





Premio Internacional Puente de Alcántara
correspondiente a la Península Ibérica

Nueva Terminal del Aeropuerto de Madrid-Barajas

New terminal area at the Madrid Barajas Airport

José Manuel Hesse. Ingeniero Aeronáutico.
Director Plan Barajas
Francisco Asensio Almodóvar. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Gerente Terminal Barajas UTE

Resumen: El Nuevo Área Terminal, NAT, del aeropuerto de Barajas en Madrid, ha sido una de las mayores obras civiles recientes en Europa.

Ante el continuo crecimiento de las comunicaciones aéreas, AENA (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea) desarrolló el Plan Barajas. Esta actuación contempla la creación de dos nuevas pistas, una conexión de transportes públicos y privados y la construcción de un Nuevo Área Terminal que incluye tres edificios: el Nuevo Edificio Terminal (NET), el Edificio Satélite y el Aparcamiento.

La Nueva Terminal, junto con el Satélite, persigue el objetivo que las compañías aéreas puedan operar con un máximo de posiciones de estacionamiento con acceso directo a los aviones mediante prepasarelas y fingers, con un elevado nivel de calidad y servicio al pasajero. Para ello, se plantea un diseño con el menor número de cambios de dirección y de nivel.

Palabras Clave: NAT; Edificio Terminal; Edificio Satélite;
Aparcamiento; SATE; APM; TSA

Abstract: The new terminal area (NTA) at Barajas Airport in Madrid has formed one of the largest civil works undertaken in Europe over recent years.

In view of the constant expansion of air traffic, AENA (the Spanish airport and air navigation authority) developed the Barajas Plan which considered the creation of two new runways, a public and private transport connection and the construction of a new terminal area including three buildings: the new terminal building (NTB); a satellite building and a car park.

The new terminal, together with the satellite building, allows airline companies to operate a maximum number of slot parking positions with direct access to planes through piers and fingers. The terminal and piers were designed to allow direct approach with a minimum number of changes in direction and level, in order to offer greater quality and service to the passenger.

Keywords: New terminal area (NTA); Terminal Building; Satellite Building;
Car Parks (SATE, APM, TSA)

La ampliación del aeropuerto de Barajas consolida a Madrid como el principal nodo de comunicaciones aéreas de España y como uno de los destinos mas importantes a nivel europeo y mundial

1. Introducción

La ampliación del aeropuerto de Barajas consolida a Madrid como el principal nodo de comunicaciones aéreas de España y como uno de los destinos mas importantes a nivel europeo y mundial. Sus nuevas infraestructuras, unidas a una excelente situación geográfica y a una importante red internacional de transporte aéreo, permiten ahora afianzar su posición de liderazgo entre los principales aeropuertos del mundo.

La trascendencia socioeconómica y de eje de comunicaciones del aeropuerto, unida a los problemas de capacidad que registraba ante el crecimiento continuo de tráfico; obligó a iniciar, a mediados de la década de los 90, un ambicioso proceso de ampliación dirigido a ampliar su capacidad, mantener su posición internacional y sobre todo, ofrecer un servicio de calidad a la altura del exigido por pasajeros y compañías aéreas.

El resultado es un gran aeropuerto interconectado, con cuatro terminales y un edificio satélite dotadas de todos los servicios propios de unas modernas instalaciones aeroportuarias, cuatro pistas de vuelo, modernos sistemas tecnológicos y altos niveles de calidad, con capacidad para atender más de 70 millones de pasajeros al año, y realizar 120 operaciones/hora.

