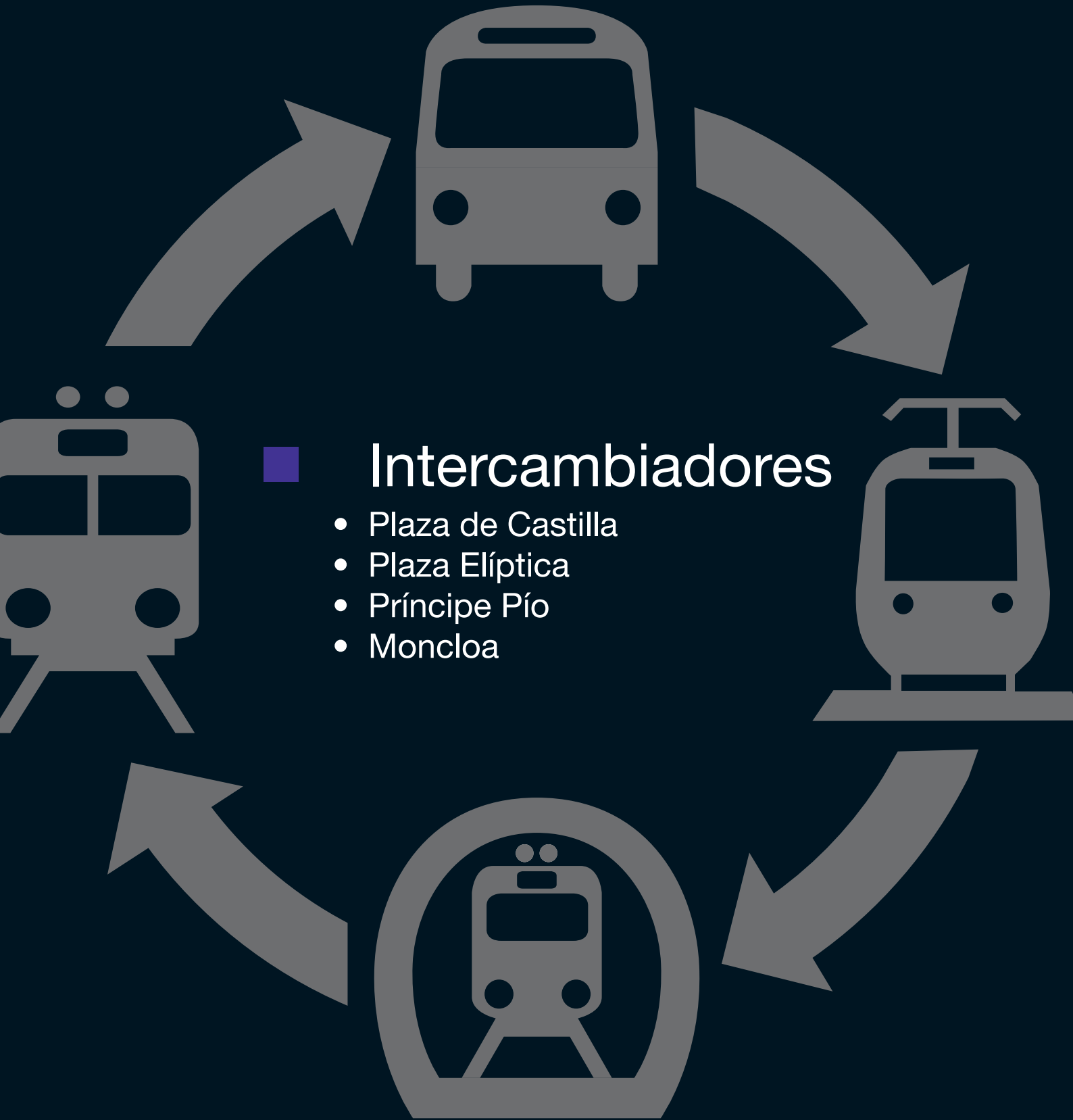
through an integrated approach; its scope includes all modes of transport and, as such, it improves millions of journeys in the Region of Madrid everyday. It also facilitates rapid decision-making in the event of any incident with the service provided or when faced with an exceptional situation or emergency.

All of the operators of the various modes of transport are being integrated into the system and are involved in the definition of the operational, use and emergency procedures to be implemented in the system. At the present time, the integrated system involves not just the transport interchange stations, which initially promoted the project, but also the light railways and trams

that have recently come into operation.

Identification of service indicators through the explicit definition of the ranges in which the associated measurements should fall, in addition to the extraction of consolidated information from the full range of informational sources and its consolidation in tables, makes monitoring the status of the various modes of transport easy and direct. In addition, it also carries out an analysis of the future in order to effect appropriate knowledge management. ■





## Intercambiadores

- Plaza de Castilla
- Plaza Elíptica
- Príncipe Pío
- Moncloa





Plaza de Castilla

# Plaza de Castilla

Tomás Melero,  
Ing. de Caminos  
Canales y Puertos

# e

El 17 de agosto de 2005 el primer pilote comenzaba a perforarse en la Avenida de Asturias.

Significaba el inicio de las obras del Intercambiador de Transportes y aparcamiento público de Plaza de Castilla, el mayor de los contemplados en el Plan de Intercambiadores de Madrid, en cuanto a ocupación viaria y superficie total construida.

Mediante convenio del Ayuntamiento, Comunidad de Madrid y el Consorcio Regional de Transportes, el Plan había visto la luz un año antes, el 7 de abril de 2004.

Durante el periodo transcurrido entre la firma del convenio y el inicio de la construcción, la entidad encargada de su gestión, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid, trabajó las bases para la licitación del concurso por Concesión administrativa y redactó el Proyecto de construcción.

El proyecto completo concibió el desarrollo de un edificio en tres niveles, con capacidad para 34 dársenas a las que los usuarios acceden desde la calle y desde el Metro sin que existan cruces a nivel con los autobuses.

El espacio liberado en superficie por los autobuses interurbanos se reordenó habilitándolo para acoger autobuses urbanos de la EMT, con un edificio Terminal y conexión directa con la red de Metro y el resto del Intercambiador.

Dos túneles superpuestos con sentido único de circulación y cerca de un kiló-



## Plaza de Castilla

On August 17, 2005 the first pile began to be sunk on the Avenida de Asturias. This was the start of work on the transport interchange station and public car parking lot in Plaza de Castilla, which is the largest of those planned in the Madrid Transport Interchange Plan in terms of total building area and road occupation.

The Plan came into being one year earlier, on April 7, 2004, through an agreement involving the Madrid City Council, the Regional Government of Madrid and the Regional Transport Authority. During the period between the signing of the agreement and the start of construction, the body responsible for management of the project, the Madrid Regional Transport Authority,

prepared the construction project and developed the basis for the tender to operate the new transport interchange station.

The full project consists of the development of a building on three levels, with capacity for 34 bus bays, public access from street lines from the Metro, without there being any crossing with the buses.

The space freed on the surface by the removal of the inter-urban buses was reorganised and made suitable for urban buses belonging to the EMT, with a terminal building and a direct connection to the Metro network and the rest of the transport interchange station.



metro de desarrollo unen el Intercambiador con el Paseo de la Castellana y, mediante dos ramales, con el futuro distribuidor norte.

La construcción del intercambiador contempla además, la puesta en servicio de 400 plazas de aparcamiento público de rotación dentro de su ámbito.■

## Concesión

La Concesión administrativa, por su parte, se resolvió a favor de la entidad Intercambiador Plaza de Castilla S.A., formada por: Interurbana de Autobuses, S.A. (34%), Continental Auto, S.L. (22%), Dragados, S.A. (20%), Grupo Enatcar, S.A. (8%), Herederos de J. Colmenarejo (8%), Cobra Instalaciones y Servicios, S.A. (5%), y Trapsa (3%).

El contrato de concesión contempla la construcción, explotación y mantenimiento del Intercambiador de Transportes por un periodo de 33 años.■



Two superimposed tunnels in a single direction with a double carriageway and nearly one kilometre in total length link the station with the Paseo de la Castellana and, through two branches, with the future northern distributor and the Chamartín transport interchange station.

The construction includes 400 parking places for vehicles inside the infrastructure.■

### Concession

The concession to operate the transport interchange station was awarded to the company Intercambiador Plaza de Castilla, S.A., which was formed by the companies Interurbana de Autobuses, S.A. (34%), Continental Auto, S.L. (22%), Dragados, S.A. (20%), Grupo Enatcar, S.A. (8%), Herederos de J. Colmenarejo (8%), Cobra Instalaciones y Servicios, S.A. (5%) and Trapsa (3%).

The concession contract includes the construction, operation and maintenance of the transport interchange station for a period of 33 years.■

## Proyecto

Hasta alcanzar la configuración definitiva de proyecto, se analizaron diversas alternativas, siempre con el objetivo presente de una óptima comunicación con Metro. Ya que se trata del intercambio más frecuente con alrededor de 50.000 trasbordos diarios con los autobuses interurbanos.

Pronto los condicionantes de espacio bajo rasante indicaron el desarrollo bajo la Avenida de Asturias como el más propicio y, en consecuencia, la inmediata relación del Intercambiador con la línea 1 de Metro.

La estación de esta línea de Metro en Plaza de Castilla se encontraba muy somera, por lo que se diseñó un amplio vestíbulo bajo andenes que permitiese, al tiempo, una excelente relación con la línea 1 y una comunicación con las otras líneas presentes en la plaza (líneas 9 y 10 de Metro).

Resuelto el principal intercambio, hubo que definir el espacio a ocupar por los autobuses interurbanos. El número de puntos de parada exigía la disposición en dos niveles, con el ámbito de intercambio con Metro entre ambos.

De nuevo el espacio condicionaba la solución. La distancia libre en la sección transversal de la avenida no alcanzaba ni 40 m y, por tanto, las rampas de relación entre plantas de autobuses con los túneles debían disponerse en un módulo distinto del destinado a embarque de viajeros.

La propuesta inicial desarrollaba una L bajo la Avenida de Asturias y la primera perpendicular, a la calle San Aquilino. El módulo de Avenida de Asturias acogía las paradas de autobuses y el de la calle San Aquilino las conexiones entre niveles con el acceso.

El número total de dársenas respondía a las demandas actuales pero ampliando el módulo de Avenida de Asturias hacia el Oeste, con la configuración definitiva en T queda una reserva de capacidad futura. La presencia de la línea 9 bajo la solera del tercer piso del Intercambiador impedía plantear este crecimiento en vertical.

Sólo el tercer nivel podía ser sometido a esta ampliación, pues la avenida pierde cota conforme se aleja de la Plaza de Castilla; no dejando gálibo

**Project** Before the definitive design of the project was decided, a wide range of possible alternatives were analysed, always focussing on the objective of achieving optimum communication with the Metro system. This is the most heavily used transport interchange station, with around 50,000 inter-urban bus journeys per day.

The Metro conditions were soon found to favour development under the Avenida de Asturias as the most appropriate option that offered an immediate link between the station and the Metro line 1.

Because the line 1 Plaza de Castilla Metro station was very close to the street surface, a large entrance hall was

designed underneath the platforms, enabling an excellent connection with line 1, and connections with the other lines that serve Plaza de Castilla (Metro lines 9 and 10).

Once the principle transport interchange station had been decided upon, it was necessary to define the space to be used by the inter-urban buses. The number of necessary stops required the use of two levels, with connection to the Metro from both levels. Once again, the space available conditioned the solution. Because the free area across the Avenida de Asturias was less than 40 metres wide, the ramps connecting the bus levels and the tunnels had to be in a different module than that used for passenger boarding.



The initial proposal was an L-shaped design underneath the Avenida de Asturias and the first cross road, Calle San Aquilino. The Avenida de Asturias module included the bus stops and the Calle San Aquilino module included the connections between the levels and the exit.

While the total number of bus bays is based upon current demand levels, the westward expansion of the Avenida de Asturias module resulted in the station's final T-shaped configuration and provided a reserve for future expansion. The presence of Metro line 9 under the base of the third floor of the transport interchange station made it impossible to build vertically.

Only the third level could be expanded in this way, as the Avenida de Asturias slopes away from Plaza de Castilla, not leaving headroom for the expansion of the first floor.

The car parking lot, with less restrictive geometry in terms of floors and height, exploited the space above the western extension of the last level and the strip between the ramps in the Calle San Aquilino module. Moving the inter-urban bus lines underground freed up surface space that the redesign project planned to use to reorganise, rationalise and integrate the urban bus services in Plaza de Castilla, which are responsible for 75,000 passenger journeys every day, with the other

modes of transport. This reduces the pressure on the perimeter of the Plaza de Castilla, generating space that would enable makes the redesign the Plaza, itself.

The design consists of a Terminal building at ground level with direct connections to the inter-urban buses and the underground. Both levels can be accessed from the second level of the transport interchange stations, avoiding all crossing of carriageways. The bus bays for the EMT bus lines were designed around this building.

During the construction period from 2005-7, this functional design was not fully developed, so as not to af-

vertical al crecimiento de la primera planta.

El aparcamiento, con una geometría menos estricta en planta y alzado, aprovecha el espacio sobre la ampliación oeste del último nivel y la franja entre rampas del módulo de la calle San Aquilino.

Las líneas interurbanas, al trasladarse bajo rasante, liberan en superficie un ámbito que, en la concepción de proyecto, permite reordenar, racionalizar e integrar espacialmente con el resto de modos las líneas urbanas de autobuses, responsables del movimiento de 75.000 viajeros diarios en Plaza de Castilla. Se disminuye así la presión sobre el perímetro de la plaza generando espacios de oportunidad para el rediseño de la misma.

El diseño consta de un edificio Terminal sobre rasante en conexión directa con los autobuses interurbanos y con el Metro. Puede accederse a ambos niveles por el segundo nivel del Intercambiador suprimiendo todo cruce de calzadas.

Alrededor de este edificio, se configuran en isla las dársenas de parada de

las líneas terminales de la EMT (Empresa Municipal de Transportes del Ayuntamiento de Madrid).

En la fase construida en el periodo 2005-2007 la concepción funcional no ha sido desarrollada en su plenitud. La conexión del área de interurbanos con Metro se resuelve mediante tres galerías, dos de ellas parten de la segunda planta bajo rasante y alcanzan el pasillo de relación de las líneas 1, 9 y 10 de la estación de Metro de Plaza de Castilla y la otra parte del nivel -1 y conecta directamente con la terminal en superficie de los autobuses urbanos.

El último nivel del Intercambiador se reduce en 6 dársenas y 5 espacios de regulación, dando con 28 dársenas respuesta suficiente a las demandas actuales del Intercambiador. ■

fect traffic in Plaza de Castilla or Metro Line 1. The connection of the inter-urban bus area with the Metro is achieved through three galleries two of them goes from the second subterranean floor to the passageway joining lines 1, 9 and 10 of the Plaza de Castilla Metro station and the third one connects the first level with the surface terminal for urban buses.

The last level of the transport interchange station was reduced to six bays and five spaces for regulating traffic flow, as 28 bus bays in total provide sufficient service for current levels of demand in the station. ■

## Túneles de acceso

Entrance tunnels



Desde su primera concepción, teniendo en cuenta motivos evidentes de seguridad se decidió el desarrollo independiente de un túnel por cada sentido de circulación.

La primera tentativa planteaba los túneles de acceso por el lateral del Paseo de la Castellana. La ampliación de la línea 1 de Metro, entre otros condicionantes, decantó la decisión final a favor de otro trazado.

El desarrollo del túnel se efectuó bajo la rasante de la calle de San Aquilino hasta encontrar el Paseo de la Castellana en la desembocadura de la calle de Luís Esteban y finalizar el túnel en el

cruce del paseo con la calle de Sinesio Delgado.

La anchura de la vía impone la superposición de los túneles, situándose el de entrada sobre el de circulación de salida.

Alcanzado el Paseo de la Castellana los trazados se bifurcan configurando cuatro ramales. Dos de entrada en la acera de los números impares y dos de salida en la de los pares.

De los ramales de entrada, una rampa da acceso nace desde el tronco del Paseo de la Castellana y el otro muere contra el túnel exclusivo de autobuses que conectará con el futuro nudo norte.

De manera similar, una de las salidas permite ascender al lateral del Paseo de la Castellana y la otra finaliza en el encuentro con el túnel iniciado con motivo de las obras del distribuidor norte.

Se obtiene, con esta actuación, un kilómetro de recorrido en calzada exclusiva de todas las expediciones con cabecera en el Intercambiador, eludiendo los atascos e incidencias propias del tramo más urbano de sus itinerarios.

Cuando el túnel exclusivo se desarrolle hasta alcanzar la A-1 y la M-607, la mejora sustancial que supone el tramo puesto en servicio por el Intercambiador se multiplicará. ■

From the very beginning, and taking into consideration safety issues, it was decided to develop an independent tunnel for each direction of circulation.

The first version planned entrance tunnels at the sides of the Paseo de la Castellana. However, the expansion of Metro Line 1, among other factors, led to the choice of another layout.

The tunnel was developed below the Calle de San Aquilino, extending towards the Paseo de la Castellana at the junction with Calle de Luís Esteban, and ending at the crossroads of the Paseo de la Castellana with Calle de Sinesio Delgado.

The width of the roadway made it essential to superimpose the tunnels, with the entrance tunnel above the exit tunnel. Upon uniting with the Paseo de la Castellana, these carriageways divide into two, resulting in four branches. Two of these provide a street-level entrance on the odd-numbered side of the street, while the other two are used as exits on the even-numbered side of the street. Of the entrance branches, one access ramp begins at the trunk of the Paseo de la Castellana and the other finishes in the tunnel exclusively for bus use, which will eventually connect with the future northern node.

Similarly, one of the exits enables access to one side of the Paseo de la Castellana and the other ends upon

meeting the tunnel, which began as a result of the work on the northern traffic distributor. Subsequently, there is one kilometre of route exclusively for journeys that begin or end in the transport interchange station; this avoids the traffic jams and incidents that are common in most urban parts of such bus journeys.

Once the exclusive tunnel is built to reach the A-1 and M-607 motorways, the substantial improvement in traffic flow initiated by the development of the transport interchange station will multiply. ■

## Estructura

Cuando se analiza el Intercambiador de transportes de Plaza Castilla se asume que nos encontramos ante la ejecución de dos grandes obras civiles: el edificio del Intercambiador y los túneles de acceso.

El principal reto estructural del edificio viene de las condiciones de entorno urbano de la obra. Enfrentar el Intercambiador significa plantear un vaciado de 20 m de profundidad junto a la fachada de edificios de hasta los 115 m de altura de la torre de Caja Madrid y con la cota de excavación a escasos metros de la clave del túnel de línea 9 de Metro.

Bajo estas condiciones, tener desde el proyecto un control estricto de las deformaciones de las pantallas y eludir la transmisión de cargas a una línea de Metro en pleno servicio, se convierten en objetivos fundamentales.

Las pantallas se resolvieron ejecutando pilotes de 1 m de diámetro debidamente armados con distancia intereje de 1,15 m.

La línea 9 de metro se puentó con

una hilera de pilotes con arranque en la solera y una losa de cimentación de 1,7 m de canto, que permitió puentear la clave del túnel y no transmitirle las cargas.

Además, en el tramo en que la pantalla perimetral se sitúa sobre el túnel se redujo el empotramiento de los pilotes y se adosó un muro de hormigón para separar las funciones de sostenimiento de tierras y transmisión de cargas verticales.

La concepción estructural incide directamente en el procedimiento constructivo dado que hasta la ejecución de una cimentación de tal entidad, es necesario disminuir las cargas a soportar por la estructura.

Esto se traduce en: excavar la totalidad del vaciado de forma continua hasta la cota de cimentación, sin ejecutar los forjados intermedios y construir una estructura provisional de pilas-pilote para el reparto del peso propio de la losa superior.

El resultado de esta fase intermedia es, en esencia, sobrecogedor, su visita re-

### Structure

When we analyse the Plaza de Castilla transport interchange station, it can be seen that we are looking at two major civil engineering projects: the construction of the transport interchange station, itself, and the construction of the access tunnels.

The main structural challenge relating to the construction was the urban environment in which the work was to be carried out. Building the transport interchange station meant excavating to a depth of 20 metres next to the facades of buildings that were 115 metres in height, in the case of the Caja Madrid tower, and with a margin for excavation of just a few metres from the tunnel of the Metro line 9.

Faced with these conditions, two of the basic objectives of the project were to monitor and control any deformations in the screen walls, and to ensure that no loads were placed on a fully functioning Metro line.

The screen walls were achieved by driving duly reinforced 1m piles with a spacing of 1.15 metres.

Line 9 was bridged with a course of piles driven into the base levels, and a 1.7 metre-thick cantilevered foundation slab, which enabled the tunnel to be bridged without any load being placed on it.

In addition, in the stretch where the perimeter screen



produjo las sensaciones percibidas en una catedral gótica.

Cuando se termina la cimentación van cimbrándose los niveles intermedios, ejecutándolos de abajo a arriba de manera escalonada.

When the wall was located over the tunnel, the depth of the piles was reduced and a concrete wall was built alongside in order to separate the functions of retaining earth and transmitting vertical loads.

The structural concept had a direct effect on the construction procedures, as, until foundations of this type have been prepared, it is essential to reduce the loads to be borne by the structure. In practice, this results in: excavating the whole void continuously to the foundation level without using intermediate flooring, and building a provisional structure of pile piers to distribute the weight of the upper slab. The result of this intermediary phase is quite overwhelming – the feelings generated

Los túneles de acceso, encajados en una calle de 15 m entre fachada de edificios, y con 8,5 m de gálibo horizontal entre caras externas de pilote, exigen superponer el túnel de entrada al de salida y mantener una deformada muy limitada.

upon its visit are similar to those experienced in a Gothic cathedral.

Once the foundations have been laid, the intermediary levels are then built, stepped from bottom to top.

Building the access tunnels, which were fitted into a street that was 15 metres-wide between the facades of the buildings, and with 8.5 metres of horizontal clearance between the external faces of the piles, required superimposing the entry tunnel on the exit tunnel, and ensuring that deformation was very limited.

As a result, five levels of bracing were used, which

Se ejecutan, por ello, cinco niveles de arriostramiento que van confinando, desde la losa superior, los pilotes de diámetro 65 cm en cuatro niveles: nivel de instalaciones del túnel superior, zona de circulación de entrada, nivel de instalaciones del túnel inferior y túnel de salida. ■

confined the 65 cm-diameter piles in four levels from the upper slab: the level for the installations of the upper tunnel, the entrance tunnel, the level for installations for the lower tunnel and the exit tunnel. ■

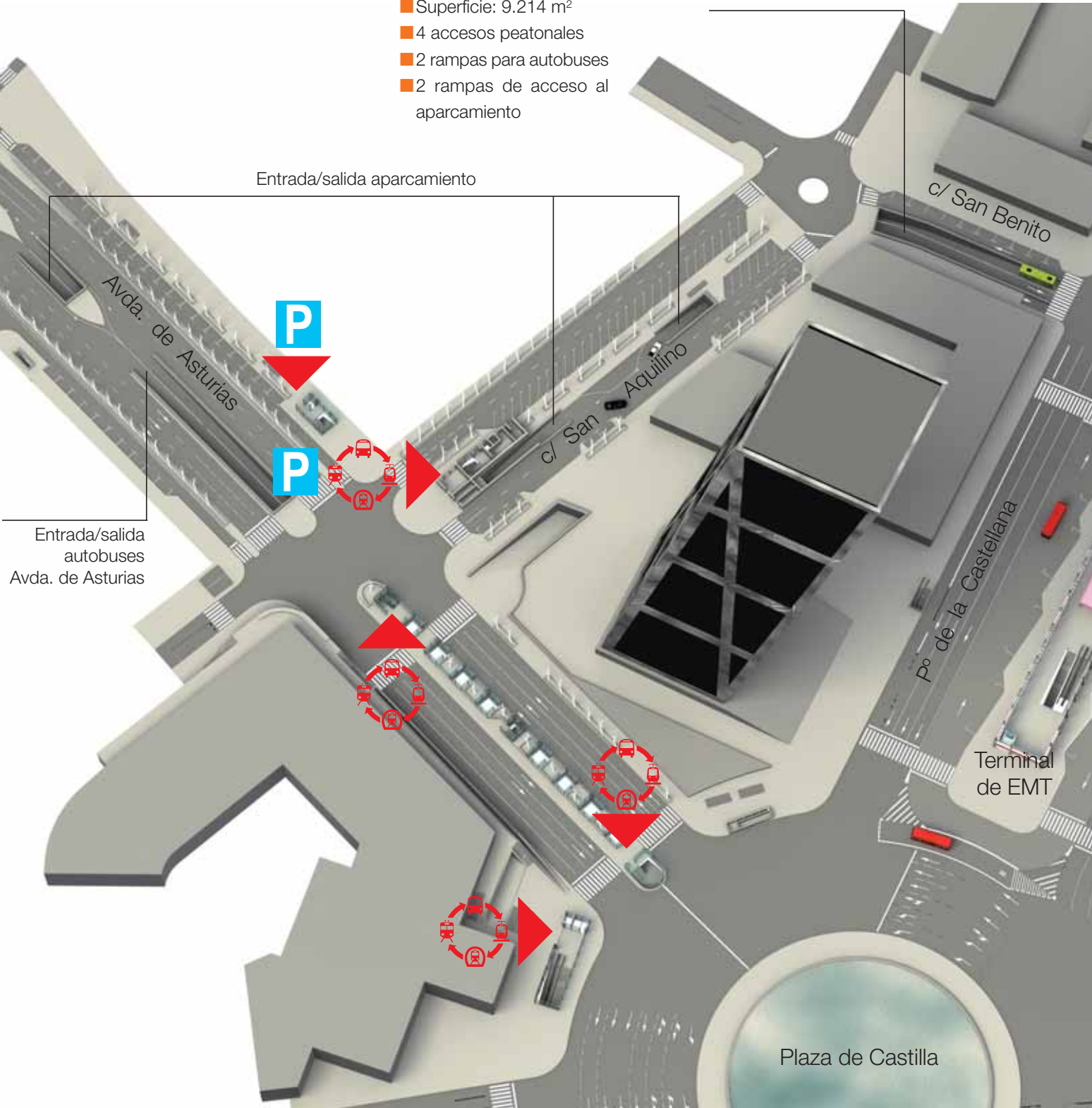
## Nivel superficie

### Accesos:

- Superficie: 9.214 m<sup>2</sup>
- 4 accesos peatonales
- 2 rampas para autobuses
- 2 rampas de acceso al aparcamiento

Entrada/salida autobuses  
c/ San Benito

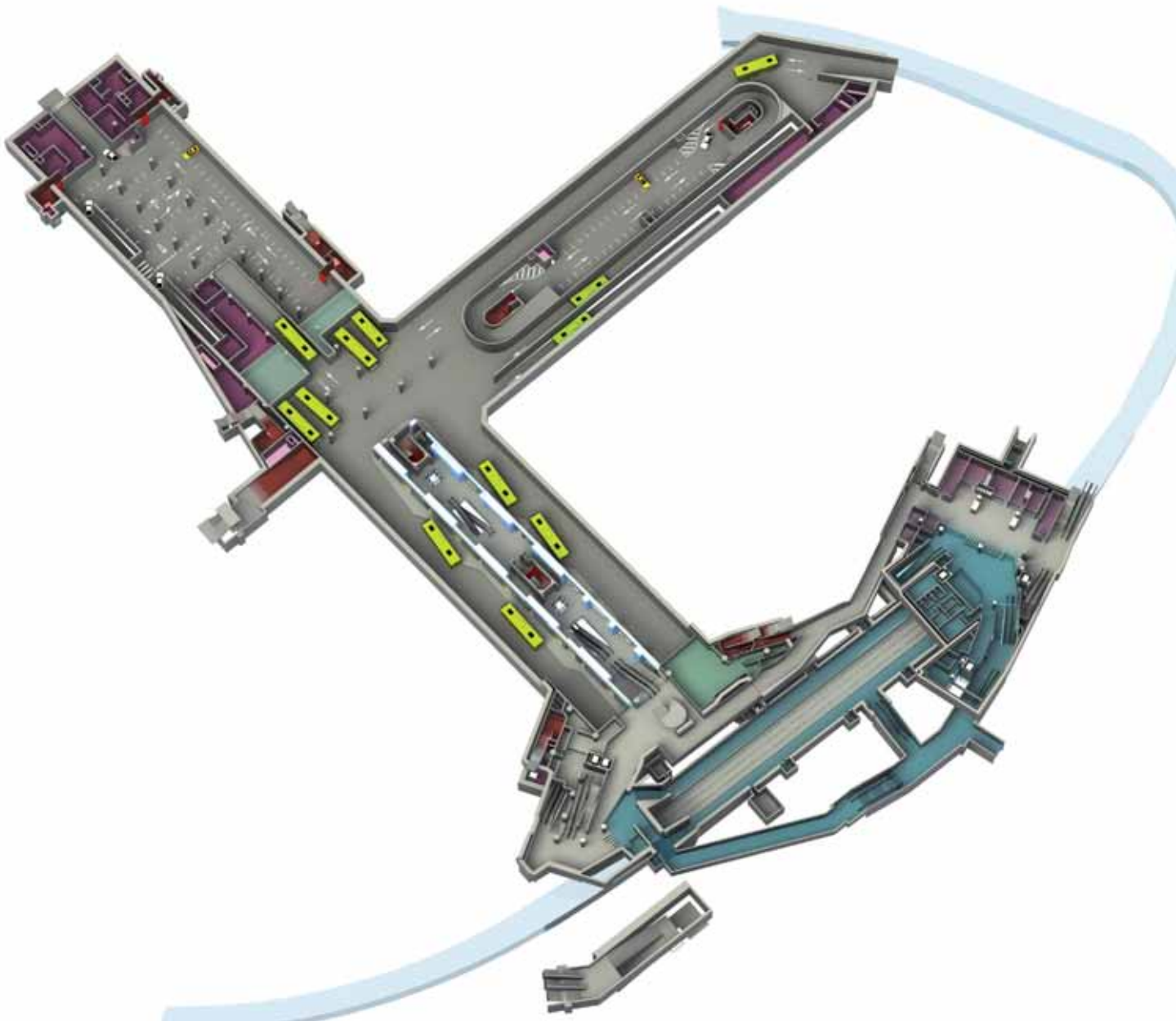
Entrada/salida aparcamiento



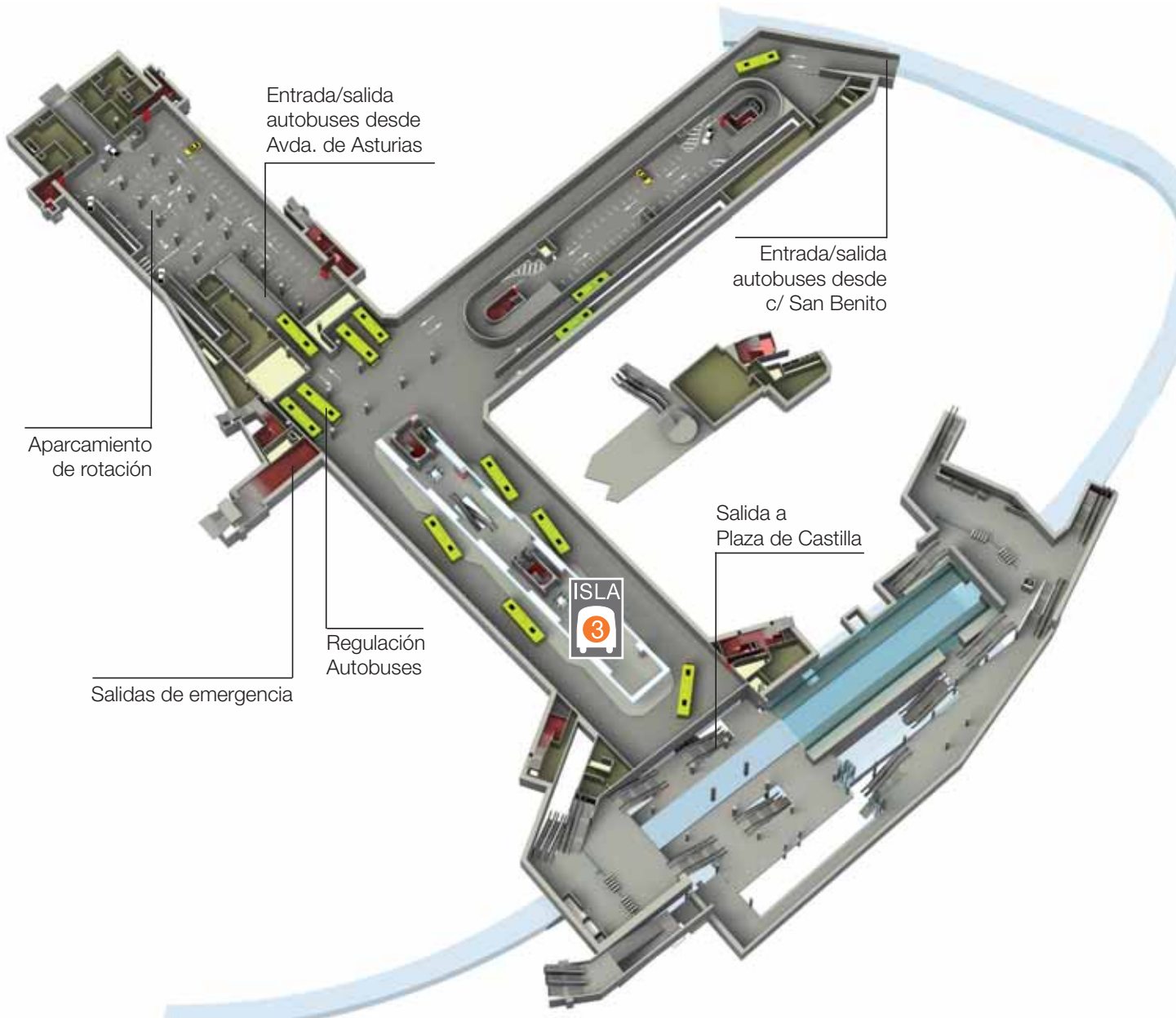
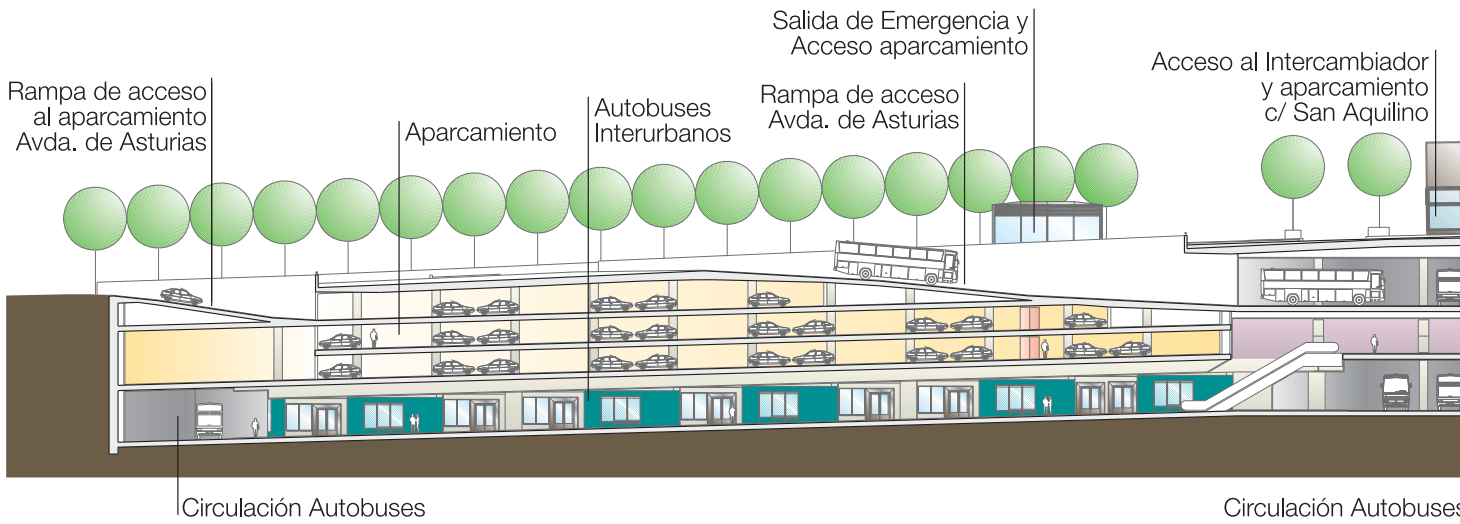
Intercambiadores ■ Plaza de Castilla



Nivel entreplanta -----:  
■ Superficie: -----



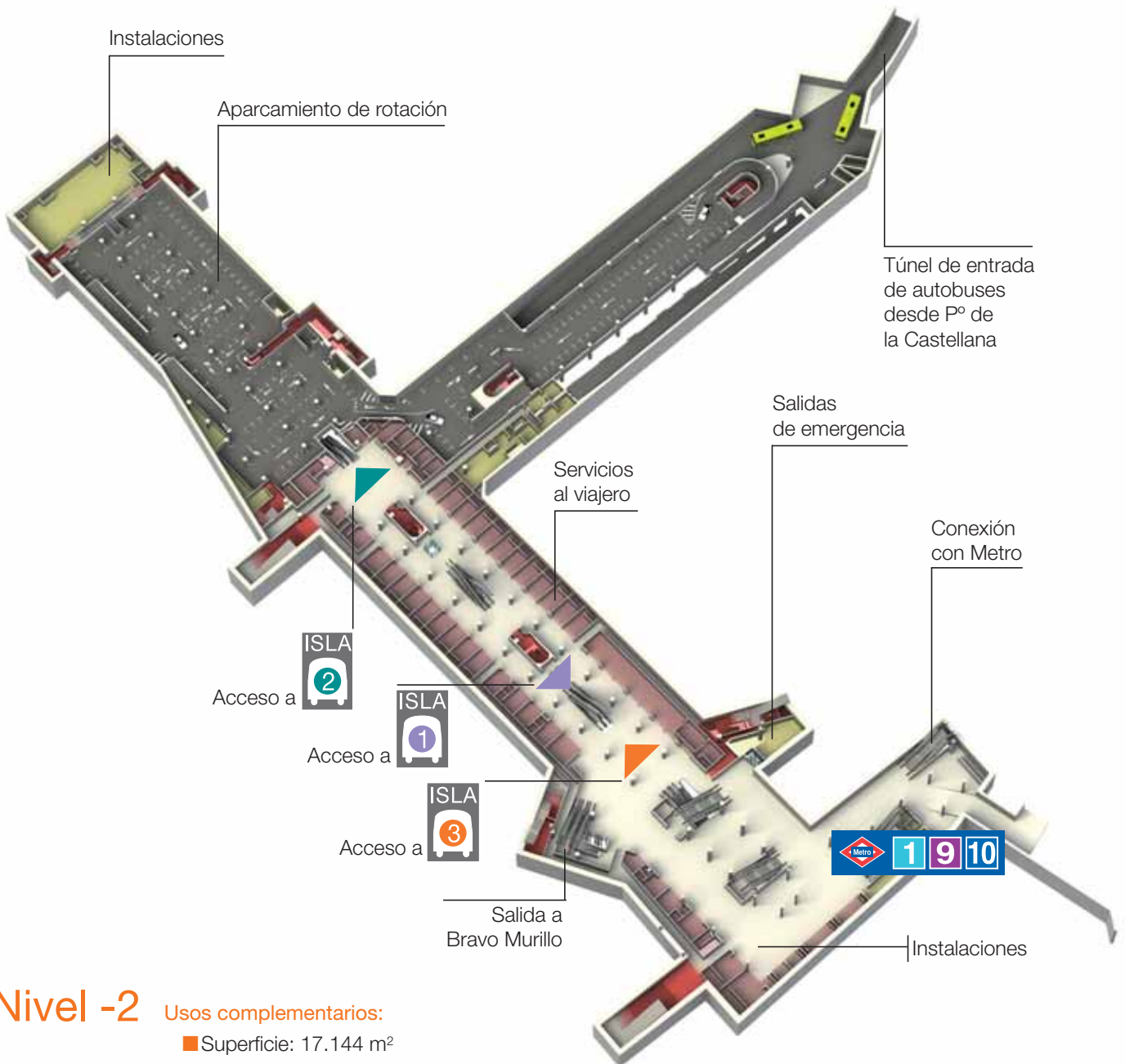
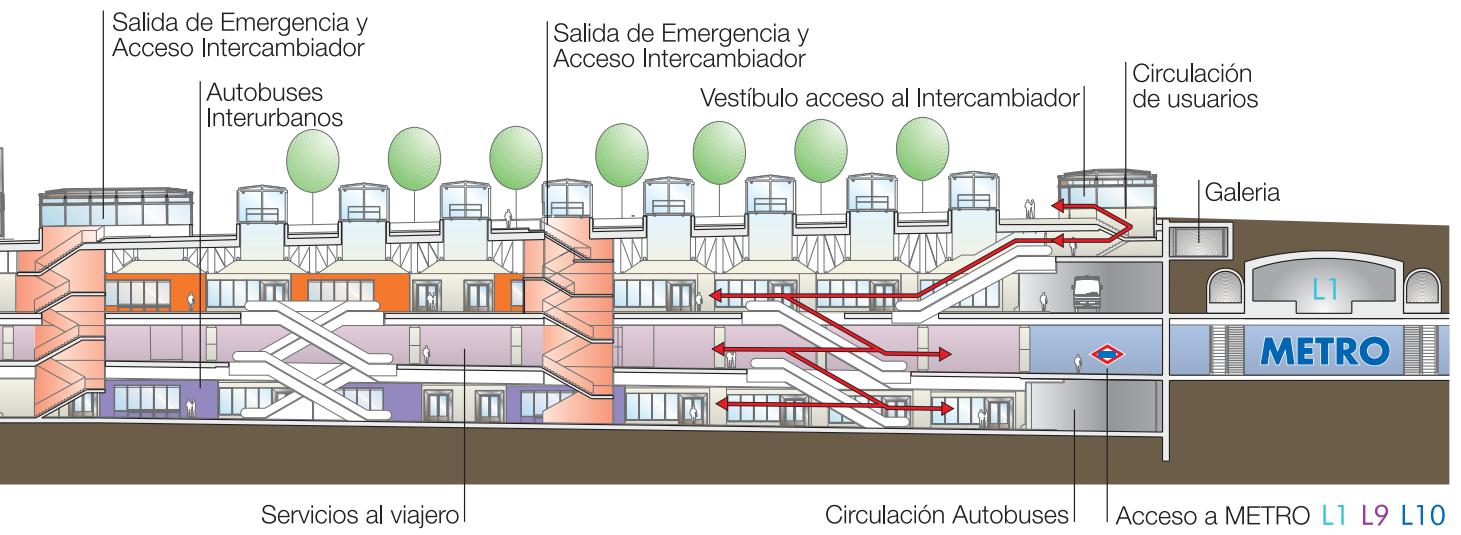
Intercambiadores ■ Plaza de Castilla



## Nivel -1

### Interurbanos y aparcamiento:

- Superficie: 15.136 m<sup>2</sup> entreplanta: 1.170 m<sup>2</sup>
- 10 dársenas para líneas interurbanas. Isla 3
- Área de regulación para 5 autobuses
- 133 plazas de aparcamiento
- Rampas de entrada/salida de autobuses desde Avda. de Asturias y c/ San Benito



## Nivel -2

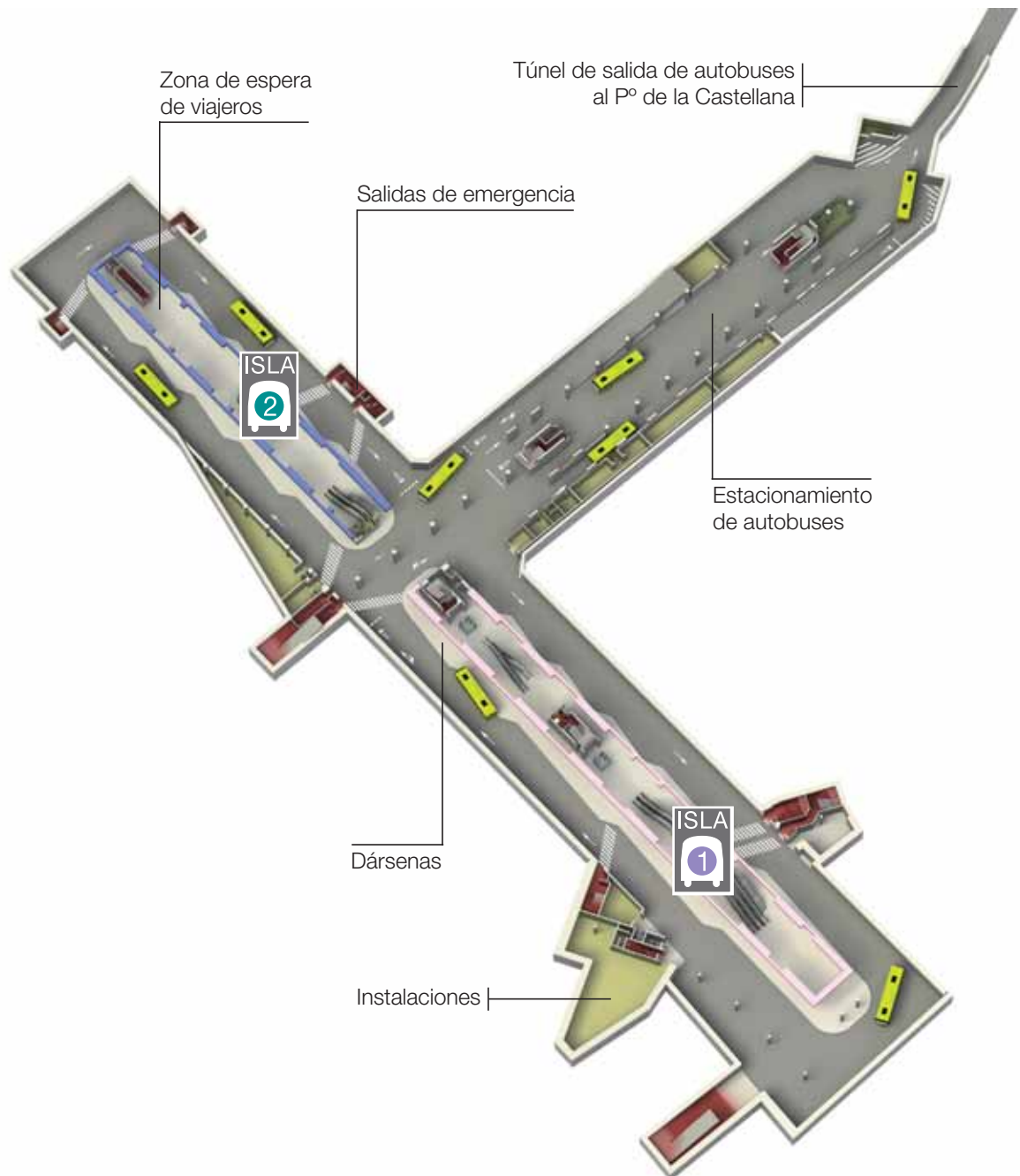
### Usos complementarios:

- Superficie: 17.144 m<sup>2</sup>
- Servicios al viajero
- Vestíbulo de Metro
- 167 plazas de aparcamiento
- Túnel de entrada de autobuses desde Pº de la Castellana

## Nivel -3

Líneas interurbanas y área de regulación de autobuses:

- Superficie: 16.985 m<sup>2</sup>
- 19 dársenas para interurbanos. Islas 1 y 2
- Área de servicio para autobuses
- Túnel de salida de autobuses al P<sup>o</sup> de la Castellana





## Desarrollo de las obras

La Concesionaria encargó a la UTE (Unión Temporal de Empresas) Intercastilla, formada por Dragados y Cobra, ambas empresas del Grupo ACS, la misión de llevar a buen término esta empresa.

Las cifras de la producción llegaron al grado de abrumadoras. De manera gráfica pueden corresponderse con un volumen de tierras superior al propio de la torre inclinada; una cantidad de acero en armaduras equivalente a una procesión de doscientos elefantes africanos o una ejecución en pilotes que,

de ponerse consecutivamente uno sobre otro superaría en 7 veces la altura del monte Everest.

Si se contrastan estas cifras con la exigencia de ejecutar la obra completa en poco más de dos años, se comprende la intensa actividad desplegada en el periodo de obra.

Los desvíos de servicios y la preparación del terreno de las primeras semanas de obra pasaron a la ejecución de pilotes, que durante los meses de agosto y septiembre de 2005, supuso

### Development of the work

The Concessionaire appointed the joint venture Intercastilla, formed by Dragados and Cobra, two companies belonging to the ACS Group to perform the construction.

The production figures are astounding. The volume of earth involved was greater than the volume of the Caja Madrid tower itself; the quantity of reinforced steel was equivalent to a procession of two hundred African elephants, and the number of piles used, if placed one on top of the other, would have reached a height 7-times higher than Mount Everest.

If these figures are then considered in the light of the demands of carrying out all of the construction in a little

more than two years, then it can be understood just how intensive the work was during the building period.

The first few weeks of work involved the diversion of services and land preparation, then progressing to pile placement which, in August and September 2005, was the main activity with hundreds of units implemented to support the surface slab, the first units of which were laid in October.