2. La selección del proyecto

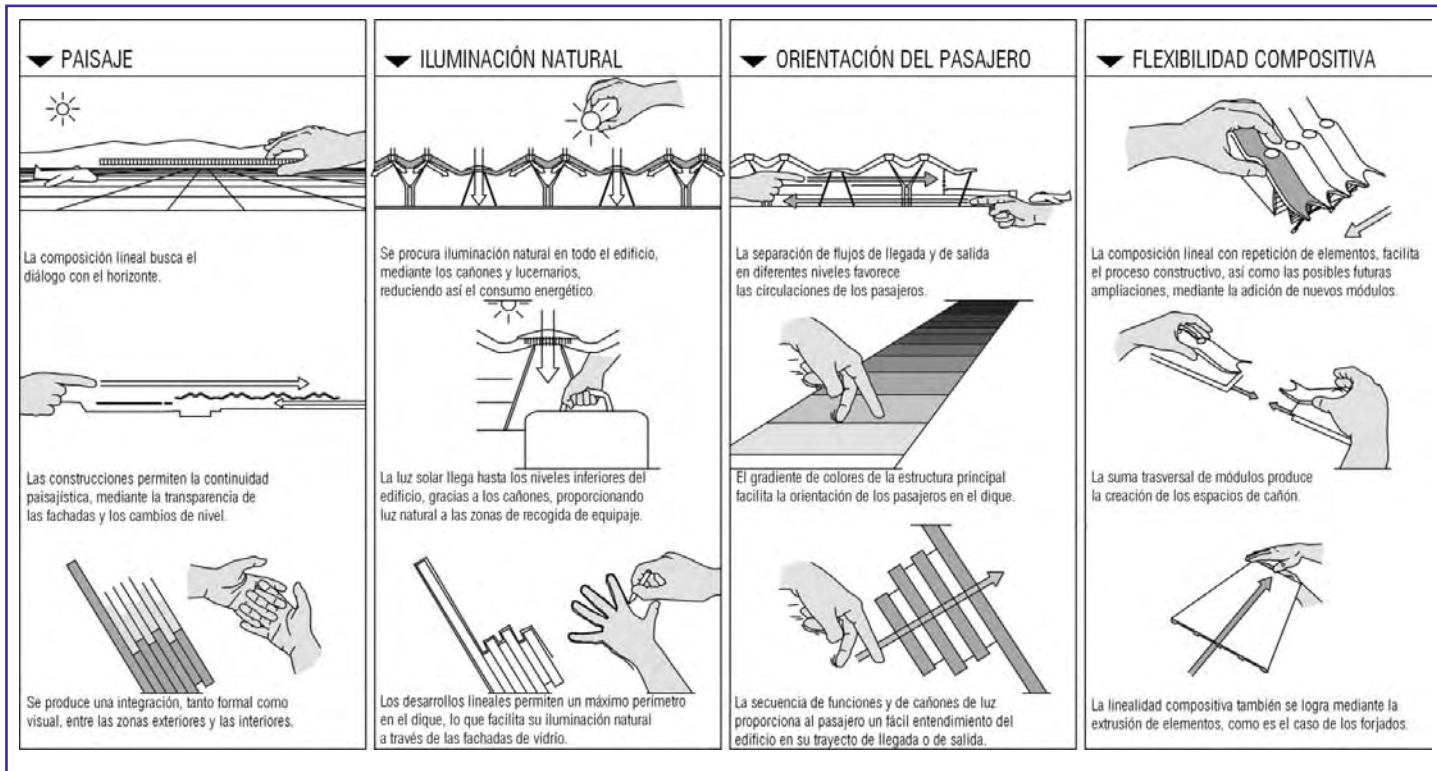
Para la redacción del proyecto del nuevo área Terminal se convocó un concurso internacional promovido por Aena. En octubre de 1997, se eligió la propuesta presentada por el equipo formado por cuatro empresas: el estudio de arquitectura español Estudio Lamela y el británico Richard Rogers Partnership, la ingeniería española Initec y la británica TPS. El proyecto ganador destacaba por su sencillez, su adaptabilidad, su robustez y su flexibilidad, admitiendo con naturalidad los cambios y futuras ampliaciones.

El nuevo área Terminal de Barajas está considerada como la mayor obra que se ha edificado recientemente en Europa, con todo lo que implica en cuanto a trascendencia urbanística, económica y social para la región de Madrid y para España. El resultado final es el de un diseño funcional y estéticamente atractivo, cuyo principal valor es el equilibrio logrado entre estos dos aspectos.

El proyecto busca humanizar el espacio interior, ya que, siendo la T4 un edificio de dimensiones gigantescas, se permite al viajero orientarse en todo momento, con constantes referencias visuales. El edificio es tan grande que uno podría perderse. Por este motivo, el volumen total se despieza en varios cuerpos, creando secuencias espaciales para dotar al edificio de una escala humana. En el exterior, la actuación se adapta

EVOLUCIÓN PREVISTA DEL TRÁFICO AÉREO	PLAN DIRECTOR		ACTUALIZACIÓN NOVIEMBRE 2007	
	Año 2010	Año 2020	Cierre 2007	Año 2020
Pasajeros domésticos	19.000.000	26.800.000	22.350.000	32.160.000
Pasajeros Unión Europea	8.500.000	11.900.000	17.340.000	26.800.000
Pasajeros Internacionales	7.700.000	10.900.000	11.480.000	20.290.000
Pasajeros Tránsitos + OCT	-	-	360.000	530.000
Pasajeros totales	35.200.000	49.600.000	51.530.000	79.780.000
Aeronaves domésticas	173.200	231.200	229.900	321.500
Aeronaves Unión Europea	77.300	102.800	183.600	278.800
Pasajeros Internacionales	29.800	39.900	72.700	115.600
Aeronaves OCT	-	-	1.400	1.600
Aeronaves Totales	280.300	373.900	487.600	717.500





al entorno, a la horizontalidad del paisaje madrileño, con unas formas onduladas muy próximas a la naturaleza.

3. Objetivos del diseño

El diseño seleccionado por Aena se caracteriza por cuatro principios básicos: integración en el paisaje, luz natural, claridad espacial y flexibilidad.

En el exterior se busca la integración con el paisaje y en interior se da protagonismo a la iluminación natural.

La claridad espacial permite que el flujo de pasajeros recorra secuencialmente todas las funciones del edificio, cuya forma, fragmentada en una serie ordenada de bloques facilita el proceso de actividades. Además se trata de un proyecto flexible, la configuración modular permite la posibilidad de ampliar los edificios en un futuro sin desvirtuar la imagen.

4. Descripción general de la propuesta

Con un programa de necesidades muy extenso y complejo, el conjunto mantuvo la idea original del concurso, respondiendo a una organización básica compuesta por tres edificios:

- Un Edificio Terminal, próximo al aparcamiento y separado de éste por las dársenas de acceso de vehículos. Está pensado para los vuelos nacionales y Schengen (es decir, con destino a países de la Unión Europea). Con cerca de medio millón de metros cuadrados construidos (distribuidos en 6 niveles), cuenta con 174 mostradores de facturación y con 37 posiciones de contacto de aeronaves, a través de pasarelas telescópicas ubicadas en el dique de embarque, el cual tiene una longitud de 1,2 km.
- El Edificio Satélite, situado entre las nuevas pistas (separado del Terminal unos 2 km), alberga la totalidad de los vuelos internacionales no Schengen de la NAT. Cuenta además con una zona adaptable a todo tipo de destinos: no Schengen, internacional, nacional y Schengen (como posible complemento al edificio Terminal). El edificio tiene casi 300.000 metros cuadrados y 26 plazas de estacionamiento de aeronaves.
- Un Aparcamiento de vehículos de 310.000 m², con capacidad para 9.000 plazas.

El nuevo edificio terminal

La nueva T4 es un edificio moderno cómodo y funcional, en el que los pasajeros llevan a cabo diversos procesos aeroportuarios, como la facturación y recogida de equipaje, el





control de seguridad, y el embarque y desembarque del avión.

Con casi 500.000 m², la nueva terminal permitirá atender a más de 35 millones de pasajeros al año, lo que sumado a la capacidad de las actuales instalaciones, representan más de 70 millones, está caracterizado por tres módulos lineales (*facturador, procesador, dique*), cumpliendo diferentes funciones según los flujos de pasajeros (llegadas o salidas). Recepción de pasajeros, facturación, control y embarque para vuelos de salida; desembarque, recogida de equipajes y salida de pasajeros del edificio, para vuelos de llegada.

La Terminal, con capacidad para atender hasta 10.400 pasajeros en hora punta, ofrece todos los servicios de un moderno edificio aeroportuario, con amplias zonas comerciales, 174 mostradores de facturación, de los que 2 son para equipajes especiales, mostradores que se complementan con 20 máquinas de autofacturación, y 37 posiciones de contacto asistidas por pasarelas para acceder directamente al avión.

Pesando en el confort del usuario, la nueva terminal, de aspecto futurista, tiene como una de sus características más sobresalientes la luz. Paredes acristaladas y más de 550 lucernarios permiten la entrada de luz natural al interior y transmiten al viajero la sensación de luminosidad y amplitud, acomodándole antes e volar en un espacio que invita al descanso y la relajación.

La luz y el color guían al pasajero. Amplios cañones de la luz dirigen al viajero y separan los tres bloques que conforman al edificio: el primero, donde se sitúan los mostradores de facturación; el segundo, o procesador, donde se realizan los controles de seguridad y se ubica parte de la zona comercial; y el tercero, o dique, donde se lleva a cabo el embarque y desembarque del avión.

En este último bloque se ha introducido un degradado de color, del azul en el norte al rojo en el sur, con el objetivo de orientar al pasajero y permitirle al mismo tiempo identificar la zona de ubicación de las puertas de embarque mediante el color.