The administrative management of the project was also very complicated, particularly given that it took place at the same time as other major projects, such as the expansion of Metro line 1 to Chamartín station, the



la actividad principal con centenares de unidades realizadas para dar soporte a la losa de superficie cuya primeras unidades de obra se realizaron en el mes de octubre.

La gestión institucional ha sido compleja, considerando la simultaneidad con otras grandes actuaciones como la ampliación de la línea 1 de Metro a Chamartín, el eje Sinesio Delgado - Pío XII y el anillo distribuidor de las cuatro

torres de la antigua Ciudad Deportiva del Real Madrid.

La superposición de ocupaciones temporales de estas cuatro obras ha exigido una importante labor de coordinación, llegando a condicionar en alguna ocasión el calendario de realización de alguna unidad del Intercambiador.

En este sentido, el punto de arranque de la ejecución de los túneles se de-

moró en algo más de un mes pasando a noviembre de 2005, y el cruce de los carriles centrales del Paseo de la Castellana por el túnel de salida en un año, al ser imposible su ejecución en agosto de 2006.

Al año de iniciadas las obras, en agosto de 2006, se había ejecutado cimentación en la parte más avanzada del edificio y comenzado la excavación en el túnel.

Sinesio Delgado to Pío XII road connection, and the road system for the four towers being built on the site of Real Madrid's old training ground.

A major effort was required to coordinate the temporary superimposition of occupation resulting from these four projects, and in some instances this actually affected the schedule for carrying out some of the work on the transport interchange station.

For example, as a result of this, the start of work on the tunnels was delayed by over one month, to November 2005, and the crossing of the central carriageways of the Paseo de la Castellana over the exit

tunnel by a year, as this could not be carried out until August 2006.

In the year that construction began, in August 2006, the foundations were laid in the most advanced part of the building and excavation work on the tunnel began. Coinciding with the closure of Metro line 1 in August, there was a complex cut and replacement of the access stretch for the depot branch of line 1; this work was required in order to connect the access tunnels and the transport interchange station building under this branch.

At the end of they year, construction on the floorings had passed the halfway stage, both for the building it-



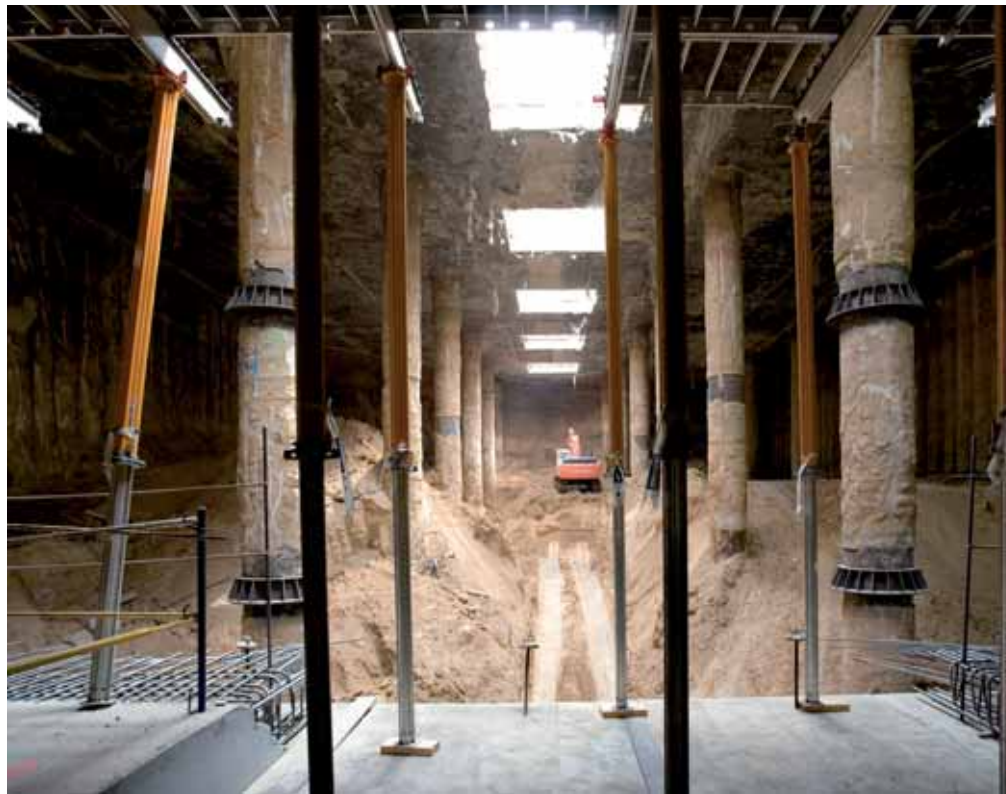
Coincidiendo con el corte de la línea 1 de Metro en ese mes de agosto se realizó el complejo corte y reposición el ramal de acceso a las cocheras de línea 1. Actuación necesaria para conectar los túneles de acceso y el edificio del Intercambiador bajo dicho ramal.

Al final del año, el avance de los forjados superaba su ecuador tanto en el edificio como en el primer nivel del túnel. El inicio del tabicado con ladrillo

self and for the first level of the tunnel. Work on the brick finishing began at this time.

In February 2007, the construction on the transport interchange station finally saw daylight, with work beginning on the layout and structure of the above-ground elements. The purpose of the structures generated a wide range of comments from this date.

The civil engineering work was completed on the building, with only part of the exit tunnel built. The architecture of the first two levels of the transport interchange station was very advanced and construction on the installations had already begun.



se produce en estas fechas dando inicio a la arquitectura.

En febrero de 2007 el Intercambiador "sale a la calle", se avanza en los trabajos de urbanización y los elementos que afloran sobre rasante adquieren su estructura. Sobre la función de los lucernarios se suscita desde esta fecha todo tipo de comentarios.

La obra civil se encuentra concluida en el edificio, restando por ejecutar parte del túnel de salida. La arquitectura en los dos primeros niveles del Intercambiador se encuentra avanzada y las instalaciones se han iniciado.

In September 2007, the building was complete and the time came for the finishing touches and testing of the equipment installed. To bring the first phase into full service, it was still necessary to complete the exit tunnel, which was hoped to be completed by December 2007.

Compared to the scale of the project, the seriousness of the incidents during the construction process was hardly noticeable, although there were many anecdotes relating to incidents outside the normal scope of activity on the project, such as helping to extinguish a fire and aiding the loading and unloading of merchandise for a hamburger restaurant. ■

En septiembre de 2007 el edificio se completa, es la hora de los remates y las pruebas de los equipos instalados. Para poner la primera fase en pleno servicio resta completar el túnel de salida, objetivo que se prevé cumplir antes de la llegada del año 2008.

Las incidencias han sido, a la vista de la magnitud de la obra, poco destacables aunque, en el terreno anecdótico, se han dado circunstancias tan fuera de la actividad común de la obra como ayudar a sofocar un incendio o ayudar a la carga y descarga de mercancía en una hamburguesería. ■

## Calidad Percibida

La presencia del anterior intercambiador realizado por el Ayuntamiento de Madrid en 1992 fruto de una carga urbanística de la operación de construcción de las dos torres inclinadas, pone en evidencia las principales mejoras en el diseño y la intermodalidad introducidas por el nuevo Intercambiador.

El antiguo intercambiador se configuró como una solución provisional que or-

denara en superficie el movimiento de los autobuses interurbanos y parte de los urbanos. El tráfico de la Plaza de Castilla quedó muy afectado al mantener en superficie todos los autobuses urbanos e interurbanos. Además, la interferencia entre los usuarios de los autobuses y la circulación de los cerca de 7.000 autobuses de la E.M.T. e interurbanos diarios, ha sido y es muy peligrosa.

Con el nuevo Intercambiador, se suprimen los cruces a nivel de los usuarios con los autobuses y se eliminan sustancialmente las interferencias con el resto de vehículos.

Los flujos peatonales se canalizan en el segundo nivel de Intercambiador desde donde se accede a las islas del primer y tercer nivel.

Los autobuses se integran al tráfico rodado a casi 1 Km de la plaza de Castilla mediante rampas de entrada y salida; erradicando, por tanto, los actuales giros de entrada y salida.

En relación con la información, se apuesta por enriquecer la información



### Perceived Quality

The presence of the bus terminal built by the Madrid City Hall in 1992 as part of the urban design work during the construction of the leaning towers makes obvious the main advantages of the design and interoperability introduced with the new transport interchange station.

The old bus terminal was built as a temporary solution to organise the movements of inter-urban and some urban buses on the surface. Traffic in the Plaza de Castilla was seriously affected by having all the inter-urban and urban bus services on street level. In addition, the daily combination of users and close to 7,000 EMT bus journeys was, and is still, very dangerous.

The new transport interchange station has allowed buses and passengers to no longer cross each other, and it has greatly eliminated interference with other vehicles.

Pedestrian flows are channelled in the second level of the transport interchange station, from which there is access to the passenger islands on the first and third levels.

The buses join normal traffic circulation at a distance of almost 1 km from Plaza de Castilla using entrance and exit ramps, and thus avoiding the current turning required when entering and leaving.



dinámica de alta utilidad para todo viajero, incluido el recurrente, y el adecuado mantenimiento de la información estática y la señalética. Imprescindibles para el viajero ocasional.

El mantenimiento y la gestión del Intercambiador son responsabilidad directa del concesionario, lo que debe evitar la degradación a la que se ve sometida la actual Infraestructura en superficie.

Un equipo de seguridad vela por la erradicación de la delincuencia y las actividades de riesgo en el interior del Intercambiador.

Hay por tanto un claro avance común a todos los Intercambiadores pero que en el caso concreto de Plaza de Castilla se evidencia por la posibilidad de comparativa con el funcionamiento del Intercambiador en superficie. ■



The objective with regard to information was to provide the most useful, dynamic, up-to-date information to all travellers, including frequent travellers, through the adequate maintenance of static information and signs. This is essential for the occasional traveller.

The maintenance and management of the transport interchange station are the direct responsibility of the concessionaire, who is responsible for ensuring that the station does not suffer the same deterioration as was suffered by the current bus terminal on the surface.

A security team is responsible for eradicating petty crime and activities involving risk within the station.

Therefore there was a clear improvement across all transport interchange stations, though this was made particularly clear in the specific case of Plaza de Castilla, as demonstrated through operational comparisons to the street-level bus terminal. ■

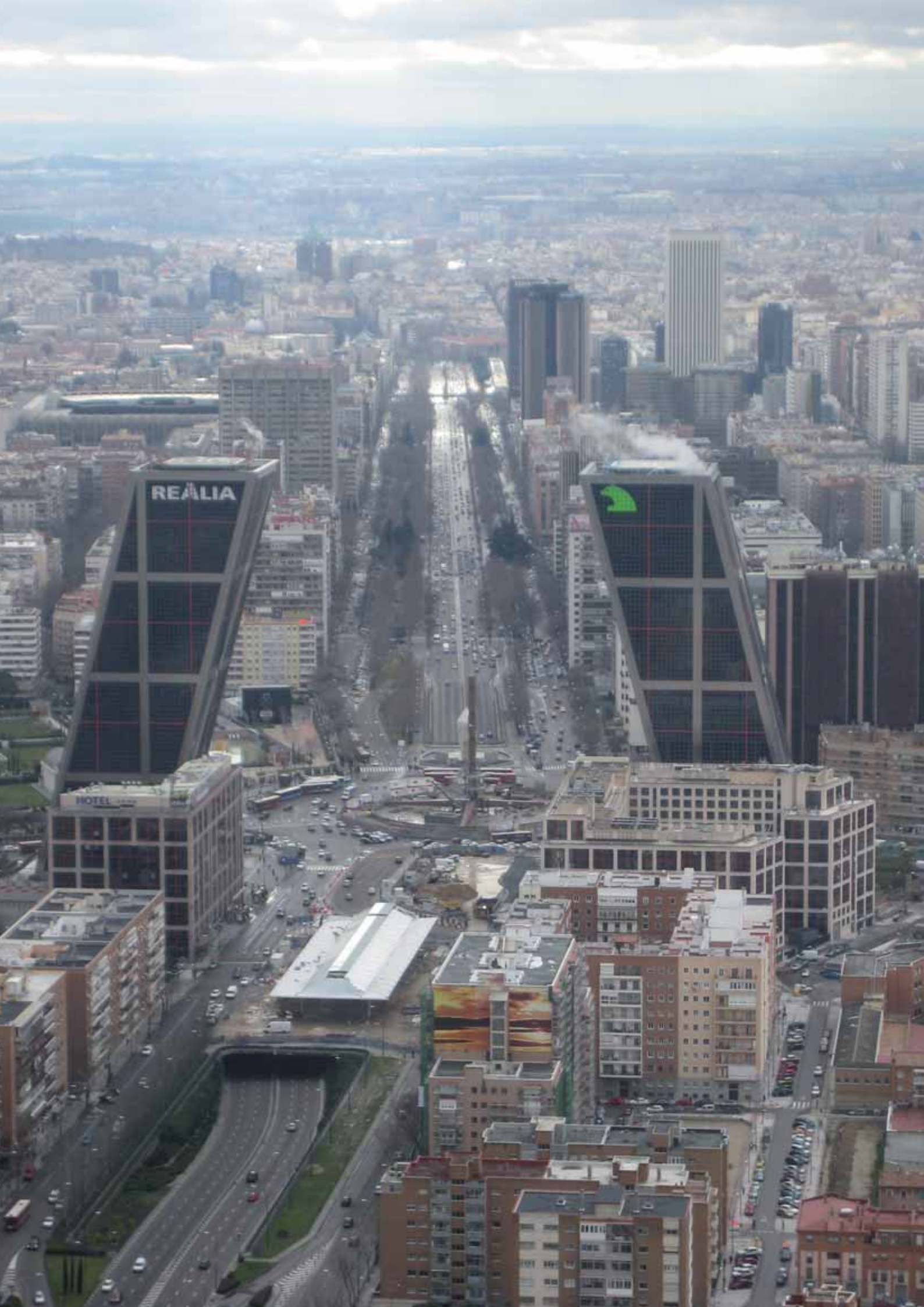
## Terminal en superficie Autobuses Urbanos

En 1986, el Ayuntamiento de Madrid convoca un concurso para la reordenación de la Plaza de Castilla y la construcción de dos torres en las parcelas situadas al Norte de la Plaza. Sin embargo, el concurso quedó desierto, ya que todos los proyectos presentados incluían un intercambiador de transportes situado en la misma plaza. El Ayuntamiento procedió a invitar a los concursantes a rehacer sus proyectos con la condición de que no tuviera que moverse el monumento a Calvo Sotelo. El nuevo proyecto colocó el intercambiador – de 6500 metros cuadrados y veinte dársenas que comunican autobuses con líneas de metro- al Norte de la Plaza de Castilla, entre las dos torres. Con la supresión de todas las paradas de autobuses existentes en la Plaza se solucionarían, en gran medida, los problemas circulatorios.

El proyecto de reordenación ganador fue el del estadounidense John Burgee, que culminaría con la construcción de las torres Puerta de Europa (conocidas como Torres Kio). Estas torres configurarían una de las imágenes más características de la Plaza de Castilla, junto con el monumento a Calvo Sotelo.

Actualmente se está ejecutando una nueva ordenación de la Plaza. La actual ordenación de la glorieta de Plaza Castilla se centra en su funcionamiento como regulador de tráfico rodado, principalmente de vehículo privado. Las paradas de autobuses urbanas, ubicadas hasta el momento en los cuencos de la rotonda y en las calles adyacentes, están separadas entre sí, con poco espacio de regulación y sin apenas información de cara al viajero.

Tras la construcción del Intercambiador de transportes subterráneo en 2008, la superficie ocupada por las terminales de líneas interurbanas queda liberada. Esta superficie supone una importante parcela de suelo urbano, por lo que el Consorcio de transportes plantea la ubicación de una terminal en superficie para la utilización de las líneas de autobuses urbanos que actualmente están dispersas por los cuencos de la plaza. Por otra parte se plantea la posibilidad de ampliar el vestíbulo Norte de Metro, el reacondicionamiento de las aceras, y la colocación de un Hito del Arquitecto Santiago Calatrava en el centro de la Glorieta.





El fin de la actuación es el plantear en el entorno de la Plaza una reordenación que haga intercambiables los trayectos en metro, autobús urbano e interurbano, creando una terminal que dignifique la situación urbanística y funcional del transporte público y favorezca la intermodalidad.

La nueva terminal está compuesta por dos islas, alrededor de las cuales se ubican las dársenas de autobuses, siguiendo con la tipología de diferenciación entre espacio de viajeros y espacio de circulación de autobuses. Una Marquesina volada unifica ambos espacios, y protege a los usuarios de la intemperie. El acceso a la red de Metro y al Intercambiador subterráneo se produciría mediante dos vestíbulos situados cada uno en una de las islas.

A su vez se dota a las islas de varios bloques más que sirven de zonas de espera y zonas de servicios, puntos claves para mejorar la seguridad de la terminal.

#### La circulación de autobuses.

La terminal albergará X expediciones al día de autobuses urbanos, procedentes tanto de los nuevos PAUS del Norte de la Capital como de los procedentes de otros puntos. En la configuración de islas adoptadas, los autobuses tienen salida y entrada desde el Norte y el Sur de la Terminal, la circulación se produce en el sentido de las agujas del reloj, alrededor de la zona de estancia de viajeros. En el punto más meridional, se ha dejado una dársena para la línea 27, una línea con autobuses articulados y de gran demanda. Los autobuses a su entrada se posicionan en las dársenas habilitadas para el descenso, ubicadas en una zona cercana al vestíbulo que conduce tanto a Metro como al intercambiador subterráneo. El diseño ha procurado minimizar en todo lo posible los puntos de conflicto, optimizando los puntos de trenzado para la circulación de autobuses.

### Circulación de viajeros.

Los autobuses urbanos mueven 75.000 viajeros diarios, convirtiéndose en la mayor terminal de autobuses urbanos de Europa. En el diseño de la terminal se ha tenido en cuenta los principios básicos para asegurar el intercambio entre diferentes modos de transporte. La configuración en isla te permite facilitar los itinerarios peatonales..... La procedencia de viajeros es dispar, un 21 % proviene desde la calle, un 13 % proviene de cualquiera de las 38 líneas interurbanas, un 30.8 % de otras líneas urbanas, y el mayor porcentaje, un 32,2% intercambia con alguna de las 3 líneas de Metro.

### Diseño

La terminal adopta el mismo tipo de solución que los últimos intercambiadores de transportes ejecutados. Una isla central de 157 metros de largo y 20 metros de ancho, alrededor de la cual existen 13 dársenas para las cabecezas de los autobuses urbanos, dos para autobuses interurbanos y 3 de descenso. En el centro de la isla hay 4 bloques edificadas con distintos usos.



El situado más al sur, que va destinado a información a los usuarios, servicio a los operadores y sobre todo para acceso a Metro. Los bloques centrales son destinados a servicios a los usuarios, cafetería y locales comerciales. El bloque situado más al norte es el habilitado para locales comerciales y los cuartos de instalaciones de la terminal.

La otra isla se justifica para evitar el trezado y la incursión de los autobuses en el interior de la plaza de Castilla, en esta isla está situado el bloque exclusivo para el acceso a Metro.

Una estructura metálica, a modo de marquesina, actúa como elemento unificador del conjunto de la terminal, Con unas dimensiones de 28 metros de ancho, 220 metros de largo,

El intercambiador cuenta con apoyos isquiáticos que configuran las zonas de espera de los autobuses, zonas de espera climatizadas, información dinámica mediante paneles de mensajería variable.

En la parte situada más al Norte, se proyecta un elemento que sirve de protección contra los vientos del Norte. ■





Plaza Elíptica

# Plaza Elíptica

*Luis Alberto Mouchet,  
Arquitecto y Aparejador*



En lo que al Intercambiador de Plaza Elíptica se refiere, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid redactó en Mayo de 2002 el "Anteproyecto para la construcción y explotación de una Estación de Autobuses en la Plaza Elíptica", en la que se desarrolló una solución de intercambiador que ha servido de base de referencia al proyecto que se desarrolló posteriormente.

Con fecha 3 de Febrero de 2004, el Ayuntamiento de Madrid publicó en el Boletín Oficial del Estado, núm. 29 el "Concurso de consultoría y asistencia para la redacción del proyecto de construcción del intercambiador de transportes de Plaza Elíptica", que fue adjudicado a la U.T.E. formada por las empresas TRN, Ingeniería y Planificación de Infraestructuras, S.A., y GTT, Ingeniería y Tratamiento del Agua, S.A.; que redactó el presente trabajo por encargo del propio Ayuntamiento de Madrid, en base a la adjudicación realizada el 4 de Mayo de 2004.

La Plaza de Fernández Ladreda se sitúa en el Sudoeste del casco urbano de Madrid, en concreto entre los distri-

tos de Carabanchel y Usera, al inicio de la A-42. Y en ella se produce la confluencia de distintos modos de transportes públicos: Metro, autobuses urbanos y autobuses interurbanos.

Dicha plaza cuenta con una glorieta de forma elíptica, a la que debe su popular nombre, en la que confluyen tres ejes viarios principales con carácter distribuidor, más una calle de ámbito local, la Calle de la Vía Lusitana, la Avenida de Oporto y la Calle Antonio Leyva.

Los tres ejes viarios citados son: en dirección Norte-Sur se localiza un eje radial formado por la Calle Antonio Leyva y la Avenida de la Princesa Juana de Austria; perpendicular a éste, y por tanto con dirección Oeste-Este, se sitúa un eje transversal constituido por la Avenida de Oporto y la Calle de Marcelo Usera, comunicando los distritos de Carabanchel y Usera; y, por último, el tercer eje lo forman el Paseo de Santa María de la Cabeza y la Avenida de la Vía Lusitana, con dirección Noreste-Suroeste.

De todas las vías expuestas en el párrafo anterior, son el Paseo de Santa

## Plaza Elíptica

In May 2002, the Madrid Regional Transport Authority published the "Draft Project for the Construction and Operation of a Bus Station in Plaza Elíptica," which developed the idea of a transport interchange station and served as a reference point for the project that was currently implemented.

On February 3, 2004, the Madrid City Council published a "Tender for consultancy and assistance in the preparation of a construction project for a transport interchange station" in Official State Gazette 29; this tender was awarded to a joint venture formed by the

companies TRN, Ingeniería y Planificación de Infraestructuras, S.A., and GTT, Ingeniería y Tratamiento del Agua, S.A., which developed the present work for the Madrid City Council based on its May 4, 2004 tender award.

Plaza de Fernández Ladreda is located in the southwestern urban area of Madrid, between the districts of Carabanchel and Usera at the beginning of the A-42 motorway. A number of different forms of public transport come together in the Plaza, such as: the Metro, and urban and inter-urban buses.

This Plaza includes an elliptical traffic roundabout, from

which it gets its popular name, where three main roads come converge - Calle de la Vía Lusitana, Avenida de Oporto and Calle Antonio Leyva - together with a local road.

These roads constitute three main traffic axes: from north to south there is a radial axis formed by Calle Antonio Leyva and Avenida de la Princesa Juana de Austria; perpendicular to this, from east to west, there is a transport axis consisting of Avenida de Oporto and Calle de Marcelo Usera, which links to the Carabanchel and Usera areas, following the route of Metro line 6; and finally, the third transport axis is formed by Paseo de Santa María de la Cabeza and Avenida de la Vía



María de la Cabeza y la Avenida de la Princesa Juana de Austria, las que registran las mayores cargas en lo que a tráfico de vehículos se refiere. Esto se debe a que estas dos vías configuran la travesía urbana de la carretera nacional Madrid–Toledo (A-42) cuya continuidad está garantizada por medio de un paso inferior que cruza bajo la glorieta de Fernández Ladreda.

Se propuso construir en ella un nuevo intercambiador subterráneo que optimizara la conexión de los cerca de 60.000 usuarios de autobuses interurbanos con las líneas 6 y 11 de Metro, sobre todo, para cuando esta última se prolongue hacia el centro de la ciudad. Se conseguía así eliminar de la superficie los autobuses interurbanos, completar el programa de reordenación en el entorno de la línea Circular de Metro de todas las terminales de autobuses interurbanos que accedían a Madrid; y mejorar las condiciones de espera y trasbordo de los usuarios de los autobuses.

En la actualidad, las paradas de los autobuses interurbanos que dan servicio a los municipios de la carretera de To-



ledo y de aquellos que acceden por la Vía Lusitana, como es el caso de Leganés, están diseminadas entre la Glorieta de Fernández Ladreda y Oporto. Un total de 2.000 autobuses de líneas interurbanas circulan diariamente por el entorno de la plaza Elíptica.

El intercambiador se organiza en tres niveles, los dos primeros para acoger los autobuses interurbanos, y el último para realizar la conexión con Metro mediante una zona de servicios generales. ■

## Concesión

El coste aproximado de la obra fue de 41,76 millones de euros, sufragados mediante la financiación privada de una concesión administrativa para la construcción y explotación del intercambiador a la Sociedad Mercantil formada por las empresas Sacyr, Castromil y Transportes La Unión por un periodo de 35 años. ■

Lusitana, running from north-east to south-west, which is the route of Metro line 11.

The busiest of these roads are the Paseo de Santa María de la Cabeza and the Avenida de la Princesa Juana de Austria. This is due to the fact that these two roads represent the route from the city to the Madrid–Toledo motorway (A-42), which uses an underpass to cross the Fernández Ladreda roundabout.

The proposal was to build a new underground transport interchange station that would optimise the connection with Metro lines 6 and 11 for close to 60,000 users of inter-urban buses, particularly once the latter line is ex-

tended to the city centre. This would result in the removal of street-level inter-urban bus services, complete the reorganisation programme of all the inter-urban bus terminals around the Circular Metro line and improve the waiting and bus-changing experiences of bus users.

Currently, the inter-urban bus services that service towns on the Carretera de Toledo and those that use the Vía Lusitana, such as buses from Leganés, are located around the Glorieta de Fernández Ladreda roundabout (lines serving Parla), Oporto (lines servicing Leganés) and Glorieta de Atocha (lines servicing Getafe). A total of 2000 inter-urban buses use the Plaza Elíptica every day.

The transport interchange station is divided into three levels; the first two of these are for the inter-urban bus services and the last is for connection with the Metro through a general services area. ■

### Concession

The cost of the work was 41,76 million euros, which was paid for by private financing through an administrative concession for the construction and operation of the transport interchange station, which was granted to the collective company formed by Sacyr, Castromil and Transportes La Unión for a period of 35 years. ■

## Proyecto

Como se anticipaba en los antecedentes, el Intercambiador consta de tres niveles subterráneos más el nivel de acceso en superficie.

En los niveles de circulación de autobuses, niveles -1 y -2, se ha diseñado una planta triangular "en isla" alrededor de la cual circulan, en sentido horario, los autobuses y donde se posicionan las dársenas de parada de los mismos.

En total hay diez dársenas en cada planta diseñadas para que autobuses de quince metros de longitud efectúen los movimientos de entrada y salida a cada una de ellas, sin maniobras.

Este dimensionamiento surge a partir de las catorce líneas interurbanas diurnas que se preveía pudieran finalizar en el mismo.

En el nivel -1, al que se accede desde Vía Lusitana, hay dos dársenas de descenso de viajeros, concretamente en el lado Oeste del triángulo, próximas al vértice Suroeste.

Desde estas dársenas, el autobús en vacío irá a estacionarse en su dársena

de salida con un único movimiento de giro alrededor de la "isla" hasta completar el ciclo de salida del intercambiador.

En el nivel -2, el acceso se produce desde la A-42 y, consecuentemente, las dársenas de descenso de viajeros están en el lado Sur del triángulo, lo más próximas a dicho acceso, con el mismo objetivo que en el caso anterior. Este nivel cuenta, igualmente, con un total de diez dársenas.

Dado que los flujos de viajeros más densos son los que se producen en el movimiento de bajada de viajeros de los autobuses dirigiéndose a la estación de Metro, se ha cuidado el diseño de las comunicaciones verticales buscando la canalización más directa de estos flujos sin perjuicio del resto de movimientos.

En base a ello, y al carácter triangular de la planta del andén, se ha ubicado el núcleo principal de comunicaciones verticales en el baricentro del triángulo, disponiendo, tanto en el nivel -1 como en el nivel -2, escaleras de descenso hacia el nivel -3, de conexión con el Metro en el

**Project** As stated above, the transport interchange station consists of three underground levels, plus the entrances on the surface.

On the bus levels – levels 1 and 2 – there is a triangular area, or "island," around which the bus bays are located. There are ten bus bays on each floor, which have been designed for 15 metre-long buses to be able to enter and leave without manoeuvring. This layout was based on the 14 inter-urban lines that were forecast to end their routes in the station on a daily basis.

On level 1, which is accessible from Avenida de la Vía Lusitana, there are two bays for passengers to alight

on the western side of the triangle, close to the southwest vertex. From these bays, the empty buses move to the bays from which they will depart by simply circling the "island" until exiting the station.

On level 2, access is granted from the A-42 motorway and, as a result, the bays for passengers to get off the buses are on the southern side of the triangle, which is the closest to this entrance, with the same objective as in the previous case. This level also has a total of ten bays.

As the heaviest passenger flows consist of passengers getting off buses and going to the Metro station, particular attention was paid to vertical communication in





Mampara perimetral / Perimeter screen wall

sentido Sur-Norte, recogiendo los flujos de descenso de viajeros.

Para dar continuidad, sin cambios de dirección ni recorridos redundantes, al movimiento entre los niveles -1 y -3, aparece en el nivel -2, un nuevo núcleo de escaleras que conecta este nivel con el -3, en prolongación del núcleo de comunicación -1 con -2.

order to channel these flows as directly as possible, without prejudicing other passenger movements.

Based on this, and the triangular form of the platform, there is a main vertical communication nucleus in the barycentre of the triangle, with stairs for reaching the Metro on level 3 from both levels 1 and 2, to channel the flow of passengers descending to the Metro.

In order to provide continuity without changes of direction or pointless journeys for transit between levels 1 and 3, on level 2 there is an additional stairway that connects to level 3, continuing the stairway from level 1 to level 2.

El cuerpo central de comunicaciones verticales que se ubica en el centro del triángulo se completa con un módulo "opaco" que contiene una escalera de emergencia, el ascensor y el montacargas.

La zona destinada a los viajeros se independiza de la zona de circulación de autobuses mediante un cerramiento de vidrio que posibilita la climatización del

The central vertical communication body located in the centre of the triangle is completed with an "opaque" module, which contains the emergency stairs, an elevator and a cargo elevator.

The area for passengers is separated from the bus bays by a glass partition, which makes climate control in the passenger area possible, providing adequate comfort levels throughout the year.

This glass partition has automatic doors that are aligned with the head of the bus bays and open automatically when the bus is ready to allow passengers to board.



*Panorámica edificio de acceso / Panoramic view of the entrance building*

espacio interior, ofreciendo unas altas prestaciones de confort en cualquier época del año.

Este cerramiento de vidrio cuenta con puertas antipánico, asociadas a las cabezeras de dársena para el ingreso de viajeros a los autobuses.

Para ordenar la formación de colas en

la zona climatizada asociadas a las puertas de embarque, se ha dispuesto un apoyo isquiático, compuesto por una barandilla-asiento, del lado dársenas, y un banco adosado a ella, del lado interior del intercambiador.

El acceso desde superficie se resuelve a través de un edificio, antesala del Parque de la Emperatriz María de Aus-

tria, produciéndose el ingreso al mismo en sentido Norte-Sur, coherente con los flujos peatonales de acceso a la cuña Vía Lusitana-A-42, que se producen a través de los pasos de peatones previstos en dichas vías.

La entrada de luz y las visuales al Parque que permite el edificio de acceso, tienen continuidad hasta el nivel -2, e

Access to and from the surface is through a building in the Emperatriz María de Austria Park. The entrance to the building is north to south, which is consistent with the flows of pedestrian access originating from the Vía Lusitana-A-42 using the pedestrian crossings.

The entry of light and views from the Park permitted by the building continue to level 2, and even as far as level 3, through the large spaces on level 1 around the stairs and above the southern side of the platform.

The turnstiles for access to the Metro and many supplementary services for passengers, covering an area of 1.000 m<sup>2</sup>, are on level 3, which is also air condi-

tioned due to the flow of passengers through this area; the majority of the rooms for the transport interchange station's technical installations are also on this floor.

The connection to the Metro station is achieved through a reinforced steel tower section and an opening in the screen wall, which constitutes the entrance to line 11 and the access point to the connection between the Metro stations for lines 6 and 11. ■



Vista principal edificio de acceso.  
Main view of the entrance building

panorámica interior / panoramic view of the interior







*torniquetes Metro / Metro turnstiles*

incluso hasta el -3, a través de los grandes huecos que se disponen en el nivel -1, alrededor de las escaleras y sobre el lado sur del andén.

En el nivel -3, igualmente climatizado, se encuentran los torniquetes de con-

trol de Metro, una importante dotación de usos complementarios para los viajeros, de más de 1.000 m<sup>2</sup>, asociada a los flujos que se producen en este nivel, y la mayor parte de cuartos técnicos y de instalaciones con que cuenta el intercambiador.

La conexión con la estación de Metro se resuelve con un cajón de hormigón armado y una abertura en la pantalla que conforma la “caja” de la estación de línea 11 y el cañón de conexión entre las estaciones de la línea 6 y 11. ■

*Entrada luz natural.  
Entry of natural light*





Túnel de acceso  
Access tunnel



## Estructura

El proyecto del Intercambiador consta de un edificio principal en forma triangular en planta con una superficie de 7.012 m<sup>2</sup> por planta.

El edificio, estructuralmente, consta de 5 niveles correspondientes a:

- Planta sótano -3 (solera), destinada a comunicaciones peatonales con Metro y uso comercial.
- Plantas sótano -2 y -1, destinadas propiamente a estación de autobuses. Estos niveles se encuentran conectados entre sí a través de dos rampas según el sentido de circulación de los autobuses, una de bajada al nivel -2, desde el nivel -1, y otra de subida desde el nivel -2 al nivel -1.
- Nivel 0, con uso superficial variable entre tráfico y zona ajardinada.
- Cubierta de accesos, conformando las entradas mecánicas.

Además del intercambiador propiamente dicho, se disponen sendos túneles de entrada y salida del intercambiador en forma de cajón, en la Av. Juana de Austria y en la calle Vía Lusitana, de longitud variable. La primera, accede al intercambiador por el nivel sótano -2, mientras que la segunda lo hace por el nivel sótano -1.

Las características del terreno reflejadas en el estudio geotécnico marcan las pautas de diseño de la estructura:

- Según el informe, aparecieron unos perfiles geotécnicos bastante uniformes, con una primera capa de rellenos antrópicos y peñuelas alteradas de unos 3 m de potencia y completándolo con terreno de peñuela con zonas de tosco.
- De igual forma, de los ensayos realizados, se previó la presencia de nivel freático a cota aproximada -6 m con cierto grado de agresividad.

**Structure** The transport interchange station project consisted of a main building with a triangular floor plan, covering an area of 7,012 m<sup>2</sup> per floor.

The building sits on a total of 4 levels, consisting of:

- Underground floor -3 (bottom), used for pedestrian access to the Metro and commercial premises.
- Underground floors -2 and -1 for the bus station. These levels are connected by two ramps depending on the direction of the buses - one for descending to level 2 from level 1, and one for going up to level 1 from level 2.

■ Level 0, for surface use consisting of traffic and garden areas.

In addition to the transport interchange station, itself, there are also entrance and exit tunnels for the station, in the form of a tower section in Avenida Juana de Austria and Calle Vía Lusitana, which are 346 metres long for entrance and 311 m and 255 m long for exit, respectively. The first joins the transport interchange station at underground level -2, whilst the other does so at underground level -1.

The characteristics of the terrain detailed in the geotechnical report determined the nature of the design of the structure:



Capas del terreno / *Layers of earth*

El sistema constructivo previsto fue el siguiente:

- 1 Ejecución de la pantalla de pilotes perimetrales y laterales de los diferentes túneles de acceso.
- 2 Ejecución de los pilares principales mediante pila-pilote.

- According to the report, the site had practically uniform geo-technical profiles, with a first layer of anthropic filling and gravel with a depth of 3 metres, completed by earth containing gravel and areas of coarse sand.

- The tests carried out revealed the water table to be at a depth of approximately -6 metres, with a certain degree of aggressiveness.

The planned construction system was as follows:

- 1 Execution of the perimeter pile screen and the sides of the access tunnels.

- 3 Excavación hasta cota inferior de losa de Nivel 0.
- 4 Ejecución de la losa del nivel 0, hormigonada contra el terreno.
- 5 Excavación bajo losa hasta el nivel sótano -1.
- 6 Ejecución de la losa de sótano -1, hormigonada contra el terreno.

- 2 Execution of the main pillars through pile piers.
- 3 Excavation to the lower level of the slab for Level 0.
- 4 Execution of the slab for level 0, concrete against the terrain.
- 5 Excavation underneath the slab to underground level -1.
- 6 Execution of the slab for underground level -1, concrete against the terrain.
- 7 Excavation underneath the slab to underground level -2.
- 8 Execution of the slab for underground level -2, concrete against the terrain.
- 9 Excavation underneath the slab to level -3.

- 7 Excavación bajo losa hasta el nivel sótano -2.
- 8 Ejecución de la losa de sótano -2, hormigonada contra el terreno.
- 9 Excavación bajo losa hasta el nivel -3.
- 10 Ejecución de solera del nivel -3, hormigonada contra el terreno.

- 10 Execution of the floor for level -3, concrete against the terrain.

All of these steps were completed following a geo-technical study and choice of construction system. The structural systems of which the transport interchange station consists are:

- **Foundations**, which are planned to be of a double type: for levels 0 and -1, 1.5 metre-, 2.0 metre- and 2.2 metre-diameter pile piers will be used; and for level -2 the foundations will consist of 0.8 metre-diameter piles, in the gravel layer, with a depth of insertion below the base of level -3 of between 4

Por todo ello, estudio geotécnico y elección de sistema constructivo, los sistemas estructurales que configuran el intercambiador son:

■ **Cimentación**, que se proyecta mediante doble tipología, para los niveles 0 y -1 se ejecutan pilas-pilote circulares de 1,5 m, 2,0 m y 2,2 m de diámetro, y para el nivel -2, se cimientan sobre el nivel de peñuelas unos pilotes de 0,80 m de diámetro, con una longitud de empotramiento bajo solera del nivel -3 de 4 a 8 m según su ubicación en el interior del intercambiador. La solera, condicionada por el de nivel freático a cota -6.0 aproximadamente y el grado de expansividad de las peñuelas, debía disponer de un sistema de drenaje y bombeo correspondiente para evitar supresiones en la misma y por otro, poder controlar las deformaciones del terreno. Por ello se optó por una solera de 20 cm de espesor armada con doble mallazo # \* 10/0.15 sobre una cama de enchachado de también 20 cm.



*armadura de cimentación-pilote / reinforcement of pile foundations*

and 8 metres, depending on their location on the station site. The floor, which is conditioned by the water table at an approximate depth of -6.0 metres and the degree of spread of the gravel, must have a drainage and pumping system to control water levels and avoid deformation of the terrain. As a result, there will be a 20cm thick flooring reinforced with double # \* 10/0.15 mesh on a 20cm bed of infill.

■ **Perimeter walls**, the system for earth containment used a pile screen wall. Three hypotheses were considered in the calculation and design of the pile screen wall: where the screen wall would be next to

Metro line 11, the A-42 tunnel and next to the connection with Metro line 6. However, given the nature of the terrain in the zone, the interaction with these elements was minimal, as a result of which it was possible to use a single type of pile screen walls for the transport interchange station. The design of the screen wall was planned using 0.80 metre-thick piles, from the roof slab to the level of the flooring of the station.

■ **Pillars**, as with the foundations, it was planned to use two types of structural pillars; pile piers for levels 0 and -1 and piles for level -2. There are five different types of each of these based on their length



■ **Cerramiento perimetral**, como sistema de contención de tierras se ejecuta mediante pantalla de pilotes. En el cálculo y diseño de la pantalla de pilotes se consideraron tres hipótesis: para los casos en que la pantalla estuviese anexa a la Línea 11 de Metro, al túnel de la A-42 o junto a la conexión con la Línea 6. Pero dada las características del terreno en esta zona, la interacción con los anteriores elementos era mínima, de forma que se pudo englobar en un único tipo la pantalla de pilotes del Intercambiador. El diseño de la pantalla se previó con pilotes de 0.80 m de

espesor, desde la losa de cubierta hasta la cota de la solera del intercambiador.

■ **Pilares**, al igual que para la cimentación, se dispuso una doble tipología de pilares estructurales, pilas-pilote para los niveles 0 y -1 y pilotes para el nivel -2. De cada uno de ellos, hay 5 tipos diferentes en función de su longitud y diámetro dispuestos por todo el intercambiador. Por último, como apoyo de la cubierta de accesos se disponen pilares mixtos de hormigón armado y perfil metálico HEB 220, de diámetro 0,4 m naciendo de la losa de nivel 0.

and diameter distributed throughout the station. Finally, as support for the roof of the access areas, there are mixed pillars of reinforced concrete and HEB 220 metallic profile, with a diameter of 0.4 metres, rising from the slab of level 0.

■ **Floor structure**, based on the geometry of the plan, the distribution of pillars, the loads to which the building would be subject and its fire resistance, a structural system was chosen based on reinforced concrete slabs. The thickness of the slabs of the various types of flooring varies according to the level between floors. For level 0, it is between 0.80 metres- and 1.0 metre-thick. It consists of

concrete applied to previously prepared earth. The underground level -1 is 0.70 metre-thick, except in the area of the point, at which a thickness of 0.60 metres was sufficient; this too was executed against the earth. Finally, the flooring of underground level -2 was designed with a thickness of 0.40 metres, and the concrete was applied as in the previous cases.

The floor of the interchange was designed with a thickness of 20 cm reinforced with a double # \* 10/0.15 mesh, based on a 20 cm layer of fill to avoid water collection. The stairs were designed using 35 cm thick slabs of reinforced concrete,



*losa escalera principal  
main stairway slab*

■ **Forjados**, a la vista de la geometría, distribución de pilares, cargas a las que debía verse sometido el edificio y el grado de resistencia frente al fuego de la estructura, se adoptó como sistema estructural una tipología mediante losas macizas de hormigón armado. El canto de las losas de los distintos forjados varía según el nivel de entreplanta. El nivel 0, tiene un espe-

sor de 0,80 m a 1,00 m Se hormigonó contra el terreno previamente preparado. El nivel sótano -1 es de canto 0,70 metros, excepto en la zona de la punta, en la que fue suficiente un espesor de 0,60 metros, que también se ejecuta contra el terreno. Por último, el forjado de sótano -2, se hormigonó del mismo modo que los anteriores y se diseñó con un canto de 0,40 metros.

supported on walls made of highly resistant fabric, or anchored to the screen wall. However, it has a 0.2 metre-thick slab in the main straight stairway, supported on a metal structure formed by two HEB 400 beams, reinforced every three by transverse IPE 100s.

■ **Tunnels**, formed by side screen walls, a slab ceiling and a foundation floor. The side screen walls were designed using a pile wall, reinforced at the top by the roof of the tower section in the covered area, or cantilevered at the start of the entrances. The various piles used are 0.60, 0.80, 1.00, and 1.20 metres in diameter. There are three slabs at the roof

level for the access to the A-42 motorway, separated by expansion joints, and one at underground level -1. They are differentiated by rectangular stretches of a range of thicknesses according to the span between the piles, whilst others have irregular geometry, with the exception of the single entrance for all the lanes of the A-42, the slab of which is also supported by pile piers. The area of the roofing slab that connects to the transport interchange station has been designed with a thickness of 1.20 metres, throughout a length of 75 metres. Furthermore the forking area between the A-42 entrance and exit is calculated with a thickness of 1.20 metres. The remaining roofing slabs



La solera del Intercambiador, por su parte se dimensionó con un espesor de 20 cm armada con doble mallazo # \* 10/0.15 apoyada sobre una cama de encachado de también 20 cm para evitar supresiones. Las escaleras se resuelven mediante losas de 35 cm de hormigón armado, apoyadas en muros de fábrica resistentes o ancladas a muros pantalla. Se dispone, no obstante, una losa de espesor 0,20 m en la escalera recta principal, apoyada sobre una estructura metálica formada por dos vigas HEB 400, reforzadas cada 3, en sentido transversal por IPEs 100.

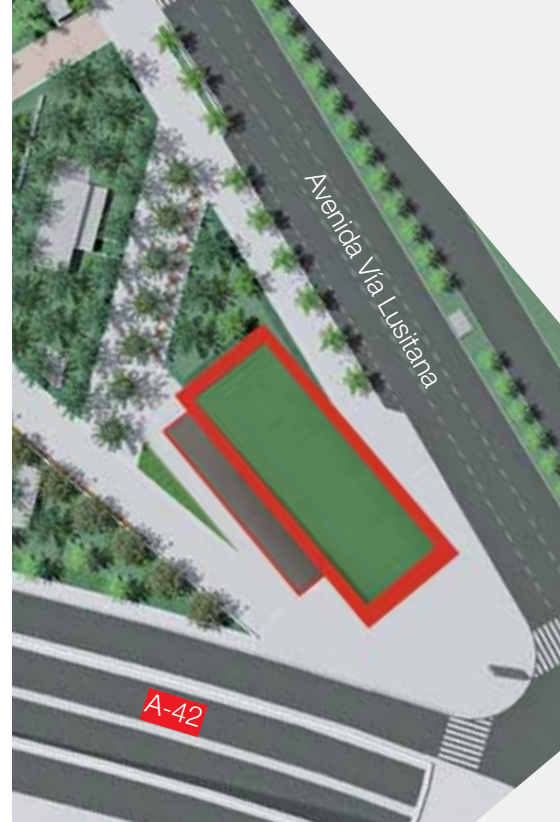
■ **Túneles**, formados por pantallas laterales, losas superiores y solera de cimentación. Las pantallas laterales se resuelven mediante muro de pilotes arriostrados en cabeza, por la cubierta del cajón en la zona cubierta, o en voladizo en el comienzo de los accesos. Las dimensiones de los diferentes pilotes son de 0,60, 0,80, 1,00 ó 1,20 m de diámetro. Las losas del acceso de la A-42 son tres en el

nivel de cubierta, separadas por juntas de dilatación, y una en el nivel sótano -1. Se diferencian por tramos de forma rectangular de distintos anchos según la luz libre entre pilotes y otros de geometría irregular, con la singularidad de la entrada común de todos los carriles en la A-42, cuya losa es recogida también por pilas-pilote. La zona de la losa de cubierta que conecta con el intercambiador se ha diseñado con canto de 1,20 metros, a lo largo de una longitud de 75 metros. Asimismo, la zona de bifurcación entre la entrada y salida a la A-42, está calculada con un espesor de 1,20 metros. El resto de losas de cubierta de hormigón armado de los accesos, tienen espesores de 0,80 y 0,60 metros. Cabe decir, que por necesidades de obra, existe una parte intermedia ejecutada con vigas prefabricadas.

El acceso a Vía Lusitana se ha diseñado con tres losas de hormigón armado en la cubierta, de espesores: 0,80 m, 0,90 m y 1,00 m, siendo esta última, la

for the access ways are of reinforced concrete with a thickness of 0.80 and 0.60 metres. It should be stated that, for operational reasons, there is an intermediary part, which was executed with prefabricated beams.

The access to Vía Lusitana has been designed with three reinforced concrete slabs for the roof, which will be 0.80 m, 0.90 m and 1.00 m thick, with the latter being the most unusual as a result of its geometry, as it follows the course of the walls of Metro line 11. As with the transport interchange station, one important issue is the presence of the water table at a level of approximately -6.0 metres,



más singular por su forma geométrica, al ajustarse al trazado de las pantallas de la Línea 11 de Metro. Al igual que en el Intercambiador, destaca la presencia de nivel freático a cota -6.0 aproximadamente y peñuelas de gran expansividad, por tanto la tipología de la solera dispone de sistema de drenaje y bombeo para evitar supresiones en la misma y poder controlar las deformaciones del terreno. Dicha solera es 20 cm de espesor, armada con doble mallazo # \* 10/0.15 sobre una cama de encachado de también 20 cm. Esta solera sirve, además, de apuntalamiento de los pilotes laterales.■

and gravel over a large area, as a result, the floor has drainage and pumping system to avoid accumulations of water and to control deformation of the land. This flooring is 20 cm thick and reinforced with a double # \* 10/0.15 mesh on a 20 cm bed of fill. This floor serves, in addition, for the underpinning of the lateral piles.■



## Nivel 0

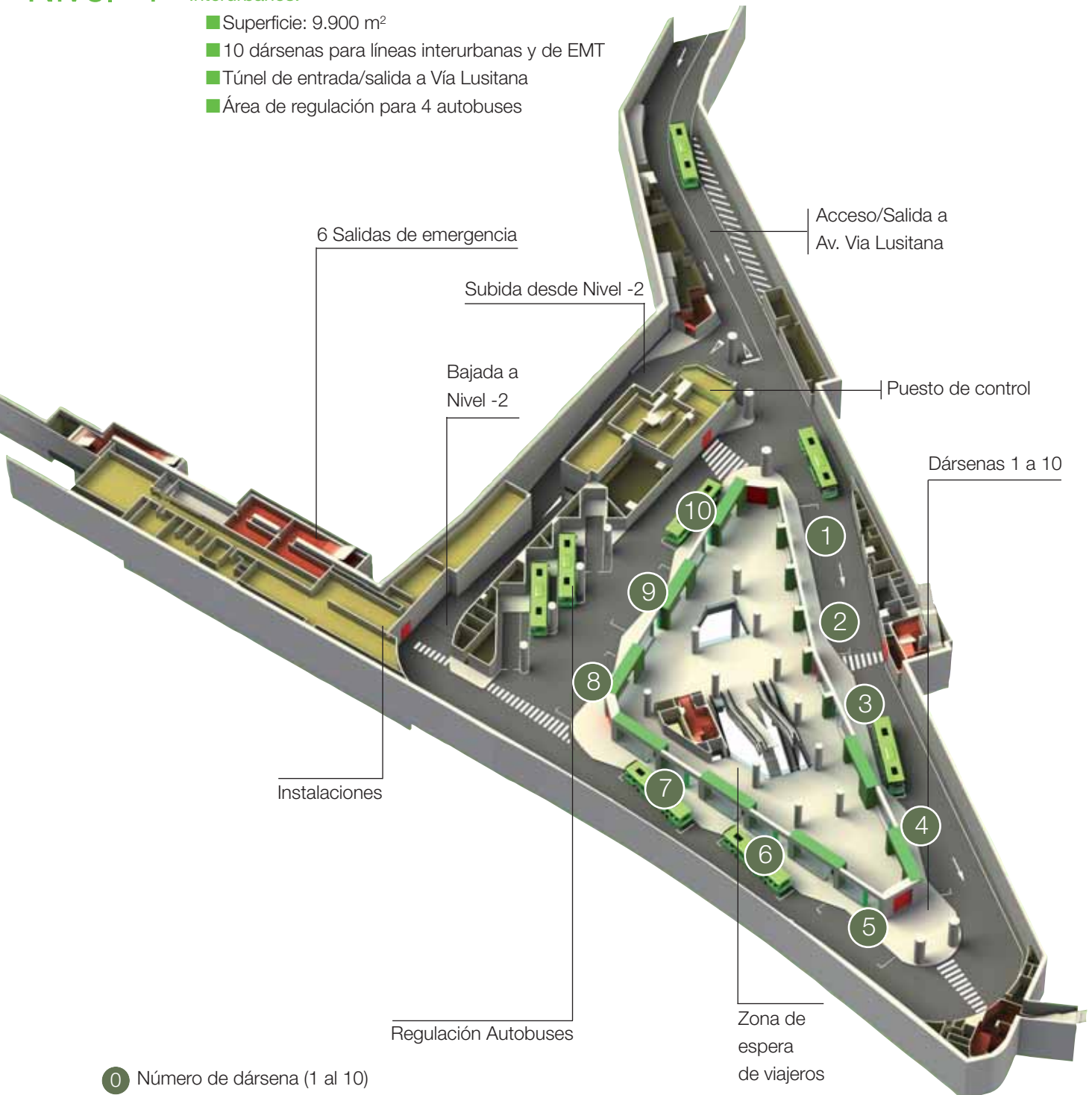
### Accesos:

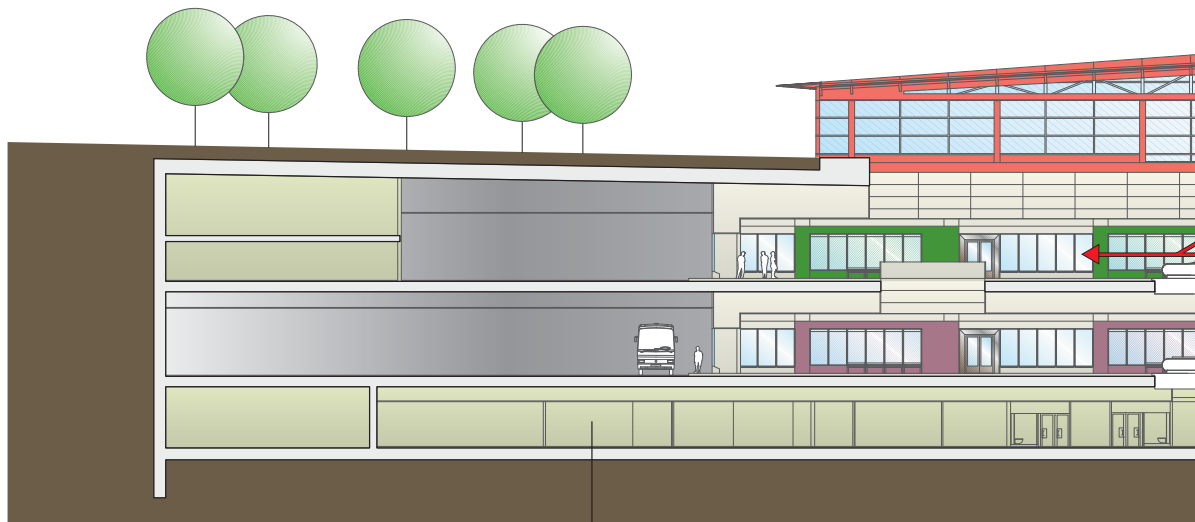
- Superficie: 1.050 m<sup>2</sup>
- 1 acceso peatonal 42 rampas de acceso para autobuses
- Aparcamiento de bicicletas
- Senda botánica con especies de clima mediterráneo
- Circuito biosaludable
- Espacio para mayores

## Nivel -1

### Interurbanos:

- Superficie: 9.900 m<sup>2</sup>
- 10 dársenas para líneas interurbanas y de EMT
- Túnel de entrada/salida a Vía Lusitana
- Área de regulación para 4 autobuses





Instalaciones

## Nivel -2

### Interurbanos:

- Superficie: 9.900 m<sup>2</sup>
- 10 dársenas para líneas interurbanas
- Área de regulación para 9 autobuses
- Túnel de entrada/salida a la A-42



Instalaciones

6 Salidas de emergencia

Dársenas 11 a 20

Bajada desde Nivel -1

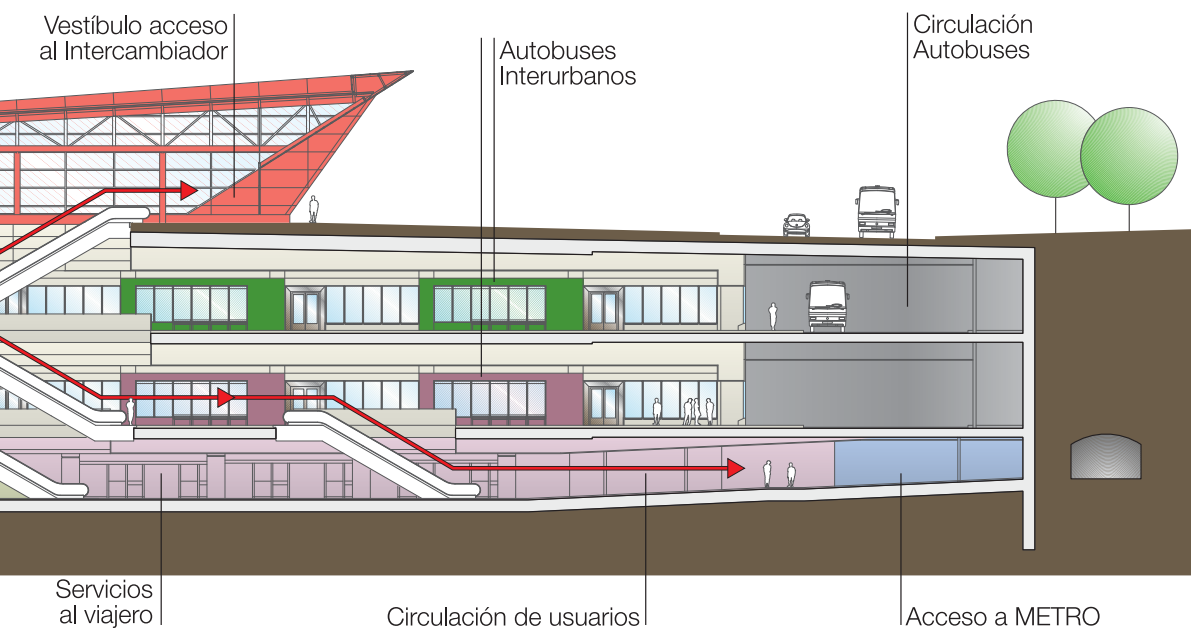
Subida a Nivel -1

Acceso/Salida A-42

0 Número de dársena (11 al 20)

Regulación Autobuses

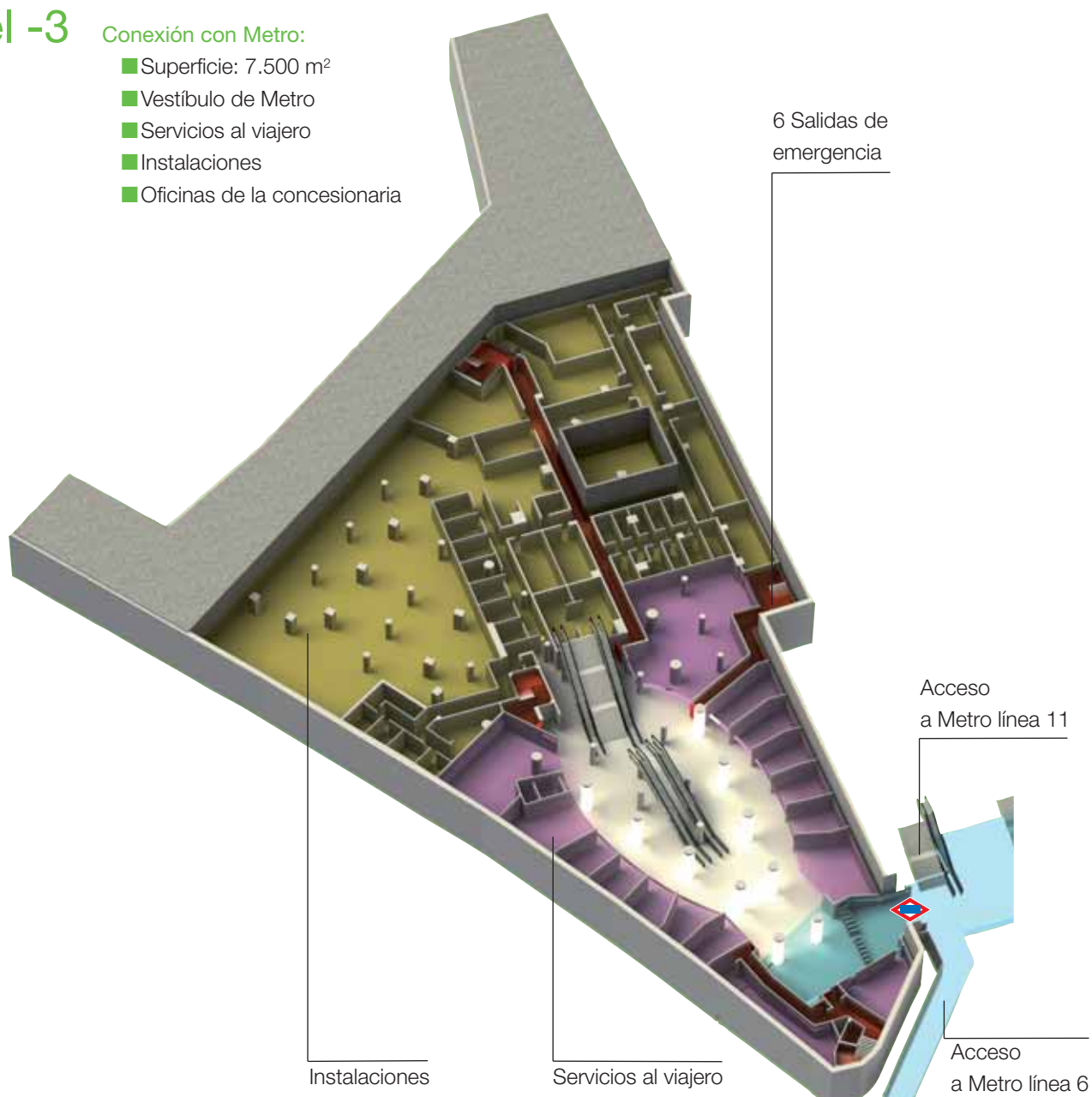
Zona de espera de viajeros



## Nivel -3

### Conexión con Metro:

- Superficie: 7.500 m<sup>2</sup>
- Vestibulo de Metro
- Servicios al viajero
- Instalaciones
- Oficinas de la concesionaria







## Diseño

La solución adoptada para el nuevo Intercambiador de Plaza Elíptica consiste en una planta triangular (debido a los condicionantes del entorno) que acoge tres niveles subterráneos, situándose al Sur de la Plaza de Fernández Ladreda, en el sector que conforman los ejes viarios de Vía Lusitana y la carretera A-42, Avenida Princesa María de Austria.

*infraestructuras existentes en la zona  
existing infrastructure in the area*



En estos ejes se ubican, el túnel de línea 11 de Metro y su estación de Plaza Elíptica, en el primero de ellos, y el paso inferior que conecta la A-42 con el Paseo de Santa María de la Cabeza, en el segundo.

Los muros de ambas infraestructuras constituyen los límites a los que se adosan dos lados, Este y Oeste, del triángulo que conforma el intercambiador. El tercer lado, el lado Sur, se ubica bajo el Parque Emperatriz María de Austria.

Los dos niveles superiores -1 y -2, se destinan a la circulación de autobuses, alrededor de un andén central, también de planta triangular, de más de 2.500 m<sup>2</sup> de superficie, que recoge un total de diez dársenas en cada planta. En el primer nivel (-1), se sitúan 10 dársenas con acceso desde Vía Lusitana (Leganés y Carabanchel principalmente) y en el segundo nivel (-2), otras 10 dársenas, para aquellas líneas que acceden desde la Av. Princesa Juana de Austria (Toledo, Parla y Getafe). El nivel inferior (-3) posibilita la conexión con la estación de Metro, a través del pasillo existente de correspondencia entre las

**Design** The solution adopted for the new Plaza Elíptica transport interchange station consists of a triangular form (owing to the nature of the location) which has three underground levels, located to the south of Plaza de Fernández Ladreda, in the area containing the Vía Lusitana, A-42 motorway and the Avenida Princesa María de Austria traffic axes.

These transport axes also feature the tunnel for Metro line 11 and its Plaza Elíptica station in the first of these, and the underpass linking the A-42 motorway with Paseo de Santa María de la Cabeza in the second.

The walls of both structures constitute the eastern and

western limits of the triangular design of the transport interchange station. The third side, the southern side, is located underneath the Emperatriz María de Austria Park.

The two upper levels, -1 and -2, are for the use of buses around a central, triangular platform covering more than 2,500 m<sup>2</sup> of surface area, with a total of ten bus bays on each floor. On the first level (-1) there are ten bus bays with access from Vía Lusitana (Leganés and Carabanchel mainly); and on the second level (-2) there are another ten bus bays for lines coming from Avenida Princesa Juana de Austria (Toledo, Parla and Getafe). The lower level (-3) is for the connection with



Rampas de conexión / connection ramps



Hito de la operación / project landmark



estaciones de línea 6 y línea 11. Dicho nivel acoge, además, gran parte de las instalaciones y cuartos técnicos del intercambiador, además de contar con una dotación destinada a usos complementarios para el viajero, con una superficie superior a los 1.000 m<sup>2</sup>.

El nivel -1 de autobuses está comunicado, mediante un túnel de acceso que cruza sobre la línea 11 de Metro, con la mediana de Vía Lusitana, sobre la que está prevista, en el futuro, la implantación de un carril-bus.

El nivel -2 del intercambiador se conecta, mediante un túnel, a los laterales

de la A-42, discurriendo en su zona más próxima al intercambiador, en paralelo con el paso inferior que conecta con el Paseo de Santa María de la Cabeza para, una vez finalizado éste, desplegarse en el sentido de salida y en el sentido de entrada, que ha de cruzar bajo la calzada de la A-42. Se ha dejado prevista una entrada al intercambiador para el posible futuro carril SÓLO BUS que discurrirá por el centro de la A-42.

Entre los dos niveles de autobuses se han construido unas rampas de conexión que favorecen el tráfico interior, la operación de las líneas y en definitiva

la explotación de dicho Intercambiador.

También se ha dotado a las plantas -1 y -2 con 13 plazas de estacionamiento de autobuses en vacío, llamadas de regulación, 4 en el nivel -1 y 9 en el nivel -2.

El acceso al intercambiador se produce a través de un edificio representativo e "hito de la operación" situado en el vértice del Parque de la Emperatriz María de Austria, reordenando y mejorando la transición entre el parque y la ciudad.

the Metro, using the existing passage connecting the line 6 and line 11 stations. This level also contains many of the installations and technical facilities for the transport interchange station, and it includes a space designed to offer complementary services to passengers, covering an area of over 1,000 m<sup>2</sup>.

Level -1 for buses communicates with, and emerges in the middle of, Vía Lusitana, using an access tunnel that crosses over Metro line 11.

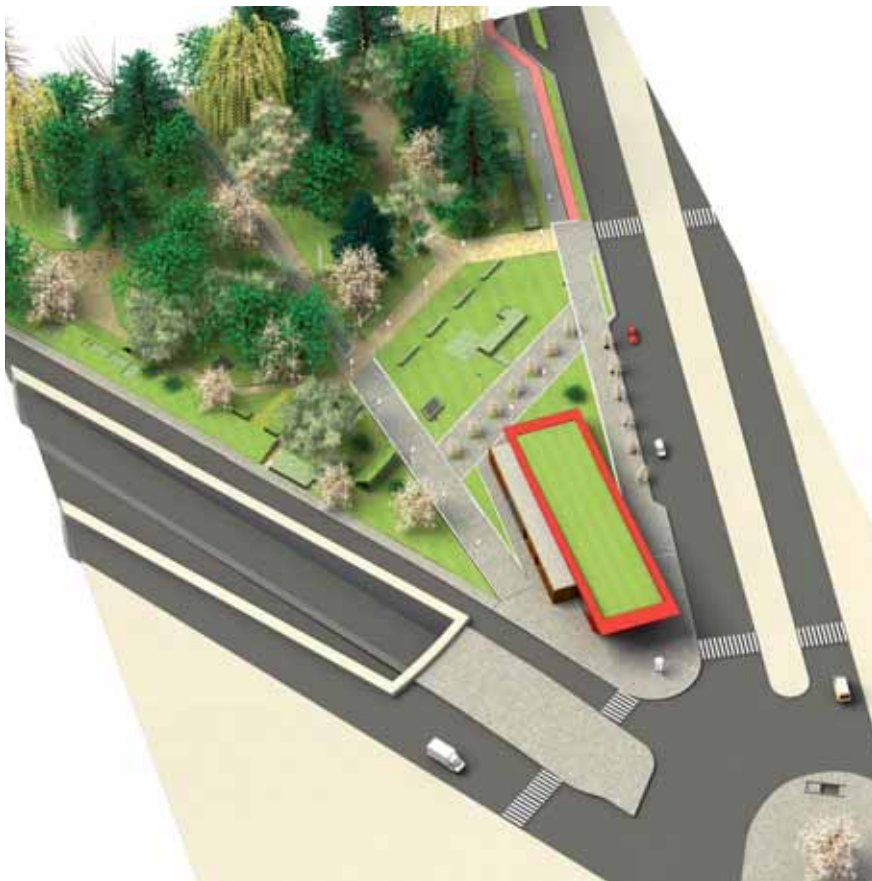
Level -2 of the station connects via tunnel with the side lanes of the A-42 motorway in an area very close to the station, parallel to the underpass that connects to the

Paseo de Santa María de la Cabeza. Once finished, this will double-back in incoming and outgoing directions, crossing under the carriageways of the A-42 motorway. An entrance to the station has been planned for a BUS LANE that may be built in the future, which would run down the centre of the A-42.

Connection ramps have been built between the two bus levels to aid internal traffic, the operation of bus services and the use of the station.

Floors -1 and -2 have also been provided with 13 regulation bus parking bays, four on level -1 and nine on level -2.

Access to the transport interchange station is obtained through a symbolic building that represents a milestone for the project located at the entrance to the Emperatriz María de Austria Park, which serves to reorganise and improve the transition from the park to the city.



Esquema de superficie  
Map of the surface

El Intercambiador descrito, perteneciente a una tipología incipiente, caracterizada por una evidente desproporción entre su dimensión y número de funciones, limita la concepción arquitectónica a la operatividad sobre los revestimientos que, en este caso, por su significación, son los que más caracterizan el resultado final de su imagen como percepción. No obstante, se ha intentado “conjuguar” con una disposición espacial que permita una lectura intuitiva y lo más completa posible de la funcionalidad del edificio.

The transport interchange station described above belongs to a class that is just beginning to be seen, one characterised by an obvious imbalance between its size and the number of functions it performs, limiting its architectural concept to operational usefulness rather than execution which, in this particular case and due to its meaning, are the most important factors that characterise its final result and perception. Nevertheless, an attempt has been made to play with the layout of the space available to enable an intuitive and complete reading of the building's functionality.

The dual necessity to thermally insulate and section off, for the purposes of smoke protection, the passenger

La doble necesidad de aislar térmicamente y sectorizar, a efectos de humos, la zona de viajeros del resto de las funcionalidades del intercambiador, en las plantas de autobuses, marca una frontera física con las zonas de circulación de autobuses. Esto permite pormenorizar el tratamiento formal de todo el contenedor, incidiendo de una manera más específica en el tratamiento del andén de viajeros, al no producirse esa continuidad espacial que se da en los intercambiadores construidos hasta el momento.

El hecho de que se produzca, aunque sea de un modo elíptico, un paralelismo con las estaciones de autobuses tradicionales, en las que era preciso salir al exterior para entrar en el vehículo, permite incorporar referencias adecuadas para el mejor reconocimiento de la funcionalidad por parte del usuario. Esto exige un tratamiento más cuidadoso y diferenciador entre lo que pasa a ambos lados de esa frontera, y que debe traducirse tanto en la elección de los materiales, en los revestimientos de la estructura, así como en la calidad del mobiliario, la iluminación, los difusores de ventilación forzada y natural, etc.

area from the remaining functions of the transport interchange station on the bus levels establishes the need for a physical barrier in the areas where the buses operate. This enables greater care of detail in the formal treatment of the spaces, paying particular attention to the passenger platforms, as there is not the same spatial continuance that existed in the transport interchange stations built in the past.

The fact that there is a certain, if elliptical, parallel with traditional bus stations, in which passengers had to go outside to board buses, makes it possible to incorporate references that make it easier for users to recognise the functionality of the station. This requires more





*Puerta de embarque / Boarding gate*

En este sentido, la iluminación incide en difuminar la percepción que desde el interior se tiene de los espacios de circulación de autobuses, contribuyendo a equilibrar la relación funcional entre estos dos espacios, de forma que se

fueren las esperas siempre en la zona de viajeros y no en la propia dársena.

En la distribución interior de la zona de viajeros se ha primado la flexibilidad ante todos los flujos servidos, situando mobi-

careful and discriminating treatment of what happens on both sides of this frontier, and should be reflected in the choice of materials, cladding of the structure, and in the quality of furnishings, lighting, forced and natural ventilation diffusers, etc.

In this regard, illumination helps the perception from the interior of the areas in which the buses operate, contributing to balance the functional relationship between the two spaces, and thus ensuring that passengers wait for their buses in the passenger area and not in the bus bays, themselves.

In the layout of the passenger area, flexibility has been

given priority in establishing passenger flow; furniture and waiting areas associated with fixed equipment, such as pillars or vertical communication areas, are arranged in a way that does not impede the space from performing the function for which it was intended and is easily identifiable.

As stated previously, one condition that guarantees the proper functioning the transport interchange station working correctly is that passengers only access the bus bays when they are boarding a bus.

The third level, which offers access to the Metro station (and where there are no bus bays), has all of the fea-

liario y zonas de estancia asociadas a elementos fijos, como pilares o núcleos verticales de comunicación, de manera que, al tiempo que no interfieren en el correcto desarrollo de la funcionalidad principal del espacio, se organizan en puntos fácilmente identificables.

Como se ha señalado anteriormente, es una condición importante para el funcionamiento del intercambiador, que únicamente se acceda a las dársenas en el momento de subir al autobús.

En el nivel tercero, de acceso a Metro (donde no hay dársenas de autobuses), se satisfacen todas las necesidades implicadas en una Terminal de transportes, como los aseos de viajeros, las oficinas de los explotadores, espacios para las instalaciones del edificio, etc., al tiempo que se optimiza la rentabilidad del edificio y proporciona servicios a los usuarios a través de la introducción de usos complementarios para el viajero. Se ha intentado por tanto, equilibrar adecuadamente el espacio necesario para los flujos hacia y desde Metro, colocando en su perímetro el cierre que implican estas otras actividades añadidas. ■

tures expected of a transport terminal, such as toilets for passengers, offices for operators, space for the building's installations, etc., while, at the same time, it optimises the profitability of the building and provides additional services to passengers with complementary commercial facilities. Therefore an attempt has been made to balance the space required for the flow of passengers to and from the Metro by locating these additional services around the perimeter. ■





# Príncipe Pío

Ramón Soubrier,  
Arquitecto

# e

El área del Proyecto del Intercambiador se encuentra al Oeste de Madrid, en la margen derecha del Río Manzanares. Está situada bajo los terrenos de la antigua posesión del Príncipe Pío, en el patio de viajeros de la antigua Estación del Norte, denominada así porque fue construida por la Compañía de los Ferrocarriles del Norte, como cabecera de una línea férrea que enlazara Madrid con la frontera francesa. La primitiva estación, operativa desde junio de 1861, pronto quedó pequeña para el cada vez más numeroso tránsito de

viajeros y mercancías. Ya en 1880 registró un tráfico de 91.253,9 toneladas de mercancías expedidas y 204.429 viajeros de salida, por lo que en 1876 se aprobó un proyecto para la construcción del actual edificio, que fue inaugurado el 8 de julio de 1882.

Ya desde entonces y según litografías de la época, se podía ver el destino del patio de viajeros como un espacio de intercambio intermodal, ya que hasta él llegaban los carruajes para recoger o dejar a los viajeros en la estación ferroviaria.



Posteriormente, el edificio sufrió varias modificaciones y ampliaciones, pero la reforma más importante fue la realizada entre 1995 y 1999, con la intención de sacarle mayor provecho a las infraestructuras de la antigua estación. Así, en la actualidad, es uno de los intercambiadores de transportes más importantes de la ciudad, confluyendo en él tres líneas de Metro, además de ser uno de los puntos neurálgicos de la red de Cercanías de Renfe.

Por último, se creó un intercambiador en superficie situado sobre el patio de la

**Príncipe Pío** This transport interchange station project is in western Madrid, on the right bank of the Manzanares River. It has been built underground on the site of land owned by the Príncipe Pío, under the passenger concourse of the old Estación del Norte station – it was given this name as it was built as a railhead for the line connecting Madrid to the French border by company Compañía de los Ferrocarriles del Norte. The first station came into operation in June 1861, but soon resulted to be too small for the ever increasing number of passengers and quantity of freight. In 1880, 91,253.9 tonnes of freight departed from the station, as did 204,429 passengers; as a result, in 1876 a plan was approved for the construction of the current station, which was opened July 8, 1882.

Following its inauguration, as can be seen in illustrations from the period, the passenger concourse were used as a space for changing from one means of transport to another, with carriages collecting and leaving travellers in the station.

Since that time, the building has been modified and expanded on a number of occasions, with the most recent rebuilding work taking place in 1995 and 1999, which aimed to take greater advantage of the infrastructure of the old station building. Today it is one of the most important transport interchange stations in the city, as it is one of the focal points of RENFE's Cercanías local train services and three underground lines pass through the station.



Vista aérea antes del inicio de las obras / *Aerial view before work starts*

Estación de Príncipe Pío, éste se construyó sin resolver las conexiones de los autobuses interurbanos con Metro. El poco espacio disponible en el entorno dificultaba en gran medida la situación de las dársenas de los autobuses. Y por otro lado, el tráfico de la Glorieta de San Vicente se veía muy afectado al mantener en superficie diariamente cerca de 2.400 autobuses interurbanos y 2.100 autobuses urbanos.

Para dar solución a estos problemas, se propuso construir un nuevo intercambiador subterráneo bajo el patio de la Estación de Príncipe Pío de forma que acogiera los autobuses interurbanos que daban servicio en la carretera A-5, eliminando los autobuses interurbanos de la superficie y mejorando el intercambio de los más de 60.000 usuarios de autobuses interurbanos con el Metro, que en la actuali-

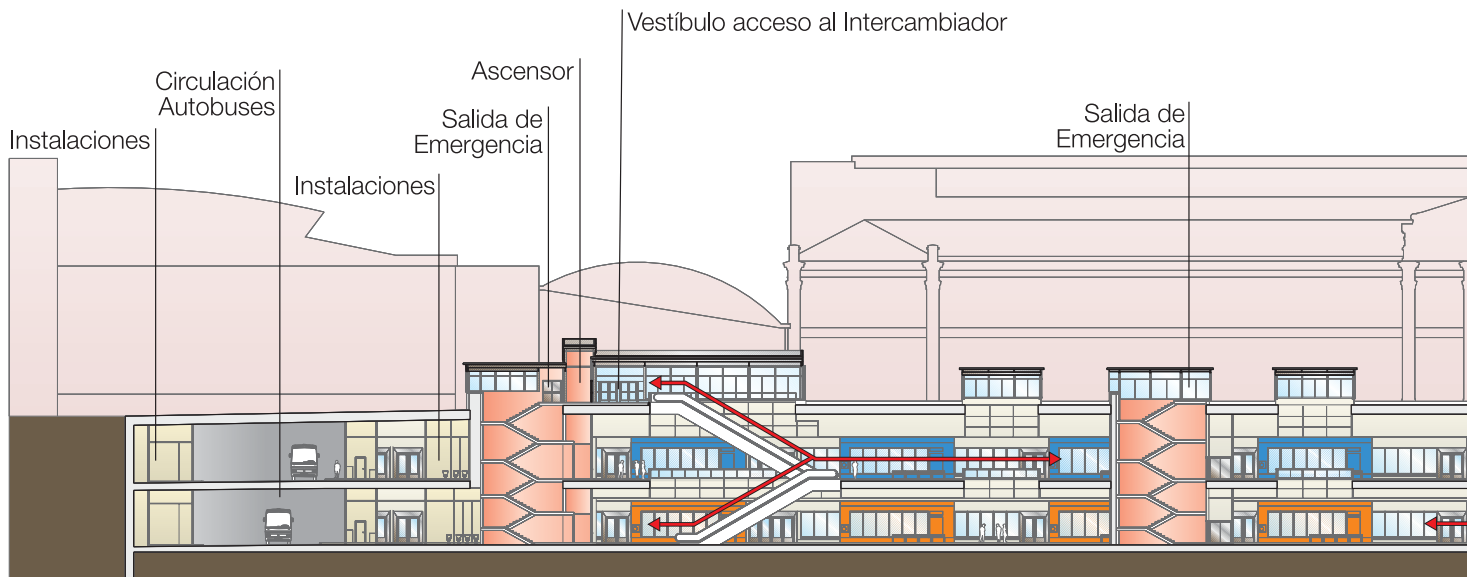
Finally, a transport interchange station was built at ground-level, on the concourse of the Príncipe Pío station; however, when this was built it did not connect the Metro services with the inter-urban buses. The limited space available in the area made it difficult to incorporate the bus bays. In addition, the traffic on the Glorieta de San Vicente roundabout was badly affected by the daily operation of approximately 2,400 inter-urban buses and 2,100 urban buses.

inter-urban bus services that use the A-5 motorway, removing inter-urban buses from the surface and improving the transport interchange for more than 60,000 users of the inter-urban bus services and more than 100,000 passengers who use the Metro station every day.

A proposal was made to build a new underground transport interchange station beneath the concourse of Príncipe Pío station to solve these problems. This new transport interchange station would be able to handle the

The transport interchange station is divided into two levels, each of which has 15 bus bays arranged around a central area for passengers. Passengers enter the station through two entrances located on the current station concourse.

At the first level, located at 582.850m above sea-level, there is a connection to the Metro and an entrance for



Sección longitudinal  
Longitudinal section

dad mueve a más de 100.000 usuarios diarios.

El intercambiador se organiza en dos niveles, cada uno con 15 dársenas de autobuses dispuestas en torno a un área central de espera. El acceso de los usuarios se realiza mediante dos pabellones ubicados sobre el patio actual de la Estación.

En el primer nivel, situado a la cota 582,850, se produce la conexión con el Metro y el acceso de autobuses por el túnel de entrada al intercambiador directamente desde la A-5, así como el acceso por la rampa situada en el Paseo de la Florida.

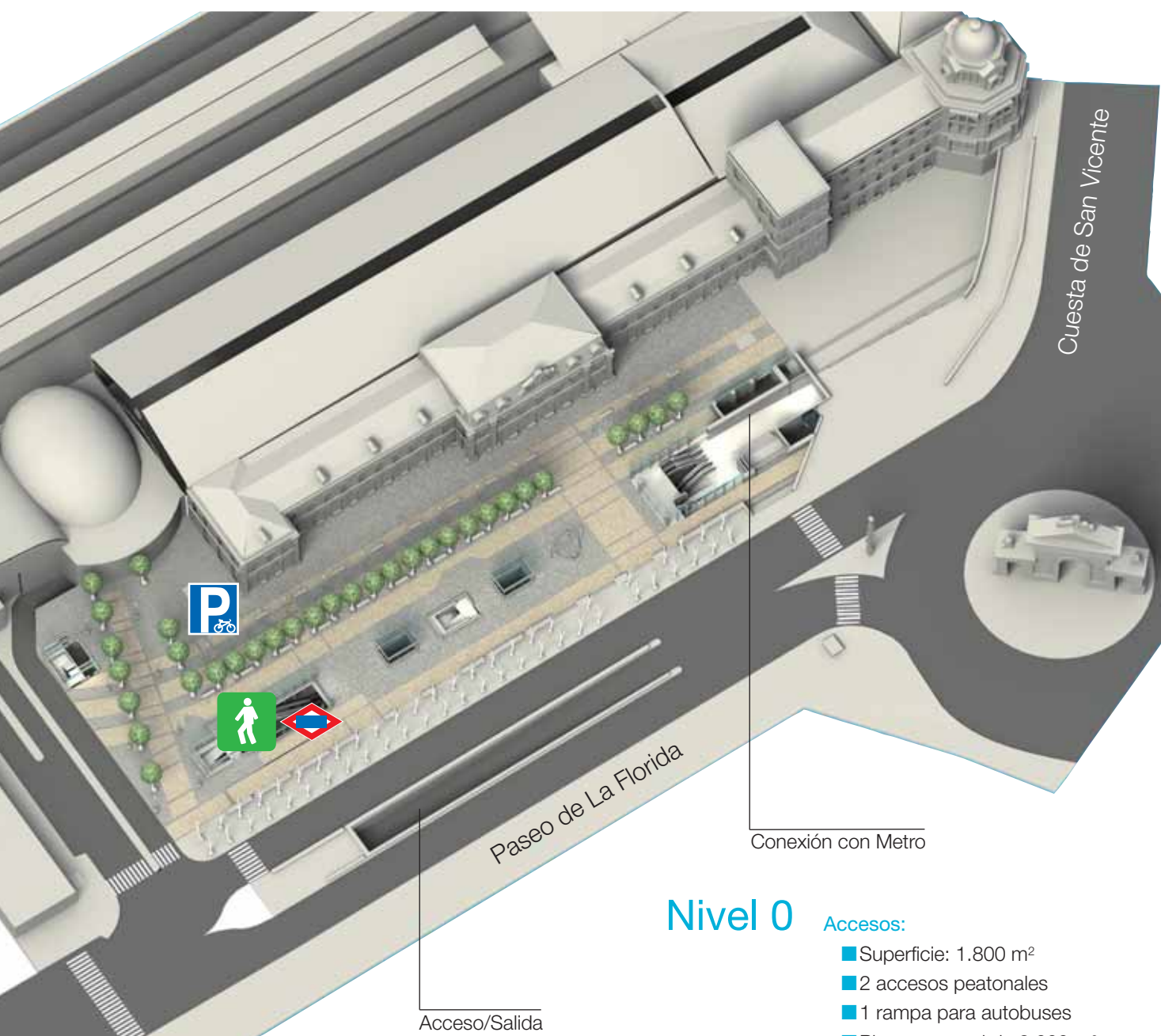
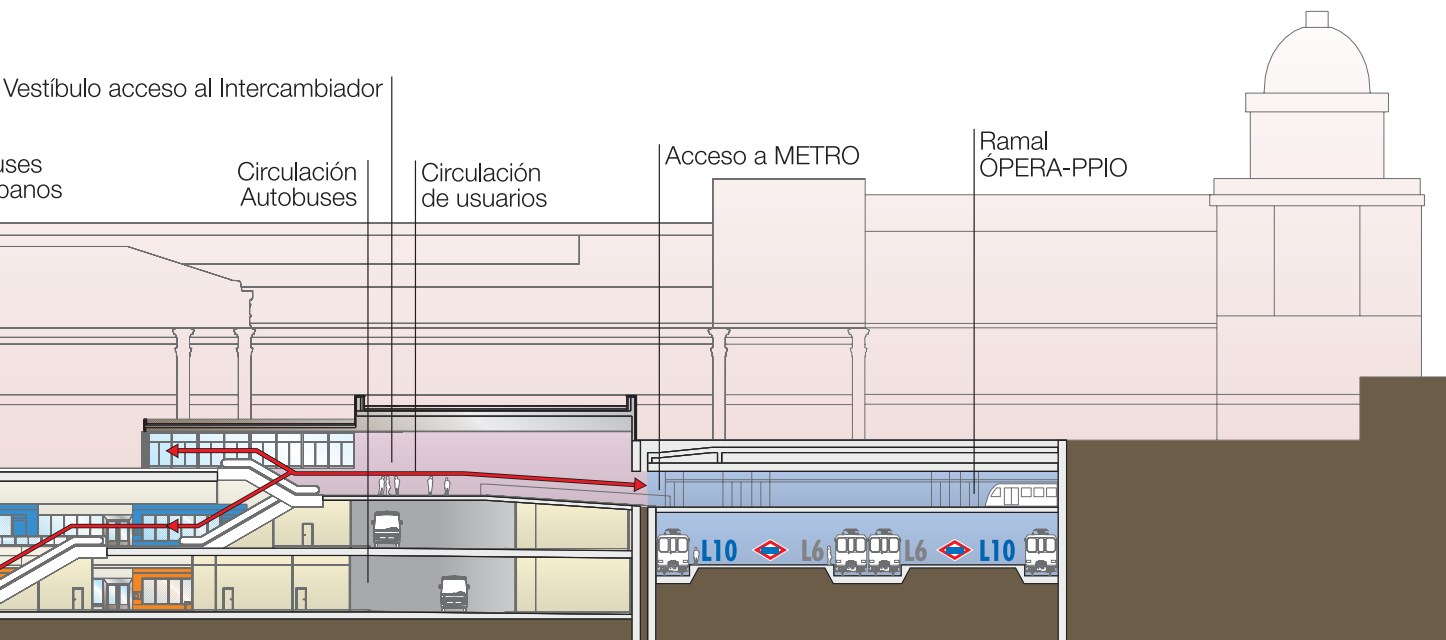
En el segundo nivel, situado a la cota 576,750, se encuentra el túnel de salida del intercambiador que conecta con los construidos por Ayuntamiento de Madrid, resolviendo el soterra-

miento de la M-30 y su conexión con la A-5. Con este acceso se eliminan de la superficie unos 2.400 autobuses diarios, con el consiguiente ahorro de tiempo.

El coste aproximado de la operación es de 58 millones de euros que se costearán mediante la financiación privada de una concesión administrativa para la construcción y explotación del intercambiador. ■

buses through a tunnel that connects directly from the A-5 motorway; there is also access from the entrance ramp located on the Paseo de la Florida road.

On the second level, which is located at 576.750m above sea-level, there is an exit tunnel for the transport interchange station, which connects to the tunnels built by the Madrid City Hall to relocate the M-30 underground route and to join it with the A-5 motorway. This access point eliminates approximately 2,400 buses per day from the surface, resulting in considerable time savings. ■



## Nivel 0

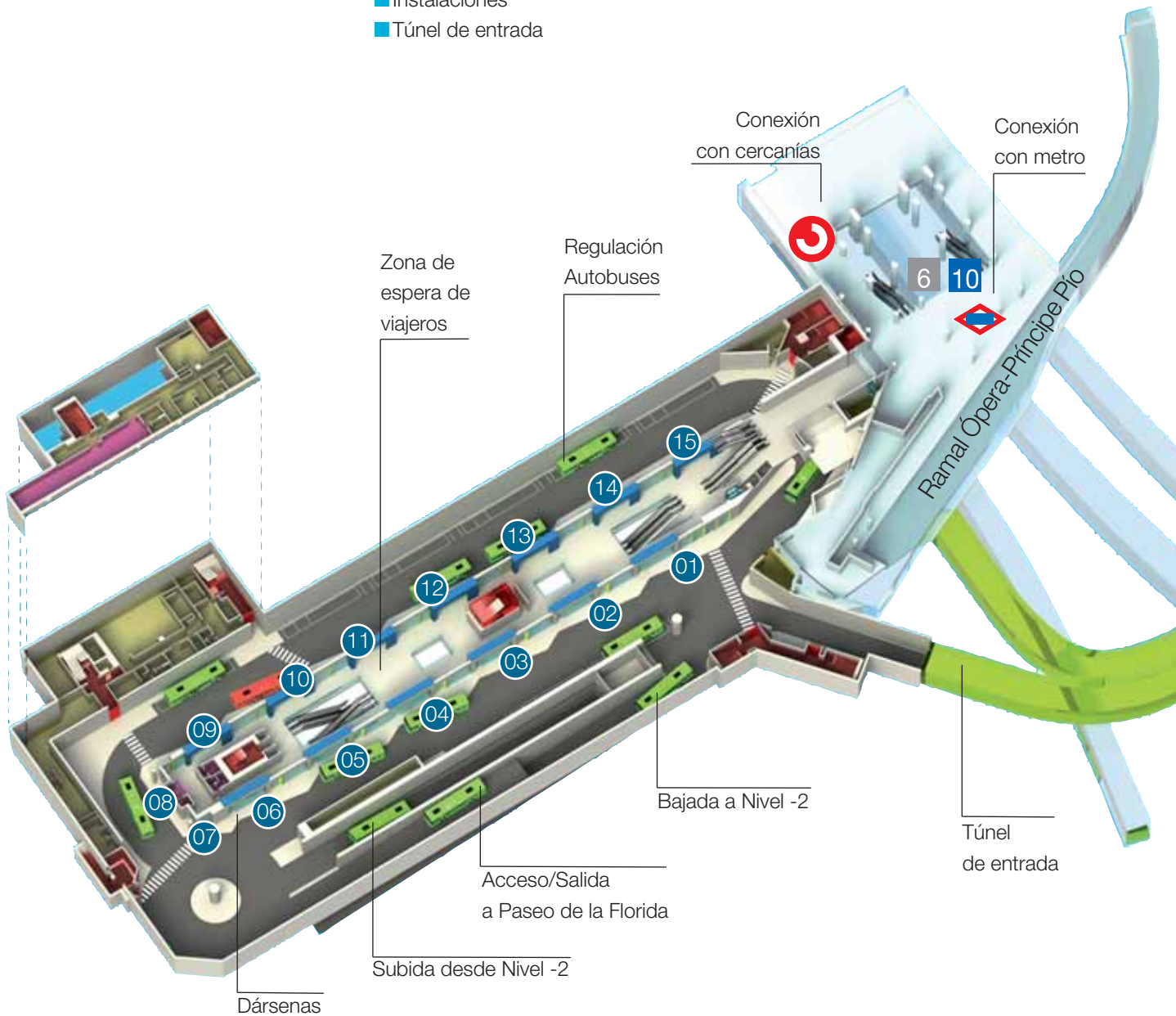
### Accesos:

- Superficie: 1.800 m<sup>2</sup>
- 2 accesos peatonales
- 1 rampa para autobuses
- Plaza peatonal de 8.000 m<sup>2</sup>
- Aparcamiento de bicicletas

## Nivel -1

### Interurbanos:

- Superficie: 12.850 m<sup>2</sup>
- 15 dársenas para autobuses
- Área de regulación para 9 autobuses
- Servicios al viajero
- Instalaciones
- Túnel de entrada

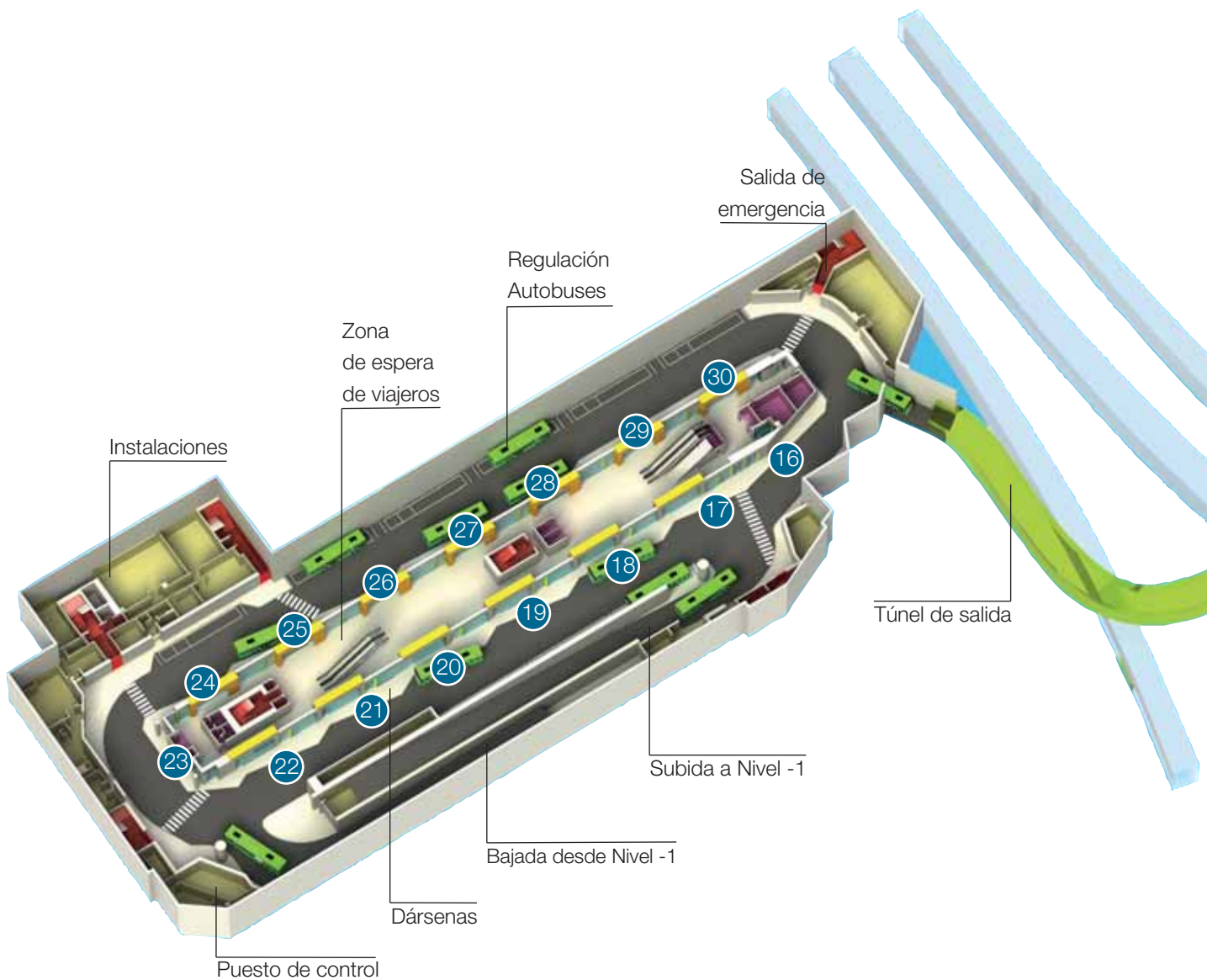




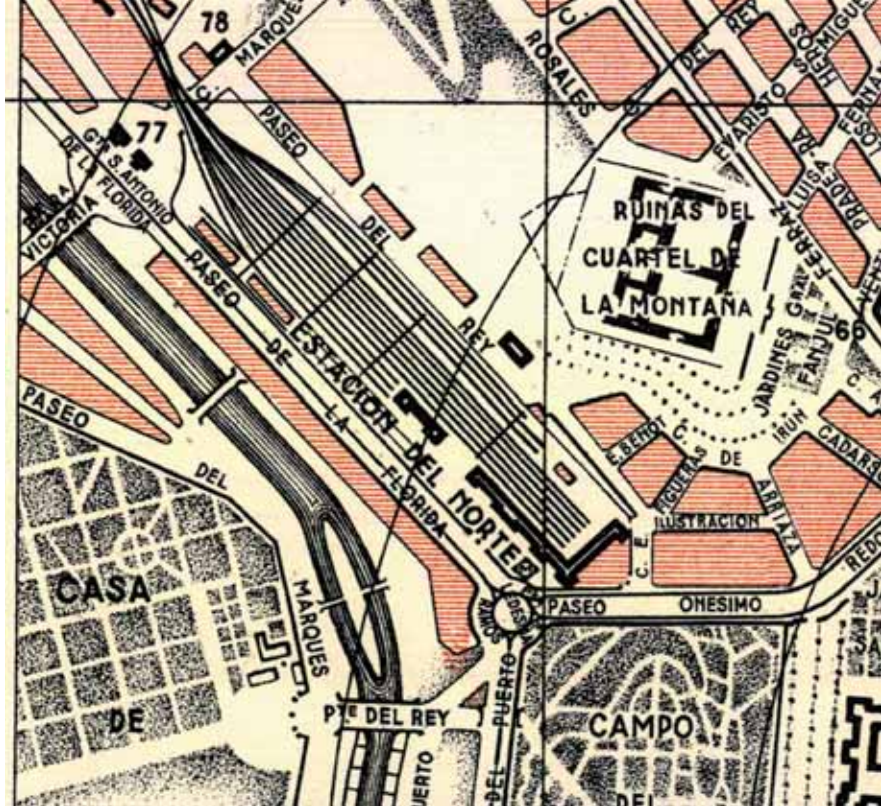
## Nivel -2

### Interurbanos:

- Superficie: 12.850 m<sup>2</sup>
- 15 dársenas para autobuses
- Área de regulación para 9 autobuses
- Servicios al viajero
- Instalaciones
- Túnel de salida



## Concesión



La construcción de un intercambiador de ámbito metropolitano supone una inversión cuantiosa que, de ser asumida directamente por la administración, implica la dedicación de unos recursos escasos.