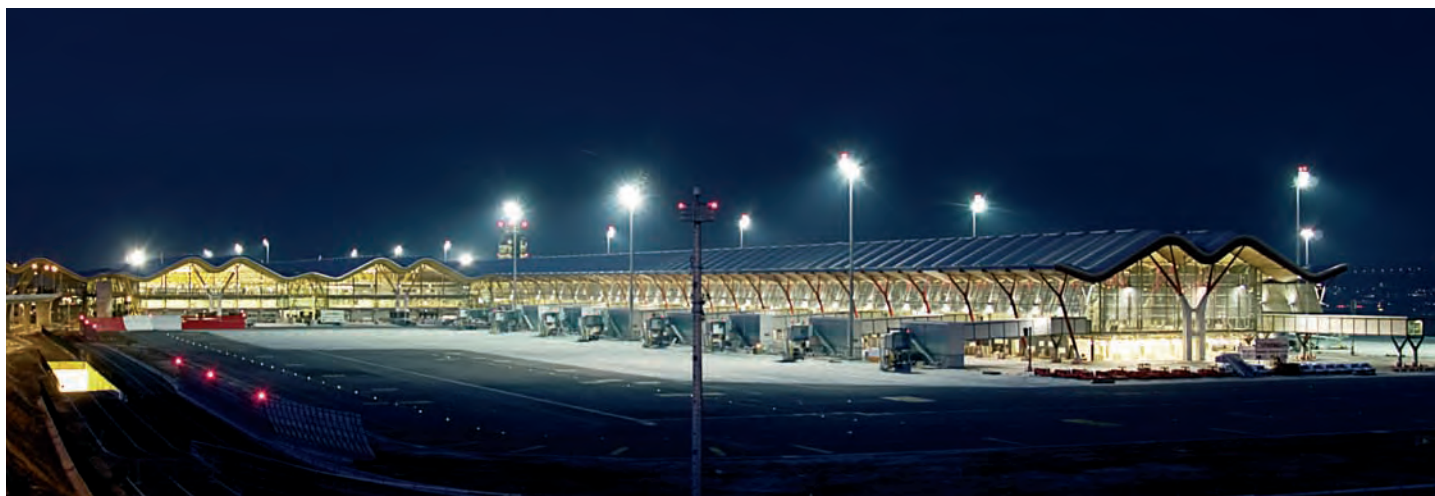
Se han utilizado materiales y acabados, como la calidad del bambú y la acogedora piedra caliza española del pavimento, específicamente seleccionados para transmitir sensación de calma y serenidad.

La agilidad y comodidad del pasajero dentro de la propia terminal se garantiza mediante numerosos recursos mecánicos que faciliten el tránsito de los pasajeros por el aeropuerto.

Edificio satélite

El Edificio Satélite, destinado principalmente al embarque y desembarque de pasajeros de vuelos internacionales, está situado próximo al nuevo edificio terminal, para hacer más ágiles, rápidas y eficaces las conexiones de vuelo. Con casi 300.000 m² de superficie y 250 lucernarios, este edificio, que complementa a la nueva terminal, cuenta con 26 posiciones de contacto con pasarelas que aseguran un rápido y cómodo embarque y desembarque del avión; además de disponer de modernas zonas comerciales.

La existencia de un Edificio Satélite, separado del Edificio Terminal, se debe a varios motivos. El principal de ellos es la segregación de funciones. Es decir, se presentaba la necesidad de crear un edificio capaz de separar los flujos de pasajeros debido a temas de seguridad en los vuelos no Schengen. Para ello, se ha dotado al dique de Satélite de una zona elevada (nivel +2) por donde segregar el flujo



de llegadas no Schengen e internacionales. De este modo se evita la mezcla de pasajeros de llegada y salida de estos vuelos.

El satélite, con capacidad para atender a 15 millones de pasajeros al año, está concebido como dos bloques: uno de grandes proporciones para el embarque y desembarque de pasajeros y otro, de dimensión más pequeña, destinada al control de pasaportes. Junto con el nuevo Edificio Terminal, el Edificio Satélite forma parte de la llamada Nueva Área Terminal de Barajas, que incorpora un moderno sistema de transporte automático de pasajeros que en muy pocos minutos facilita el tránsito de pasajeros de un edificio a otro.

Túnel de Servicios Aeroportuarios (TSA)

El Nuevo Edificio Terminal y el Edificio Satélite están conectados a través de un túnel de servicios Aeroportuarios (TSA), de casi 3 kilómetros de longitud que transita bajo las plataformas de estacionamiento de aeronaves y atraviesa todo el campo de vuelo.