Según el R.D. Legislativo 2/2000, de 16 de junio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, se refiere en su Título V al Contrato de Concesión de Obras Públicas, en cuyo art. 220.2, señala que “la construcción y explotación de las Obras Públicas objeto de concesión se efectuará a riesgo y ventura del concesionario”.

La construcción del intercambiador sin duda, debe producir mejoras en el

tiempo total de viaje de los usuarios, a su vez, las empresas operadoras también ven reducidos sus costes de explotación por la disminución de los tiempos de viaje y por el aumento de viajeros inducido. Parte de estos ahorros se utilizan para la financiación del propio intercambiador mediante el pago de un canon de uso.

Por ello la construcción, conservación y explotación del intercambiador se paga mediante financiación privada, vía concesión administrativa.

La concesionaria Intercambiador Príncipe Pío, S.A. resultó adjudicataria de las construcción, conservación y explotación del Intercambiador de Príncipe Pío. La concesionaria está formada por

### Concession

Construction of a transport interchange station requires substantial investment that, if directly provided for by the public administration, would imply the allocation of scarce resources.

Article 220.2 of Section 5 of the Amended Text of the Public Administration Contracts Law, which was approved by Legislative Royal Decree 2/2000, of 16 June, states that “the construction and operation of Public Works projects under concession agreements will be carried out at the risk and to the reward of the concessionaire.”

There is no doubt that the construction of a transport interchange station results in improved total journey times of both passengers and operating companies, who enjoy reductions in operational costs resulting from the simultaneous reduction in journey times and increase in passengers who attracted to using public transport. A portion of these savings may be used to finance the transport interchange station through the payment of a usage fee.

As a result, the construction, maintenance and operation of the transport interchange station is paid for by private finance through an administrative concession.

The winner of the tender for the construction, maintenance and operation of the Príncipe Pío transport interchange station was Intercambiador Príncipe Pío, S.A. The concessionaire was formed by the following companies, with their share of ownership: Continental Auto S.L. 5%, Blas y Cía S.L. 30%, Vías y Construcciones S.A. 55% and Cobra instalaciones S.A. 10%.

The cost of the station's construction totalled 58 million euros, with the concession being granted for a period of 33 years. The tender award determined that the fee to be charged for each passenger to alight or depart from the transport interchange station using standard bus services belonging to the Regional Transport

las siguientes empresas con sus porcentajes de participación: Continental Auto, S.L. 5%, Blas y Cía., S.L. 30%, Vías y Construcciones S.A. 55% y Cobra instalaciones, S.A. 10%.

El presupuesto de adjudicación fue de 58.000.000,00 €. Con un plazo de concesión de treinta y tres años. En dicha adjudicación se determinó que la tasa a aplicar por viajero de subida o bajada en el intercambiador en las líneas regulares de autobuses dependientes del Consorcio Regional de Transportes, será de 0,15 €.

El canon por cada autobús de entrada o salida al/del intercambiador de líneas o servicios no dependientes de consorcio de Transportes será de 15 €.

Además la sociedad concesionaria tiene la posibilidad de obtener ingresos a partir de la publicidad en el interior del intercambiador, y de la explotación de los locales comerciales. ■

Board would be €0.17 euros for inter-urban buses and €0.15 for EMT (Empresa Municipal de Transportes de Madrid - Madrid Municipal Transport Company) buses.

The fee for each bus that arrives at and departs from the transport interchange using lines or services that do not belong to the Regional Transport Boards was calculated at €9.00.

In addition, the concessionaire may obtain income from advertising within the station and from commercial premises. ■

## Proyecto

El “Proyecto Constructivo del Intercambiador de Transportes de Príncipe Pío” fue redactado en enero de 2005 por la UTE formada por las empresas ESTEYCO Y BB&J Consult S.A, por encargo del Ayuntamiento de Madrid. Al Consorcio Regional de Transportes le fueron delegadas, mediante Convenio de Colaboración de fecha 7 de Abril de 2004, las funciones del Ayuntamiento y de la Comunidad de Madrid para la construcción de este intercambiador.

El criterio que ha presidido la concepción funcional del intercambiador ha sido conseguir la máxima simplicidad para la utilización del mismo, tanto por los viajeros, como por los autobuses interurbanos.

El hecho de que el intercambiador de autobuses interurbanos forme parte del gran intercambiador ya existente entre las líneas de Metro y Cercanías en la misma localización, ha llevado a mantener la simplicidad y orientación espacial adoptadas en el mismo, intentando superar las limitaciones derivadas del carácter subterráneo del proyecto.

### Project

The “Construction Project for the Príncipe Pío transport interchange station” was presented in January 2005 by the joint venture consisting of the companies ESTEYCO and BB&J Consult S.A, at the request of the Madrid City Council. The roles of the Madrid City Council and the Regional Government of Madrid in the construction of the transport interchange station were delegated to the Regional Transport Authority through a collaboration agreement signed on April 7, 2004.

The guiding principle in the design of the transport interchange station was to achieve the maximum possi-

ble simplicity of use for both passengers and the inter-urban buses.

The fact that the inter-urban bus transport interchange station forms part of the major existing transport interchange station for the Metro and suburban railway network influenced the design of the new station, which followed the simplicity and spatial organisation of the existing station. However, at the same, the new installation attempted to overcome the limitations that arose from the subterranean nature of the project.

Las circulaciones se desarrollan en el interior del Intercambiador en ambas plantas en esquema de anillo, con una amplia zona central de circulación, de anchura (5,10 m), flanqueada en su lado interno, por las dársenas de estacionamiento de autobuses (en forma de diente de sierra, lo que evita la realización de maniobras en la salida de los autobuses), y en su lado externo, por una franja de 2,90 metros de anchura para el estacionamiento de autobuses a efectos de regulación.

La circulación de los autobuses se realiza en sentido horario, en ambas plantas, situando las dársenas (15 en cada planta, 13 de asignación directa y 2 de bajada) en el perímetro del vestíbulo central destinado a los viajeros, de conexión directa.

Los accesos se han basado en los considerados en el anteproyecto, a saber, túneles directos de 8 metros de anchura desde y hacia la M-30 y la A-5, situados respectivamente en las plantas -1 y -2, complementándose con una rampa directa de acceso y salida central, de 7 metros de anchura, en el Paseo de la Florida, que permite

desvincular el funcionamiento del intercambiador de los citados túneles de acceso desde la M-30 y la A-5.

De este modo, el intercambiador cuenta con dos sistemas de acceso independientes, lo que resulta de gran interés a los efectos de su comportamiento en el caso de situaciones de emergencia.

El conjunto del intercambiador se ha diseñado teniendo en cuenta su posible utilización por diferentes tipos de autobuses, (13, 15 y 18 m), definiéndose las áreas de barrido, radios de giro, y longitud de dársenas en cada caso, de modo que pueda ser cómodamente utilizado por todo tipo de vehículos.

La conexión entre los accesos desde y hacia el Paseo de la Florida y el anillo interno de circulación de autobuses, se lleva a cabo mediante una gran rotonda situada en la planta -1.

Las rampas de comunicación entre las plantas -1 y -2, se localizan en el mismo bloque de accesos de las rampas de acceso al Paseo de la Florida y tienen 6 m de anchura.

The buses circulate through the interior of the transport interchange station on both floors in a ring, with a spacious central area for manoeuvring, which is 5.10m-wide). This area is flanked on its internal side by the bus bays (in herring bone pattern, avoiding the need for manoeuvring upon departure from the station), and on the external side by a 2.90m-wide area for bus parking for regulatory purposes.

The buses move clockwise around both floors, with the bus bays (15 on each floor, 13 directly assigned, and two for alighting passengers) on the outer edge of the central area for passengers, with direct connections.

The entrances are based on those contained in the draft plan; with direct, 8m-wide tunnels to and from the M-30 and the A-5 motorways, which access floors -1 and -2, respectively. These are complemented by a 7m-wide direct access and entrance ramp, on the Paseo de la Florida, which enables the transport interchange station to operate independently from the aforementioned access tunnels originating on the M-30 and the A-5 motorways.

As a result, the transport interchange station has two independent access systems, which would become extremely important in the event of an emergency.



*Zona de circulación de autobuses / Bus manoeuvring area*

Conceptual y funcionalmente, quedan así diferenciados los anillos de circulación interna y los bloques de accesos, situándose estos últimos en una crujía independiente bajo la calzada del Paseo de la Florida.

The entire transport interchange station was designed taking into account the possibility that it may be used by buses of different sizes (13m-, 15m- and 18m-long), and it therefore defined the manoeuvring areas, turning circles and bus-bay lengths in such a way that facilitated station-use by all types of buses.

The connection between the Paseo de la Florida entrances and the internal ring for bus circulation consists of a large roundabout on floor -1.

The ramps joining floors -1 and -2 are in the same access block as the access ramps to the Paseo de la Florida, and they have a width of 6m.

This separates the internal circulation rings and the access blocks both conceptually and functionally, with the latter being in an independent space under the Paseo de la Florida.

Los viajeros procedentes de los autobuses interurbanos, se dirigen, en su gran mayoría (62%) al vestíbulo de Metro. Los restantes, o bien efectúan correspondencia con las líneas de cercanías o autobuses urbanos, o bien se dirigen a pie a las zonas urbanas aledañas.

La concepción funcional del intercambiador, ha primado, por tanto la conexión con el vestíbulo de Metro, que, de hecho, se prolonga para convertirse en el vestíbulo de acceso a la zona de autobuses interurbanos, en el que se sitúan las escaleras y ascensores de acceso al mismo.

Desde este mismo vestíbulo, dotado de abundante luz natural, puede accederse a la plaza urbana que se crea en superficie, constituyendo el núcleo principal de acceso del nuevo intercambiador.

No obstante, en la zona Oeste del ámbito de actuación, junto a la calle Mozart, se dispone un núcleo secundario de acceso, que reduce las distancias a recorrer para el acceso a las edificaciones del Paseo de la Florida.

The vast majority of travellers who arrive by inter-urban bus services (62%) head straight for the Metro. The others either continue their journeys using the suburban railway network or urban buses, or they walk to a nearby area.

The functional concept of the transport interchange station gave priority to the connection with the Metro station; as a result, the entrance hall for the Metro extends to the access hall for the inter-urban bus services and also houses the elevators and stairs.

From this new entrance hall, which has abundant natural light, travellers arrive at the urban square created

La descarga de viajeros de los autobuses interurbanos se efectúa en las dársenas asignadas a cada una de las líneas, la disposición de líneas en el intercambiador ha seguido el criterio de mayor demanda, situando de esta forma las líneas interurbanas de Móstoles y Alcorcón (líneas con más usuarios), en la zona más próxima al vestíbulo de Metro, reduciéndose al máximo la distancia a recorrer por los viajeros y facilitando la conexión al mismo, ya que se limita a un tramo de escaleras mecánicas.

Todo este acceso se ha enmarcando en un amplio recinto acristalado, que facilita la comprensión del conjunto, y hace evidente el carácter de salida principal, con acceso tanto al Metro, como a la calle y autobuses urbanos, gracias a la visión directa de la luz natural y la emblemática fachada de la estación de RENFE.

Por otra parte existen dársenas exclusivas de descenso de viajeros que se usarán en el caso de que la dársena asignada a una línea, se encuentre ocupada en ese momento por otro autobús.

at street-level, which is the main access point for the transport interchange station.

However, to the west of the station area, next to Calle Mozart, there is a second entrance that allows quicker access to the station from the buildings on the Paseo de la Florida.

Passengers alight from the inter-urban bus services at the bus bays assigned to each of the lines. The layout of the lines in the transport interchange station was based on demand levels, locating the most heavily used inter-urban lines, those to Móstoles and Alcorcón, in the area closest to the entrance hall for the Metro,



Vestíbulo de conexión con metro / Entrance hall with connection to the Metro





El acceso de los viajeros hacia las zonas de dársenas de autobuses, que se sitúan en las dos plantas subterráneas, se realiza, bien recorriendo el sentido inverso del anteriormente descrito en el vestíbulo principal, o bien utilizando el núcleo de acceso Oeste, situado junto a la calle Mozart.

La disposición funcional es sencilla, en cuanto a sus accesos y conexiones con la planta de calle y vestíbulo, mediante los dos núcleos verticales descritos, según expresan los planos y secciones funcionales.

En cada una de las dos plantas subterráneas en las que se localizan las dársenas, los flujos de viajeros se canalizan

longitudinalmente, en el espacio diáfano y acondicionado de 14 metros de anchura creado al efecto, conectando los citados núcleos verticales con las zonas de espera y servicios correspondientes a cada dársena, y el acceso a las zonas comunes de taquillas, información, locales comerciales, cafetería y aseos públicos.

Complementariamente, y a los efectos de evacuación del recinto en caso de emergencia, se dispone un tercer núcleo central de evacuación, dotado de puertas antipánico y vestíbulos de compartimentación, que sólo será de utilización para evacuaciones de emergencia.

thus reducing the distances that passengers must walk and to making their connections as efficient as possible, as they must only use one escalator.

The entrances are in a large, glass-enclosed space which, making it easy to understand the layout of the facilities and identify the main exit, the Metro entrances, and the street and inter-urban bus services, thanks to direct natural light and the impressive facade of the RENFE mainline train station.

In addition, there are also bus bays exclusively for passengers who are departing buses. These bays may also be used in the event that the bay to which a

specific service is assigned is already occupied by another bus.

Passengers access the bus bay areas, which are on the underground levels, directly from the main entrance hall or from the Calle Mozart entrance.

The functional layout is simple in terms of entrances and connections with the street-level and the entrance hall, which may be accessed through the two vertical connection areas previously described, and as defined in the functional plans and areas.

On each of the underground floors where the bus bays

are located, the flows of passengers are channelled longitudinally through a bright, climate-controlled space that is 14m-wide; this space joins the two vertical access points with the passenger waiting areas and the services of each bus bay, as well as provides access to the common areas for tickets, information, commercial premises, cafes and toilets.

There is also a third exit to be used for building evacuation in the event of an emergency; this exit has anti-panic doors, and compartmentalised halls, and it would only be used only in the event of an emergency evacuation.





Los autobuses pueden acceder a la estación de dos formas distintas, bien mediante túneles, bien mediante una rampa desde el Paseo de la Florida.

En el caso de los túneles, el de entrada a la estación está en la planta -1 y el de salida se sitúa en la planta -2.

El acceso mediante rampa se realiza por medio de la situada en el eje del propio Paseo de la Florida. Se trata de una rampa que admite la circulación de autobuses en los dos sentidos y llega desde el exterior a la planta -1, con una pendiente del 9,94%.

Los cambios de planta se realizan, en ambos casos, mediante rampas inde-

pendientes de subida y bajada que se sitúan bajo la de conexión con la calle, la de bajada a la planta -2, y paralelamente a ella hacia el interior de la estación, la de subida de la planta -2 a la planta -1, con pendientes del 9.75%.

Los movimientos de salida desde la planta -1 hacia el exterior se realizan mediante un rotor de 15 m de radio exterior situado en el vértice de la estación bajo la confluencia de la calle Mozart con el Paseo de la Florida.

La estación se ha dimensionado con radios de giro de 15 m para facilitar el movimiento de los autobuses de 12, 15 y 18 metros de longitud (articulados).

There are two separate ways for buses to access the station; either through the tunnels or through the access ramp from the Paseo de la Florida. The entrance tunnel for the station is on floor -1 and the exit tunnel is on floor -2. The access ramp is used to enter the station directly from the Paseo de la Florida. This ramp can be used by both incoming and outgoing buses, and it connects the exterior with level -1 at a slope of 9.94%.

Movement from one floor to another in both directions is achieved through independent ramps; the downwards ramp to level -2 is beneath the ramp that connects the station to the street, while the upwards ramp

from floor -2 to floor -1 is parallel to that towards the interior of the station. Both have a slope of 9.75%.

Exit from floor -1 to the street is by a 15m-radius roundabout located at the vertex of the station, beneath the point where Calle Mozart meets Paseo de la Florida.

The station was designed with a 15m-turning circle to facilitate the manoeuvring of 12m-, 15m- and 18m-long buses (bendy buses).

Los accesos peatonales a la estación se realizan desde la Plaza de la Estación, que es el espacio peatonal que sustituye al patio de la estación de Príncipe Pío, ocupado anteriormente por una Terminal de autobuses.

Los viajeros pueden acceder a la estación mediante dos accesos que distan 84 m entre sus fachadas.

Uno, se sitúa en la zona de la calle Mozart y en el acceso al centro comercial que RENFE ha instalado en la estación histórica. El otro, está en el extremo opuesto, en el lado de la Cuesta de San Vicente, al fondo del patio actual que cierra la escalinata de acceso a la estación de intercambio de Metro y RENFE-Cercanías.

Estos accesos están determinados por los destinos de los viajeros y el porcentaje asignado está en torno al 30% para el de la calle Mozart y el 70% para el de la Cuesta de San Vicente, distribución lógica, ya que por este último es por donde se produce el intercambio de viajeros entre el Metro y los autobuses. Dicho de otra forma, el vestíbulo de la Cuesta de San Vicente

es el verdadero vestíbulo de conexión de la estación.

Los dos accesos disponen de amplios vestíbulos, que permiten la fácil circulación de viajeros en hora punta. Están dotados de escaleras fijas mecánicas y de ascensores para PMR (Personal con Movilidad Reducida).

Los accesos para peatones se completan con una serie de escaleras de emergencia distribuidas por toda la estación de tal manera que permiten cumplimentar adecuadamente la normativa de aplicación.

Hay que señalar que, se ha dotado de conexiones sectorizadas para peatones a las salidas de emergencia más cercanas, a los dos túneles de acceso a la estación.

La futura plaza se ordena a partir de los dos vestíbulos de acceso y de las conexiones con el perímetro existente. En el frente del Paseo de la Florida, a una cota más elevada que la que existe en la plaza, se propone una alineación de árboles, como pantalla del tráfico a la plaza, creando una acera

Pedestrian access to the station is obtained in the Plaza de la Estación, which is the pedestrian space that replaced the concourse of the Príncipe Pío station, which was previously used by the bus terminal.

Passengers can use two entrances that are 84m apart to enter the building.

One of these entrances is located near to the Calle Mozart and within the entrance to the shopping centre that RENFE installed in this historic station. The other is at the opposite end, on the side of Cuesta de San Vicente, at the back of the current concourse, which includes the access stairs to the transport interchange

station for the Metro, RENFE mainline trains and urban railway network.

The entrance and exit points used are determined according to passengers' destinations, with about 30% using Calle Mozart and 70% using the Cuesta de San Vicente entrances; this is logical as the latter is the location of passengers' interchange between the Metro and buses. In other words, the Cuesta de San Vicente entrance hall is the real entrance for service connections.

Both accesses have spacious entrance halls that facilitate passenger movement, even at peak times. Both halls are equipped with escalators and elevators for the disabled.





*Entrada de luz natural a través de lucernarios*  
*Entry of natural light through the light wells*

amplia, que a través de escalinatas de mayor o menor altura, dependiendo de la cercanía con la glorieta, se accede a la Plaza. Paralelamente al paseo, en el interior de la Plaza, entre los dos vestíbulos de acceso, se sitúan dos lucernarios que dotan de luz natural a las plantas inferiores, así como el acceso de emergencia central de las zonas de espera de viajeros, que se ejecutó mediante trampilla de apertura hidráulica,

enrasada con la plaza, que tendrá su apertura tan solo en caso de emergencia.

Más hacia el edificio histórico se sitúa una alineación de árboles, en la que se intercalan bancos y farolas, como zona de descanso al aire libre de los viajeros que utilicen el intercambiador o de los ciudadanos que acudan al centro comercial.

The accesses for pedestrians are completed by emergency stairs located throughout the station, which ensure compliance with all applicable regulations.

It should also be noted that there are connections sectioned off for pedestrians at the nearest emergency exits to the station's two access tunnels.

The Plaza to be built at ground-level is based around the two entrance halls and the connections with the existing perimeter. It has been proposed to plant a row of trees on the Paseo de la Florida-side, at a level higher than that of the Plaza, to act as a screen for traffic. A wide pavement that, through the use of a series of steps

varying in size according to their proximity to the traffic roundabout, will lead to the Plaza. Parallel to the Paseo, in the interior of the Plaza, between the two entrance halls, there are two light wells that provide natural light to the lower floors; this area also contains the central emergency exit for the passenger waiting area, which consists of a hydraulically opened trapdoor at ground-level that opens only in the event of an emergency.

Over towards the historic building there is a line of trees with benches and street lights so passengers and shopping centre visitors may relax in the open.



Los viajeros acceden a los autobuses en las plantas -1 y -2. En el extremo más cercano a Metro, del lado de la Cuesta de San Vicente y de la planta -1 se sitúan las dársenas con mayor demanda de viajeros, mientras que en el resto de la planta -1 y la planta -2 se localizan las dársenas de carga y descarga de viajeros.

Cada planta dispone de un vestíbulo central de viajeros. Los autobuses circulan a su alrededor describiendo un anillo circulatorio, de un ancho de 5.10 m,

Passengers get on and off the buses on floors -1 and -2. The bus bays that are most-used by passengers are located at the end nearest to the Metro station, on the Cuesta de San Vicente-side of floor -1. The rest of floors -1 and -2 are designated to bus bays for passengers boarding and exiting.

Each floor has a central area for passengers. Buses travel in a 5.10m-wide ring around this area, from which they can access all of the 15 bays or stops located on each floor. Each floor has six parking spaces for buses that are up to 18m-long and three spaces for parking and regulation of buses that are up to 15m-long, which are located on the longest sides of the

desde el que acceden a cada una de las 15 dársenas o paradas que tiene cada planta. Cada planta dispone de 6 plazas de estacionamiento para autobuses de hasta 18 metros y 3 más para estacionamiento y regulación de autobuses de hasta 15 metros, dispuestas en los lados mayores del perímetro del anillo de circulación. Las plazas de estacionamiento tienen una anchura de 2,90 m.

Las dársenas se han dimensionado para recibir autobuses de 12, 15 y/o 18m. Las de descarga son lineales y las

ring's perimeter around the central passenger island. The parking spaces are 2.90m-wide.

The entrance hall will be separated from the bus bays, with climate-controlled passenger areas; the time for boarding and alighting buses will be kept to a minimum, and the bays will only be used for this purpose.

As a result, passengers will wait for their buses in the climate-controlled areas, protected from fumes and noise generated by the vehicles. Information on the boarding of buses will be obtained either visually, through the glass screen, or by the information signal system in the waiting area.

*Zona de espera de viajeros*  
*Waiting area for passengers*



Zona de circulación de autobuses en nivel -2 / Bus manoeuvring area on level -2

de carga tienen forma de diente de sierra, de tal manera que la longitud de cada dársena, proyectada en el eje longitudinal de la estación, es de 20 m. Esto permite que el autobús salga después de su parada sin dar marcha atrás.

El vestíbulo será un espacio cerrado a las dársenas, climatizando las zonas de espera y circulación de viajeros, pretendiendo que en estas zonas de dársenas, los tiempos de subida y bajada del autobús sean mínimos y sólo se ocupen para esa función.

Por lo tanto el viajero espera en la zona climatizada al abrigo de los humos y los ruidos generados por los vehículos. La

información sobre la disponibilidad del acceso al autobús la obtiene mediante su propia visión a través del cerramiento acristalado o bien mediante el sistema de señalización y telemática de la zona de espera.

Se crean modulaciones de entrada y salida a dársenas desde el vestíbulo mediante códigos de colores, (entrada y salida), y numeraciones de dársenas. Además en la zona de espera para salir a dársenas, se configuran unos apoyos isquiáticos como modo de ordenación de la salida.

En el vestíbulo se sitúan todas las escaleras mecánicas, fijas, de emergen-

cia y los ascensores que conectan los distintos niveles de la estación, así como los servicios de atención al viajero.

Dentro de estos servicios hay que diferenciar los servicios propios de la estación: taquillas, información, jefe de estación y aseos, de los comerciales, tales como cafetería, estanco, periódicos o áreas de “vending”.

La zona de vestíbulo de viajeros es un rectángulo de 148 m de largo por 14 m de anchura media a ejes de la estructura, de anchura libre 12,6 m.

Control of arrivals and departures in the bus bays from the entrance hall will be achieved using colour codes (for arrival and departures) and numbering of the bays. In addition, in the waiting areas for passengers, there are built-in railings that serve as a method of boarding organisation.

All escalators, stairs, including emergency stairs, and elevators that join the various levels of the stations, together with a range of passenger services, are located in the entrance hall.

These services can be divided into those that form a fundamental part of the station, such as the ticket of-

fices, passenger information, the station manager's office and toilets, and those that are commercial in nature, such as shops, cafes, kiosks, newsagents, vending machines, etc.

The passenger entrance hall is rectangular and approximately 148m-long and 14m-wide at the axes of the structure, with a free width of 12.6m.

The rooms and areas housing the technical services that are required for the station to operate effectively are mostly located around the perimeter of the entrance hall.



EXIT

541  
548  
549



EXIT



Los cuartos o locales técnicos que albergan los servicios necesarios para la correcta explotación de la estación se sitúan fundamentalmente en el perímetro de la misma.

Existen dependencias repartidas en la entreplanta situada entre el exterior y la planta -1, también en la planta -1 y en la planta -2.

Los locales técnicos destinados a la climatización y ventilación del intercambiador, se sitúan repartidos por el perímetro del edificio para mejor reparto de cargas.

Los locales eléctricos se sitúan en la proximidad con la calle Mozart, las acometidas, centros de transformación, aljibe y bombas para PCI, repartidos por el perímetro y el resto de locales, almacenes, cuartos de basuras, botiquín, seguridad, policía, vestuarios, aseos, cuartos de conductores, etc. se sitúan en el apéndice próximo a la antigua estación (donde existe la entreplanta) exceptuando el cuarto de control, que se sitúa en el final de la rampa que comunica el nivel -1 con el nivel -2.

The climate-control and ventilation installations are located around the perimeter of the building to enable a more effective balance of their loads.

The electrical installations are located near to Calle Mozart, while the junction box, transformer centres, and the PCI cisterns and pumps are located around the perimeter. The remaining facilities, store rooms, rubbish storage, sick bay, security, police, changing rooms, toilets, drivers' rooms, etc., are located in an annex close to the old station (where there is a mezzanine floor), with the exception of the control room, which is located at the end of the ramp joining level -1 with level -2.

Con esta nueva infraestructura, la Comunidad de Madrid facilita el intercambio entre las líneas 6 y 10 de Metro de Madrid, el ramal Ópera-Príncipe Pío, las líneas C-7 y C-10 de Cercanías-RENFE, ocho líneas de autobuses urbanos y trece interurbanas. Estas últimas dan servicio a los municipios ubicados en el corredor de la carretera de Extremadura, como Alcorcón, Móstoles, Navalcarnero, Brunete, San Martín de Valdeiglesias y Villaviciosa de Odón, por lo que atienden a una población de aproximadamente 462.429 habitantes. ■

Through this new infrastructure, the Community of Madrid will facilitate interchange between Metro lines 6 and 10, the Ópera-Príncipe Pío Metro branch line, the C-7 and C-10 lines of the suburban railway network-RENFE services, eight urban bus services and 13 inter-urban bus services. The inter-urban bus services serve the towns located in the corridor along the Extremadura motorway, such as Alcorcón, Móstoles, Navalcarnero, Brunete, San Martín de Valdeiglesias and Villaviciosa de Odón, serving a population of approximately 462,429. ■





## Estructura

Estructuralmente se distinguen los siguientes elementos: pantallas, forjados, pilares y cimentaciones.

El recinto perimetral de pantallas cierra el contorno de la estación y está apuntalado por los forjados; adicionalmente, dos bandas de pantallas interiores discontinuas permiten materializar las rampas de acceso de los autobuses y sirven de apoyo a las losas de forjados; los forjados de Plantas 0 y -1 están situados a las cotas 590 (cota más alta) y 582,65 respectivamente y tienen unas dimensiones medias en planta de 196,33 x 64,15 m.

La losa de forjado de Planta 0 está compuesta por áreas de losa maciza de espesores 60 y 40 cm donde se localizan los principales huecos y los cambios de nivel y zonas de losa aligerada de hormigón pretensado de 90 cm, todas ellas apoyadas en vigas de 90 cm de canto, con aligeramientos circulares de 60 cm de diámetro separados 80 cm.

El espesor de losa de la planta -1 es de 30 cm y el canto de las vigas de 70 cm.

La Planta -2 a cota 576,55 se materializa con una solera que apoya directamente

**Structure** The structure can be divided into the following elements: screens, floor structure, pillars and foundations.

A perimeter of screen walls encloses the station and is underpinned by the floor structure. In addition, two bands of discontinuous internal screen walls enabled the construction of the bus access ramps and served as supports for the flooring slabs; the slabs for levels 0 and -1 are located at 590m (the highest) and 582.65m above sea-level, respectively, while the average floor dimensions are 196.33m x 64.15m.

The flooring slab for floor 0 is composed of areas of block slabs that are 60cm- and 40cm-thick. Where the

main voids are, and for changes in level and area, 90cm lightened blocks of reinforced concrete are used, supported by 90cm-thick beams, with 60cm circular areas to lighten the beam, separated by 80cm.

The thickness of the slab for floor -1 is 30cm, with the beams are 70cm-thick.

Floor -2, at 576.55m above sea-level, was created with a floor resting directly on the soil, enabling the bottom of the excavated area to be closed; low stairs, walls and heavy equipment were used to replace this floor with foundation slabs. Pillars with 800mm diameters support the aforementioned elements with a modulation of 10m

sobre el suelo y que permite cerrar el fondo de la excavación; bajo escaleras, muros y equipos pesados, ésta solera se sustituye por losas de cimentación. Los pilares de 800 mm de diámetro soportan los anteriores elementos con una modulación de 10 m en sentido longitudinal y de 17+14+17+15 m en el transversal, aunque, en la zonas adyacentes a las rampas de acceso, dicha modulación se tiene que interrumpir para permitir los barridos de los vehículos; estas luces junto con las importantes cargas que se deben soportar obligan al postesado de las vigas que soportan las losas de forjado; finalmente, las cimentaciones se realizan mediante un pilote de 1,8 m de diámetro por pilar, salvo algunos que deben ser reforzados con encepados de cuatro pilotes.

Debido a las características del terreno, con infinidad de rellenos antrópicos, se utilizaron lodos bentoníticos, con arcillas expansivas para la correcta ejecución de las pantallas y pilotes

Bajo la solera se dispone un drenaje para evitar la subpresión. La solera drenada consiste en una losa de hormigón armado sobre una capa de grava de

0,3 m de espesor mínimo, en la que se encuentran embebidos tubos porosos transversales de  $\varnothing$  100 mm cada 10 m con una pendiente de 0,5 % que llevan el agua a un tubo colector longitudinal de  $\varnothing$  400 mm, situado en una zanja que finaliza en el pozo de bombeo del

nivel -2. Los caudales previsibles a evacuar son mínimos, siendo bombeados conjuntamente con las aguas fecales. Este caudal a drenar ha sido contrastado (después de la inspección in situ) con el que actualmente evacúa el centro comercial de Príncipe Pío. ■



*Ejecución losa de cubierta / Execution of the roof slab*

in longitudinal direction and 17m+14m+17m+15m in a transverse direction, although in the areas adjacent to the access ramps, this modulation must be interrupted to give the buses clearance; these spaces, together with the substantial loads that they support, make the use of beams necessary to support the flooring slabs; finally, the foundations consist of a 1.8m-diameter pile per pillar, with the exception of a few which had to be reinforced with four pile caps.

Due to the characteristics of the terrain, with an infinite variety of antropic infill, bentonitic mud was used with expansive clays to implement the piles and screen walls correctly.

There is drainage beneath the floor to avoid subsidence. The drained flooring consists of a reinforced concrete slab with a 0.3m layer of minimum thickness gravel, in which porous transverse  $\varnothing$  100mm-tubes are embedded every 10m with a slope of 0.5 %. These tubes transport the water to a  $\varnothing$  400mm-collector tube located in a trench that ends in the pumping well for level -2. It is predicted that the flows to be removed will be minimal, being pumped away jointly with sewage. This flow to be drained off was compared (following an on site inspection) with that currently removed from the Príncipe Pío shopping centre. ■

## Desarrollo de las obras



### Development of the work

El método constructivo seleccionado está íntimamente relacionado con la afección al tráfico, de manera que se considera que ambos aspectos (método de construcción y afección al tráfico) deben tratarse conjuntamente.

La conveniencia de afectar lo menos posible al tráfico del Paseo de La Florida, incluso disponerlo en su solución definitiva tan pronto como fuera posible, aconsejaba un sistema tal, que se construyera la losa superior del Intercambiador en el menor espacio de tiempo, restituyendo el tráfico y continuando la “excavación en sótano”.

Para ejecutar ese sistema se proyectaron 6 fases:

#### Fase 1

Se ejecutaron previamente los desvíos de tráfico, disponiéndose de 2 carriles (de 3,50 m) en sentido Glorieta de San Vicente – Ermita de San Antonio de la Florida y de 2 carriles en sentido opuesto, realizándose las obras en el espacio libre entre ambos sentidos y entre el Centro Comercial y el desvío central.

Because the chosen construction method is so intimately related with the potential effect on traffic, it was decided that both should be dealt with jointly.

The importance of causing the least disruption as possible to the traffic on the Paseo de La Florida and finding a rapid, definitive solution led to the creation of a system that would involve building the surface slab for the transport interchange station as quickly as possible so that traffic could be restored and work could continue on “excavating the basement.”

Six phases were planned for executing the work:

La disposición de los 2 carriles en cada sentido, permitió que la actividad se pudiera mantener sin graves inconvenientes.

Es en esta fase en la que se ejecuta la mayor parte de la cimentación del Intercambiador. Las pantallas que limitan al Intercambiador en el Paseo de la Florida, los pilotes y las pilas de ese área y las que permite el desvío de tráfico, así como parte del forjado de cubierta (planta 0) del Intercambiador.

#### Fase 2

Esta fase se realizó para ejecutar la pantalla y pilas, ocupadas en la anterior fase por el desvío, en el borde del Intercambiador al lado de la calle Mozart. Se continúa ejecutando el forjado de cubierta del Intercambiador.

#### Fase 3

Los desvíos de tráfico de esta fase se establecieron sobre la losa superior ya ejecutada del Intercambiador, restituyéndose el tráfico a su situación definitiva.

Con la losa superior del Intercambiador ya construida, las cimentaciones (con

#### PHASE 1

First traffic was diverted, making available two lanes (each 3.50m-wide) from the Glorieta de San Vicente to Ermita de San Antonio de la Florida, and two lanes in the opposite direction, with construction carried out in the free space between the two directions, and between the Shopping Centre and the central diversion.

Having two lanes in each direction allowed normal activity to continue without any serious inconveniences. The main parts of the station's foundations were built during this phase. The screen walls forming the limits of the transport interchange station on the Paseo de la Florida, the piles and piers for this area and those that



*Pila pilote / Pile pier*

pilotes y pantallas) y las pilas, se procede a la ejecución del vaciado mediante la excavación en sótano.

Se previó ejecutar el acceso en obra por la rampa que sería la definitiva de accesos al Intercambiador.

Durante el desarrollo de esta fase las interferencias con el tráfico se produjeron en la salida de los camiones de obra con el escombros de la excavación y en la entrada de los camiones vacíos.

#### Fase 4

Ejecución de la losa del nivel -1 una vez finalizada la excavación. Durante el desarrollo de esta fase las interferencias con el tráfico se produjeron en la salida de los camiones de obra con el escombros de la excavación y en la entrada de los camiones vacíos.

#### Fase 5

Con la losa del nivel -1 del Intercambiador ya construida, se procedió a la ejecución del vaciado mediante la excavación en nivel -2. Una vez finalizada la excavación se procedió a ejecutar el drenaje y el saneamiento y seguidamente la solera. Durante el

enabled the diversion of traffic, together with the flooring for the top floor (floor 0) of the station were also executed during this phase.

#### PHASE 2

This phase consisted of executing the screen wall and the piles that were created in the previous phase through the diversion of traffic at the edge of the transport interchange station next to Calle Mozart.

Work continued on the flooring of the station's top floor of during this period.

#### PHASE 3

Traffic was diverted over the upper slab of the transport interchange station, which had already been completed, returning the traffic to its definitive route.

With the upper slab of the station, the foundations (with piles and screen walls) and the piers now built, work commenced on the excavation of the basement.

It had been planned to access the site using the ramp that would eventually become the actual access to the station once completed.

During this phase there was interference with traffic as



*Excavación del nivel -1  
Excavation of level -1*

desarrollo de esta fase las interferencias con el tráfico se produjeron en la salida de los camiones de obra con el escombros de la excavación y en la entrada de los camiones vacíos.

#### Fase 6

Reposición en superficie y ejecución de los vestíbulos de entrada al intercambiador. ■

a result of trucks entering and leaving the site to remove rubble from the excavation work.

#### PHASE 4

Once the excavation had been completed, the slab for level -1 was executed. During this phase there was interference with traffic as a result of trucks entering and leaving the site to remove rubble from the excavation work.

#### PHASE 5

With the slab for level -1 completed, work began on excavating level -2. Once this excavation had been completed, work was carried out on the drainage and

sanitation, and then on the flooring, itself. During this phase there was interference with traffic as a result of trucks entering and leaving the site to remove rubble from the excavation work.

#### PHASE 6

Repositioning of surface features and construction of the entrance hall for the transport interchange station. ■

## Diseño

La planta tiene una forma sensiblemente trapecial. Su lado mayor, paralelo al Paseo de la Florida mide 196,9 m. El lado menor, perpendicular al Paseo y a la fachada del edificio histórico de la estación de ferrocarril, tiene una longitud media de 64,15 m, con una resalto de 19,8 m hacia la vieja estación en los últimos casi 60 m del extremo que termina bajo la calle Mozart. En la frontera con la estación de Metro, en el lado menor opuesto a la calle Mozart, la dimensión es de 25,5 m.

El lado del Paseo de la Florida está compuesto por un chaflán de 79,66 m de longitud en un escalonado irregular para ajustarse lo máximo posible a la estructura del Ramal de Opera. Este chaflán se une a un lado, paralelo al Paseo, de 128,6 m, que a su vez remata con el lado de la calle Mozart, de 75,8 m, con otro chaflán, de menor tamaño, de casi 11 m. La estación tiene un perímetro exterior medio de 537 m.

El intercambiador dispone de dos plantas bajo rasante y una entreplanta situada entre la planta-1 y la calle.

La cota exterior de la plaza peatonal, en los accesos al intercambiador, se sitúa a la cota 590,35, siendo la cota más alta de la plaza desde donde baja hasta la cota 590,30 en el borde de la estación, en la que se encuentra la canaleta perimetral de recogida de agua existente y con pendiente hacia el Paseo de la Florida, que a su vez tiene pendiente hacia la calle Mozart.

La planta -1 se sitúa a la cota 582,850 y la planta -2 a la cota 576,750. Y desde el exterior de las dársenas peatonales se crea una pendiente de bombeo hacia el perímetro del intercambiador.

Existe una entreplanta ubicada en el resalto situado en el acceso al Centro Comercial de la antigua estación, en las cotas 585,795 y 585,695, al existir un escalón en la estructura, para conseguir mayor altura en la planta -1.

El vestíbulo de conexión con Metro está situado a la cota 587,738, que mediante una rampa del 6,5 % se accede al vestíbulo de la estación del Ramal de Opera que se encuentra a la cota 586,680.

### Design

The floor is trapezoidal in form. Its longest side, which is parallel to the Paseo de la Florida measures 196.9m. The shortest side, which is perpendicular to the Paseo and the facade of the historic railway building, is 64.15m-long, with a 19.8m projection towards the old station in the final 60m of the edge that finishes under Calle Mozart. The side facing the Metro station, which is the shortest side opposite Calle Mozart, is 25.5m-long.

The Paseo de la Florida side features a 79.66m-long chamfered corner with an irregular step pattern to mould it as closely as possible to the structure of the

Opera Metro branch line. This chamfered corner meets a 128.6m-long side, which is parallel to the Paseo and, in turn, finishes with another, smaller bevelled corner (11m) that joins the 75.8m-long Calle Mozart-side. The station has an average external perimeter of 537m.

The transport interchange station has two floors below ground level and a mezzanine floor located between floor -1 and street level.

The outer edge of the pedestrian plaza, which is the highest area and location site of the station's accesses, has a height of 590.35m above sea-level and descends to a height of 590.30m above sea-level next to

the station. This is where the perimeter rainwater run off channel is located, with a slope towards Paseo de la Florida, which in turn slopes towards Calle Mozart.

Floor -1 is located at a height of 582.850m above sea-level, and level -2 is at a level of 576.750m. From the exterior of the pedestrian bays there is a run off slope towards the perimeter of the station.

There is a mezzanine floor located in the projection in the entrance to the Shopping Centre in the old station, at levels 585.795m and 585.695m, as there is a step in the structure to achieve greater height at level -1.



Vista de los vestíbulos de acceso / View of the entrance halls

### Elementos que sobresalen en superficie.

Se ha tratado en todo caso de minimizar en todo lo posible el impacto de las edificaciones sobre la superficie, utilizando para ello el vidrio como elemento de transparencia y diafanidad. Los elementos que sobresalen sobre la cubierta son:

#### Vestíbulo Acceso Calle Mozart.

El volumen resultante se ajusta estrictamente a las dimensiones en planta del acceso, escaleras mecánicas, ascensor y escalera de emergencia (E-4). El cuerpo resultante ocupa una superfi-

cie aproximada de 260 m<sup>2</sup>. (32,8x8,2m) con alturas de 5 a 4 metros. Se trata de una estructura metálica, con zócalo de granito y revestida en vidrios transparentes y traslúcidos. La cubierta será de zinc.

#### Lucernarios.

Existen dos lucernarios de una superficie de 39m<sup>2</sup> (7,68x5,1m) y 3,5m de altura cada una. Al igual que los anteriores volúmenes se trata de una estructura metálica, con zócalo de granito y revestida en vidrios transparentes y traslúcidos y cubierta también vidriada.

access floor, stairs, elevator and emergency stairs (E-4). The resulting body covers a surface area of approximately 260m<sup>2</sup>. (32.8mx8.2m) with a height of 4m to 5m. This is a metallic structure with granite skirting, clad in transparent and translucent glass. The roof is made of zinc.

#### Light wells.

There are two light wells, with a surface area of 39m<sup>2</sup> (7.68mx5.1m); they are both 3.5m-high. As with the Calle Mozart Entrance Hall, this is a metallic structure with granite skirting, clad in transparent and translucent glass; the roof also uses glass.

### Vestíbulo de acceso Cuesta de San Vicente.

El volumen resultante se ajusta estrictamente a las dimensiones en planta del acceso, escaleras mecánicas, ascensor y escalera de emergencia E-2.

El cuerpo resultante ocupa una superficie aproximada de 780 m<sup>2</sup>, con la cumbrera más elevada a cota 597.85. Al igual que el volumen anterior, se trata de una estructura metálica, con zócalo de granito y revestida en vidrios transparentes y traslúcidos. La cubierta será de Zinc. Al igual que el anterior vestíbulo se ha optado por una solución de volumen cerrado, ya que irán climatizados. ■

#### Cuesta de San Vicente entrance hall.

The resulting space strictly matches the dimensions of the access floor, stairs, elevator and emergency stairs (E-2).

This area covers a surface area of approximately 780 m<sup>2</sup>, with its highest point being 597.85m above sea-level. As with the Calle Mozart Entrance Hall and the light wells, this is a metallic structure with granite skirting, clad in transparent and translucent glass. The roof is also made of zinc. As with the entrance hall described above, this area will be enclosed, as it will be climate-controlled. ■

The hall connecting to the Metro station is located at a height of 587.738m above sea-level, and it is connected to the hall of the Opera Metro branch line station by a ramp with a 6.5% slope; the Opera branch line station is at a level of 586.680m above sea-level.

Efforts were made under all circumstances to minimise the possible impact of the construction on the surface, using glass as a construction element that provides transparency and light. The elements above ground level are:

#### The Calle Mozart entrance hall.

The resulting space strictly matches the dimensions of the



## Arqueología

En diciembre de 2006, durante los trabajos de movimientos de tierras para la ejecución de la losa superior del túnel de conexión con calle 30 se encontraron restos arqueológicos correspondientes con el asilo de niños de lavanderas.

Situado en la Glorieta de San Vicente, frente a la puerta del mismo nombre, fue fundado el 13 de enero de 1872 por la reina María Victoria, esposa de Amadeo de Saboya, con el objeto de recoger a los hijos de las lavanderas del Manzanares mientras duraba su jornada de trabajo.

Con una capacidad para 300 asilados, estuvo financiado por la Casa Real y atendido por ocho Hijas de la Caridad, quienes cuidaban, educaban, y daban de comer a los niños. Destruído durante la Guerra Civil, fue reconstruido en 1946 en el Paseo Imperial.

Por otra parte, y también durante el periodo de ejecución del túnel de salida del intercambiador hacia calle 30, se encontró una estructura circular, que resultó ser la cimentación de una torre de abastecimiento de agua del siglo XVI. Dicha estructura estaba construida a base de hiladas alternas de piedras de silex y ladrillos de adobe. ■

### Archaeology

In December 2006, during the earth moving stage of the construction on the upper slab for the connecting tunnel to Calle 30, archaeological remains were found of a home for the children of washerwomen.

This was located at the Glorieta de San Vicente roundabout, opposite the San Vicente gate, and was founded by Queen Maria Victoria, the wife of Amadeo of Savoy, on January 13, 1872, to look after the children of washerwomen while their mothers worked.

The home had a capacity of 300 children and was financed by the Royal Family. It was staffed by eight Hijas de la Caridad nuns, who looked after, taught and

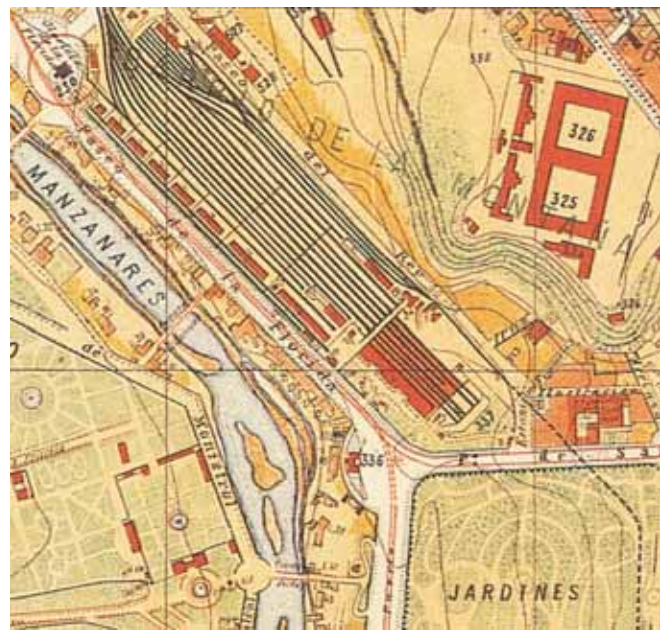
fed the children. The building was destroyed during the Civil War, though it was rebuilt in 1946, in Paseo Imperial.