El túnel está formado por dos pisos con tres vanos cada uno. El nivel superior dispone de dos zonas laterales de más de 10 metros de ancho para la circulación de los vehículos de servicios aeroportuarios y un tubo central, de más de 13 metros, por donde discurre el sistema automático de transporte de pasajeros (APM).

La parte inferior, con tres tubos de idénticas dimensiones, está destinado al sistema automatizado de tratamiento de equipajes (SATE).

Con todo ello, este túnel subterráneo permite, por un lado, la conexión de pasajeros entre ambos edificios y,

por otro, facilita a compañías aéreas, agentes handling y demás operadores aeroportuarios desarrollar su trabajo de forma ágil y rápida, sin necesidad de realizar grandes desplazamientos para evitar las zonas de circulación de aviones.

Aparcamientos y accesos

El nuevo edificio de Aparcamiento del Aeropuerto de Madrid-Barajas cuenta con casi 9.000 plazas de estacionamiento, lo que duplica la oferta actual de parking público. El edificio está formado por seis módulos anexos, de cinco plantas cada uno, con las que alcanzan los 309.000 m² de superficie total.

Concebido para facilitar el estacionamiento de vehículos dentro de la misma Área Terminal, el nuevo parking está unido al Edificio Terminal a través de diversas pasarelas y cuenta con todas las comodidades necesarias para hacer más sencillo y rápido el movimiento de los usuarios.

Para facilitar su integración paisajística y armonizar todo el entorno, el edificio ha sido coronado con una cubierta vegetal ecológica: la de mayor superficie continua en Europa, con cerca de 56.500 metros cuadrados de azotea y en la que se han plantado unas 900.000 plantas.

El edificio Aparcamiento se compone de 6 módulos independientes funcionalmente, pero unificados visualmente mediante los revestimientos exteriores y la cubierta vegetal. Desde el aparcamiento se llega directamente al edificio Terminal mediante una pasarela peatonal de conexión. Ambos edificios, Aparcamiento y Terminal, se encuentran separados por las Dársenas. Se trata de la zona donde confluyen auto-



El Nuevo Edificio Terminal (NET) está compuesto por tres volúmenes paralelos, orientados en el sentido sur-norte, con tres plantas sobre el nivel de rasante de la plataforma. Bajo este nivel los tres volúmenes se unen en el -1, reduciéndose su superficie según se desciende hasta el nivel -3

buses, taxis, metros, trenes y vehículos particulares, a modo de intercambiador de transportes. Especialmente, las dársenas se componen de una serie de viales y plataformas a diferente nivel, resguardados todos ellos bajo la prolongación de la cubierta ondulada del Terminal.

A todo esto se suman las actuaciones realizadas para mejorar los accesos al aeropuerto y, más en concreto, al Nuevo Área Terminal, tanto en lo que se refiere a los accesos por carretera, como a los accesos mediante transporte público.

El nuevo Barajas ofrece al usuario las mejores condiciones de accesibilidad y rapidez. Por carretera, se accede a través del eje Norte-Sur y del enlace de la N-100 con el eje Este-Oeste, que conecta con un sistema de viales formado por siete carriles que conforman las dársenas de salidas y llegadas al nuevo edificio Terminal: tres en el nivel de llegadas y cuatro en el de salidas, con viales para taxis y vehículos privados.

En cuanto al transporte público, actualmente es posible salir y llegar a los cuatro terminales de Barajas mediante diferentes líneas de autobús urbano y metro.

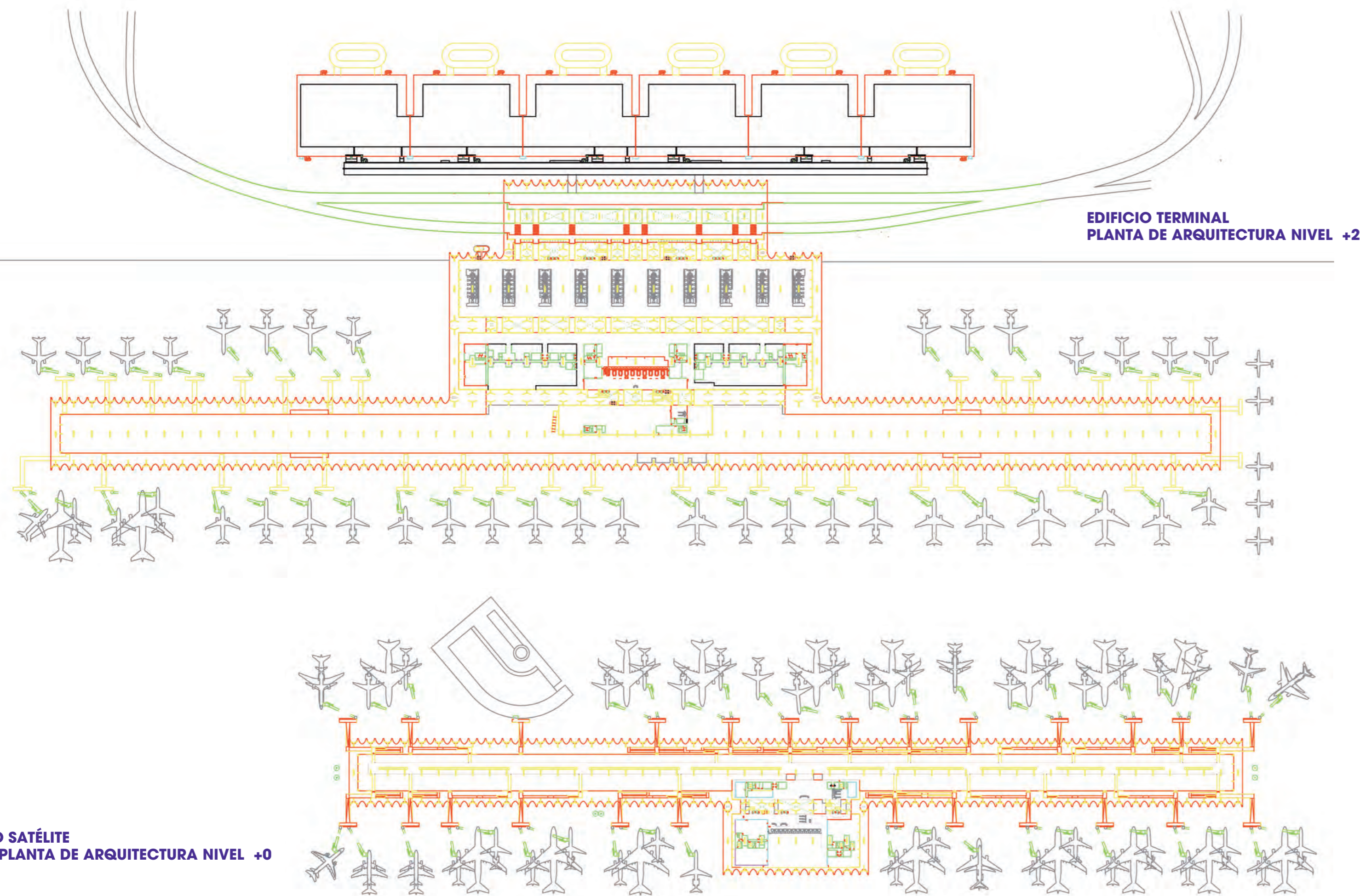
5. Singularidades del proyecto

Arquitectónicamente, algunas de las metas fundamentales que se ha tratado de conseguir en el proyecto han sido:

- La contemplación de que un aeropuerto es más que un intercambiador de modos de transporte, convirtiéndose en un centro integral de servicios, trabajo y comercio, así como de asistencia complementaria a sus usuarios y acompañantes.
- Búsqueda de una solución arquitectónica de geometría muy sencilla, de fácil lectura e interpretación por parte de los usuarios, de acuerdo con los usos y recorridos.
- El edificio principal articula el carácter secuencial del procesamiento de pasajeros al separar entre sí los distintos volúmenes funcionales o módulos.

- Cada módulo longitudinal se separa del siguiente mediante un espacio libre denominado "cañón". Supone la separación entre las diferentes fases del procesamiento del pasajero, facilitando su orientación, que queda subrayada por la introducción de luz natural en el interior del edificio y reduce significativamente la dependencia de la iluminación artificial, mejorando notablemente la calidad y la percepción del espacio.
- Desde el interior, se ofrece apariencia liviana, no opresiva y luminosa, en contacto con el medio físico circundante. El techo ondulado de bambú se presenta como un acompañante amable del pasajero en su recorrido por el interior de los edificios. El aspecto externo también es de ligereza y transparencia. Se pretende una fuerte conexión visual entre el exterior y el interior.
- Se presenta una fácil y clara accesibilidad al conjunto aeroportuario, además de una buena conexión interna con los estacionamientos de vehículos y medios públicos de transporte, tanto en salidas como en llegadas de pasajeros.
- Adecuación a una construcción flexible y modular, de fácil crecimiento en ambas orientaciones: longitudinal y transversal. Sin grandes dificultades de ejecución. Buena relación calidad/ precio de realización; los sistemas modulares repetitivos permiten la inclusión de elementos singulares con diseños especiales.
- Propiciar una fácil adecuación a las posibles futuras aeronaves, al ser solución lineal. Posibilidad de aplicar, fácilmente, las próximas novedades de la industria aeronáutica complementaria, así como la aeroportuaria; además de posible dotación de todo tipo de otros servicios presentes y de futuro, por su versatilidad en el uso, y por las previsiones establecidas.
- Bajo consumo energético, con posibilidad de fácil aplicación de nuevas energías limpias alternativas, llegado el momento.