In addition, during excavation work for the tunnel from the transport interchange station towards Calle 30, a circular structure was discovered that turned out to be the foundations of a 16th-century water supply tower. This structure was built using alternating courses of flint and adobe bricks. ■

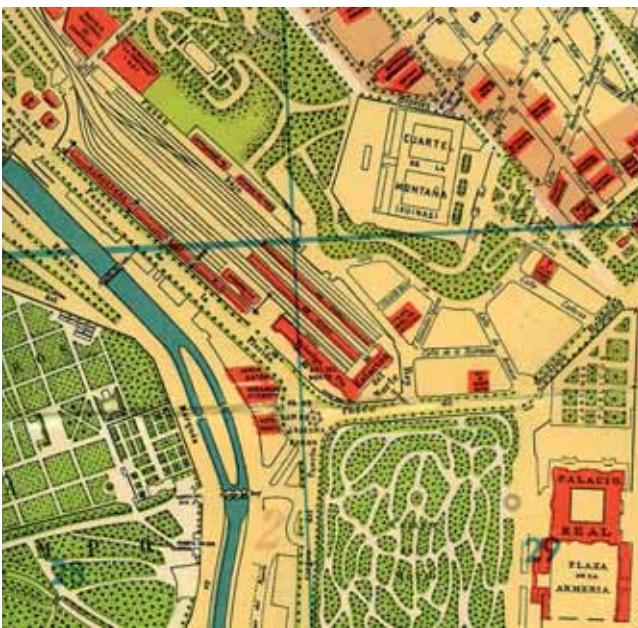




1880



1900



1960



2005





# Moncloa

Susana López,  
Arquitecta

# e

El actual Intercambiador de Moncloa construido por la Comunidad de Madrid fue el primero en inaugurarse en 1995 en el corredor de la A-6, carretera de la Coruña, con muy buenos resultados desde el punto de vista del incremento de la demanda, de la reducción de la

circulación de autobuses en superficie, y de la mejora de los tiempos de recorrido tanto para los usuarios como para la compañías de Transportes.

Los usuarios no tienen que desplazarse a lugares lejanos del extrarradio para utilizar el autobús interurbano, ya



Intercambiador antiguo / old interchange

**Moncloa** The Regional Government of Madrid built up in 1995, the current Moncloa transport interchange station. It was the first to be opened, serving the A-6, La Coruña motorway corridor. The opening of this station achieved excellent results in terms of increased demand, reductions in surface-level bus journeys, and improved journey times for both users and the transport companies.

Passengers do not have to travel to stations on the outskirts of the city to use inter-urban bus services, as the Moncloa transport interchange station is located in the centre of the city and connects directly to Metro line 6, the Circular line that travels around the centre of the city

and links to all of the key points on the Metro network. However, as the potential operating companies were not convinced that the new station would be profitable upon its proposal, this first underground transport interchange station was funded entirely from public funds; as a result, the design of the station had to be limited to what was only strictly necessary for operation under normal conditions in order to stay within the available budget.

In 1995, the Ministry of Public Works, Transport and the Environment, working with the Madrid Regional Transport Authority and the Madrid City Council, created the BUS-HOV (High Occupancy Vehicles) lane on the La Coruña motorway. This was achieved in two parts; the first part

que el intercambiador se sitúa cerca del centro de la ciudad y está directamente conectado con la línea 6 de Metro, de recorrido circular, que rodea la almendra central y enlaza todos los puntos clave de la red de Metro.

Sin embargo, al no estar convencidas en un principio las posibles empresas explotadoras de la rentabilidad de la infraestructura, este primer intercambiador subterráneo tuvo que costearse en su totalidad con dinero público, lo que obligó a ajustar al máximo el presupuesto dotándolo de las instalaciones estrictamente necesarias para su funcionamiento normal.

En 1995 el Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente (MOPTMA), con la colaboración del Consorcio Regional de Transportes de Madrid y el Ayuntamiento de la ciudad, llevó a cabo la realización de la calzada BUS-VAO, en la carretera de la Coruña, con la creación de una infraestructura propia con doble desarrollo, un primer tramo de calzada mixta, transporte público y vehículos con más de un ocupante, el BUS-VAO propiamente dicho, y un segundo tramo, sólo para trans-



*Carril Bus-Vao de la A6 / The Bus-HOV lane on the A6 road*

porte público, mediante un carril SÓLO-BUS de Puerta de Hierro a Moncloa de 3,8 km y carril único.

El éxito que ha tenido y que continúa teniendo toda la actuación (carril BUS-VAO, cierre de la línea 6 de Metro e Intercambiador de Moncloa) ha incrementado espectacularmente la demanda en el transporte público del intercambiador, ocupando Moncloa actualmente la primera posición de la red de Metro y de autobuses interurbanos. La oferta ha ido aumentando en los años de vida del intercambiador de 1.603 autobuses en 1995 a más de 4.100 expediciones en la actualidad.

Estos incrementos, han llevado al intercambiador a una situación de explota-

ción próxima a su nivel de congestión en hora punta, ocasionando problemas de tráfico en el acceso a Madrid (cruce de Paseo de Moret), retrasos en los tiempos previstos de recorrido y niveles excesivos de contaminación y temperatura a soportar por el usuario.

Además, los crecimientos de población que está experimentando el corredor Oeste indican que su movilidad irá aumentando a ritmos elevados en un futuro próximo. La población del corredor ha aumentado en el período de 1991-1996 en un 33,3%, pero los planes urbanísticos que se están desarrollando o que están en fase de aprobación, preveían una población en el corredor de 344.256 personas en el año 2006, lo que supone un incre-

was a mixed-road for public transport and vehicles with more than one occupant, the BUS-HOV lane itself, whilst the second part was a BUS ONLY lane that stretched 3.8km from Puerta de Hierro to Moncloa with one lane.

The initial and continuing success of this development (the BUS-HOV lane, the opening of Metro line 6 and the Moncloa transport interchange station) resulted in a spectacular increase in demand for public transport at the transport interchange station; as a result, Moncloa is currently the busiest Metro and inter-urban bus station in the city. There has been a substantial increase in the services offered since the transport interchange station was opened, from 1,603 journeys in

1995 to over 4,100 journeys today. These continuous increases have brought the transport interchange station close to its saturation point during rush hour, which has resulted in numerous traffic problems at the entrance to Madrid (the junction with Paseo de Moret), leading to extended journey times, and excessive pollution and temperatures for passengers.

In addition, population growth to the west of the city suggests that transport demand will increase rapidly in the near future. The population of the A-6 corridor increased by 33.3% from 1991 to 1996, and the land-use plans for the area forecast a population of 344,256

in 2006, an increase of 19% compared to 1996.

mento de población con respecto a 1996 de un 19%.

Debido a estos acontecimientos se decidió la ampliación y remodelación de la estación de autobuses con el fin de dar solución a estos fuertes incrementos de la demanda, con la intención de conseguir los siguientes objetivos:

- Fomentar la utilización del transporte público y más en concreto de los autobuses interurbanos que sirven en el corredor de la autovía A-6, mediante el acceso directo, utilizando accesos exclusivos para los autobuses que conectan la citada autovía con el Intercambiador de Transportes, ubicado en Moncloa.
- Mejorar el trasbordo de los viajeros entre los autobuses interurbanos y los usuarios de las líneas 6 y 3 de Metro, minimizando las distancias y los tiempos de recorrido peatonal.
- Disuadir de la utilización del vehículo privado mediante tiempos de viaje más atractivos en autobús, al mejorar el trazado del carril bus y de su conexión con el intercambiador.

- Mejorar la relación de la estación con su inmediato entorno urbano, contribuyendo a su integración en la ciudad y mejorando la capacidad y los tiempos de viaje, espera y trasbordo, así como realizando en subterráneo los movimientos de más de 35 millones de viajeros interurbanos anuales.
- Conseguir un tratamiento de la estación que mejore la accesibilidad, las condiciones de confort del viajero, que concentre en su interior ciertas actividades que potencien su atractivo, como parte de la estrategia de trasvase de viajeros del transporte individual al colectivo.
- Retirar de la circulación en superficie un flujo de más de 4.000 expediciones diarias de vehículos de gran tamaño que va a beneficiar notablemente a la circulación del entorno de Moncloa.
- Atender la demanda de viajeros en día laborable: 168.206 usuarios de Metro, 66.750 de buses de EMT y 125.000 de Buses interurbanos.



*Nuevo andén línea 3 Metro Moncloa  
New line 3 Metro platform in Moncloa*



## Concesión

### Módulo calle Princesa

La ampliación del contenedor del Intercambiador de Transportes de Moncloa se realizó con el objetivo de situar la nueva estación L-3 de Metro al mismo nivel que la estación de la L-6, de forma que el intercambio de viajeros mejore y disponer de espacios para aparcamiento de regulación de autobuses y nuevos equipos de instalaciones.

La realización de la actuación era imprescindible para la ejecución de la ampliación o Módulo Arco, ya que liberaba el espacio necesario que ocupaba la Estación de Metro L-3 y sus cocheras.

Como hemos expuesto en el análisis de la situación previa a la ampliación, el contenedor del anterior intercambiador tenía un límite establecido por el trazado de L-3 y el aparcamiento frente al Edificio del Ministerio del Aire, siendo posible la ampliación en el área comprendida entre el recinto de pantallas del intercambiador y las viviendas de la calle Princesa situadas en esta zona.

#### Concession

The expansion of the Moncloa transport interchange station was carried out to relocate the Metro line 3 station to the same level as the line 6 station so as to improve passenger transit and provide parking spaces for bus inspections, together with new installations and equipment.

This development was essential in order to carry out the expansion, or Arco (Arch) Module, of the station, as it freed up the required space that had previously been used for the Metro line 3 station and its garages.

#### Calle Princesa module

As described in the analysis of the situation prior to the expansion, the area of the previous transport interchange station was limited by the course of the Metro line 3 and the car parking lot opposite the Air Force Ministry Building, with expansion being possible only in the area bounded by the screen walls of the transport interchange station and the buildings on Calle Princesa, located in this area.

The new Moncloa transport interchange station has four levels:

- Level 0: Access at street level (657m above sea-level).
- Level -1: The bus station (651m above sea-level).

La nueva Estación de Intercambio de Moncloa se desarrolla en cuatro niveles distintos:

|         |  |            |
|---------|--|------------|
| Nivel 0 | Accesos a cota de calle                              | (cota 657) |
| Nivel 1 | Estación de autobuses                                | (cota 651) |
| Nivel 2 | Vestíbulo de conexión Metro-autobús y zona comercial | (cota 646) |
| Nivel 3 | Andenes de Metro línea 6                             | (cota 641) |



### La Estación de Autobuses. Nivel -1

Se sitúa a la cota 651, en el nivel -1, a 6 m por debajo del acceso principal y bajo la calle de la Princesa y la plaza peatonal. La zona de viajeros es un espacio peatonal rodeado por un anillo viario. Dispone actualmente de quince dárseñas, dos de ellas para autobuses articulados y una que se dedica a bajada de viajeros, que han sido reubicadas en la reforma para su mejor explotación.

### La línea 3 de Metro.

La línea 3 de Metro estaba situada a una cota muy superficial, entre la Junta Municipal de Distrito de Moncloa – Aravaca y el Arco de la Victoria. El diseño en curva de los andenes, que la hacía girar 90° respecto a la Calle de la Princesa, unido a la superposición de las cocheras en paralelo, habían imposibilitado hasta ahora el crecimiento del intercambiador hacia el Arco de la Victoria y el acceso directo de los autobuses al intercambiador desde el carril SÓLO-BUS.

*Andén nivel -1 módulo A  
Platform on level -1 module A*

- Level -2: The hall connecting the bus station, the Metro and the shopping area (646m above sea-level).
- Level -3: The platforms for Metro line 6 (641m above sea-level).

#### The Bus Station. Level -1:

The bus station is 651m above sea-level, on level -1 of the Moncloa transport interchange station, 6m below the main entrance and beneath the Calle de la Princesa and the pedestrian plaza. The area for passengers is a pedestrian space surrounded by a ring road. It currently has 15 parking bays for buses, two of which are for articulated buses and one for alighting passengers; these

were relocated during the redevelopment work in order to improve operation.

#### Metro line 3.

Metro line 3 runs very close to the surface from the municipal district of Moncloa – Aravaca to the Arco de la Victoria (Arch of Victory). The curved design of the platforms, which resulted in the 90°-turns compared to the Calle Princesa, together with the train garages and repair shops, which were parallel to the platform, had made it impossible to expand the transport interchange station towards the Arco de la Victoria and to provide direct access to the transport interchange station from the Bus-only lane.





Antigua estación de línea 3 / the old line 3 Metro station

### Módulo Arco

El lugar de la actuación es la Plaza del Arco de la Victoria rodeada en todo su perímetro de calzada, que permite el acceso de vehículos desde la A-6 a la trama urbana. Existen dos pasos inferiores, uno facilita el acceso de salida hacia la A-6 y otro es el correspondiente al carril sólo-bus.

El desarrollo del programa inicial que determina la necesidad de grandes extensiones de espacio y el hecho de tener que ubicarlo en una zona urbana muy consolidada y de carácter monumental, han determinado que la actuación se realizara bajo rasante, siendo

los siguientes elementos que la forman y delimitan los que finalmente definen la geometría del área de ocupación del proyecto:

- El Edificio de la Junta de Distrito de Moncloa limita al Sur.
- Los Jardines del Rectorado de la UCM y el paso inferior de salida a la A-6 limitan al Este.
- El Parque del Oeste limita al Oeste de la actuación
- El Arco de la Victoria afecta al nivel proyectado bajo rasante, donde produce un estrangulamiento en el área de ocupación que marca la separación en dos zonas de la propuesta.

La franja de actuación bajo rasante se encontraba condicionada por las Infraestructuras existentes, línea 6 y túnel de SÓLO-BUS, y las infraestructuras a realizar, nuevo trazado línea 3, para que esta nueva actuación fuera viable. Este último parámetro se introdujo con el objetivo de reducir las afecciones al servicio de L-3, previéndose la interrupción del servicio sólo en los meses de verano.

Estas infraestructuras determinan junto a las cotas de superficie, la conexión a nivel con el intercambiador actual, y el gálibo mínimo de 4.50m para circulación de autobuses, una sección de actuación de cotas inamovibles.

### The Arch module

This development took place in the Arco de la Victoria plaza, which is entirely surrounded by roads. It enabled vehicles from the A-6 motorway to enter the city. There are two underpasses; one facilitates the exit towards the A-6 motorway while the other is for the bus-only lane.

The development of the initial programme that determined the need for a large increase in space, limited only by its highly developed urban surroundings that include a historical monument, resulted in the development's location below ground-level. The following were

determining factors in the form and design of the area to be occupied by the project:

- The southern limit is formed by the Moncloa District City Hall building.
- The eastern limit is formed by the rectorate gardens of the Madrid university and the outbound underpass linking to the A-6 motorway.
- The Oeste park represents the western boundary of the development.
- The Arco de la Victoria affected the underground area planned for the station, producing a bottleneck in its location area, which marks the separation of the proposed areas.

In order for this development to be viable, the construction premises below ground-level were limited by the existing infrastructure (Metro line 6 and the Bus-only lane tunnel) and the infrastructure to be built - the new course of Metro line 3. This was introduced to reduce the effects that would be had on the service provided by Metro line 3, which would only be closed during the summer months.

This infrastructure, together with the surface slopes, the connection with the current transport interchange station at the same level and the minimum headroom of 4.5m required for the buses, determined a development zone based on the unchangeable surface slopes.

La construcción de un intercambiador subterráneo en el centro de la ciudad supone una inversión importante, difícilmente asumible por la administración.

Su construcción produce evidentes mejoras para los usuarios al reducirse el tiempo total de viaje y a su vez para las empresas operadoras que ven reducidos sus costes de explotación e incrementada la demanda.

Este ahorro permite la financiación de las obras y la explotación mediante el pago de un canon de uso.

Según el Real Decreto Legislativo 2/2000, 16 de junio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, en su art. 220.2 y bajo la fórmula de contrato de concesión de obra pública, se indica, que “la construcción y explotación de las Obras Públicas objeto de concesión, se efectuaran a riesgo y ventura del concesionario”.

Por las razones arriba expuestas la construcción (ampliación y reforma), conservación y explotación del inter-

cambiador se costea mediante financiación privada, vía concesión administrativa.

La Concesionaria Intercambiador de Transportes de Moncloa, S.A. (ITEMOSA) resultó adjudicataria de la “Concesión de Obra Pública para la construcción, conservación y explotación del Intercambiador de Transportes de Moncloa”. La concesionaria está compuesta por las siguientes empresas con sus porcentajes de participación: Itínere Infraestructuras, S.A., 60%, Sacyr S.A.U., 20%, Castromil S.A., 10%, y Transportes la Unión, 10%.

El presupuesto de adjudicación es de 112.778.680,04€, el plazo de concesión de treinta y cinco años. Las obras dieron comienzo el 15 de Marzo de 2006.

Los plazos de ejecución son los siguientes: 19 meses para la ejecución y entrada en funcionamiento de la ampliación del Intercambiador o módulo B; 9 meses para la reforma del actual Intercambiador o módulo A y 12 meses para la construcción de los nuevos tú-

Building an underground transport interchange station in the centre of a city is a substantial investment that is extremely difficult for the local administration to afford.

The station did produce obvious improvements for users by reducing total journey times, as well as for operators by reducing their operating costs and increasing demand.

These savings enabled the work to be financed through the payment of usage fees.

Article 220.2 of the Amended Text of the Public Administration Contracts Law, which was approved by Leg-

islative Royal Decree 2/2000, of 16 June, describing concession contracts, states that “the construction and operation of Public Works projects under concession agreements will be carried out at the risk and to the reward of the concessionaire.”

For the reasons stated above, the construction (expansion and redevelopment), maintenance and operations of the transport interchange station was to be funded from private finance, through an administrative concession.

The concessionaire, Intercambiador de Transportes de Moncloa, S.A. (ITEMOSA), was awarded the tender for



Zona comercial nivel -2 Moncloa / Shopping area level -2 Moncloa

neles de acceso, que pueden solaparse con la reforma del módulo A.

En dicha adjudicación se determinó que la tasa por viajero que suba o baje en el intercambiador en las líneas regulares de autobuses dependientes del Consorcio Regional de Transportes será de 0,1476 € IVA incluido, actualizado anualmente según IPC.

Además la sociedad concesionaria tiene la posibilidad de obtener ingresos a partir de la publicidad en el interior del intercambiador en los espacios que le permita el Consorcio de Transportes, y de la explotación de los servicios complementarios del viajero, de los locales comerciales y de las máquinas vending.■

the "Concession of the Public Works relating to the construction, maintenance and operations of the Moncloa Transport Interchange Station." The concessionaire was formed by the following companies, with their corresponding ownership shares: Itínere Infraestructuras, S.A., 60%, Sacyr S.A.U., 20%, Castromil S.A., 10%, and Transportes la Unión, 10%.

The budget for the tender project is €112,778,680.04, and the period of the concession is 35 years. Work began on March 15, 2006.

The schedule for the work is as follows: 19 months for construction and making the expansion of the trans-

port interchange station (module B) operational; nine months for the redevelopment of the current transport interchange station (module A) and 12 months for the construction of new access tunnels – this could overlap with the redevelopment of module A.

The tender determined that the fee per passenger who boards or alights from a standard Regional Transport Board inter-urban bus service in the transport interchange station will be €0.1476, including VAT, and this will be updated annually in line with inflation.

In addition, the concessionaire may generate revenue from advertising within the transport interchange sta-

tion in the areas permitted by the Regional Transport Authority and through the operation of complementary services for passengers, including shops and vending machines.■

# Proyecto

## Aparcamiento de la Junta de Distrito Aravaca-Moncloa

La reposición del Aparcamiento de la Junta Municipal de Moncloa se ha ejecutado en un único nivel bajo rasante, cota 653.40, en la calle Arcipreste de Hita. Consta de dos rampas de acceso y salida de vehículos y está conectado al edificio de la Junta en el extremo norte. Se ha construido en dos fases y al inicio de la obra para ocasionar el menor trastorno posible a los funcionarios de la Junta Municipal, usuarios del mismo.

## Nuevo Intercambiador de Moncloa (ampliación y reforma)

El nuevo edificio, una vez terminada la ampliación (módulo Arco) y ejecutada la reforma del intercambiador anterior (módulo calle Princesa), se organiza en cuatro niveles:

- 1 Nivel de superficie. Accesos.
- 2 Nivel de entreplanta (Instalaciones)
- 3 Nivel de estación de Autobuses
- 4 Nivel de vestíbulo de Intercambio

## Nivel de superficie. Accesos.

### Módulo calle Princesa

El impacto a nivel de superficie de esta zona del proyecto es mínimo. Las zonas pavimentadas y ajardinadas afectadas por las obras se restituyen a su estado original.

Las actuaciones en superficie son principalmente de carácter funcional:

- Ampliación del edificio de acceso existente (acceso a isla 1) hacia Paseo de Moret para ubicación y mejora de las instalaciones de climatización.
- Nuevo acceso a Metro (con templete acristalado) por la calle Arcipreste de Hita, ligado a la nueva área de vestíbulo de Metro en la cota +646,20, que se propone en el extremo de andenes opuesto al actual vestíbulo.
- Remodelación del antiguo acceso a Metro por la calle Princesa, acera Este (sin cubrir), que supone un desplazamiento de su ubicación anterior, para ampliar el recinto bajo rasante. La dotación actual de escalera fija se com-

### Project

### Parking lot for the Aravaca-Moncloa District City Hall

The Moncloa District City Hall parking lot was relocated to a single level below the ground, at a height of 653.40m above sea-level, on the Calle Arcipreste de Hita. It has two entry and exit ramps for vehicles and connects to the City Hall building at its northern end. It was built in two stages at the beginning of the construction on the station so as to cause the minimum disruption possible to the City Hall employees who use the car park.

### The new Moncloa transport interchange station (expansion and redevelopment)

Once the extension has been completed (the Arch module) and the original transport interchange station (the Calle Princesa module) has been completed, the new station will consist of four levels:

- 1 The surface level. Access.
- 2 A mezzanine level (Installations)
- 3 The bus station level
- 4 The transport interchange station hall level



Aparcamiento Junta de Distrito / District City Hall parking lot

pleta con una escalera mecánica, dando acceso a un nivel intermedio.

- Construcción de una nueva escalera de emergencia en el lado Oeste con salida al Paseo de Moret y desarrollo en la zona ajardinada situada frente al Ministerio del Aire.
- Ubicación de rejillas para las tomas y expulsiones de aire en

calzada y acera de la calle Princesa, debido a las necesidades establecidas por la mejora de las instalaciones de climatización y ventilación.

- Apertura de huecos para tomas de aire y acceso de equipos en el muro de piedra existente en el lateral de las escaleras de acceso a los jardines (frente al Ministerio del Ejército del Aire).

#### Surface level. Access

##### Calle Princesa module

The impact of the project at surface-level in this zone will be minimal. The paved areas and gardens that are affected by work will be restored to their original conditions.

The developments on the surface are mainly functional in nature:

- Expansion of the current access building (access to island 1) towards Paseo de Moret, to be used for

the location and improvement of climate-control facilities.

- New access to the Metro station (with a glassed-in entrance pavilion) from Calle Arcipreste de Hita, which will connect to the new Metro station entrance hall at a level of +646.20m above sea-level at the far end of the platforms opposite the current entrance hall.
- Redevelopment of the old access to the Metro station from Calle Princesa, the eastern access (not covered), which must be moved from its original location to increase the size of the space below ground-level. The current fixed stairs will be supplemented by an escalator to provide access to an intermediate level.

## Módulo Arco

El objetivo de la actuación en superficie es reducir el impacto visual de las actuaciones bajo rasante integrándose con los espacios y elementos urbanos existentes, así como cuidar tanto la accesibilidad de los viajeros al intercambiador como la evacuación en caso de emergencia.



### ■ Edificio de acceso peatonal:

está situado frente a la Junta Municipal y se ha concebido como una ampliación hacia el Norte de la plaza de la Junta, como balcón mirador hacia la Sierra de Madrid. Se trata de una cubierta pisable a 1,50 m por encima de la cota de la plaza de la Junta, creando una nueva zona de estancia asomada a las vistas de la Sierra y del Arco, a la que se accede por escaleras y rampas en todo su frente, sin romper la continuidad. Al interior del edificio se accede a cota desde la acera Este de la calle Princesa y descendiendo dos metros desde el lado de Fernández de los Ríos. Para facilitar la accesibilidad, los dos núcleos de ascenso-

res suben hasta el nivel de la actual plaza de la Junta, permitiendo el acceso directo al vestíbulo, a las islas 2 y 3 de dársenas de autobuses y al vestíbulo de conexión con las líneas 3 y 6 de Metro.

■ **Accesos de autobuses:** al nuevo Intercambiador se accede por el túnel del BUS-VAO en hora punta de entrada a Madrid y por una nueva rampa junto al Parque del Oeste en hora valle, a la que se llega desde la Plaza de Cardenal Cisneros en un nuevo carril Bus independiente. La salida del Intercambiador se realiza por el Bus-Vao en hora punta de salida y por un nuevo túnel que cruza la Avenida de los Reyes Católicos, paralelo al paso inferior de la A-6 en

hora valle con carril independiente hasta la Plaza de Cardenal Cisneros. Las conexiones se realizan a través del módulo B, estando los dos módulos unidos por sendas rampas de entrada y salida, aunque se seguirá manteniendo la rampa de entrada y salida existente en el Intercambiador actual, para entradas y salidas en hora valle desde el módulo A.

■ Escaleras de emergencia ubicadas en el Parque del oeste, en la isla del Arco, en la zona verde de la UCM, en Fernández de los Ríos y en la acera de la Avenida del Arco. Rejillas de toma de aire en la isla del Arco, en la Plaza frente a la Junta, en Fernández de los Ríos, y de toma y expulsión en calzadas.

■ Construction of new emergency stairs on the western side with the Paseo de Moret-exit, and development of the gardened areas in front of the Air Force Ministry.

■ Installing grilles for air intakes and outlets on the road and pavement in Calle Princesa, to meet the requirements for improvements in the climate-control and ventilation installations.

■ Opening of a space for air inlets and equipment access in the stone wall on the side of the access stairs to the gardens (in front of the Air Force Ministry building).

### The Arco module

The objective of the activity on the surface was to reduce the visual impact of the underground activities by integrating them into existing urban spaces and elements, ensuring passenger access to the transport interchange station and ease of evacuation in the event of an emergency.

■ **Pedestrian access building:** This is located opposite the District City Hall building and was designed as a northern extension of the plaza in front of the City Hall building, and a viewing point that looks towards the Madrid mountains. This is a 1.50m-thick

roof above the level of the City Hall building plaza, creating a new rest area with views of the mountains and the Arch, which may be reached by stairs and ramps along its front, without interrupting continuity.

Entry to the building is provided on the ground-level from the eastern pavement of the Calle Princesa, descending 2 metres from the side of Fernández de los Ríos. In order to facilitate access, the two elevator areas reach the plaza in front of the City Hall building, thus enabling direct access to the entrance hall, the bus bays for islands 2 and 3 and the hall connecting to Metro lines 3 and 6.

■ **Bus access:** the new transport interchange station



is accessed using the BUS-HOV lane at peak time for entering Madrid, and by a new ramp next to the Oeste park in quiet periods, which may be reached from Cardenal Cisneros Plaza using a new independent bus-only lane. Exit from the transport interchange stations is by the Bus-HOV lane at peak times, and uses a new tunnel that crosses the Avenida de los Reyes Católicos, parallel to the lower underpass of the A-6 motorway during periods with a separate bus lane to Cardenal Cisneros Plaza. Connections are made using module B, with the two modules being linked by entrance and exit ramps. However, the current entrance and exit ramps for the transport interchange station will be

maintained for entry and exit during quieter periods from module A.

■ Emergency stairs are located in the Oeste Park, on the Arch island, in the green space of the university, in Fernández de los Ríos and on the pavement of Avenida del Arco. Air inlet grilles are located on the Arch island, in the Plaza opposite the City Hall building and in Fernández de los Ríos, whilst air outlets are also on the roads.

## Nivel de Entreplanta

### Módulo calle Princesa

Esta zona dispone de una entreplanta de instalaciones sobre el nivel de dársenas, ventilando hacia la zona ajardinada situada delante del Ministerio del Ejército del Aire: se utilizará para instalaciones de climatización de ambos módulos, conectados con las bombas de calor situadas detrás del edificio de acceso, y para entrada de aire limpio (ventilación natural) tanto al nivel -1 de autobuses como a nivel -2 de viajeros.

### Módulo Arco

Los gálibos del Nivel de dársenas del Módulo B situado bajo la zona de acceso, se han ajustado a 4,50 m, haciendo posible la creación de un nuevo nivel de entreplanta para instalaciones de climatización bajo el nivel superior de la plaza del edificio de la Junta, con una altura libre de 3,30 m y acceso de mantenimiento desde el vestíbulo de entrada.

Las tomas de aire exterior se localizan en el desnivel entre la Plaza de la Junta y la nueva Plaza Mirador, inte-

gradas en las escaleras de transición y rodeadas de jardineras con plantas aromáticas.

## Nivel de Estación de Autobuses

### Módulo calle Princesa

**Isla 1 de viajeros:** para poder dotar de las debidas condiciones de confort a los viajeros, se ha previsto la construcción de una mampara perimetral para separar la zona de estancia de la zona de circulación, permitiendo aislarse acústicamente, posibilitando la climatización, mejorando la calidad del aire y actuando como sector de humos en caso de incendios. A parte de las dos salidas naturales Norte y Sur a la calle, se podrá evacuar la isla por dos nuevas salidas de emergencia cruzando la zona de autobuses hacia la zona del Ministerio del Ejército del Aire (lado Oeste) y hacia la escalera de Metro de la calle Princesa (lado Este).

Se prevé una nueva distribución de dársenas más adecuada al nuevo funcionamiento y la renovación de todas las instalaciones y revestimientos.

Se ha construido una nueva escalera de conexión con el Metro en el extremo Sur de la isla, con acceso directo desde la calle Princesa, sumando tres enlaces verticales con el vestíbulo del nivel -2.

**Áreas de Instalaciones:** en el lado Este, bajo la actual rampa de acceso y ocupando la actual zona de regulación, se han situado las instalaciones eléctricas centrales de ambos módulos (cuadros generales, grupo electrógeno, centro de seccionamiento, etc.) ventilando a través de las rejillas laterales de la rampa y dos nuevos huecos en la calle Princesa.

El centro de abonado y el de compañía se sitúan en esa planta, en la zona habilitada sobre la nueva estación de línea 3, con acceso directo desde la acera de Princesa.

En esta misma zona se ubican las Unidades de Tratamiento de Aire de Climatización de la isla 1 y de Humectación de la zona de andenes, con toma de aire exterior en la acera de la calle Princesa. El espacio es suficiente para un fácil mantenimiento y la colocación de silenciadores que eviten las molestias de ruido a las viviendas.

### Mezzanine level

#### Calle Princesa module

This area consists of a mezzanine for technical installations above the level of the bus bays, which is ventilated towards the gardened area in front of the Air Force Ministry Building: These will be used for climate-control in both modules, connected to heat pumps located behind the access building, and for fresh air intake (natural ventilation) on both level -1 for buses and level -2 for passengers.

### The Arch module

The headroom of the bus bays in Module B beneath the access areas is 4.50m, making it possible to create a new mezzanine level for climate-control installations under the higher level of the City Hall building plaza, with an unobstructed height of 3.30m and maintenance access from the entrance hall.

The external air inlets are located at the level change between the City Hall building plaza and the new lookout plaza, which will be integrated into the steps between the two and surrounded by gardens with fragrant plants.



Los ventiladores de extracción de la zona de dársenas del módulo A se situarán en la entreplanta del extremo Sur, con rejillas a la calzada de la calle Princesa.

El área de instalaciones de Metro se encuentra en la zona más próxima a la entrada de Arcipreste de Hita.

### Puesto de Control Central

Junto al Puesto de Control del Intercambiador se ubica el Puesto de Control Central que controla en una primera fase todos los intercambiadores y metros ligeros de la Comunidad de Madrid.

### Conexiones con el Módulo Arco

En este nivel la zona de autobuses se ve afectada por la apertura a ambos lados del pozo de ventilación de línea 6 de Metro, de huecos en las pantallas del Intercambiador, permitiendo la circulación de autobuses entre ambos módulos.

### Módulo Arco

**Islas 2 y 3 de viajeros**, en este nivel se sitúan las dos islas 2 y 3 de viajeros, de un ancho 20,00 m y 110m de largo

#### The Bus Station Level

#### Calle Princesa module

Island 1 for passengers: In order to provide appropriate conditions of comfort for passengers, a screen was designed to separate the waiting area for passengers from the bus bay area; this screen will enable sound proofing and climate-control, improving air quality and acting as a fire segment in the event of fire. Apart from the two natural north and south street exits, it will be possible to evacuate the passenger island using two new emergency exits crossing the bus zone towards the Air Force Ministry



aproximadamente, aisladas de la zona de autobuses por medio de la mampara acristalada, disponiendo de 10 dársenas cada una. Están unidas con el vestíbulo de acceso y con el vestíbulo de conexión con Metro por sendos núcleos verticales de escaleras fijas, mecánicas y ascensor. Cada una de las islas dispone de tres salidas de emergencia a calle (plaza de la Junta y plaza del Arco); la isla 2 Oeste dispone de dos salidas adicionales atravesando la zona de autobuses, hacia el Parque del Oeste y hacia la escalera del Puesto de Control, y la isla 3 Este dispone de una salida adicional hacia la zona verde de la Universidad Complutense. Las dársenas de descarga se han si-

tuado en cabecera donde se encuentran los núcleos verticales de salida a superficie y conexión con Vestíbulo de Metro, ambos núcleos están desplazados para reducir la afección al espacio disponible para el movimiento de viajeros en dársenas. Se ha establecido como prioritario el flujo de viajeros entre Metro y Autobús.

**Zona de circulación de autobuses**, las cotas horizontales marcadas por la losa de superficie y las líneas de metro L-3 y L-6 hacen que para conseguir los gálibos necesarios de 4.50m para el paso de autobuses en algunos puntos críticos, este nivel tenga una pendiente uniforme de aproximadamente un 2,8%.

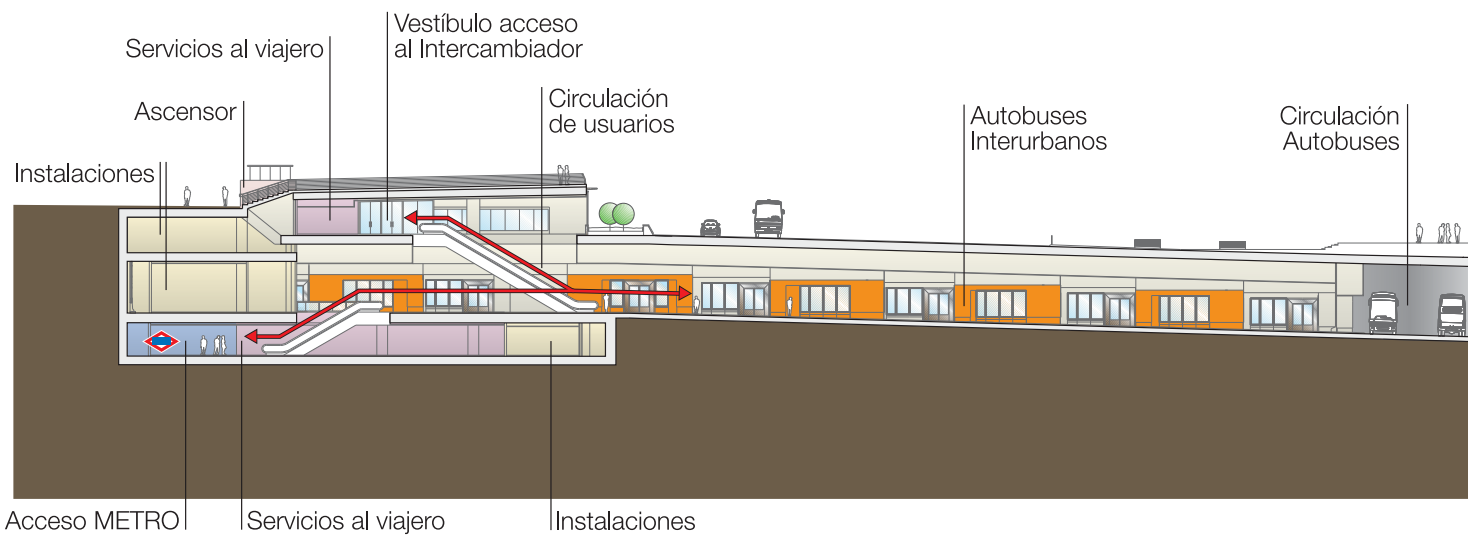
building (western side) and the stairs to the Metro station (eastern side).  
A new bus bay layout that would be more appropriate for the new operations was created, while a renovation of all installations and finishes was also carried out. New stairs were built to connect to the Metro at the southern end of the island, with direct access from Calle Princesa, providing a total of three vertical connections with the entrance hall of level -2.

Installation areas: The central electrical installations (general fuse boards, generator, circuit breakers, etc.) were located on the eastern side, beneath the

current access ramp, occupying the current bus inspection area; this area is ventilated through the lateral grilles of the ramp and two new voids in the Calle Princesa.

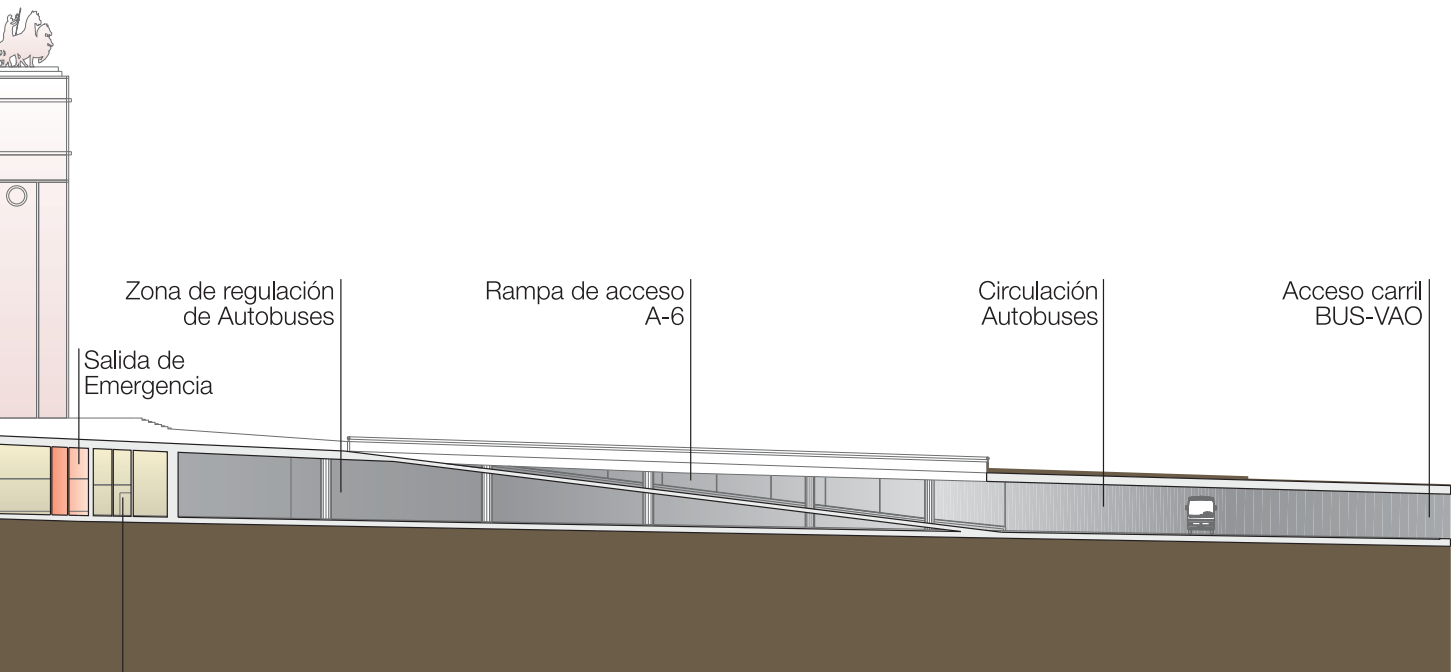
The passenger and operator centres are located on this floor, in the area prepared for this above the new Metro line 3 station, with direct access from the pavement of Calle Princesa.

The Air Treatment Units for Climate Control for island 1 are located in this area, as are those for humidity control in the bus bay area, with a fresh air inlet in Calle Princesa. The space is sufficient for easy maintenance

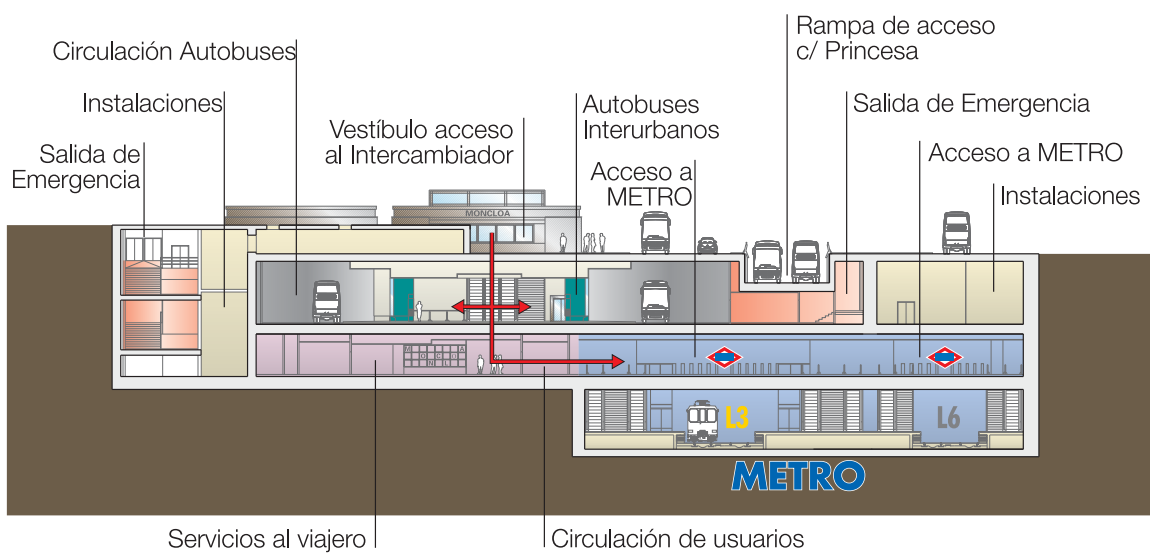


*Evolución histórica*  
*Historical evolution*





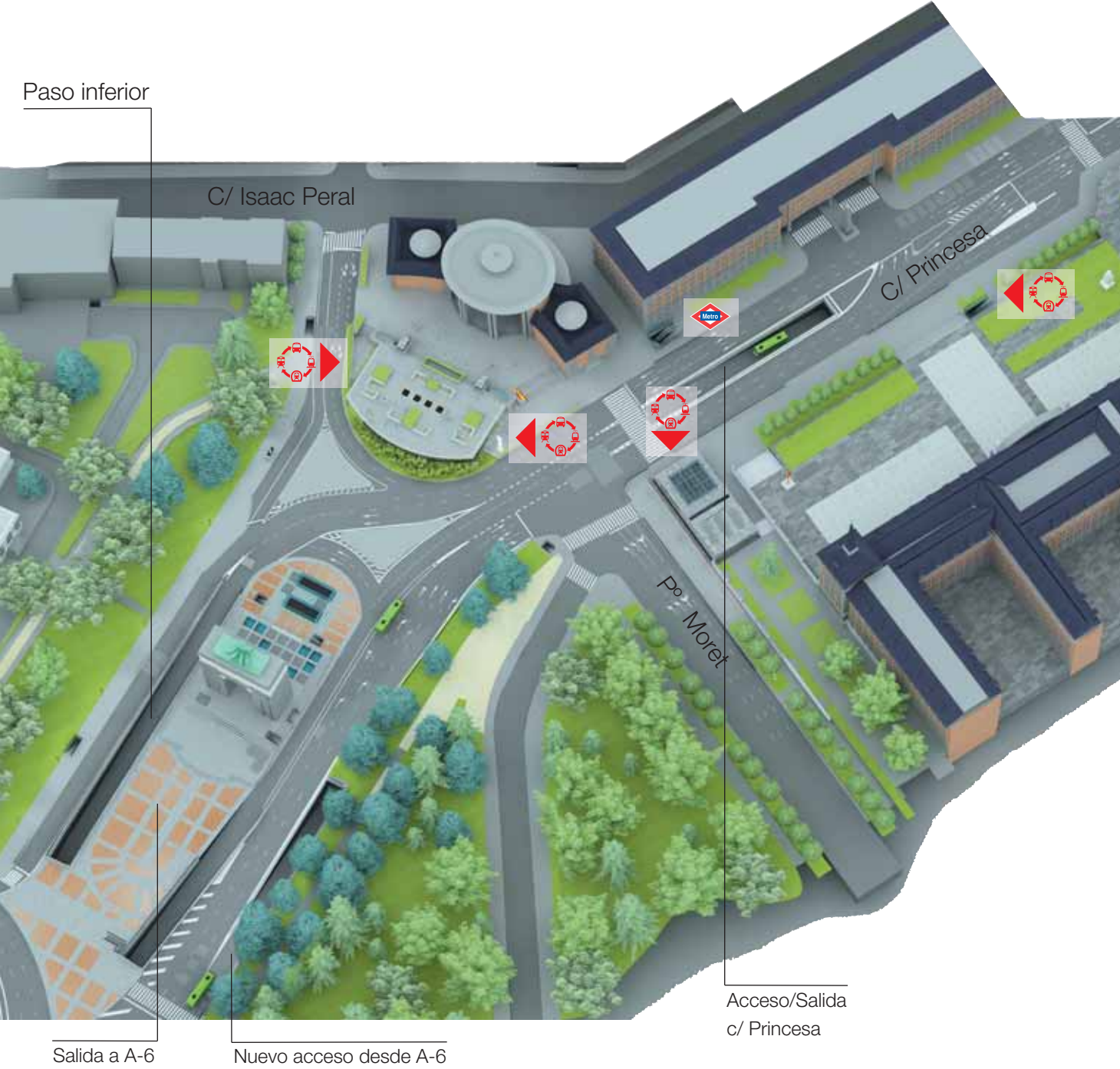
Instalaciones



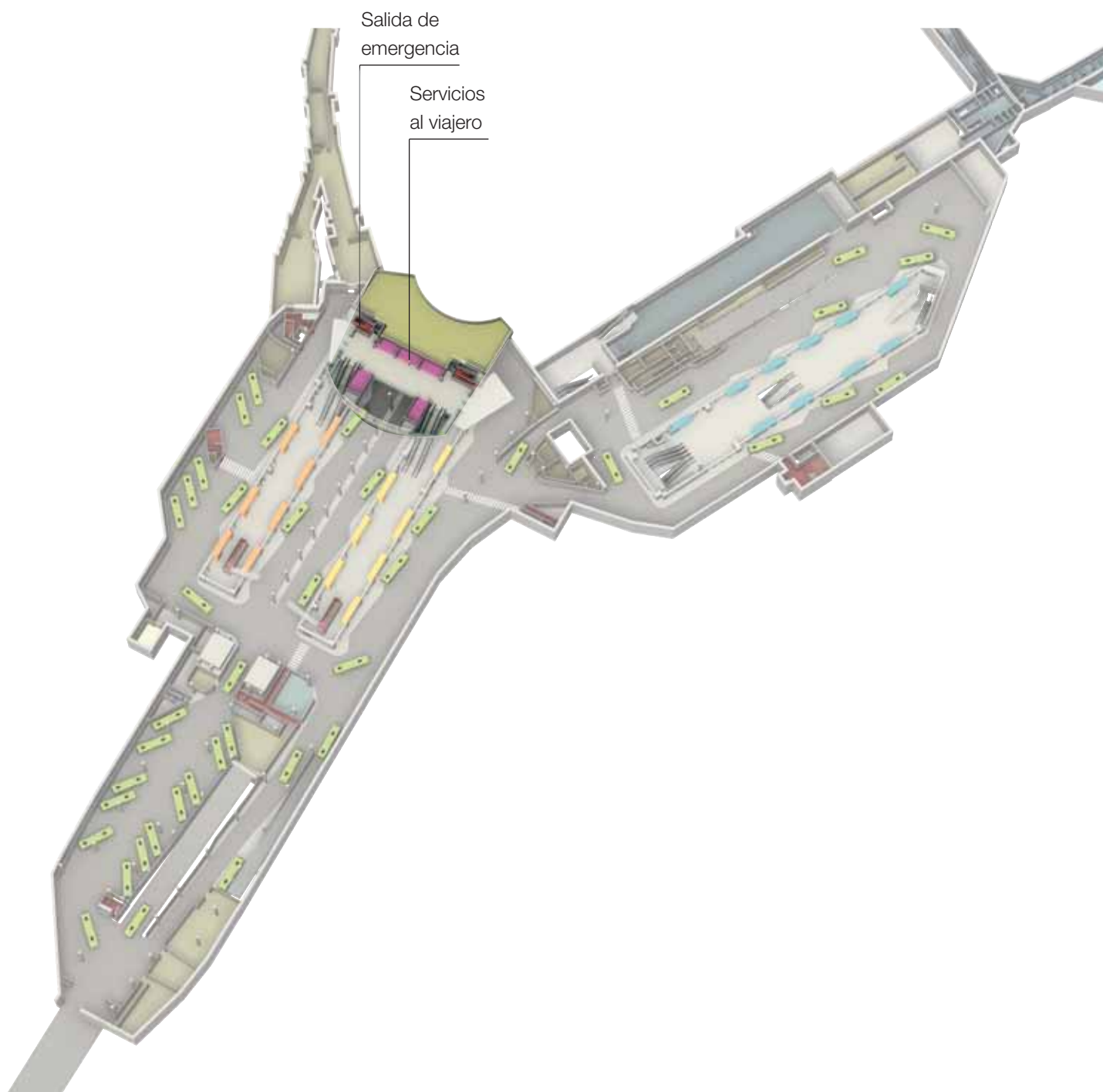
# Nivel superficie

## Accesos:

- Superficie: 1.150 m<sup>2</sup>
- 2 nuevos accesos peatonales
- 1 nueva rampa de acceso/salida autobuses