**EDIFICIO TERMINAL
PLANTA DE ARQUITECTURA NIVEL +2**

**EDIFICIO SATELITE
PLANTA DE ARQUITECTURA NIVEL +0**



6. Memoria constructiva del nuevo edificio terminal

Descripción general del Nuevo Edificio Terminal

El Nuevo Edificio Terminal (NET) está compuesto por tres volúmenes paralelos, orientados en el sentido sur-norte, con tres plantas sobre el nivel de rasante de la plataforma. Bajo este nivel los tres volúmenes se unen en el -1, reduciéndose su superficie según se desciende hasta el nivel -3.

Los citados tres volúmenes principales se encuentran separados por los cañones, que son espacios vacíos en toda su altura (sobre la rasante de plataforma).

El Factorador es el primero de los volúmenes (tanto en el sentido oeste-este, como en el de acceso al edificio), con 350 m de longitud y 57 m de anchura, ubicándose en él los mostradores para facturación de equipajes.

El segundo volumen, el Procesador, tiene las mismas dimensiones en planta, acogiendo los puntos de control de seguridad para pasajeros.

En el Dique, tercero de los volúmenes del edificio, con una longitud de 1.142 m entre ejes de pilares extremos, y una anchura de 39 m, se disponen las salas de embarque de acceso a las aeronaves. Estos se realizan a través de 37 prepa-

sarelas que permiten el acceso a los "finger", y de éstos a las mencionadas aeronaves.

La cubierta, con una superficie aproximada de 150.000 m², es común a los tres volúmenes y se extiende en planta fuera de los límites de la fachada, formando unos aleros que la protegen, parcialmente, de la incidencia del sol, junto con los parasoles.

La fachada, totalmente acristalada y constituida por un sistema de muro-cortina entre el nivel +1 y la cubierta, tiene una superficie que supera los 40.000 m², con una longitud total de 2890 m a lo largo del perímetro del edificio.

La comunicación con el Edificio Satélite se lleva a cabo mediante el Automatic People Mover (APM), tren eléctrico sin conductor, que recorre los 2,1 km de distancia que separan ambos edificios.

A los citados tres volúmenes es preciso añadir, para completar la descripción arquitectónica, la Dársena, zona que recoge el acceso desde el exterior del área aeroportuaria, tanto mediante vehículos automóviles como (Metro), y que se encuentra bajo una cubierta con la misma tipología que el resto del edificio.

El movimiento de personas a través del edificio, tanto entre distintos niveles como a lo largo del nivel +1 del Dique, se realiza a pie o mediante cuatro tipos de transportes mecáni-





cos: ascensores, rampas mecánicas, pasillos rodantes y escaleras mecánicas.

Los equipajes se transportan dentro del edificio con el Sistema Automático de Tratamiento de Equipaje (SATE), dispositivo que, durante la construcción ha necesitado una importante coordinación con el montaje de las instalaciones de electricidad y, sobre todo, de climatización, debido a los constantes cruces de sus trazados y la obligación de atenerse a los volúmenes existentes y los gálbos que era necesario respetar.

Procesos constructivos

La ejecución de un edificio tan singular ha requerido una tecnología puntera y grandes dosis de innovación en el campo constructivo.

Cimentación

La cimentación del edificio es, fundamentalmente, directa mediante zapatas aisladas y corridas. Los muros perimetrales que rodean las plantas sótano del edificio están ejecutados "in situ", con encofrado a dos caras y cimentación directa mediante zapatas corridas. El hormigón empleado en las mismas es de tipo HA-30/B/40/IIa.

Los pilares interiores del edificio tienen también una cimentación directa, en este caso sobre zapatas aisladas. En algunas zonas muy localizadas, debido a la acumulación de cargas puntuales en un espacio reducido, se han ejecutado losas de hormigón armado.

En la parte central del edificio, en espacios de cimentación de Factorador, Procesador y Dique, se ha realizado una

cimentación profunda para salvar el relleno de una zona localizada.