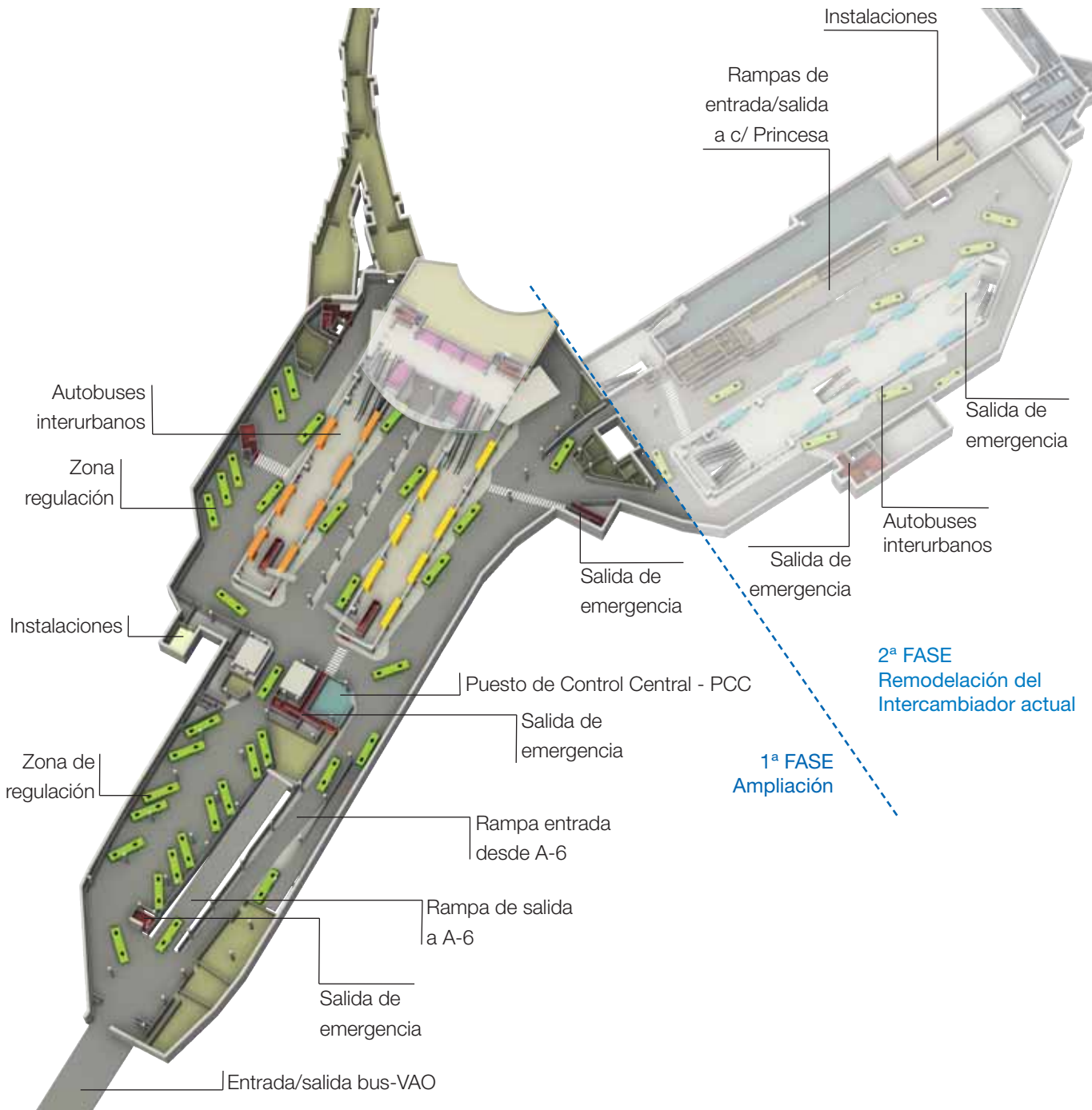
## Nivel entreplanta



## Nivel -1

### Interurbanos:

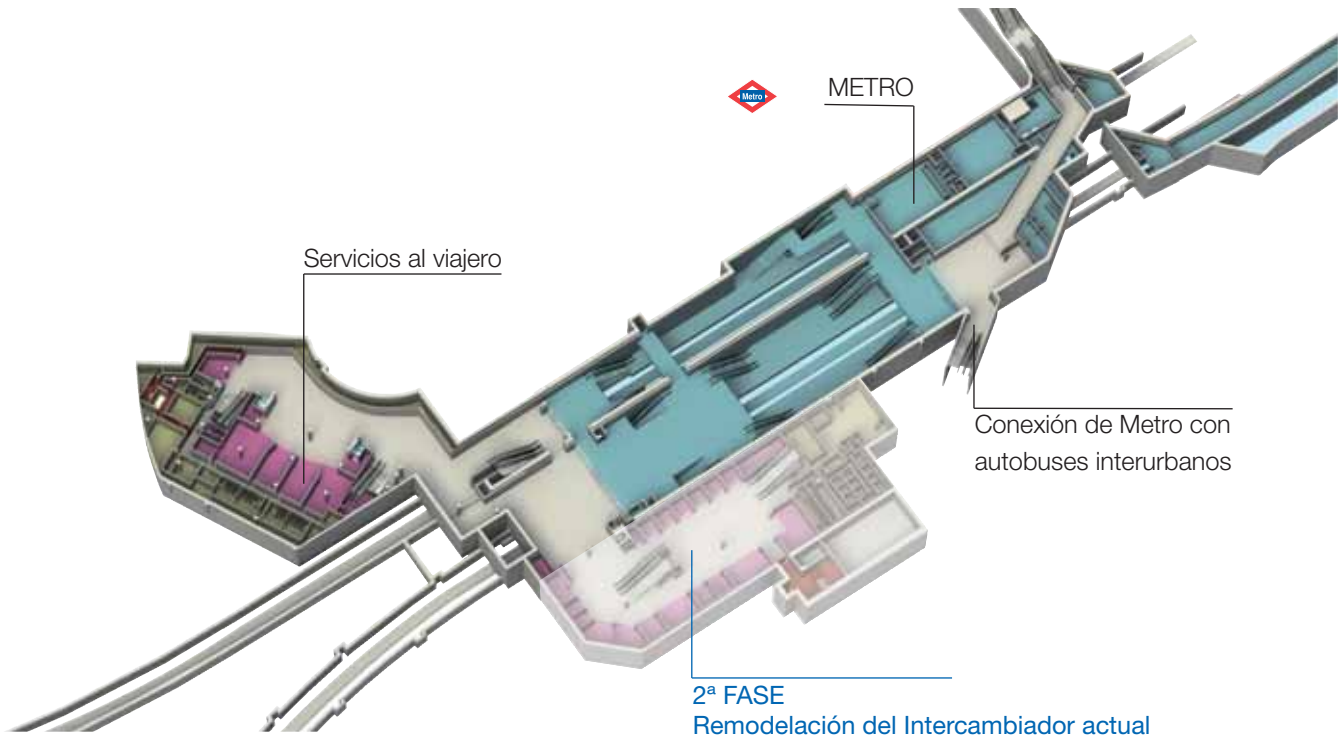
- Superficie: 19.450 m<sup>2</sup>
- 20 nuevas dársenas para líneas interurbanas
- Área de regulación para 19 autobuses
- 2 rampas para autobuses
- Conexión directa con carril bus-VAO



## Nivel -2

Conexión con Metro:

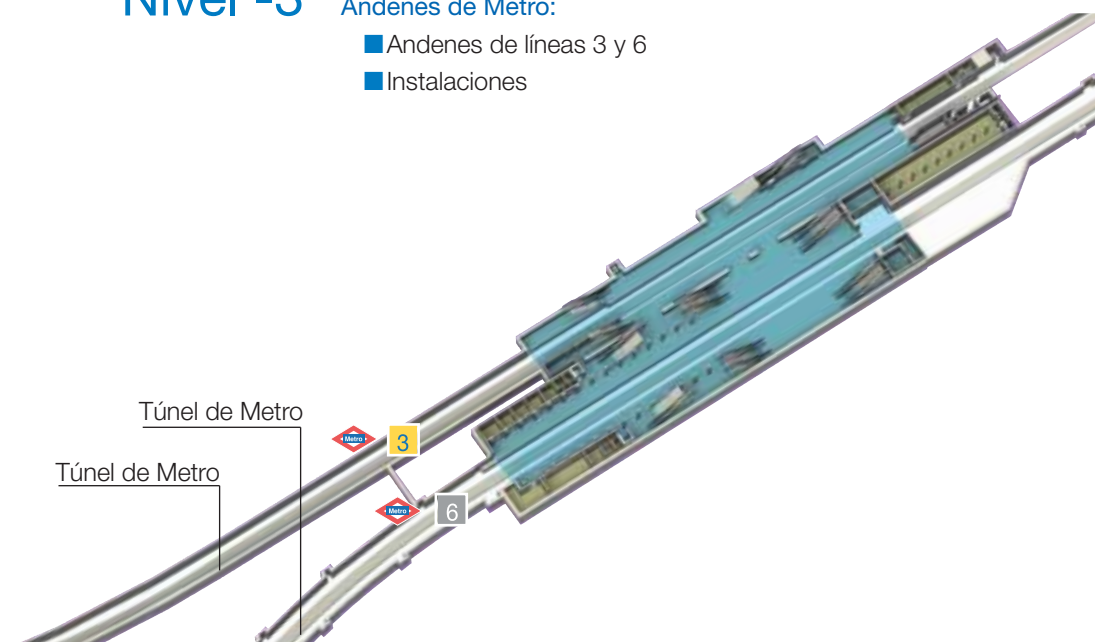
- Superficie: 4.650 m<sup>2</sup>
- Servicios al viajero
- Vestíbulo de Metro



## Nivel -3

Andenes de Metro:

- Andenes de líneas 3 y 6
- Instalaciones



La particularidad de este Intercambiador en la zona de ampliación es el desarrollo en una sola planta bajo rasante para autobuses, lo que permite disponer de grandes superficies de ventilación y luz natural, incrementando la sensación de seguridad en caso de evacuación.

**Áreas de aparcamiento de regulación de autobuses.** La zona A de regulación se sitúa en el lado Este bajo la zona verde de la Universidad Complutense y las zonas B y C hacia el Norte, al otro lado del Arco a ambos lados de esta vía de circulación. La conexión con la zona de dársenas se realiza a ambos lados del Arco, la vía de salida de autobuses se ha situado entre las patas del Arco. En las zonas B y C de regulación se ubica el cuarto de conductores y dos escaleras de emergencia en los extremos Norte y Sur.

### Áreas de Instalaciones

En este nivel se han ubicado diferentes áreas de instalaciones, ocupadas principalmente por equipos de climatización y ventilación, tanto en el nuevo



and the installation of silencers to stop noise pollution from affecting the buildings.

The air extractors for the bus bay areas in module A will be located in the southern end of the mezzanine, with outlet grilles located in the roadway of the Calle Princesa.

The area for installations for the Metro station is in the area closest to the Arcipreste de Hita entrance.

#### Central Control Post

Close to the Control Post of the Interchange is located the Central Control Post that in a first fase controls all

the interchanges and the light trains of the Region of Madrid.

#### Connections with the Arch Module

On this level the bus area will be affected by the opening of spaces in the screen walls of the transport interchange station at both sides of the ventilation shafts for Metro line 6, enabling buses to travel between the two modules.

#### The Arch module

Passenger islands 2 and 3 are located on this level. They measure approximately 20.00m-wide and 110m-long, and they are separated from the bus area by a glass screen; each of the islands has ten bus bays. They are connected to the entrance hall and the hall connecting to the Metro station by fixed stairs, escalators and elevators. Each of the passenger island areas have three emergency exits leading to the street (the City Hall building plaza and the Arch plaza); the western island 2 has an additional two exits crossing the bus area towards the Oeste park and using the Control Point steps, while the eastern





island 3 has one additional exit towards the Complutense University.

The bays for alighting passengers are located at the head, where the exits to the surface are located along with the connection to the Metro station entrance hall; both of these areas have been moved to reduce the effect on the space available for passenger movements around the bus bays. The flow of passengers from the Metro to the buses was established as a priority.

The bus circulation areas, the horizontal surfaces established by the surface slab and Metro lines 3 and 6, imply that to achieve the 4.50m of required headroom

for the buses to manoeuvre through several critical points, this area must have a uniform slope of approximately 2.8%.

One special feature of the extension to this transport interchange station is the development of one single floor for buses below ground-level; this makes available large surfaces for ventilation and natural light, increasing the feeling of safety in the event of an evacuation.

Parking areas for bus inspections. Area A for inspections is located on the eastern side, under the Complutense University's green space, while areas B and C

are located to the north, on the other side of the Arch, at both sides of this route. The connection with the bus bay area is on both sides of the Arch; with the exit road for the buses falling between the two sides of the Arch. The drivers' room and two emergency stairways are located in the northern and southern ends of inspection areas B and C.

**Installation areas:**

This level contains a range of facilities and equipment, most of which are occupied by climate-control and ventilation equipment, both with screens in the new area and in the vaults of the Metro station that are not to be demolished:

recinto de pantallas como en las bóvedas de Metro que no se demuelen:

- En el extremo noroeste se sitúan los cuartos de ventilación del túnel de Bus-vao, los ventiladores de extracción de la zona Oeste del módulo B y los cuartos de comunicaciones.
- Junto a la pata Oeste del Arco se encuentra el segundo pozo de ventilación de la zona de regulación, los equipos de desenfumaje de las islas, el Puesto de Control Local y una escalera de emergencia.
- Junto a la pata Este del Arco se sitúa otro núcleo de ventilación de la zona central de dársenas y el cuarto de conductores.
- Junto a la zona A de regulación, bajo la zona verde de la UCM, se ubican las unidades de tratamiento de aire de climatización del nivel -2 de vestíbulo de intercambio, del vestíbulo de acceso y de humectación del lado este de la isla 3, así como la escalera de emergencia desde el nivel -2 y los montacargas entre el nivel -1 y -2.
- En las antiguas cocheras de Metro de línea 3 se instalan al

fondo los aljibes de incendios y de agua potable, los grupos de presión, un pozo de ventilación con toma de aire en el paseo del tranvía, y el cuarto de basuras, quedando aún espacio disponible.

Con el objetivo de proporcionar la máxima altura libre posible, así como gálibos mínimos en algunos puntos críticos, se ha definido una red de galerías para los conductos de ventilación, bajo el nivel de dársenas, compatibles con las infraestructuras existentes L-3 y L-6. Estas galerías tienen unas dimensiones de 2,00 x 2,20, reduciéndose en algunos puntos.

#### Nivel de vestíbulo de Intercambio

#### Módulo calle Princesa

#### Remodelación del actual vestíbulo

El espacio situado ente las pantallas del Intercambiador actual en el nivel -2, destinado a servicios complementarios del viajero, instalaciones y aljibes, se adapta a las nuevas necesidades de la siguiente forma:

- The ventilation rooms for the BUS-HOV tunnel, the extraction fans for the western area of module B and the communications rooms are located at the north-eastern end.
- The second ventilation shaft for the inspection area, the fumigation equipment for the platform islands, the local control post and an emergency exit are located next to the western side of the Arch.
- There is another ventilation shaft, this time for the central bus bay area and the drivers' room next to the eastern leg of the Arch.
- The air treatment units for the climate-control of the transport interchange hall on level -2, the entrance hall and the humidifier for the eastern side of island

3, and the emergency stairs from level -2 and the cargo elevator between floors -1 and -2 are located next to regulation area A, under the Complutense University's green space.

- The fire-fighting and drinking water cisterns, the pressure groups, a ventilation shaft with an air intake in the tram route and areas for storage of rubbish are located in the old garages and depot for Metro line 3, with some space still available.

In order to have the largest amount of unrestricted headroom possible, and to ensure that minimum headroom is satisfactory at certain critical points, a network of galleries was created for the ventilation conduits that

■ Al trasladarse los aljibes a la zona de antiguas cocheras, se libera espacio para locales de instalaciones, aseos de público y oficinas de la Concesionaria.

■ Se dota la zona de las instalaciones necesarias para separar del punto de vista de evacuación, control de climatización y seguridad (puertas cortafuegos, cortinas de aire, cancelas,..) los vestíbulos del Intercambiador del vestíbulo de Metro.

■ Se reordenan los locales comerciales de tal forma que los más utilizados (prensa, cafeterías) se ubiquen en el fondo del vestíbulo, aumentando la sensación de seguridad el hecho de haber siempre público incluso fuera de los flujos principales de recorrido.

■ Se dota a esta zona de una salida de emergencia hacia la nueva escalera situada al oeste, bajo el aparcamiento frente al M<sup>o</sup> del Aire.

#### Nuevo vestíbulo de Metro y Accesos

El actual intercambiador, como consecuencia de la nueva estación de L-3,

are compatible with the existing infrastructure of Metro lines 3 and 6 beneath the bus-bay level.

#### The transport interchange station hall level

#### Calle Princesa module

#### Redevelopment of the current hall

The space located between the screens of the current transport interchange station on level -2, which is used for complementary services for passengers, installations and cisterns, will be adapted to meet the new requirements in the following way:



se remodela en los puntos de acceso y en el nuevo vestíbulo de Metro.

El antiguo acceso de Princesa se modifica sensiblemente, tal y como se ha indicado anteriormente y se dispone un nuevo acceso desde la calle Arcipreste de Hita, cuyo trazado ha sido condicionado por la solución estructural y las afecciones a la subestación de L-6.

Como consecuencia de este nuevo vestíbulo de Metro, se ha remodelado el acceso sur del área de dársenas (en

Princesa frente al Ministerio del Aire), dándole continuidad hasta al nivel de Metro para mejorar la capacidad de flujo de viajeros entre Metro y Estación de Autobuses.

#### Conexiones con el Módulo Arco

El vestíbulo intermedio de conexión se encuentra bajo la nueva área de autobuses y sobre el nuevo trazado de L-3, cota 645,20. Su existencia ha definido la nueva disposición de escaleras en el acceso a Metro de la Calle

Princesa, disponiéndose esta conexión a ambos lados de las escaleras, salvando el desnivel con el vestíbulo principal de Metro mediante rampas y escaleras.

En esta zona de conexión entre los dos módulos se ubica el Puesto de Información al Viajero y el botiquín.

#### Módulo Arco

Se accede a esta parte del vestíbulo por los dos núcleos de ascensores y

- Moving the cisterns to the available space in the former location of the Metro line 3 depot for installations, public toilets and the offices of the concessionaire.
- The area was provided with the installations required to separate the entrance hall of the transport interchange station from that of the Metro station from the point of view of evacuation, climate-control and safety (fire doors, air curtains, gates, etc.).
- The commercial areas were reorganised so that those with the most use (newsagents, cafes) are located at the end of the hall, thus increasing the feeling of security by making the whole space feel

public, even when out of the main flows of passengers through the space.

- The area has an emergency escape towards the new stairs located to the west, under the Air Force Ministry car park.

#### The new Metro station hall and accesses

As a result of the new line 3 Metro station, the current transport interchange station was redeveloped with new access points and a new entrance hall for the Metro station.

The old entrance in Calle Princesa was changed considerably, as detailed above, and now has a new en-

trance from Calle Arcipreste de Hita, the route of which was determined by the structural solution and by the effect of the line 6 Metro sub-station.

As a result of this new entrance hall for the Metro station, the southern access to the bus bay area (In Calle Princesa, in front of the Air Force Ministry building) was redesigned to make it continuous to the level of the Metro station in order to improve passenger flow between the underground station and the bus station.

#### Connections with the Arch Module

The intermediate connection hall is beneath the bus bay area and above the new route of Metro line 3, at a

escaleras situados al sur de las islas 2 y 3, bien desde las islas, bien desde el vestíbulo de acceso o directamente desde la plaza de la Junta en ascensor.

La altura libre de 3.00 m del vestíbulo viene acotada superiormente por la losa de dársena e inferiormente por el paso de la línea 3

En el fondo Este se sitúan los aseos públicos y la salida de emergencia a la calle Fernández de los Ríos, en el cen-

tro entre los núcleos de escaleras, los locales comerciales, próximo a la zona de conexión con el módulo A el local de la Policía, y tras los locales un pasillo de instalaciones y servicios con acceso a cuarto de basuras, montacargas de sucio y limpio, almacenes de locales, galerías de ventilación, aseos y vestuarios de personal.

En la pared convexa paralela al edificio de la Junta se ha previsto un mural que, junto con los locales comerciales y unos acabados muy cuidados, al igual que en el resto de zonas destinadas a viajeros, cree sensación de plaza pública, no sólo lugar de paso, siempre dando prioridad absoluta a los flujos principales de recorrido de los viajeros en el Intercambio Autobús-Metro. ■



height of 645.20m above sea-level. This hall was a determining factor in the layout for the access stairs for the Metro station from Calle Princesa, as there is a connection at both sides of the stairs, with the mediation of the level difference in the main hall of the Metro station through the use of ramps and stairs.

The Passenger Information Point and the medical centre are located in this area, which connects the two modules.

#### The Arch module

This part of the hall is accessed through the two units of elevators and escalators located in the southern part

of passenger islands 2 and 3, either from the islands themselves, the entrance hall or directly from the City Hall building plaza by elevator.

The 3.00m-unrestricted headroom of the hall is conditioned from above by the slab supporting the bus bay and from below by the route of Metro line 3.

The public toilets and the emergency exit to Calle Fernández de los Ríos are located in the centre of the stair units; the commercial premises are located near to the connecting area to module A, as is the police station; behind these premises there is a passageway with installations and services with access to the rubbish col-

lection rooms, cargo elevators and rubbish elevators, store rooms for the commercial premises, ventilation galleries, staff toilets and changing rooms.

A mural is planned to be installed on the convex wall parallel to the City Hall building which, together with the commercial premises and carefully chosen decorative finishes, as in all other areas designed for passenger use, creates the feeling of a public plaza rather than just a space to pass through on the way to one's destination. At the same time, the layout and decoration always gives absolute priority to the main flows of passengers when changing from the bus to the Metro and vice versa. ■

## Estructura

La ampliación del Intercambiador de autobuses es una gran caja de planta irregular construida bajo rasante, de unos 260 m de longitud en su mayor dimensión (Norte-Sur), y en el sentido perpendicular (Este-Oeste) oscila entre los 60 m en las proximidades del Arco de la Victoria y los 130 m en la zona más próxima a la Junta Municipal de Moncloa, con una superficie de unos 30.000 m<sup>2</sup>.

En toda la planta, la caja tiene una altura variable (entre 5,00 y 6,50 m) que permite el tránsito y estacionamiento de autobuses, añadiendo dos niveles más en la zona próxima a la Junta de Moncloa para el vestíbulo de acceso (nivel 0) y el vestíbulo de conexión con Metro (nivel -2).

Se construye de arriba a abajo, para limitar afecciones al tráfico rodado y pe-



*Refuerzo pilas de cimentación del Arco de Triunfo / Reinforcement of foundation piers for the Arco de la Victoria*

**Structure** The extension of the bus interchange station is basically a large, irregularly shaped underground box, which is approximately 260m-long on its longest side (north-south), and varies between about 60m from east-west near the Arco de la Victoria and around 130m in the area closest to the Moncloa District City Hall, with a surface area of some 30,000m<sup>2</sup>.

The box is of variable height at different points (ranging from 5.00m to 6.50m, enabling the transit and parking of buses. In addition, there are two further levels in the area close to the Moncloa District City Hall building for the entrance hall (level 0) and the hall connecting to the Metro station (level -2).

In order to minimise disruption to traffic and pedestrians, the expansion was built from the top down, using pile screen walls and reinforced concrete block slabs to support the screen walls and intermediate piers.

The design of the extension, the construction systems used, and the dimensions and layout of this large box was determined by the interference of existing buildings and ramps, the presence of Metro lines 3 and 6 and the Arco de la Victoria monument, itself.

The Arco de la Victoria monument. There were spaces in the surface and flooring slab of the station for the two "legs" supporting the arch. Around each founda-



Rampa Bus-Vao. Febrero 2007 / Bus-HOV ramp. February 2007

atónal en superficie, mediante pantallas de pilotes y losas macizas de hormigón armado que apoyan en dichas pantallas y en pilas intermedias.

Las interferencias con las edificaciones existentes, rampas, líneas de Metro 3 y 6 y el propio Arco de la Victoria condicionan el diseño, los sistemas constructivos y la delimitación del contorno de la gran caja.

**El Arco de la Victoria.** La losa de cubierta y la solera salvan su presencia dejando como huecos en la losa las dos “patas” de apoyo. Alrededor de cada pozo de cimentación se han dispuesto ocho pilotes para recoger el apoyo de la losa de cubierta de forma que la cimentación del Arco no se ha visto afectada por las nuevas cargas.

tion shaft, eight piles were sunk in order to support the roofing slab to keep the foundations of the arch from being affected in any way by the new loads.

The shafts for the Arco de la Victoria were encased in reinforced concrete rings to ensure that earth could be removed from around them without altering their current balance. In order to avoid horizontal displacement, when the “legs” of the arch were uncovered, concrete was laid on the roofing slab butting against them.

The BUS-ONLY tunnel was affected differently in three stretches. In the first of these, in the far north of the sta-

Para los fustes del Arco de la Victoria se ha realizado un zunchado mediante anillos de hormigón armado que garanticen que la retirada de tierras alrededor de ellos no altera el estado de equilibrio actual. Con idéntico propósito, para evitar movimientos horizontales cuando queden desguarnecidas las “patas” del Arco, se ha hormigonado la losa de cubierta a tope contra ellas.

**El túnel de SÓLO-BUS,** se ha visto afectado de manera distinta en tres tramos. En el primero, en el extremo Norte de la caja de estación, se ha demolido el túnel en unos 30 metros. A continuación, siguiendo hacia el Sur, se ha conservado la estructura existente, ya en rampa, formada por una solera sobre terreno entre las pantallas que sirven también para el túnel de línea 6

tion box, approximately 30m of the tunnel were demolished. To the south of this, the existing ramp structure, which consisted of flooring built over earth between the walls, and which was also used for the walls of Metro line, 6 was maintained. The last, 25m-stretch of the BUS-ONLY ramp was built as part of the roofing slab, following the demolition of the existing ramp.

The A-6 ramp on the Avenida del Arco de la Victoria established the north-eastern limit of the large box structure of the station. This ramp was built between screen walls that are all mostly 12m-deep or so, with shorter walls when the difference in level to be bridged is less than 3m. For the new bus station, piles were



*Excavación entre pantalla línea 6 y nueva pantalla parque del Oeste. Agosto 2006*

*Excavation between the screen wall of Metro line 6 and the new screen wall for the Oeste park. August 2006*

de Metro. En el último tramo, de unos 25 metros, la rampa del SÓLO-BUS se construye como parte de la losa de cubierta previa demolición de la rampa existente.

**La rampa de la A-6** en la Avenida del Arco de la Victoria delimita el contorno de la gran caja en su lado noroeste. Dicha rampa está configurada por pantallas de unos 12 metros de profundidad en casi toda su longitud y muros de pequeña altura ya en sus extremos, cuando el desnivel a salvar es inferior a 3 metros. Para la nueva estación de autobuses se han construido pilotes adosados a la pantalla de la rampa formando a su vez una pantalla a lo largo de unos 60 metros en el intervalo en que la rasante de la rampa queda por encima de la cota de dársena proyec-

tada. En el resto del perímetro de “contacto” con la rampa existente se han dispuesto pilotes aislados, ya sin función de contención de tierras, que recogerán la carga de la cubierta. De esta forma, cargando en la nueva pantalla, no se modifica el comportamiento estructural de las pantallas existentes.

**Construcción previa de la línea 3 de Metro:** previa a la construcción del volumen de Intercambiador de autobuses se construyó la nueva estación de línea 3 de Metro de Moncloa, incluido el mango de maniobras que quedaba bajo el nivel del intercambiador. Con el servicio de Metro funcionando ya en la nueva estación, fue posible demoler la estación anterior de Moncloa y gran parte de las antiguas cocheras que servían para estacionamiento de trenes.

**Líneas 3 y 6:** Para salvar el apoyo sobre las líneas 3 y 6 de Metro, se ha puentado la carga de los pilares que quedan en la vertical de ambas líneas (la línea 6 y la nueva línea 3) mediante encepados de dos pilotes. El procedimiento consistió en construir desde arriba los dos pilotes de cada encepado, pilotes que salvan con un cierto margen la mina de una u otra línea de Metro. En su parte superior el pilote se rellena con un perfil metálico envuelto con relleno de grava hasta completar el diámetro de excavación. Sobre el tubo de acero se dispone un apoyo de neopreno. Cuando se efectúa la excavación bajo losa hasta nivel inferior de la solera, se procede a construir un encepado que permite puentear la carga hacia los dos pilotes del pilar definitivo, que se construye de abajo a arriba.

built backing onto the screen wall of the ramp, in turn forming a 60m-screen wall in the area where the ground level of the ramp is higher than that of the planned platform. Single piles are located throughout the remainder of the perimeter area; these will serve to bear the load from the roof and will have no earth retaining capacity. As a result, with the load being borne by the new screen wall, the structural behaviour of the existing screen walls does not change in any way.

Advance construction work for Metro line 3: Before the space for the bus station was constructed, the new Moncloa Metro line 3 station was built, including the manoeuvring branch line, which was built beneath the

level of the transport interchange station. Because the Metro already operated in the new station, it was possible to demolish the old Moncloa station and most of the old depot used for parking trains.

Line 3 and 6: In order to provide support for Metro lines 3 and 6, the load on the vertical pillars for both lines (line 6 and new line 3) was bridged by using twin pile caps. The procedure involved building the two piles for each pile cap from above; the piles were driven at a safe margin from the tunnels for the Metro lines. The upper parts of the piles were covered by using a metal profile that filled them with gravel to the diameter of the excavation. A neoprene support was located on the



Obras en antigua estación línea 3. Septiembre 2006 / Work on the old Metro line 3 station. September 2006

Construido el nuevo pilar, se apea provisionalmente la losa sobre gatos, hasta disponer el apoyo de neopreno en el nuevo pilar de hormigón y poder desaparecer apoyando en éste. Entonces se cortan los pilares metálicos y se retiran quedando sólo el nuevo pilar de hormigón.

**Las losas**, como ya se ha mencionado, se construyen macizas de hormigón armado con 0,80 m de espesor en el caso de la cubierta, en el tramo de nivel dársenas que se apoya en pilares y en la entreplanta próxima a la Junta de Moncloa. En la losa de cubierta se disponen tres juntas de dilatación perpendiculares a la mayor dimensión del Intercambiador. La interrupción de la losa se hace mediante un apoyo a media madera y banda de neopreno.

**Las soleras** son de 0,30 m de canto con enchachado de piedra para facilitar el drenaje, también de 0,30 m de espesor.

**Los pilares** son cilíndricos en general, de hormigón armado de 1,00 m de diámetro con camisa de chapa colaborante cimentados en pilotes de 2,00 m de diámetro, salvo los que puentean carga por coincidir sobre túnel de Metro. En este caso el pilar, que sigue siendo de 1,00 m de diámetro, se apoya en un encepado de dos pilotes, como ya se ha comentado. Singularmente, coincidiendo con bloques de escalera, se apantallan los pilares para ganar rigidez frente al empuje de tierras que experimentan las pantallas que rodean el edificio de la Junta Municipal.

**Las pantallas** son de pilotes de diámetro 1,00 m en todo el perímetro salvo

en la zona próxima a la nueva rampa de entrada desde la carretera La Coruña, donde se ha construido una pantalla de pilotes al tresbolillo de 1,25 m de diámetro. Las pantallas posteriormente se han gunitado en su interior o se han trasdosado con muro forro de hormigón en caso de presencia de más agua en el terreno.

**Los túneles laterales** de acceso en el lado Oeste, junto al Parque del Oeste, y de salida en el lado Este paralelo a la rampa de la A-6 bajo la Avenida de los Reyes Católicos, se han ejecutado con pantalla de pilotes y losa de hormigón armado apoyada en pantalla. Se utilizarán ambos en horario valle siendo la entrada y salida del Intercambiador en horario punta (entrada por las mañanas, salida por las tardes) por el túnel existente del Bus-Vao. ■

steel tube. When excavation work was carried out under the slab to the lower level of the flooring, a pile cap was built to bridge the load to the two piles of the permanent pillar, which was built from bottom to top. On completion of the new pillar, the slab was provisionally supported on jacks until the neoprene support was ready on the new concrete pillar and the load could be transferred to this. The metal pillars were then cut out leaving only the new concreted pillar.

As already mentioned, the slabs are made of blocks of reinforced concrete, which are 0.80m-thick for the roofing slab in the stretch of bus bays supported by pillars and in the mezzanine close to the Moncloa District City

Hall. The roofing slab has three expansion joints that are perpendicular to the longest side of the transport interchange station. The slab is interrupted using a support that is half-wooden and half-neoprene.

The flooring is 0.30m-thick, with a stone dressing, which is also 0.30-m-thick to facilitate drainage.

The pillars are, in general, cylindrical, being 1.00m in diameter and made of reinforced concrete inside a metal sheath with foundations on 2m-diameter piles, with the exception of those that support the load over underground train tunnels. In this case, the pillar, which remains at 1.00m in diameter and supported by a dou-





ble pile cap, as stated earlier. Were the piles to coincide with stair units, they were screened to improve rigidity for withstanding the load from earth on the screen walls that surround the District City Hall building.

The screen walls are made from 1.00m-diameter piles throughout the perimeter, with the exception of the area close to the new entrance ramp from the La

Coruña motorway, where they were made from staggered 1.25m-diameter piles. The screen walls were subsequently coated in gunite, or backed onto walls with a concrete lining in the case there should ever be more water present in the ground.

The side entrance tunnels on the western side, next to the Oeste park, and whose exit on the eastern side

parallel to the A-6 ramp beneath the Avenida de los Reyes Católicos, were built using pile screen walls and reinforced steel slabs supported on the screen wall. Both of these are used outside rush hour, with entrance and exit to the transport interchange station during rush hour (incoming buses in the morning and out-bound buses in the evening) occurring via the Bus-HOV tunnel. ■

## Diseño

**Recorridos:** al nuevo intercambiador se accede en hora punta de mañana (prioridad a las entradas) por el Bus-Vao que entra en el módulo B directamente desde la A-6 y descarga los viajeros en las dársenas de descenso de las islas 2, 3 (módulo B) o en la isla 1 del módulo A. Después se desplaza a su dársena correspondiente para recoger viajeros y sale desde el módulo B por la rampa lateral Este paralela al túnel de la A6 hasta Cardenal Cisneros, o desde el módulo A por la rampa actual.

En hora punta de tarde (prioridad a las salidas), el sentido de circulación del Bus-Vao se invierte y los autobuses entran al intercambiador por la rampa lateral Oeste al módulo B y desde ahí pasan al módulo A por el interior. Salen desde el módulo A y el B por el Bus-Vao a través de la zona de regulación situada al Norte.

Las dársenas de descarga se sitúan cerca de los núcleos verticales de comunicación y las escaleras entre nivel 0 y -1 y nivel -1 y -2 están desplazadas en su eje, para acortar los recorridos peatonales.

**Islas de viajeros:** es fundamental en el diseño de los nuevos intercambiadores independizar las zonas de viajeros de las zonas de autobuses, pues permite climatizar la zona de viajeros, aislarla del ruido y humos de autobuses y en caso de incendio de un vehículo, evitar que el humo se propague por estas zonas de estancia.

**Evacuación en caso de emergencia:** conseguir en las simulaciones realizadas que el Intercambiador en caso de incendio de un autobús se pueda eva-



*Rampa de acceso lateral oeste. Septiembre 2007  
Western access ramp. September 2007*

**Design** Routes: The new transport interchange station is accessed during rush hour in the morning (priority given to arrivals) using the Bus-HOV tunnel that joins module B directly from the A-6 motorway and unloads passengers in the alighting bays in islands 2 and 3 (module B), or on island 1 of module A. After unloading their passengers, the buses move to the appropriate bus bays to pickup new passengers and then depart from module B using the side ramp. This is parallel to the A-6 tunnel to Cardenal Cisneros, or from module A using the current ramp.

At peak time during the afternoon (priority for departures), the direction of travel for the Bus-HOV tunnel is

reversed and buses enter the transport interchange station using the western side ramp to module B; from there they move to module A through the interior. They leave module A and B using the Bus-HOV lane through the regulation and inspection area located in the northern part of the station.

The unloading bus bays are located close to the vertical communication units, and the stairs between level 0 and -1 and between -1 and -2 are displaced on their axes to shorten the distance that passengers have to travel.

The passenger islands: A fundamental aspect of the design of the new transport interchange stations is to



Montaje mamparas e instalaciones en islas. Septiembre 2007 / *Erection of screens and installations in islands. September 2007*

cuar en menos de 10 minutos, ha sido uno de los elementos más influyentes a la hora de pensar el diseño, ubicando en los lugares posibles más indicados las 13 salidas de emergencia repartidas en toda la planta.

**Información al usuario:** es imprescindible dotar al Intercambiador de una correcta señalética (paneles, planos, etc.), de información inteligible por megafonía, conseguir que los recorridos a realizar sean lógicos e inmediatos, utilizar los colores en suelos, paredes y techos para mejorar la localización, y

por supuesto que el intercambiador sea accesible a personas de movilidad y visibilidad reducidas. Estos objetivos influyen notablemente en el diseño del edificio.

**Confort:** conseguir unas condiciones adecuadas de temperatura, de calidad del aire, de acústica, de iluminación, de limpieza y mantenimiento, influye no sólo en las instalaciones del edificio sino directamente en la elección correcta de los materiales de acabado de suelos, paredes y techos. El objetivo ha sido conseguir espacios para el viajero

de una calidad similar a la de los aeropuertos para incentivar al máximo el uso del Intercambiador.

**Seguridad:** para que un espacio público sea seguro, no sólo hay que disponer de un servicio de vigilancia, sino que en el diseño del mismo se evite crear recovecos o espacios mal iluminados o poco utilizados. En este sentido, es importante dotar al Intercambiador de servicios complementarios al viajero, como prensa, cafeterías u otros locales comerciales, que dan vida a los vestíbulos de intercambio,

make the passenger areas independent of the bus areas, in order to make it possible to control climatic conditions in the passenger areas, protecting them from noise and fumes from the buses and, in the event of a fire on a vehicle, to stop smoke from entering these areas.

Emergency evacuation: The objective of ensuring that the transport interchange station could be evacuated in less than ten minutes was one of the key factors in the design of the station, with the 13 emergency exits being located in the most appropriate places possible throughout the structure; this was tested in several performed simulations.

Passenger information: Transport interchange stations must be equipped with appropriate signs and displays (screens, maps, etc.) and comprehensible public address system announcements; in addition, the routes to be followed through the station must be logical and immediate. This can be achieved by using colours on the floors, walls and ceilings to make it easier to identify different areas. Furthermore, it is of course essential that transport interchange stations must be accessible for people with restricted mobility and vision. These objectives have a major influence on the design of the building.

Comfort: Achieving adequate temperatures, air quality, noise levels, lighting, cleanliness and maintenance not



*Lucernarios y ventilación en plaza del Arco  
Light wells and ventilation in the Arch plaza*

umentando la sensación de seguridad, además de permitir a la Sociedad Concesionaria recuperar con su gestión parte de la inversión realizada.

**Afección al entorno:** los elementos exteriores del Intercambiador como edificios de acceso, escaleras de emergencia, rejillas de ventilación, lucernarios, se han diseñado teniendo en cuenta el entorno tan particular de

Moncloa, siendo en lo posible discretos ante tanto edificio monumental tan próximo (Arco de la Victoria, edificio de la Junta, Ministerio del Aire) y respetuosos con las zonas verdes limítrofes del parque del Oeste y de la Universidad Complutense, sin olvidar que debe a la vez crearse un elemento urbano nuevo, atractivo y reconocible como nodo principal de transporte. ■

only has an influence on the facilities and systems in the building, but also has a direct effect on decisions about the material and finishes of floors, walls and ceilings. The objective is to make conditions in the transport interchange station similar to those in airports, thus encouraging people to use the station.

**Security:** The creation of a safe public space requires not only vigilance of the space; it also means designing a space that avoids creating hidden and badly lit areas in the first place. In addition, it is also important to provide a transport interchange station with complementary services, such as newsagents, cafes and shops, so that activities are occurring in the station, thus in-

creasing the feeling of security.

**Effect on the environment:** The external parts of the transport interchange station, such as the entrance buildings, emergency stairs, ventilation grilles, light wells, etc., were designed in consideration of the surrounding area of Moncloa and were, thus, made as discreet as possible, particularly in the areas closest to the important historic buildings (Arco de la Victoria, the District City Hall Building, the Air Force Ministry building). In addition, these elements attempt to respect the green spaces around the area, such as the Oeste park and the Complutense University, without forgetting that in some areas it is appropriate to create a new and recognisable urban element. ■



Vista aérea del entorno de la obra. Diciembre 2006  
*Aerial view of the surroundings of the site. December 2006*

## El enclave

### Area monumental

Una de las particularidades más destacables de las obras de construcción de este Intercambiador respecto a los otros, es su enclave en una zona monumental de acceso a Madrid.

Al Oeste, limita con el Parque del Oeste, zona verde singular de la ciudad de especial protección, y sólo se ha visto afectado por desvíos de servicios de gas y agua, y la salida de una escalera de emergencia. Se ha cedido al Parque

la superficie de calzada restante tras la rampa de acceso lateral al módulo Arco, realizando nuevas plantaciones según indicaciones del departamento municipal de Parques y Jardines.

Parte de los terrenos que se ocupan bajo rasante (isla del Arco, zona verde del Rectorado) con los que se limita al Este y los terrenos que se han ocupado temporalmente para la ubicación de casetas de obra, pertenecen a la Universidad Complutense de Madrid. La obra ha afectado a sus zonas ver-

### The surroundings

#### Historic monuments

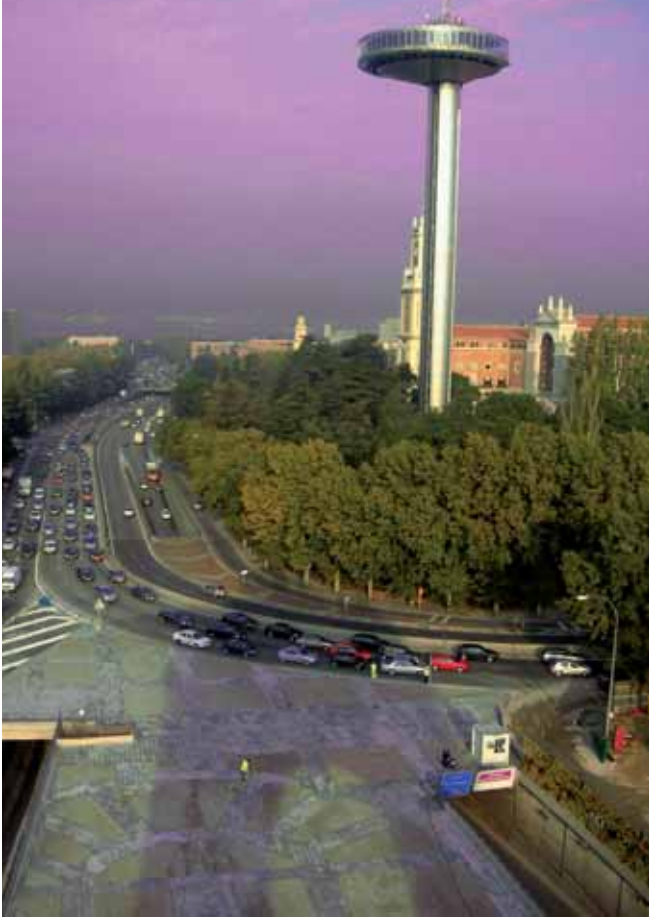
One of the distinguishing factors of the construction of this particular transport interchange station, compared to the others included in the Plan, is its location at an entrance point to Madrid in an area with many historic monuments.

To the west, the site is bordered by the Oeste park, which is a unique green space in the city that receives special protection; however, it was only affected by the repositioning of services such as gas and water, and the emergency stairs exit. The remaining area of the roadway behind the access ramp at the Arch module-

side has been granted to the park with new plantings carried out to the specifications of the Madrid City Hall Department of Parks and Gardens.

To the north, the transport interchange station is bounded by the Moncloa District City Hall building. All external elements relating to the station that affect public spaces in the area, such as entrance buildings, street furniture, pavements, lighting, etc., were agreed upon by the District City Hall.

The western side of the transport interchange station is limited by the Air Force Ministry Building and its perimeter security area. Authorisation was needed from the



*Vista de la A6 desde el Arco / View of the A6 from the Arch*



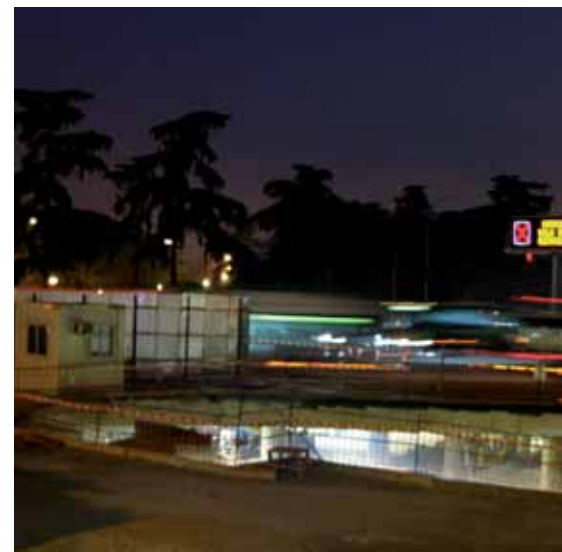
*Cuadriga del Arco / The chariot on the Arch*

des y sus paseos, tanto por la ocupación bajo rasante como por los desvíos de servicios de gas y agua. Se han ido reponiendo gradualmente estas zonas según las indicaciones de la UCM.

Al Norte, el intercambiador limita con el edificio de la Junta de Distrito de Moncloa. Se han consensuado con la Junta de Distrito todos los elementos exteriores que afectan al espacio público circundante, como edificios de acceso, mobiliario urbano, pavimentación, alumbrado, etc.

Al Oeste del Intercambiador, se sitúa el Ministerio del Ejército del Aire con su zona perimetral de afección y vigilancia. Ha sido necesario contar con su autorización para actuar en la zona de afección para la mejora de las instalaciones, ampliación del edificio de acceso y construcción de una nueva escalera de emergencia.

El elemento más singular es el Arco de la Victoria, catalogado como Bien de Interés Cultural con Protección Integral, siendo el monumento la imagen característica del acceso a Madrid por la A-6.



Air Force for work to be undertaken to improve the transport infrastructure, increase the size of the entrance building and build an emergency exit in the area of the Air Force Ministry Building.

The most unique element is the Arco de la Victoria, which is listed as a Protected Asset of Cultural Interest and is in some ways the symbolic image of Madrid's entrance from the A-6 motorway.

#### The subsoil in Madrid

If there is one location in the city that has clearly demonstrated that underground Madrid is a jumble of

### El subsuelo de Madrid

Si en alguna parte de la obra se ha puesto de manifiesto que el subsuelo de Madrid es un enjambre de galerías e instalaciones, ha sido frente al edificio de la Junta Municipal, donde se superponían bajo rasante el antiguo aparcamiento de la Junta los pasillos de conexión entre línea 6 y línea 3 de Metro, la antigua estación de línea 3 y las cocheras, galerías de saneamiento, etc.... Cuando se empezaron a ejecutar desde superficie las pilas pilote ho-

radando todas estas estructuras, una detrás de otra, el aspecto de la obra en el interior era bastante complicado y "cinematográfico".

### Los restos de la guerra

Toda la zona afectada por las obras era una antigua vaguada que se ha ido rellenando a lo largo de los años. El terreno de relleno sin cohesión ha dado a la obra más de un problema, obligando a encamisar las pilas-pilotes y parte de los pilotes del muro pantalla. Una sor-

*Vista nocturna de la ejecución de la obra bajo el Arco*  
*Night view of work being carried out under the Arch*



galleries and installations, it is the area in front of the District City Hall building, which features the old District City Hall parking lot, the passages connecting Metro lines 3 and 6, the old line 3 Metro station, along with the train depots, plumbing installations, etc.

#### The remnants of the war

The whole area covered by the construction was an old riverbed that, with the passing years, had been filled in. The lack of cohesion of the terrain to be filled in caused major problems, resulting in the encasement of several pile-piers and piles in the screen wall. There was a surprise when excavating to the

west of the area, near the access ramp, where an old, unexploded Civil War bomb was found; fortunately, nothing happened and the security services informed the police, who removed the bomb without any incidents.

#### The old Metro depot

One important feature among the structures present in the subsoil was the vault of the old Metro line 3 Depot, of which a part was built from brick and another made from concrete blocks supported by 3m-thick cyclopean concrete walls, and which has been conserved. Although the Moncloa line 3 Metro station



Antiguas cocheras Metro. Septiembre 2007 / *The old Metro depot. September 2007*

presa de la excavación en la zona Oeste junto a la rampa de acceso, fue encontrar una antigua bomba de la Guerra civil sin explotar, afortunadamente no sucedió nada, los servicios de Seguridad de la obra avisaron a los artificieros de la Policía quienes retiraron el artefacto.

#### Las antiguas cocheras de Metro

De las estructuras existentes en el subsuelo es de destacar la bóveda de las antiguas cocheras de línea 3 de Metro, de las que se ha conservado una parte construida en ladrillo y otra en hormigón en masa, apoyadas en muros de hormigón ciclópeo de tres metros de

espesor. Aunque la estación de línea 3 de Moncloa se inauguró a principios de los años 60, la construcción de esta bóveda estaba iniciada en el año 36, año en el que comenzó la Guerra Civil y se paralizaron las obras.

#### La puesta en marcha

Para poder realizar las obras previstas sin interrumpir el servicio del intercambiador, ha sido necesario realizar primero la ampliación o módulo Arco, y preparar la puesta en servicio de las instalaciones comunes a los dos módulos de electricidad y climatización, situadas en parte en la zona del módulo calle Princesa.

opened at the beginning of the 1960s, construction on building the vault actually began in 1936, the year in which the Civil War began, which brought the work to an end.

#### The opening

To carry out the planned work without interrupting the services provided by the transport interchange station, the expansion construction, or Arch module, had to be carried out first, while the common electricity and climate-control services for the two modules, located in part of the Calle Princesa module, had to be prepared for going into operation.

Una vez terminado el módulo Arco se trasladan todas las líneas existentes a la ampliación para realizar las obras de reforma en el módulo calle Princesa. El hecho de tratarse de un Intercambiador en servicio en lugar de uno nuevo como el caso de Plaza Elíptica, obligó a una puesta en servicio con todas las líneas a la vez, no paulatinamente, y por tanto a la realización completa de todas las pruebas necesarias antes de la puesta en marcha definitiva. ■

Once the Arch module had been finished, all of the existing lines were transferred to the extension so that the redevelopment work on the Calle Princesa module could be carried out. ■





# Avenida de América

Javier Aldecoa  
Arquitecto

# e

El intercambiador de Avenida de América, inaugurado en 2000, está localizado en el centro-oeste de Madrid, en una de las principales vías de acceso a Madrid, A-II y M-30, recogiendo los flujos provenientes del corredor del Henares y de la zona nordeste de España.

Confluyen en el Intercambiador y su entorno cuatro líneas de Metro, 12 líneas de EMT, 7 líneas nocturnas, 13 líneas de interurbanos y autobuses de largo recorrido, sumando más de 3.500 expediciones diarias que dan servicio a 115 millones de viajeros, además de un gran número de vehículos privados.

El edificio se estructura en cuatro plantas bajo rasante: al nivel -1 los autobuses de largo recorrido acceden a sus 17 dársenas desde el nivel -2 por rampas interiores; al nivel -2 los autobuses urbanos e interurbanos acceden directamente desde la A-2 por túneles exclusivos a sus 19 dársenas; los niveles -3 y -4 están dedicados a la conexión con Metro y los aparcamientos de rotación (253 plazas) y residentes (392 plazas).



La distribución de dársenas se realiza en isla con el fin de que no haya interferencia alguna entre la circulación de autobuses y la peatonal. La conexión peatonal con la red de Metro se realiza en el nivel -3 por el núcleo central de escaleras mecánicas o ascensor desde la calle y niveles -1 y -2.

El Intercambiador de Avenida de América ha recibido el premio "Integrated Transport Awards 2002" como mejor ejemplo a nivel internacional, por las siguientes cualidades:

## Avenida de América

The interchange station of Avenida de América, inaugurated in 2000, is located in the center - west of Madrid, in one of the principal corridors of access to Madrid, A-II and M-30, collecting the flows from the Henares corridor and the north-east zone of Spain.

In the Interchange environment four underground lines, 12 urban bus lines, 7 night bus lines and 13 metropolitan and long distance bus lines converge, adding more than 3.500 daily expeditions that give service to 115 million users, besides a great number of private vehicles.

The building is constructed in four underground levels: the level -1 has 17 bays for long distance buses enter-

ing by interior ramps from level -2; the level-2 has 19 bays for urban and metropolitan bus lines with exclusive access tunnels; the levels-3 and-4 are dedicated to the Underground connection and the public (level -3) and residents parkings (level -4).

The bus bays distribution is realized in island to ensure that no interference is produced between buses and passengers' circulation. The pedestrian connection with the Metro network is done in the level-3 through the central core of mechanical stairs or through the elevator from the street and levels-1 and-2.

The Interchange station of Avenida de América has re-



- Óptima transferencia entre distintos modos de transporte, reduciendo considerablemente los tiempos de trasbordo entre Metro y autobús.
- Inserción en la trama urbana consolidada, integración en el tejido urbano y recuperación de espacios peatonales.
- Claridad en los espacios interiores, que son fácilmente comprensibles por el usuario y en la información al usuario.
- Financiación privada total. Se consideró muy interesante el

modelo de concesión utilizado para este intercambiador, tomándolo como prototipo para futuras infraestructuras de transporte.

- Incremento de la demanda gracias a la reducción de tiempos de expedición y de trasbordo en un 30% en los dos primeros años de funcionamiento.
- Reducción de los tiempos de viaje (para los autobuses y los viajeros) mediante la construcción de túneles exclusivos de entrada y salida desde la A-II.

Está previsto acometer unas obras de mejora y acondicionamiento de las instalaciones del Intercambiador, de las cuáles cabe destacar la construcción de una nueva rampa de salida de autobuses desde el nivel -1, la colocación de mamparas de separación entre zonas de viajeros para poder climatizar las zonas estanciales y aislarlas del ruido y contaminación de los autobuses, incorporación de hasta 10 escaleras de emergencia, la ampliación de unos 2500 m<sup>2</sup> para nuevos cuartos técnicos y una nueva rampa de acceso al aparcamiento. ■

ceived the prize "Integrated Transport Awards 2002" as best exemplified at the international level, for the following qualities:

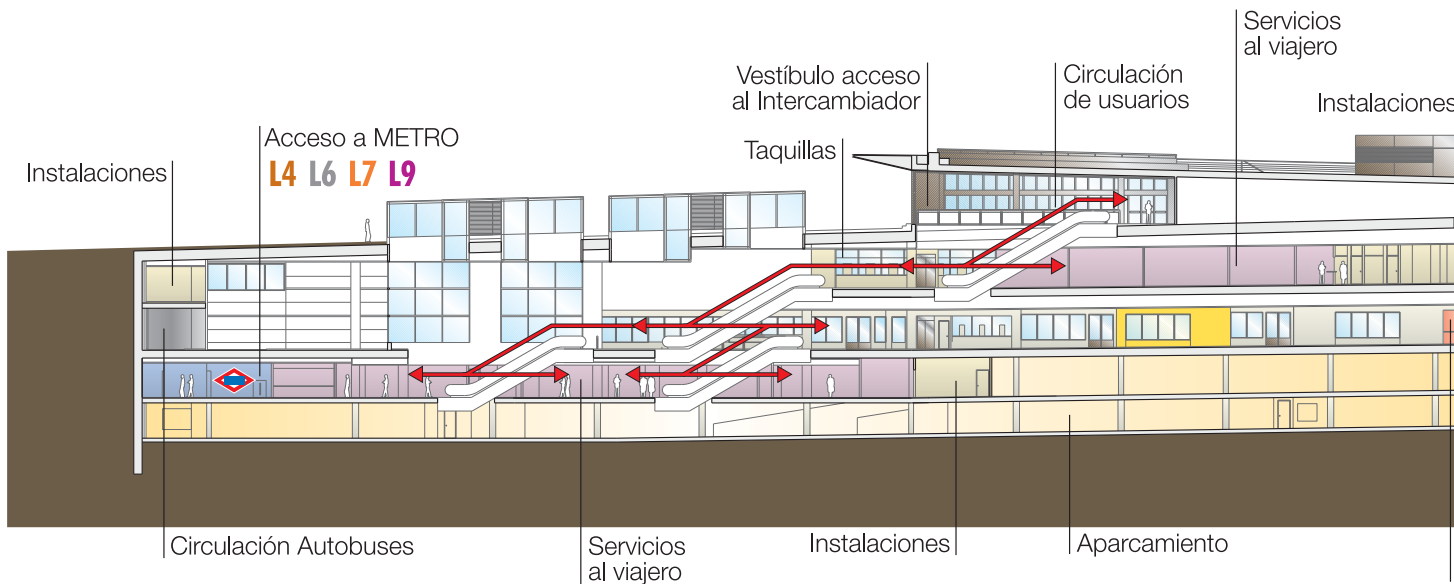
- Ideal transfer between different modes of transport, reducing considerably the times of transfer between the Underground and bus.
- Insertion in the urban consolidated plot, integration in the urban structure and recovery of pedestrian spaces.
- Clarity in the interior spaces, which are easily understandable for the user and in the information to the user.
- Private total funding. Was considered to be very in-

teresting the model of grant used for this interchange, taking it as a prototype for future transport infrastructures.

- Increase of the demand thanks to the reduction of expedition and transfer times in 30 % in the first two years of functioning.
- Reduction of trip times (for buses and users) by means of the construction of exclusive tunnels of entry and exit from the A-II.

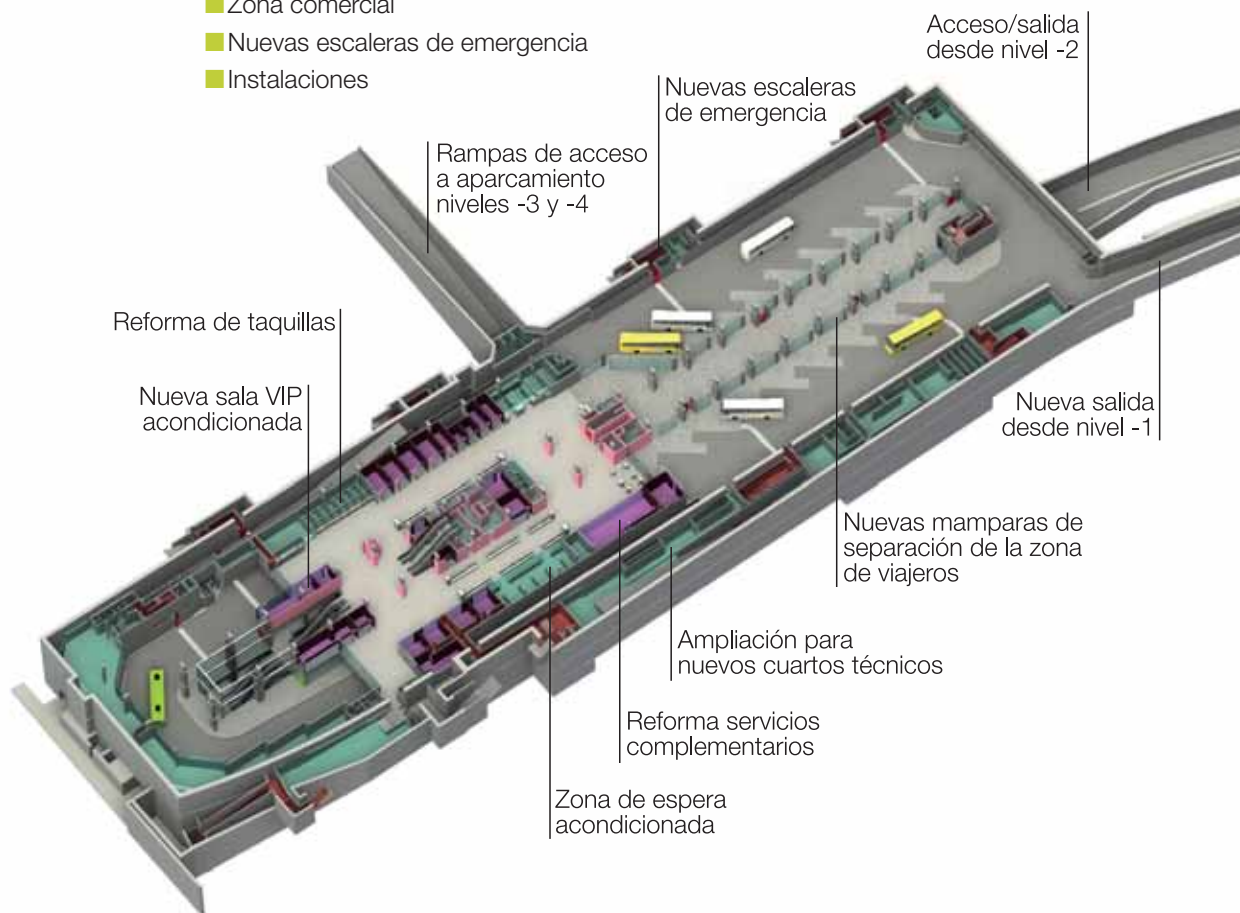
It is planned to undertake improvement works and upgrading of facilities of the interchange station, from which fits to distinguish the construction of a new exit ramp for buses from the level-1, the placement of sep-

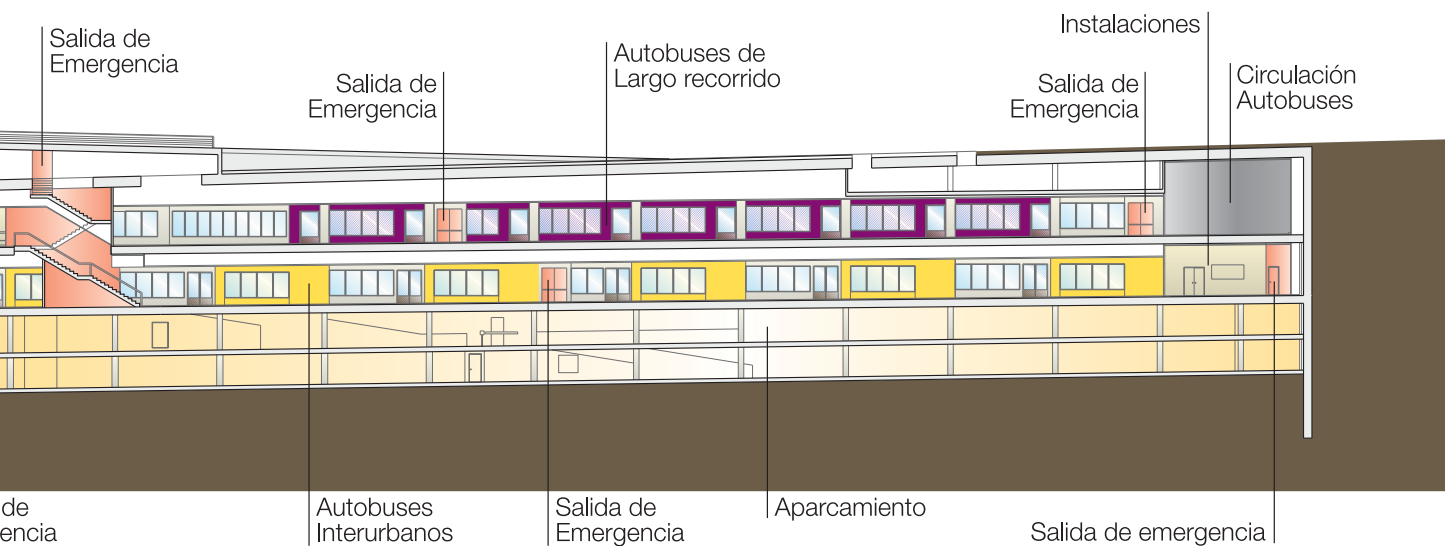
aration screens between travellers' zones (to be able to climate the users zones and to isolate them of noise and buses pollution), the incorporation of up to 10 safety staircases, the extension of approximately 2500 m<sup>2</sup> for new technical space and a new access ramp to the parking. ■



## Nivel -1

- Superficie 9.504 m<sup>2</sup> más 1.791 m<sup>2</sup> de la ampliación (11.295 m<sup>2</sup>)
- 17 dársenas de autobuses de largo recorrido
- Túnel de salida
- Zona de espera de viajeros climatizada
- Zona comercial
- Nuevas escaleras de emergencia
- Instalaciones





## Nivel -2

- Superficie 10.360 m<sup>2</sup> más 1.100 m<sup>2</sup> de la ampliación (11.460 m<sup>2</sup>)
- 19 dársenas de urbanos e interurbanos
- Túneles de acceso/salida 800 m
- Zona de espera de viajeros climatizada
- Puesto de control
- Instalaciones
- Nuevas escaleras de emergencia



# Legazpi



Javier Aldecoa  
Arquitecto

La terminal de autobuses de Legazpi actual, está dispuesta en superficie sobre los cuencos de la Plaza de Legazpi y de la Plaza de Beata M<sup>a</sup> Ana de Jesús. Legazpi se conecta a su vez con dos líneas de Metro, la línea 3 y la línea 6.

En el entorno de Legazpi existen 28 líneas de autobuses, 18 de autobuses urbanos de la EMT y 10 de autobuses interurbanos, que mueven anualmente más de 5.000.000 de viajeros.

En la actualidad las paradas de los autobuses interurbanos que dan servicio a los municipios del corredor de la A-4 están parando en el entorno de la Plaza de Legazpi y Beata M<sup>a</sup> Ana de Jesús. Más de 1.000 servicios de autobuses utilizan este nodo diariamente transportando alrededor de 20.000 viajeros.

Para evitar la congestión que se produce en la plaza, se propone construir un nuevo intercambiador subterráneo situado entre el edificio del Antiguo Matadero y el túnel de la línea 3 de Metro que optimice el intercambio con las líneas 3 y 6 de Metro y posibilite, en un futuro, el incremento de la demanda de



transporte interurbano que se va a producir en este corredor, debido a la construcción de la plataforma bus y las actuaciones de terciario y culturales que el Ayuntamiento está llevando a cabo en el entorno (Ciudad de las Artes, Gerencia de Urbanismo, Operación Madrid Río, etc).

Además, con esta actuación se completa el programa de reordenación en el entorno de la línea Circular de Metro de todas las terminales de autobuses interurbanos que acceden a Madrid, mejorando las condiciones de transbordo de los usuarios con el Metro y

**Legazpi** The current Legazpi's bus terminal is situated in surface on the cavities of Legazpi's and Beata M<sup>a</sup> Ana de Jesús squares.

Legazpi is connected to the Underground by two lines, lines 3 and 6.

In Legazpi's environment 28 bus lines exist, 18 city buses (EMT) and 10 metropolitan buses, which they annually move more than 5.000.000 users.

At present, metropolitan bus stops that serve the municipalities of the A-4 corridor are stopping in Legazpi and Beata M<sup>a</sup> Ana de Jesús squares environment.

More than 1.000 bus services use this node daily transporting about 20.000 users.

To avoid traffic congestion in Legazpi's square a new interchange underground station is proposed. It will be constructed between the "Old Former Slaughter house" building and the line 3 of the Underground and it will optimize the interchange with lines 3 and 6, increasing, due to the platform bus construction and the city council works, the future intercity transport demand.

In addition, with this action the rearrangement environment program of the Circular Underground line of all the metropolitan bus terminals that accede to Madrid



eliminando los autobuses interurbanos y las terminales de la EMT de la superficie.

El intercambiador se organiza en dos niveles, con una superficie construida de aproximadamente 22.500 m<sup>2</sup>, mas 16.000 m<sup>2</sup> para el aparcamiento bajo el intercambiador y 17.000 m<sup>2</sup> bajo el Paseo de la Chopera. En total más de 55.000 m<sup>2</sup> construidos.

En el primer nivel se encuentran las 14 dársenas de autobuses interurbanos y de la EMT que acceden tanto desde el puente de Andalucía mediante una

rampa central como desde el Paseo de la Chopera. En el segundo nivel se encuentra el acceso a Metro y el aparcamiento de rotación.

Teniendo en cuenta la remodelación del edificio del Mercado de Frutas como sede del Área de Urbanismo, el edificio dedicado a Terciario, la reforma del Antiguo Matadero para albergar la Ciudad de las Artes y la operación Madrid Río que comienza en la misma Plaza de Legazpi, se ha previsto un aparcamiento de rotación con 428 plazas que facilite las necesidades de aparcamiento de la zona.

Bajo el Paseo de la Chopera se ha proyectado un aparcamiento de rotación y de residentes que mejore la falta de aparcamiento de los vecinos del barrio. Tiene una capacidad máxima de 540 plazas de aparcamiento que se ajustaran como plazas de residentes en función de la demanda de los vecinos.

El coste aproximado de la operación en su totalidad asciende a 56 millones de euros de presupuesto de contrata sin incluir el IVA. ■

is completed, improving the transfer conditions of the users with the Underground network and the elimination of the metropolitan and urban bus terminal lines of the surface.

The interchange station is organized in two levels with a constructed surface area of approximately 22.500 m<sup>2</sup> plus an underground parking of 16.000m<sup>2</sup> beneath the station and 17.000m<sup>2</sup> beneath P<sup>o</sup> de la Chopera. In total more than 55.000 m<sup>2</sup> constructed surface area.

The 14 bus bays for city and intercity buses are in the first level where buses accede both from Andalucía bridge, through a central ramp, and from the P<sup>o</sup> de la

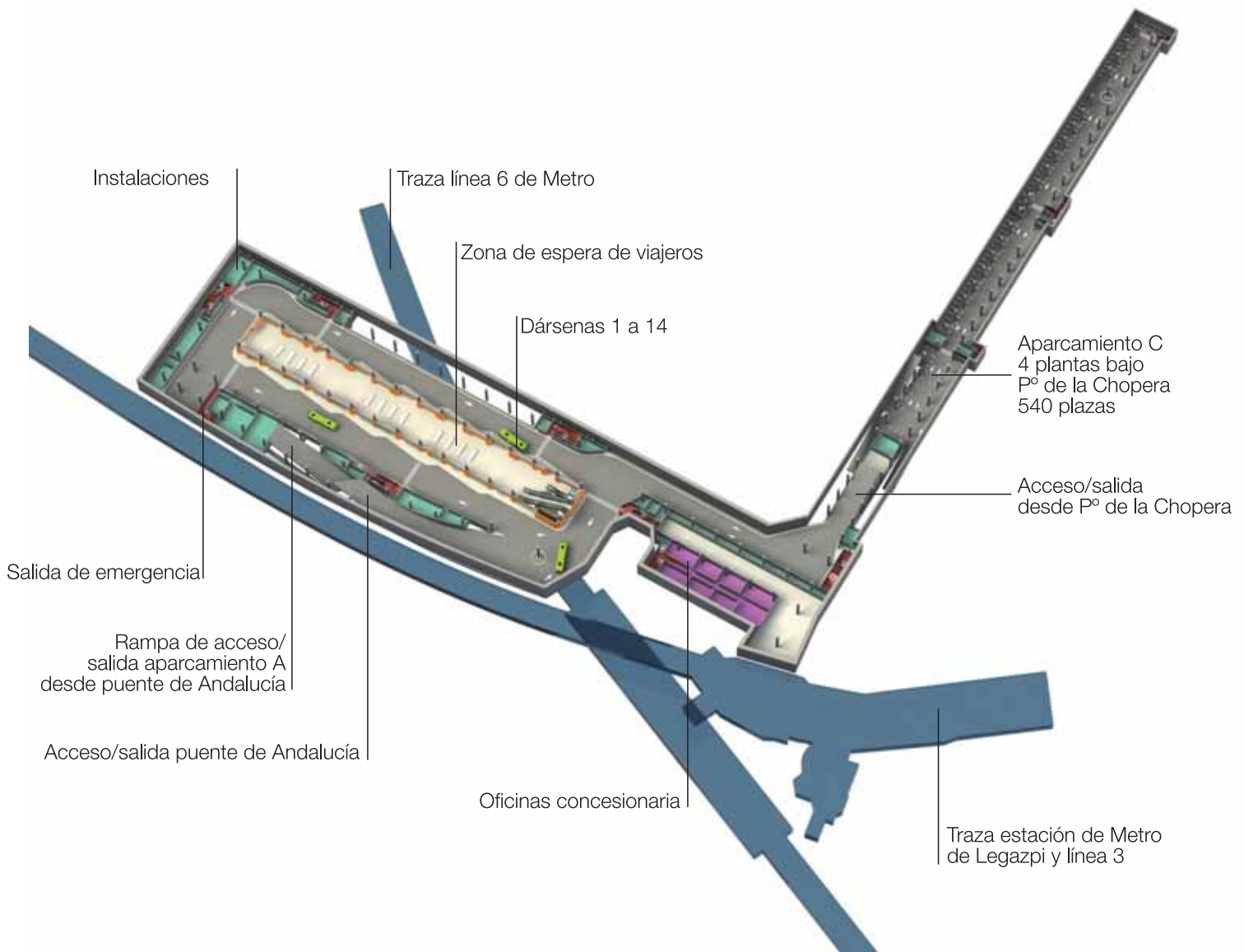
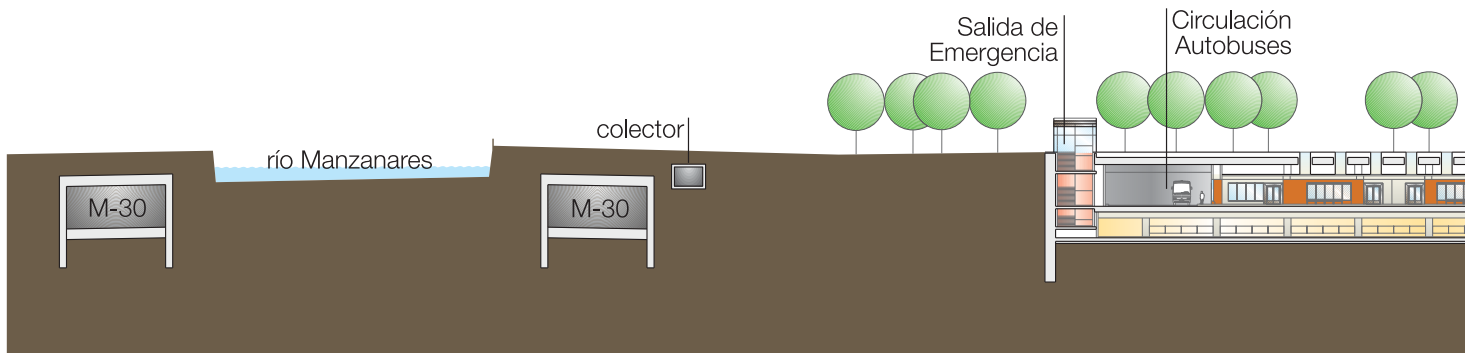
Chopera. The parking and the access to the Underground are in the second level.

Bearing in mind the rebuild of the Old Fruit Market as the headquarter of the Urbanism Department, the building dedicated to Tertiary, the reform of the Old Former Slaughter house to shelter the City of Arts and the operation "Madrid Río" that begins in the same Legazpi's Square, a 428 places rotation parking lot is expected under Legazpi's square to facilitate the parking requirements of the zone.

540 places for rotation and resident parking lot is projected under P<sup>o</sup> de la Chopera which will be adjust

as resident places in order to the neighborhood demand.

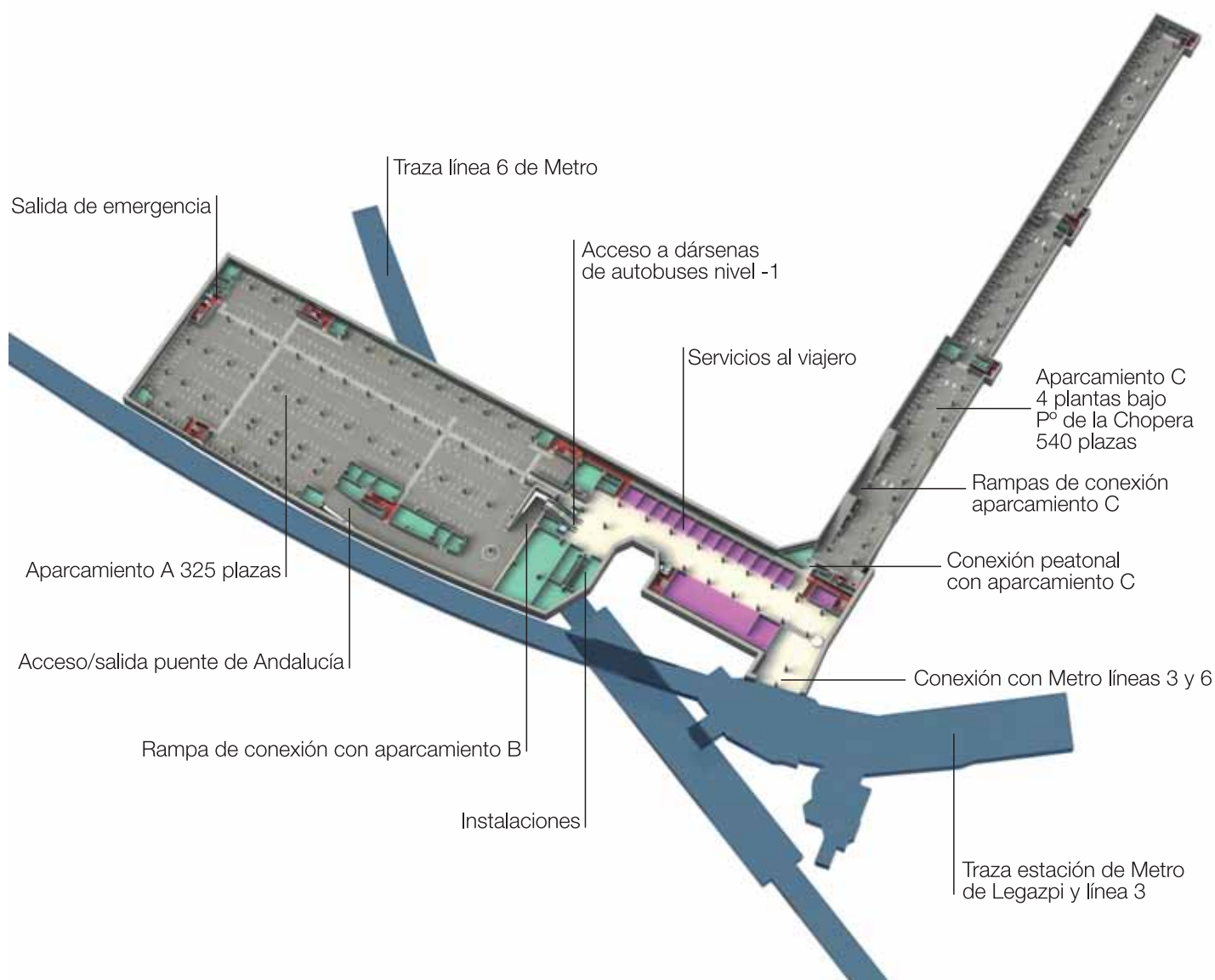
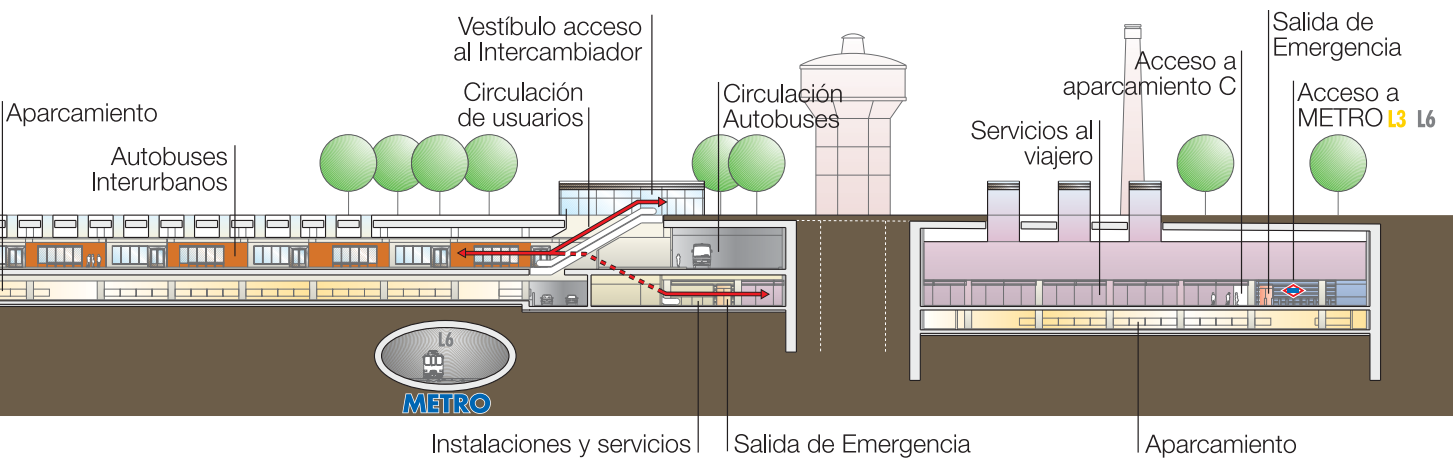
The approximate total cost of the operation ascends to 56 million Euros of contractual budget VAT not included. ■



## Nivel -1

- Superficie: 16.000 m<sup>2</sup>
- 14 dársenas para líneas urbanas e interurbanas
- Rampas de entrada/salida desde puente de Andalucía y Pº de la Chopera
- Oficinas de la Concesionaria
- Instalaciones





## Nivel -2

- Superficie intercambiador 5.300 m<sup>2</sup>
- Superficie aparcamiento A 11.000 m<sup>2</sup>
- Vestíbulo de Metro
- Servicios al viajero
- Instalaciones
- Conexión con aparcamientos A, B, C

# Conde Casal

Javier Aldecoa  
Arquitecto



La terminal de autobuses de Conde de Casal actual, está dispuesta en superficie sobre los laterales de la salida y entrada de la autovía A-3 en la Av. del Mediterráneo.

En el entorno de Conde de Casal existen 26 líneas de autobuses, 9 de autobuses urbanos y 17 de autobuses interurbanos.

La red de Metro tiene 1 línea en Conde de Casal, la línea 6, que actualmente es la primera de la red por volumen de demanda.

La estación de Conde de Casal mueve anualmente cerca de 6.000.000 de viajeros de las líneas de autobuses interurbanos.

En la actualidad las paradas de los autobuses interurbanos que dan servicio a los municipios del corredor de la A-3 están parando en el entorno de la Plaza de Conde de Casal. Cerca de 1.200 servicios de autobuses interurbanos utilizan este nodo diariamente transportando a más de 20.000 viajeros.

Para evitar la congestión que se produce en la plaza, se propone construir



un nuevo intercambiador subterráneo ,mejorando así las condiciones de transbordo de los usuarios con el Metro y eliminando los autobuses interurbanos de la superficie, situado bajo la Avda. del Mediterráneo, entre la Plaza de Conde de Casal y la M-30 para optimizar el intercambio con la línea 6 de Metro y posibilitar, en un futuro, el gran incremento de la demanda de transporte interurbano que se va a producir en este corredor debido a los grandes desarrollos urbanísticos que se van a ejecutar en el futuro.

**Conde Casal** The actual bus terminal of Conde de Casal is arranged in surface on the wings of the exit and entry of the highway A-3 in the Mediterranean Av.

In the environment of Conde de Casal 26 lines of buses exist, 9 of urban buses and 17 of metropolitan buses. The Underground network has 1 line in Conde de Casal, the line 6, which is nowadays the first one of the network for volume of demand.

The Conde de Casal station moves annually near 6.000.000 of users of the lines of metropolitan buses. At present, the metropolitan bus stops that give service to the municipalities of the corridor of the A-3 are stop-

ping in the environment of Conde de Casal. Near 1.200 services of metropolitan buses use this node every day transporting more than 20.000 travelers.

To avoid the congestion that takes place in the square, the transport Authority Consortium proposes the construction of a new underground interchange, thereby improving the transfer of the users with the Underground and removing metropolitan buses of the surface, placed under the Mediterranean Av., between Conde the Casal Sq. and the M-30 to optimize the exchange with the line 6 of Underground and to make possible, in a future, the great increase of the demand of metropolitan buses that is going to take place in this



El futuro intercambiador se ha proyectado en dos fases. La primera con una superficie construida de 19.832,89 m<sup>2</sup>, contempla una única isla de 12 dársenas de autobuses que dan servicio a la demanda actual y a la que se pueda generar a medio plazo. La segunda fase permitirá la ampliación del intercambiador, en caso de que la demanda lo justifique, con otra isla de 6.904,03 m<sup>2</sup> y otras 12 dársenas de autobuses que duplicará su capacidad y a la que se incorporará un aparcamiento de rotación de 10.718,71 m<sup>2</sup> en

dos plantas y con capacidad para 363 plazas.

El primer nivel del intercambiador es una entreplanta de servicios generales donde se realiza la conexión con Metro y el acceso de autobuses a las dársenas desde el puente de la M-30 mediante dos rampas laterales. En la ejecución de la fase 1, se prolongarán los pilotes perimetrales de las rampas laterales con el fin de poder construir, en la segunda fase, la ampliación del intercambiador y el aparcamiento pú-

blico de rotación sin afectar al intercambiador ejecutado en primera fase. El aparcamiento dispondrá de entradas y salidas tanto desde el tablero del puente que cruza la M-30 como desde las calles laterales a este último.

El intercambiador completo tendrá una superficie construida total de 38.306 m<sup>2</sup> y una inversión total prevista de 56 millones de euros de presupuesto de contrata sin IVA, de los cuales 38 millones de euros corresponden a la primera fase y 18 M € a la segunda. ■

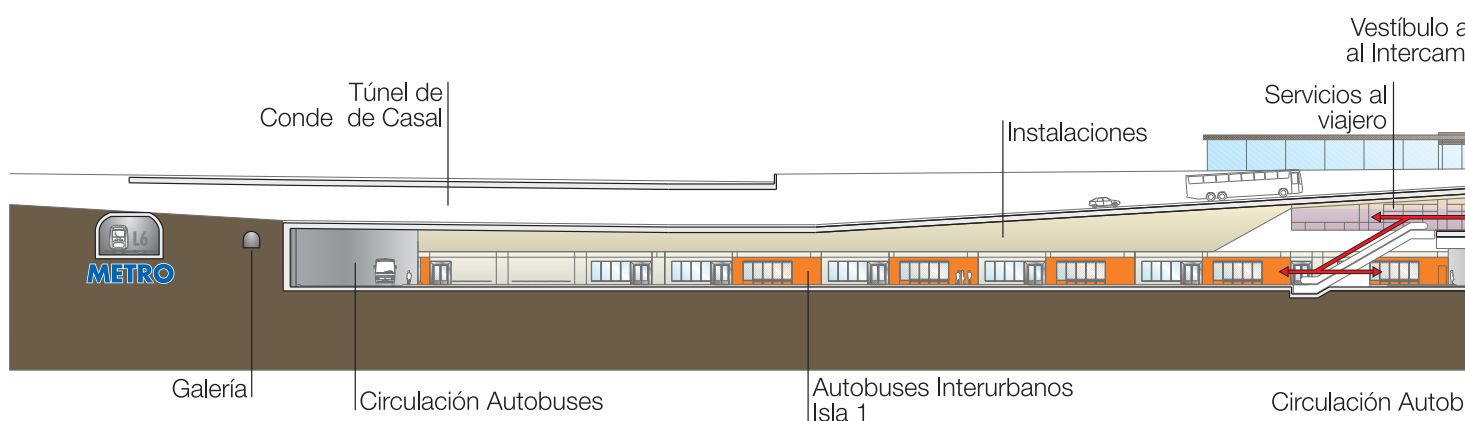
corridor due to the big urban developments that are going to be executed in future.

The future interchanger has been projected in two phases. The first one with a surface constructed of 19.832,89 m<sup>2</sup>, contemplates one only island of 12 bus bays that give service to the current demand and to which it could generate in the medium term. The second phase will allow the extension of the interchange station, in case the demand justifies it, with another island of 6.904,03 m<sup>2</sup> and other 12 bus bays that will duplicate the capacity and with a parking rotation that will join it of 10.718,71 m<sup>2</sup> in two levels with capacity for 363 places.

The first interchange level is for general services, the connection with the Underground and the access of buses from the M-30 Bridge to the bays by two lateral ramps.

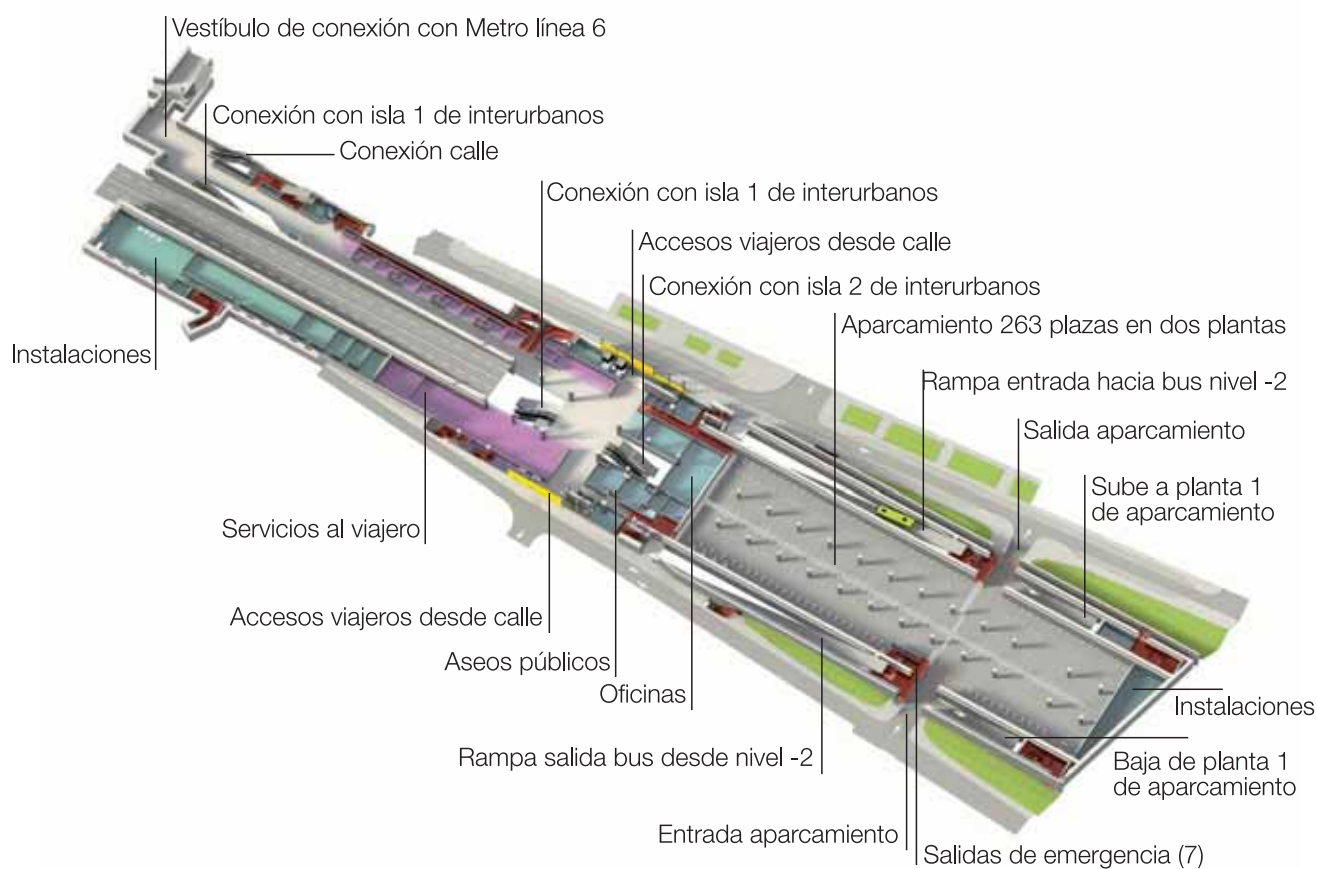
In the implementation of Phase 1, the perimeter piles of the side ramps will be extended in order to build, in the second phase, the development of the interchange station and the public rotation parking without affecting the executed interchange first phase. The parking lot will have entrances and exits from both the board of the bridge that crosses the M-30 and from side streets to the latter.

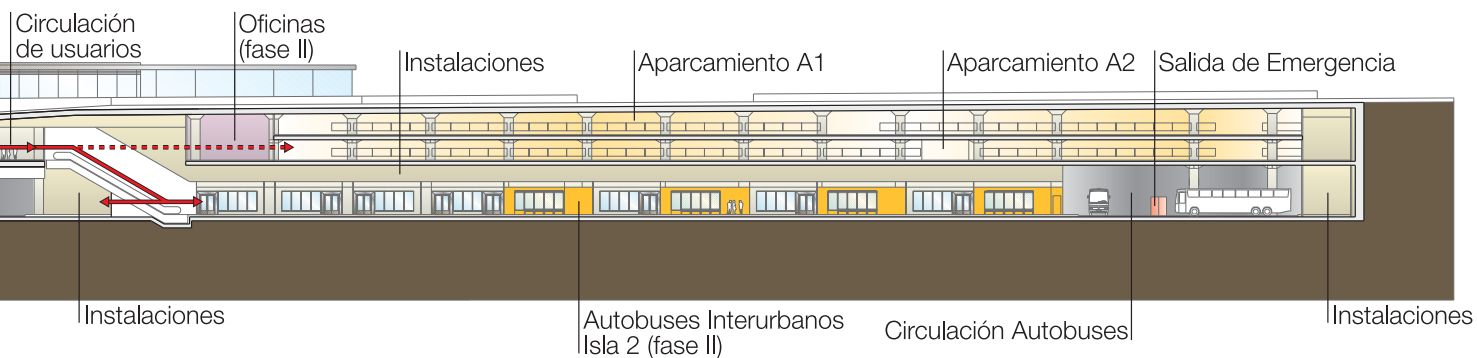
The complete interchange will have a constructed total surface of 37.455,63 m<sup>2</sup> and one total investment foreseen of 56 million Euros of budget of contract without VAT, of which 38 millions of Euros correspond to the first phase and 18 M € to the second one. ■



## Nivel -1

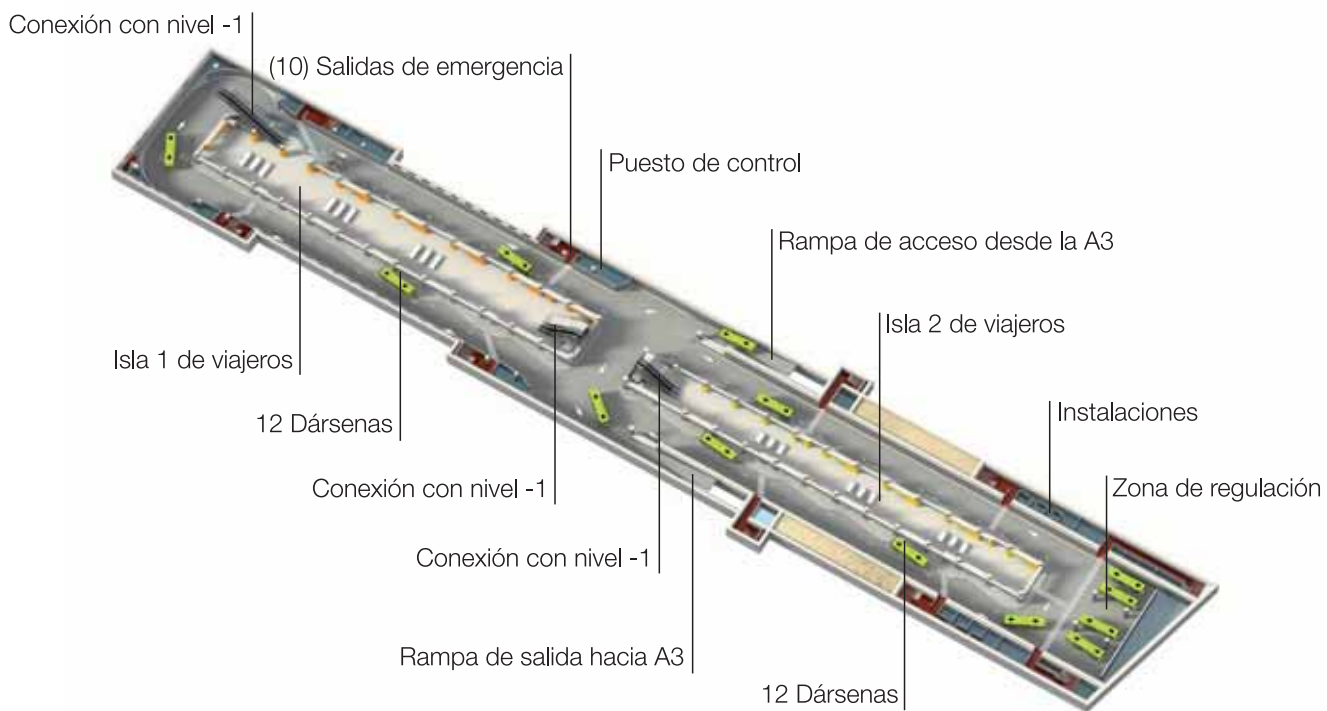
- Superficie 9.000 m<sup>2</sup>
- 11.000 m<sup>2</sup> de aparcamiento en dos plantas con rampas de acceso y salida hacia la A-3
- Conexión con vestíbulo de Metro
- Servicios al viajero
- Oficinas
- Instalaciones





## Nivel -2

- Superficie 18.000 m<sup>2</sup>
- Dos islas de viajeros
- 24 dársenas de autobuses
- Rampas de acceso y salida hacia A-3
- Puesto de control
- Zona de regulación
- Instalaciones









## Conclusiones

*Javier Aldecoa,  
Subdirector de Intermodalidad y  
Concesiones de Obras Públicas*

El Plan de intercambiadores de Madrid ha supuesto para todos los que hemos participado en él, Comunidad de Madrid, Ayuntamiento de Madrid, Consorcio Regional de Transportes de Madrid, proyectistas, concesionarios, constructoras, instaladores, empresas de montaje y asistentes en obra, un aprendizaje muy grande en un periodo de tiempo muy pequeño. No hay que olvidar que el 7 de Abril de 2004 se firmó el Convenio entre las Administraciones involucradas (Comunidad de Madrid, Ayuntamiento de Madrid y Consorcio de Transportes) para poner en marcha el Plan de construcción, mantenimiento y explotación de cuatro grandes intercambiadores y treinta y cuatro meses después, en Abril de 2007, se logró poner en funcionamiento algunos de ellos.

En esos treinta y seis meses ha sido necesario:

- Concebir las necesidades que los usuarios de los futuros intercambiadores iban a demandar.
- Establecer los requisitos que debían cumplir en cuanto a funciona-

lidad, intermodalidad, materiales, seguridad, instalaciones, explotación y mantenimiento.

- Redactar los pliegos administrativos y de condiciones técnicas para la adjudicación del desarrollo de los proyectos de construcción.
- Redactar los requisitos mínimos que regulan el mantenimiento y la explotación.
- Diseñar junto a los consultores unos proyectos que permitieran convocar un concurso de concesión de obra pública.
- Desarrollar en paralelo los estudios y simulaciones necesarios que confirmaran y avalaran los criterios expuestos en cuanto a calidad de aire (ventilación, extracción y acondicionamiento del aire) y en cuanto a seguridad de las personas y de la infraestructura.
- Concepción de los puestos de control y desarrollo del software necesario para el control de la gestión de tráfico, de la seguridad, de la calidad medio ambiental y de las instalaciones.
- Convocar los concursos públicos para la construcción, manteni-

### Conclusions

The Madrid Transport Interchange Station Plan has had a steep learning curve over a very short time for everybody involved, including the Madrid Regional Government, Madrid City Council, Madrid Regional Transport Authority, planners, concessionaires, construction companies, installers, assembly companies and workers. It should not be forgotten that the Agreement between the bodies involved (the Madrid Regional Government, Madrid City Council, Madrid Regional Transport Authority) for the construction, operation and maintenance of six large transport interchange stations was signed on April 7, 2004, and just 36 months later, in April 2007, some of these were already operating.

### The work undertaken in this 36-month period included:

- Discovering the needs of potential, future users of transport interchange stations.
- Establishing the requirements to be met in terms of functionality, intermodality, materials, safety, installations, operations and maintenance.
- Producing the specification sheets and details for the tendering process for the construction project.
- Establishing the minimum requirements for maintenance and operations.
- Designing alongside consultants projection plans that enable the project to be put out to tender.
- In parallel, carrying out the studies and simulations required to confirm and support the criteria estab-



miento y explotación de los intercambiadores.

- Negociar con los oferentes presentados la adjudicación definitiva de las concesiones de obra pública, mantenimiento y explotación.
- Inscripción de los adjudicatarios en sociedades anónimas y firma de los acuerdos definitivos entre las sociedades concesionarias y las entidades financieras, de los créditos necesarios que permitirán la viabilidad económica de cada adjudicación.
- Construcción de los intercambiadores acomodando continuamente los planes de obra para minimizar las afecciones en superficie con las consiguientes interferencias con otras obras en marcha en la ciudad de Madrid y disminuir así las afecciones al tráfico rodado.
- Desarrollo junto a empresas industriales de elementos de acabado y de protección contra el fuego inexistentes hasta la fecha.
- Desarrollo junto a empresas industriales del diseño del mobiliario.
- Desarrollo de la tecnología que

permita la gestión de tráfico, conteo de viajeros, información en tiempo real mediante Wi-Fi, PDA, telefonía móvil, e Internet.

- Plan de pruebas de las instalaciones y de formación del equipo humano encargado de la explotación y del mantenimiento.
- Apertura al público e información al usuario del uso de la nueva infraestructura y de las nuevas tecnologías aplicadas.

Hay que destacar igualmente, que actualmente no existe una normativa específica para aplicar en infraestructuras de transporte de autobuses construidas bajo rasante, en relación a temas tan importantes como la protección contra incendios, la ventilación y la extracción, la seguridad o la definición de los usos urbanísticos específicos permitidos entre otros. Este tipo de infraestructuras bajo rasante es pionera en el mundo. A diferencia de las estaciones de ferrocarril, que cuentan con una historia de más de 150 años, o de las estaciones de Metro con 100 años de existencia, las estaciones subterráneas de autobuses comenzaron prácticamente hace quince años con el

lished relating to air quality (ventilation, air extraction and conditioning) for the safety of passengers and the infrastructure.

- Conceiving the control posts and developing the software required for traffic management, safety and environmental quality in the installations.
- Holding the public tenders for the construction, maintenance and operations of the transport interchange stations.
- Negotiating the award of the contracts with the parties who submitted bids for the construction, maintenance, operation and the public works concessions.
- Incorporation of the successful bidders into public

limited companies and signature of the definitive agreements between the concessionaries and financial institutions for the credit required to make each operation economically viable.

- Construction of the transport interchange station, continuously adapting and refining work plans to minimise the effects on the surface and on other public work being carried out in the city of Madrid, as well as to decrease the disruption to traffic.
- Developing fire protection equipment and finishing touches for the buildings that had not previously existed with industrial companies.
- Design of furniture and fittings with industrial companies.

■ Development of technology to facilitate traffic management, passenger counting and real-time information using Wi-Fi, PDA, mobile phones and the Internet.

- Implementing a plan for testing the installations and training the teams responsible for operations and maintenance.
- Opening to the public and providing information to passengers on the use of the new infrastructures and the new technologies applied.

It should also be stated that there are no specific regulations for such important issues as fire safety, ventilation and air extraction, safety and permitted uses,

Intercambiador de Moncloa, como un auténtico reto de construir el intercambiador de transporte allí donde los usuarios demandan ubicarlo, independientemente de los servicios o infraestructuras existentes, o de tener que construirlo en una ciudad consolidada, con lo que ello puede condicionar su geometría y su viabilidad.

Hacer viable este proceso ha sido posible gracias a la experiencia y el conocimiento que el Consorcio de Transportes de Madrid ha adquirido desde 1986 hasta nuestros días en materia de intermodalidad. Gracias, igualmente, a que muchos de los técnicos que continúan trabajando en el Consorcio de Transportes, han seguido con especial dedicación la evolución que el transporte público de Madrid ha sufrido en los últimos veinte años.

Los intercambiadores de transportes significan para cualquier ciudad lo mismo que las puertas de las murallas de las ciudades de la edad media. Actualmente, los intercambiadores son las puertas de acceso a las ciudades del siglo XXI. No importa el modo de transporte primordial de los mismos.

Tanta importancia tiene para la ciudad de Madrid el Aeropuerto de Madrid-Barajas, como la Estación de AVE de Atocha o el Intercambiador de Moncloa. Todos ellos cumplen una función primordial dentro del transporte público y es necesario que la red de nodos de transporte esté bien conectada con la red de transporte público urbano (Metro y autobuses urbanos).

Pero el usuario demanda cada vez más calidad en los servicios públicos y en las infraestructuras. La evolución de los ciudadanos españoles, en cuanto a nuestra demanda de calidad de vida en los últimos veinte años, ha provocado que haya sido necesario dar unos saltos cualitativos muy importantes con respecto a todo lo que nos es primordial. La movilidad en general, sea del modo que sea (andando, en vehículo privado o en transporte público) es un condicionante fundamental de nuestras vidas ya que invertimos, como media, dos horas diarias en desplazarnos. El transporte público, y por consiguiente los intercambiadores de transportes, representan el 33% de todos los viajes que se originan dentro de la Comunidad de Madrid, por lo que cualquier re-

etc., that apply to bus transport infrastructures built below ground level. Madrid is an international pioneer in the development of this type of underground transport infrastructure. Unlike railway stations, whose history stretches back for over 150 years, and underground stations, which have been in existence for over 100 years, underground bus stations came into existence just 15 years ago with the Moncloa transport interchange station. This is due to the challenge implied by the construction of a transport interchange station in a desirable area, independent of the infrastructure and services that already existed, as well as the fact that it was in a well-developed city whose dimensions and viability would be affected.

This process has been made possible thanks to the experience and knowledge that the Madrid Regional Transport Authority has acquired since 1986 in operating such transport facilities. It would not have been possible if the many technicians and experts who continue to work for the Transport Board had not continued to monitor how this public transport infrastructure has performed in Madrid over the last 20 years.

In essence, transport interchange stations play the same role in today's cities as the gates in the walls of a centuries-old mediaeval city. Today, transport interchange stations are the gates to the cities of the 21st-century. The principle form of transport used is not

important. The role of the Moncloa transport interchange station is equally as vital as those of the Atocha AVE high speed train station and Madrid's Barajas airport. All of these structures perform an essential public transport function, and it is essential that the network of transport infrastructure is well connected to the public transport network (Metro and urban buses).

However, everyday users demand higher quality in public services and infrastructures. Over the last 20 years, the Spanish public has demanded increasing levels of quality of life, making it essential to take several giant qualitative leaps forward in our core activities. Mobility is, in general, regardless of the form



← Pöytä 30 & 34 Pöytä 35 & 39 →

← Pöytä 30 & 34 Pöytä 35 & 39 →

ducción de los tiempos de viaje será muy bien recibida por los ciudadanos.

Hace veinte años, 1986, el Consorcio de Transportes de Madrid se propuso, entre otras cosas, que existiera un único título de transporte para todos los modos de transportes públicos de la Comunidad de Madrid, con el fin de invertir la tendencia de pérdida de la demanda que se estaba produciendo desde los años 70. El resultado fue tan espectacular que se consiguió cambiar totalmente la tendencia de crecimiento de la demanda.

En 1990, se comenzó a reordenar los nodos de transportes con mayor demanda, con el fin de reducir los intercambios y mejorar la explotación de los servicios (caso de Aluche, Oporto, Plaza de Castilla,...).

En 1995 se comenzó a trabajar en el diseño de grandes nodos intermodales (Intercambiador de Moncloa) y en tratar de involucrar al sector privado en invertir en infraestructuras para el transporte público por carretera. En el año 2000 se consiguió que el sector privado invirtiera en infraestructuras de transporte

comprobando que era rentable económica y socialmente, y ofreciendo, con la construcción del Intercambiador de Avenida de América, una calidad superior a la que existía en esos momentos.

Pero este nivel de calidad alcanzado no se ha considerado suficiente en la actualidad sino simplemente un buen punto de partida. Con el Plan de Intercambiadores de Madrid, los ratios de calidad, seguridad, accesibilidad, información y mantenimiento se han elevado notablemente.

Durante este corto periodo, ha sido necesario comprobar, junto a diversos profesores de Universidad, el comportamiento de los humos en caso de un incendio fortuito, en una infraestructura de transporte enterrada por la que pasan cientos de miles de personas diarias y cuyo modo de transporte principal son vehículos propulsados con carburantes líquidos o gaseosos, en vez de los eléctricos de los sistemas ferroviarios. Esta simulación compleja, realizada mediante análisis de elementos finitos, ha ayudado a diseñar con total seguridad los sistemas de extracción y ventilación de los intercambiadores.

(walking, by private vehicle or public transport), a fundamental conditioning factor in our lives, as we spend, on average, two hours every day in transport from one place to another. 33% of all journeys that begin within the Region of Madrid use public transport and, therefore, transport interchange stations. Thus, any reduction in journey times are extremely well-received by the public.

In 1986, 20 years ago, the Madrid Regional Transport Authority proposed, among other things, that there should be a single ticket for all types of public transport in the Region of Madrid, so as to reverse the decline in demand that had been taking place since the 70s; the

results were so spectacular that the trend was completely reversed and demand once again increased.

In 1990 work began to reorganise the most highly used transport junctions so as to reduce the time required for changing from one service to another, thus improving service operations (this was the case for Aluche, Oporto, Plaza de Castilla, etc.).

In 1995 work began on the design of large multi-mode transport points (the Moncloa transport interchange station) and attempts were made to involve the private sector in investing in public transport road infrastructure. In 2000 the private sector began to invest in transport in-

frastructures, realising that such a venture was profitable both economically and socially. Through the construction of the Avenida de América transport interchange station, private companies were able to provide higher quality than that which had previously been offered.

However, this new level of quality was not considered to be sufficient, but rather just a good starting point. With the Madrid Transport Interchange Plan the quality, safety, accessibility and maintenance ratios all increased substantially.

During this short period, work was carried out with a number of University professors, to analyse the behav-



De igual forma, se ha procedido a establecer unos criterios de seguridad en cuanto a la evacuación de las personas en caso de un incendio, que ninguna normativa ha sido capaz de definir para este tipo de infraestructuras enterradas. Para su comprobación ha sido necesario utilizar herramientas de simulación utilizadas en general para la evacuación de grandes centros deportivos, que por su similitud en cuanto al gran número de personas concentradas era lo más parecido. Aún así se han tenido que corregir los patrones de desplazamiento de las personas mediante grabaciones realizadas en los intercambiadores actualmente en funcionamiento. Estas grabaciones y simulaciones han permitido comprobar que es posible evacuar en menos de seis minutos a todos los usuarios concentrados en un intercambiador en la hora punta y en unas condiciones teóricas de máxima ocupación. Este tiempo indica que los usuarios pueden llegar a un espacio exterior seguro, pero hay que añadir que en menos de dos minutos los usuarios se encuentran confinados dentro de un espacio protegido, sea vía de evacuación, vestíbulo de independencia o escalera de emergencia. El humo producido por

un incendio fortuito tarda más de ese tiempo en hacer imposible la evacuación, según la simulación y las pruebas reales efectuadas.

Gracias a la existencia de las mamparas de cerramiento entre la zona de circulación de autobuses y la espera del usuario, estas nuevas infraestructuras están más cerca de la calidad ofrecida en un aeropuerto que la existente en las estaciones de autobuses actuales. Esta mampara cumple varias funciones: resistencia y protección contra el fuego, reducción del nivel sonoro producido por los motores de los autobuses, permitir la climatización en la zona de espera de viajeros y ordenar los flujos de acceso a las dársenas. Todas estas funciones hasta ahora eran imposibles de solucionar en otros intercambiadores existentes al no contar con este medio de protección.

Es importante, según la experiencia adquirida desde el Consorcio de Transportes de Madrid, crear una imagen única del sistema de transportes. Esta imagen además de ser única debe ser sencilla y de fácil comprensión por todos los niveles sociales, incluidos

jour of smoke in the event of an accidental fire in an underground transport structure used by hundreds of thousands of people every day, with the main form of transport being vehicles powered by liquid or gas fuels, rather than the electrical power sources used by the railways. This complex simulation, which was carried out through the analysis of finite elements, helped in designing trustworthy extraction and ventilation systems for the transport interchange stations.

In addition, safety criteria were established for the evacuation of people in the event of a fire, which no regulations had defined for this type of underground infrastructure. In order to carry out these simulations with

confidence, the same tools used to create evacuation simulations of large sports centres were used. These structures are extremely similar to transport interchange stations given that in both structures, a large number of people are concentrated in one space. Even so, the movement patterns of people in the virtual stations had to be corrected based on recordings taken in actual transport interchange stations currently in use. These recordings and simulations enabled experts to verify that all of the people concentrated in one of these stations at rush hour and under theoretic conditions of maximum usage may be evacuated in fewer than six minutes. This 6-minute period is the time required by passengers to reach a safe external space; however, it

should be noted that passengers will be in a protected space (whether emergency stairs, independent hall or fire escape) within two minutes. According to the simulations and testing carried out, the smoke produced in an accidental fire would take longer than this to impede evacuation.

Thanks to the screens positioned between the areas of bus operation and those where passengers wait, this new type of infrastructure offers quality that is closer to that of an airport than to that of a traditional bus station. These screens perform a range of functions: they provide fire resistance and protection; they reduce noise pollution from the bus engines; they en-



como no podía ser de otra manera, de aquellos ciudadanos que se encuentran disminuidos motora, psíquica o visualmente. Para ello, la existencia de una imagen similar en todos los intercambiadores, con un único criterio de colores, mobiliario, información y sistema de gestión ha sido definitiva.

La accesibilidad universal a los intercambiadores ha sido una condición de primer orden a la hora del diseño. Todas las medidas adoptadas para mejorar la accesibilidad universal, sea el código de colores elegidos para su señalización y comprensión o los materiales utilizados para formalizar los caminos guiados ha recibido por parte de la CERMI y de otras Asociaciones de Personas con Movilidad Reducida su completa aprobación. Para conseguirlo se ha trabajado directamente con las personas que integran la Comisión de Accesibilidad de la Comunidad de Madrid, a las cuales tenemos que agradecer su especial dedicación.

El mobiliario también se ha diseñado especialmente para los intercambiadores, de tal forma que permitieran con su diseño específico una mejor adap-

tación al medio físico y facilitaran la organización de las esperas en las áreas para todo tipo de personas y una gran durabilidad.

El Plan de Mantenimiento y Explotación de los Intercambiadores unido al desarrollo de nuevas tecnologías, han sido igualmente dos puntos muy importantes en este Plan. Con respecto al primero se ha desarrollado una herramienta que permite un control total en tiempo real de la Explotación y del Mantenimiento mediante aplicaciones de software abiertos del tipo Scada. Se ha logrado que todos los concesionarios desarrollen juntos la misma aplicación y de esa forma poder obtener beneficios conjuntos. Esta unión ha facilitado la creación de un gran Centro Remoto para el control del transporte público. En los primeros momentos, este Centro, coordinará el transporte que se desarrolle en los intercambiadores y en las nuevas concesiones de transporte de Metro ligero. En un plazo medio se incorporará el resto del transporte público incluyendo las redes de Metro, EMT y Cercanías. En ese momento se podrá hablar del gran Centro de Gestión Integral de la Movilidad del

able climate-control in passenger areas; and they control access to the bus bays. All of these functions had been impossible in the former transport interchange stations, as they did not offer the protection provided by the screens.

The experience gained by the Madrid Regional Transport Authority proves the importance of creating a unified image of the transport system. In addition to being unified, this image should be simple and easy to understand for all levels of society, including those with motor, visual or mental handicaps. The existence of a similar image in all transport interchange stations with the same criteria for colours, furniture, and information

and management systems is particularly important for these groups.

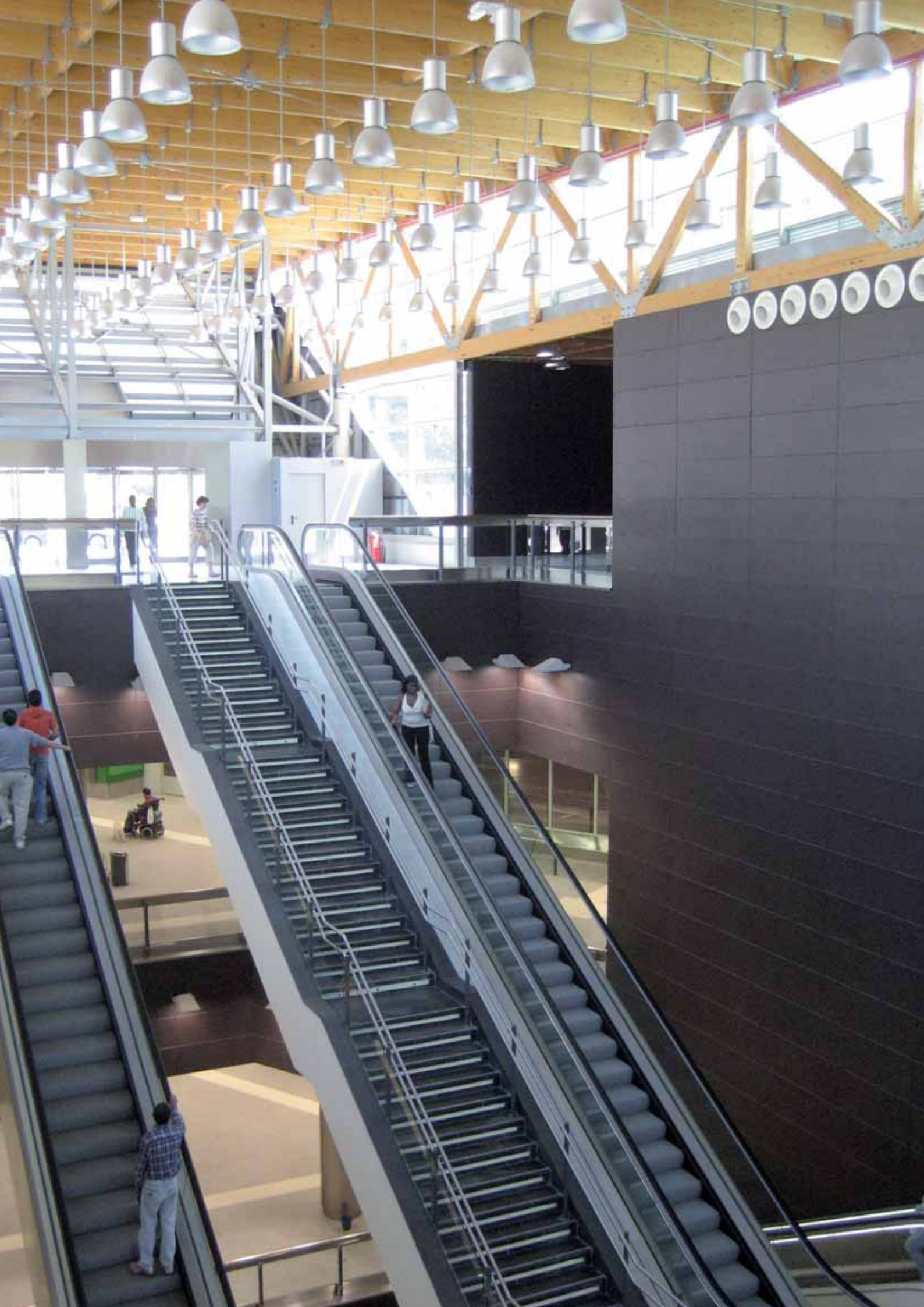
One of the main criteria during the design of the transport interchange stations was to make them accessible to all people. All of the measures adopted in order to improve accessibility for all, including elements such as the colour-coding chosen for signs or the materials used for establishing the guided paths through the station, have been fully approved by CERMI (the Spanish Committee of Representatives of the Disabled) and other associations for people with reduced mobility. In order to achieve this, the design was undertaken working closely with people from the Community of

Madrid's Regional Government Accessibility Commission, whom we would like to thank for their special dedication.

The furniture and fittings were also custom-designed for the transport interchange stations, so that they would be extremely hard-wearing and more closely adaptable to the physical environment, making waiting on the platforms more comfortable for all types of people.

Two further important points in this Plan were the development of new technology and the Maintenance and Operation Plan. With respect to the former, a tool was developed to enable total control in real-time of





Transporte Público de la Comunidad de Madrid, desde el cual se podrán adoptar las decisiones que convengan en situaciones de crisis a la vez de poder obtener datos que mejoren la planificación del sistema.

Con respecto a las nuevas tecnologías, el Consorcio de Transportes de Madrid, ante la inexistencia de herramientas comerciales aplicables, ha desarrollado varias líneas de investigación con objeto de mejorar la calidad en el servicio. Una primera investigación ha sido la gestión y el control del tráfico de los autobuses, teniendo en cuenta que el espacio en el que se mueven es subterráneo y por lo tanto la cobertura radioeléctrica con aplicaciones del tipo SAE no funcionan y que los operadores de autobuses interurbanos de la Comunidad de Madrid no lo tienen implantado. Otras líneas de investigación han sido el conteo de viajeros dentro del intercambiador, la lectura de matrículas de los autobuses, la información en tiempo real y su aplicación a nuevas tecnologías tipo PDA, SMS, Internet, telefonía móvil, etc.

En resumen, el Plan de Intercambiadores de Madrid, ha desarrollado grandes

líneas de investigación que mejorarán, con su aplicación, la calidad del sistema de transporte público y la de los cuatro puntos más importantes que los usuarios demandan en cualquier infraestructura de transporte: seguridad, información, trasbordo y gestión. ■

Operations and Maintenance through open Scada-type software applications. All of the concessionaires were persuaded to develop the same application together, and as a result, they can jointly profit from this. Subsequently, it has been possible to create a large Remote Centre for the control of public transport. In the beginning, this Centre will coordinate transport in the transport interchange stations and in the new light railway concessions. In the medium term all other forms of public transport, including the Metro, EMT and suburban railway network will be incorporated. From that moment it will be possible to talk about the existence of a major Integrated Management Centre for Public Transport Mobility in the Region of Madrid,

which will be used to make decisions at times of crisis and collect data which to improve system planning.

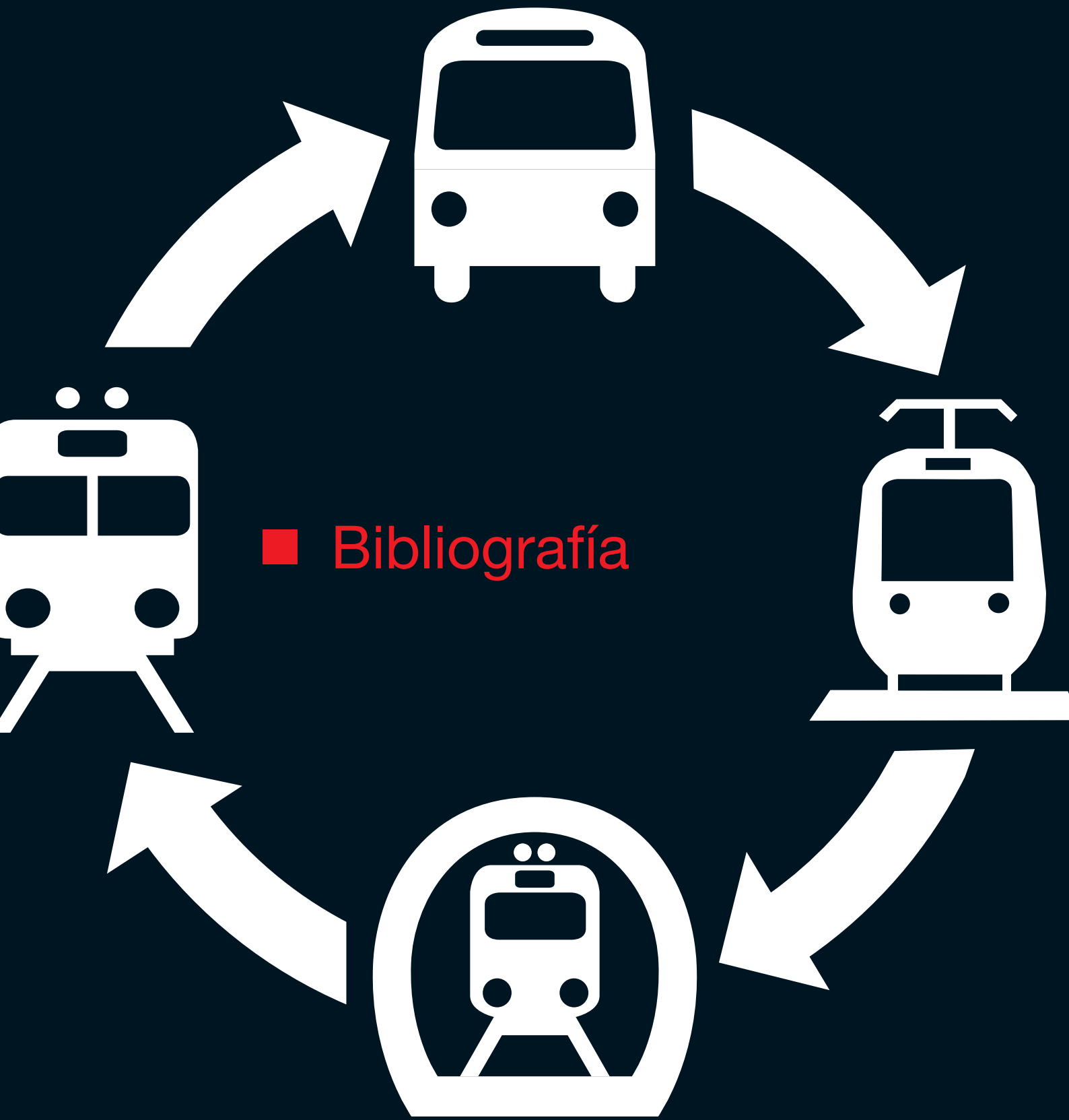
With regard to new technologies, and given the lack of commercially available tools, the Madrid Regional Transport Authority has carried out various lines of research with the objective of improving the quality of provided service. One of the first investigations examined was the management and control of bus traffic, taking into account that buses circulate underground, therefore reducing radio coverage for SAE-type applications, which have subsequently not been implemented by the operators of inter-urban bus services in the Region of Madrid. Other areas of research have in-

cluded passenger-counting within the transport interchange station, reading the number plates of the buses, real-time information and its application to new technologies, such as PDAs, SMS, Internet, mobile phones, etc.

In summary, the Madrid Transport Interchange Station Plan has, developed major lines of research, whose application will improve the quality of the public transport system and the four points that are most important to users of transport infrastructure: safety, information, changing from one form of transport to another and management. ■







# Evolución Histórica *Historical development*

- Aguilar Piñal, F., "Problemas del transporte madrileño en el siglo XVIII", Anales del Instituto de Estudios Madrileños, IX, 1973., p. 341-345.
- AYUNTAMIENTO DE MADRID, Oficina Municipal del Plan, Información sobre la Ciudad, Instituto geográfico catastral, Madrid, 1929.
- Ayuntamiento de Madrid, Oficina Municipal del Plan, Revisión del Plan General del Municipio de Madrid. Avance. Los transportes en Madrid, Febrero 1982.
- Ayuntamiento de Madrid, Oficina Municipal del Plan, Madrid: 40 años de desarrollo urbano, 1940-1980, Madrid, 1981
- Consorcio de Transportes de Madrid, Plano de los transporte de la Comunidad de Madrid, 1989.
- Consorcio de Transportes de Madrid, Plano de los transporte de la Comunidad de Madrid, 1994.
- Consorcio de Transportes de Madrid, 150 años del transporte en la Comunidad de Madrid, 2001.
- Coplaco, Plan especial de infraestructuras del transporte de la provincia de Madrid, 1976.
- Coplaco, Comunicaciones. Análisis de problemas y oportunidades, Madrid, 1977.
- Escario, Jose Luis, "Los accesos a Madrid", Gran Madrid, Boletín informativo de la Comisaría General para la Ordenación urbana de Madrid y sus alrededores, nº20, 1952, p. 21.
- Esteve García, Juan Pedro, BRAVO FERNÁNDEZ, Antonio, El ferrocarril en Madrid, La librería, Madrid, 2006.
- González Yanci, Maria Pilar, Los accesos ferroviarios a Madrid. Su impacto en la geografía urbana de la ciudad, Instituto de Estudios Madrileños, Madrid, 1977.
- Gutiérrez, Diego, Aquellos tranvías de Madrid, ed. La librería, Madrid, 2001.
- López Carcelen, Pedro, Atlas ilustrado de la historia de Madrid, ed. La librería, Madrid, 2004.

Paleontología y  
Arqueología en  
Príncipe Pío  
*Palaeontology  
and archaeology  
in Príncipe Pío*

- López Gómez, Antonio, Los transportes urbanos de Madrid, CSIC, Instituto Juan Sebastián Elcano, Madrid, 1983.
- Menéndez Martínez, Jose María, Evolución histórica de los itinerarios del noroeste de la Comunidad de Madrid, Dirección General de transporte, Consejo de política territorial, Madrid, 1990.
- Muñoz Ribero, M., “Los diligentes de Madrid”, Revista de la biblioteca, archivo y museo del ayuntamiento de Madrid, 1924, p. 245-247.
- Olmo Ibáñez, Vicente, “El sistema de accesos a Madrid”, Revista de Obras Públicas, num. extraordinario dedicado a Madrid, Enero 1945.
- Paz Maroto, José., El problema de la circulación en Madrid, Imp. Municipal, Madrid, 1933.
- Paz Maroto, José., El futuro Madrid. Plan General de Ordenación y Extensión de Madrid presentado al Excelentísimo Ayuntamiento, Madrid, 1939.
- Santos Madrazo, La edad de oro de las diligencias de Madrid y el tráfico de viajeros en España antes del ferrocarril, Nerea, Madrid, 1991.
- Sanbricio, Carlos, El plan Bidagor, 1941-46, CAM, Consejería de Obras Públicas, Madrid, 2003.
- Uriol Salcedo, J., Historia de los caminos de España. Vol. 2, Siglos XIX-XX, CICCIP, Madrid, 1992.
- Atlas Histórico de la Ciudad, Vol. 1 y Vol. 2. Lunwerg Editores, Madrid 1995.
- Reconstrucción de la Puerta de San Vicente. Ayuntamiento de Madrid, 1995.
- Sancho, J. L. La arquitectura de los sitios reales. Editado por Patrimonio Nacional. Madrid 1995.
- Tobar Martín, V. Arquitectura madrileña del S. XVIII. Instituto de estudios madrileños. Madrid, 1983.
- Arroyo Llera, F. Arbitrismo, población e higiene en el abastecimiento hídrico de Madrid en el S. XVIII. Boletín de la A.G.E. Nº 37. 2004. pp 257-278
- Archivo General de Palacio.

- Archivo de la Villa.
- Archivo General Militar de Madrid.
- Museo Municipal de Madrid.
- Acta de la inauguración de la Casa del Príncipe, 9 de Julio de 1871. Archivo General de Palacio.
- Acta de la toma de posesión de la Casa del Príncipe, 13 de Enero de 1872. Archivo General de Palacio.
- Factura emitida por el Arquitecto de la Casa del Príncipe, 9 de Febrero de 1872. Archivo General de Palacio.
- Constatación de solicitud de demolición, por parte de la Dirección General del Patrimonio que se reservó al último Monarca, Ramo de obras. 19 de Noviembre de 1874. Archivo General de Palacio.
- Continuación Constatación de solicitud de demolición, por parte de la Dirección General del Patrimonio que se reservó al último Monarca, Ramo de obras. 19 de Noviembre de 1874. Archivo General de Palacio.
- Aznar de Polanco, Juan Claudio. Aritmética inferior y geometría práctica y especulativa; origen de los nacimientos de las aguas dulces y gordas de esta coronada villa de Madrid, sus viages subterráneos, con la noticia de fuentes públicas y secretas de las casas de señores y particulares y la cantidad que tiene cada uno. 1727
- Alcantarillado inminente a la Puerta de San Vicente, Expediente de la Secretaría Municipal. 1809. Archivo de la Villa de Madrid.
- Artículo en prensa sobre la canalización de la Puerta de San Vicente. Archivo de la Villa de Madrid.
- Artículo en prensa. La Ilustración Española y Americana. 28 de julio de 1871.
- Artículo en prensa. La Ilustración Española y Americana. 28 de julio de 1871.
- Artículo en prensa. El Imparcial. 14 de enero de 1872.
- Artículo en prensa. El Imparcial. 14 de enero de 1872.

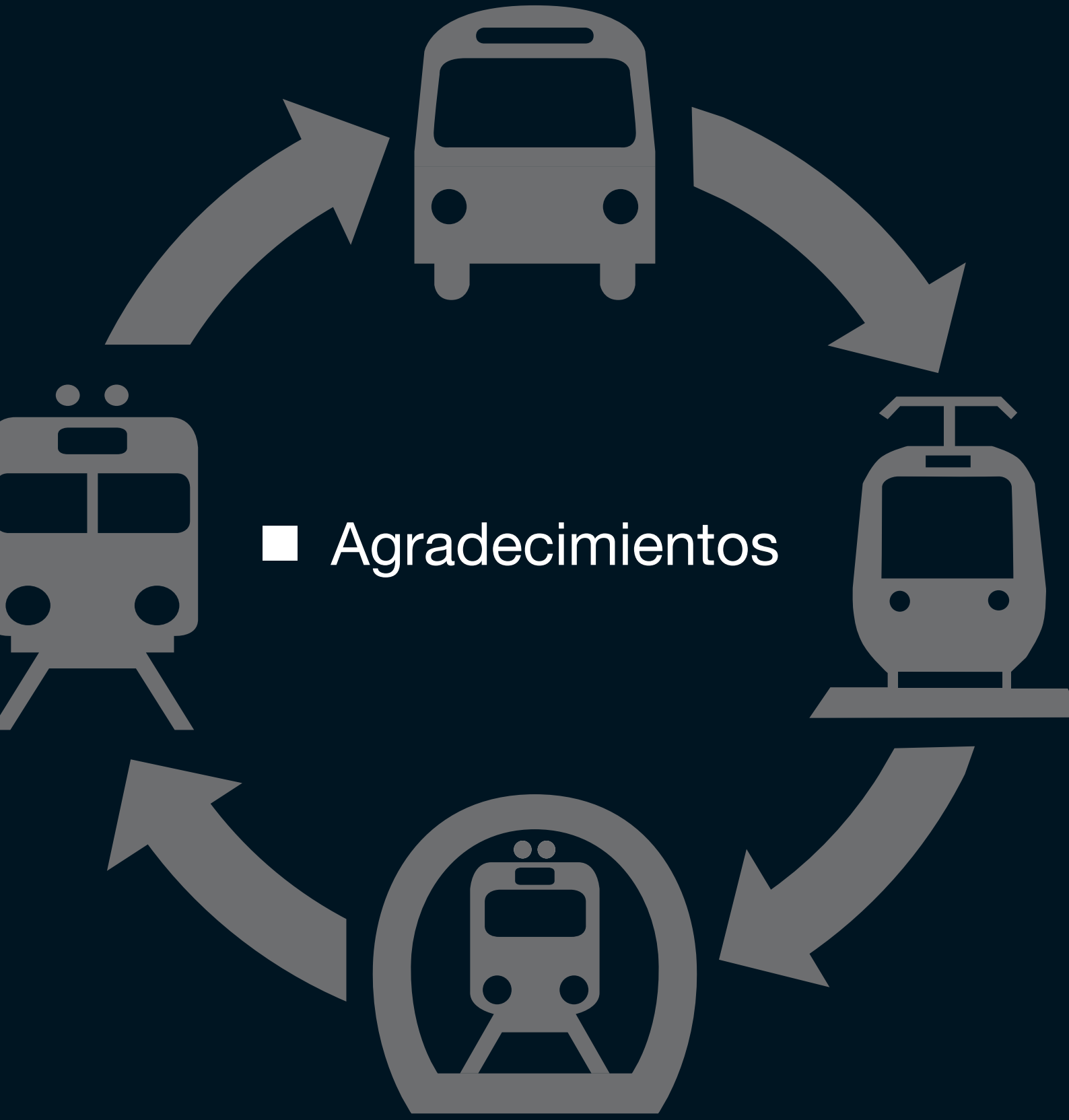


# Acondicionamiento del aire

## *Air conditioning*

- Hama, G.M., W.G. Frederick, and H.G. Monteith. 1974. How to design ventilation systems for underground garages. Air Engineering. Study by the Detroit Bureau of Industrial Hygiene, Detroit (April).
- ASHRAE HVAC Applications Handbook 2003 (IP) – ISBN#1-931862-22-2.
- PIARC. 1995. Road tunnels. XXth World Road Congress, Montreal.
- Andre, J.C.S., E.Z.E. Conceição, M.C.G. Silva, and D.X. Viegas. 1994. Integral simulation of air conditioning in passenger buses. Fourth International Conference on Air Distribution in Rooms (ROOMVENT 94).
- Silva, M.C.G. and D.X. Viegas. 1994. External flow field around an intercity bus. Second International Conference on Experimental Fluid Mechanics.
- Handbook of Fire Protection Engineering 3rd edition" SFPE
- ASSESSMENT OF THE FIRE PERFORMANCE OF SCHOOL BUS INTERIOR-COMPONENTS NISTIR 4347 NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY de Estados Unidos.



















# Premios

## Colaboración con bomberos: Medidas de seguridad contra incendios en Intercambiadores de Transportes

Ante la ausencia de normativas específicas a nivel nacional e internacional en materia de prevención de incendios para infraestructuras de transporte subterráneas cuyo modo de transporte principal es el autobús, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid, inicio el proceso de desarrollo de un documento que recogiese las prestaciones técnicas necesarias para garantizar la seguridad de estos edificios desarrollando así la solución prestacional que demostrase ser incluso más eficiente que las exigencias establecidas para usos similares recogidos en el Código Técnico de la Edificación. Este documento genérico en su origen, denominado "Estudio de Prevención de Incendios" surgió, con el objetivo de incorporar en todos los proyectos, el grado de exigencia en cuánto seguridad necesaria para este tipo de edificio singular de pública concurrencia, en el que se interrelacionaban diferentes modalidades de transporte público y usos terciarios asociados a la explotación.

Por tanto se inicio el trabajo de desarrollo de los estudios de prevención de incendios poniendo a disposición de los técnicos responsables de los mismos, las mismas herramientas que han demostrado ser eficaces en las obras subterráneas:

- Programas de software basados en dinámica de fluidos computacional;
- Programas de análisis del comportamiento humano en caso de evacuación de edificios, se realizaron reajustes en los modelos de los programas de simulación basándose en estudios de campo reales para el análisis de movimiento de las personas y ensayos de incendio en obras subterráneas.

Además se decidió hacer intervenir a los bomberos, como personal cualificado con experiencia demostrada en la intervención real en incendios. El CRTM ha demostrando una sensibili-

Collaboration with the Firemen Department: Safety measures against fires in Transport Interchanges.

Due to the absence of specific international or national regulations for prevention of fires for underground transport infrastructures which the principal transport mode is the bus, the Madrid Transport Authority initiated the process of development of a document that was gathering the technical necessary services to guarantee the safety of these buildings developing a regulation to be even more efficient than the requirements established for similar uses gathered in the Technical Code of the Building. This generic document was named "Study of Prevention of Fires", with the aim to incorporate in all the projects the degree of exigency in how much safety would be necessary for this type of singular building of public concurrence, in which there

were interrelated different public transport modes and tertiary uses associated with the development.

Therefore, the development of the studies of prevention of fires putting at the disposal of the technical personnel responsible for the same ones was initiated, the same tools that they have demonstrated to be effective in the underground works:

- Software based on dynamics of fluids;
- Analysis of the human behavior in case of building evacuation, realized readjustments in the models of the programs of simulation being based on real field studies for the analysis of movement of the persons and tests of fire on underground works.



dad excepcional en relación con los sistemas de seguridad a incorporar en los intercambiadores de transportes y además ha recurrido al cuerpo de bomberos de Madrid como interlocutor directamente implicado en la interven-

ción en caso de siniestro. Como resultado de esta estrecha colaboración con el cuerpo de bomberos se otorgó un premio al CRTM por las excelentes medidas de seguridad adoptadas en los intercambiadores de transportes. ■

In addition, the fire extinction department, as personnel qualified with experience demonstrated in the real intervention in fires, collaborated in the development. The CRTM has demonstrated an exceptional sensibility in relation with the safety systems to incorporating in the transport interchanges. As a result of this collaboration, the fire extinction department granted an award to the CRTM for the excellent measures of safety adopted in the transport interchanges. ■

## Intercambiador de Transportes de Avenida de América: Primer premio internacional a la intermodalidad

Dentro del Congreso "Interchange 2002" organizado en el Queen Elizabeth II Conference Centre de Londres durante el 21 y 22 de mayo de 2002, se organizaron, además de una serie de conferencias sobre intermodalidad, una exposición y ocho premios "Integrated Transport Awards 2002" dirigidos a encontrar buenos ejemplos de intercambiadores. El premio más importante "The UITP International Interchange Award" se concedió al Intercambiador de Transportes de Avenida de América como mejor ejemplo a nivel internacional. El resto de premios se reservaron a buenos ejemplos de intercambiadores dentro del Reino Unido.

En el mes de mayo de 2002, la UITP organizó el Segundo Concurso sobre Intermodalidad al cual se presentaron 12 países (Alemania, Austria, Canadá, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Holanda, Hungría, Italia, Reino Unido y Suecia) con 26 propuestas diferentes. El concurso reconocía las excelencias en diseño, construcción y operación de infraestructuras intermodales de transporte.

Importantes intercambiadores como el Nils Ericson de Gothenburg, la Estación



de Friheden en Copenhagen o el intercambiador de Enschede en Holanda competían al premio. De las 26 propuestas se seleccionaron 6 entre Alemania, Barcelona, Budapest, Estados Unidos, Holanda y Madrid con Avenida de América. La mayoría del jurado definió al Intercambiador de Avenida de América como el mejor ejemplo y el más completo sobre intermodalidad.

**Avenida de America Transport Interchange:  
The First international prize for intermodality.**

Inside the Congress "Interchange 2002", organized in the Queen Elizabeth II Conference Centre of London, during May 21st and 22nd, 2002, they were organized, besides a series of conferences on intermodality, an exhibition and eight prizes "Integrated Transport Awards 2002" directed to finding good examples of transport interchanges. The most important prize was "The UITP International Interchange Award" was granted to the Avenida de America Transport Interchange as better example worldwide. The rest of prizes were reserved to good examples of interchanges inside the United Kingdom.

Important interchangers as Gothenburg's Nils Ericson, Friheden's Station in Copenhagen or Enschede's in-

terchanger in Holland they were competing to the prize. Of 26 offers 6 were selected between Germany, Barcelona, Budapest, The United States, Holland and Madrid by Avenue of America. The majority of the juror defined to the Avenida de America Transport Interchange as the best example and the most complete on intermodality. ■

## Nuevos intercambiadores de transporte interurbano: Premio al mejor proyecto urbanístico



La revista Actualidad Económica otorga anualmente una serie de premios a aquellas medidas que representen un valor añadido a la actividad económica. En este sentido el jurado otorgó los premios a la mejor empresa, a la mejor trayectoria empresarial, a la mejor iniciativa empresarial, al mejor proyecto urbanístico, a la empresa más innovadora y a la empresa revelación.

El Plan de construcción de los nuevos intercambiadores de transporte (Plaza Elíptica, Príncipe Pío, Moncloa y Plaza de Castilla) fueron considerados en su conjunto como el mejor proyecto urba-

nístico que las administraciones habían desarrollado. El acuerdo suscrito entre la Comunidad de Madrid, el Ayuntamiento de Madrid y el Consorcio Regional de Transportes de Madrid ha permitido el desarrollo del Plan de intercambiadores con una inversión inicial de cerca de 300 millones de euros invertidos por concesionarios privados. Con este Plan se mejora la movilidad a un millón de personas diarias y la reordenación de la circulación de más de 10.000 expediciones de autobuses diarios, facilitando los desplazamientos y la calidad de vida de la ciudad de Madrid.

New interchanges of interurban transport:  
An award to the best urban development project

The magazine Actualidad Economica grants annually a series of prizes to those measures that represent a value added to the economic activity. In this respect the juror granted the prizes to the best company, to the best initiative, to the best urban development project, to the most innovative company and to the company revelation.

The Plan of construction of the new transport interchanges (Plaza Elíptica, Príncipe Pío, Moncloa and Plaza de Castilla) were considered as the best urban development project that the public administrations had developed. The agreement signed between the regional Government of Madrid, the Town Council of

Madrid and the Regional Transport Consortium of Madrid has allowed the development of the Plan of interchanges with an initial investment closely of 300 million Euros invested by private concessionaires. With this Plan the mobility is improved to a million daily persons and the reordering of the traffic of more than 10.000 expeditions of daily buses, facilitating the displacements and the quality of life of the city of Madrid. ■