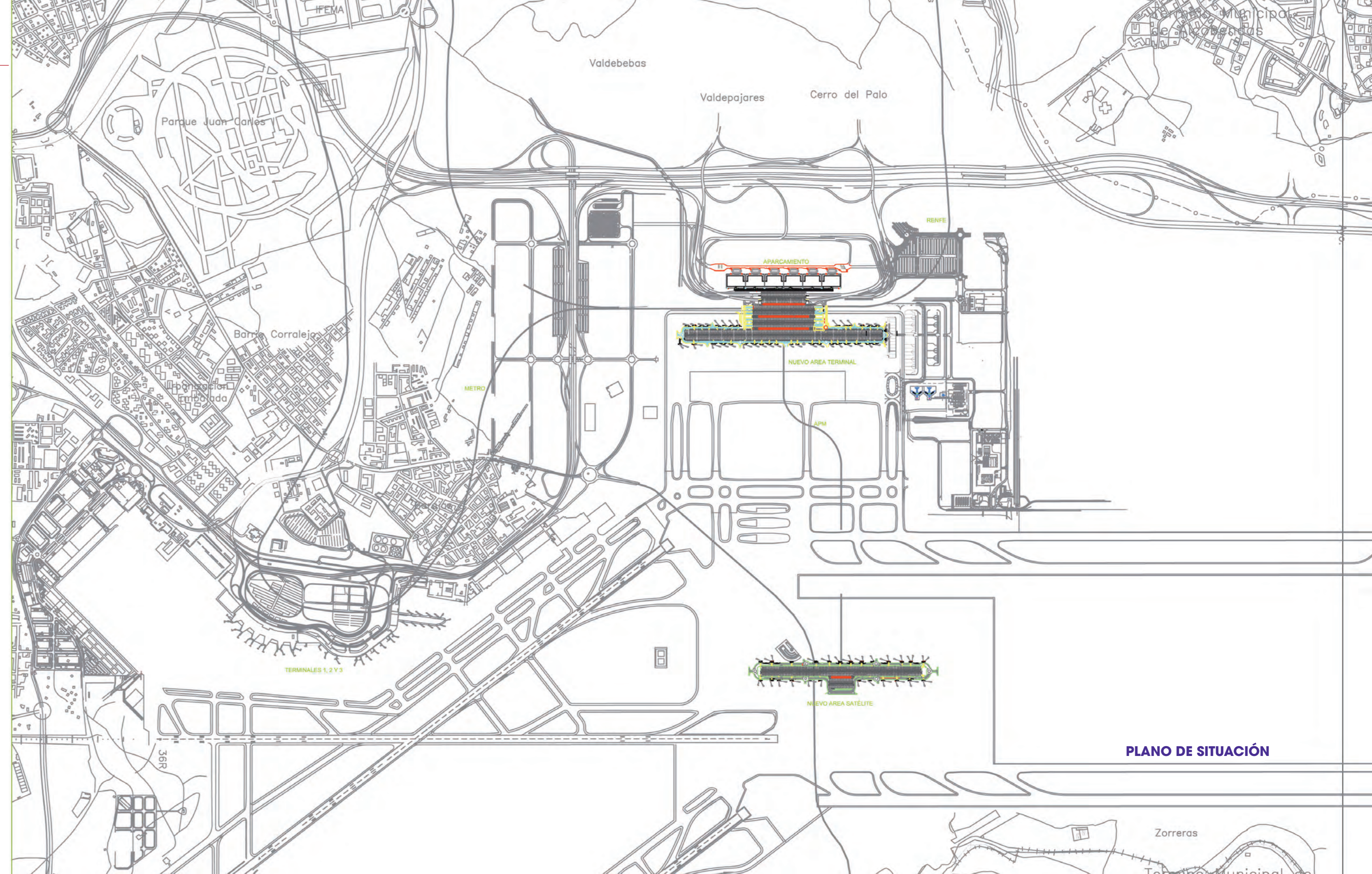
Estructura de hormigón del edificio

La estructura de hormigón del edificio está formada por pilares (HA-40/B/20/I bajo cota +0 y HA-40/F/12/I sobre ella) de diversas secciones y alturas, y por vigas armadas y postensadas (HP-40/F/20/I) de diferentes anchos y cantos. Sin embargo, predomina un esquema generalizado para todo el conjunto que se describe a continuación.

La utilización de dos tipos de hormigón se debe a la necesidad de alcanzar un muy buen acabado superficial en los elementos estructurales vistos. Para ello, en los que se encuentran sobre la cota +0 se ha reducido el tamaño máximo del árido y se ha modificado la consistencia.

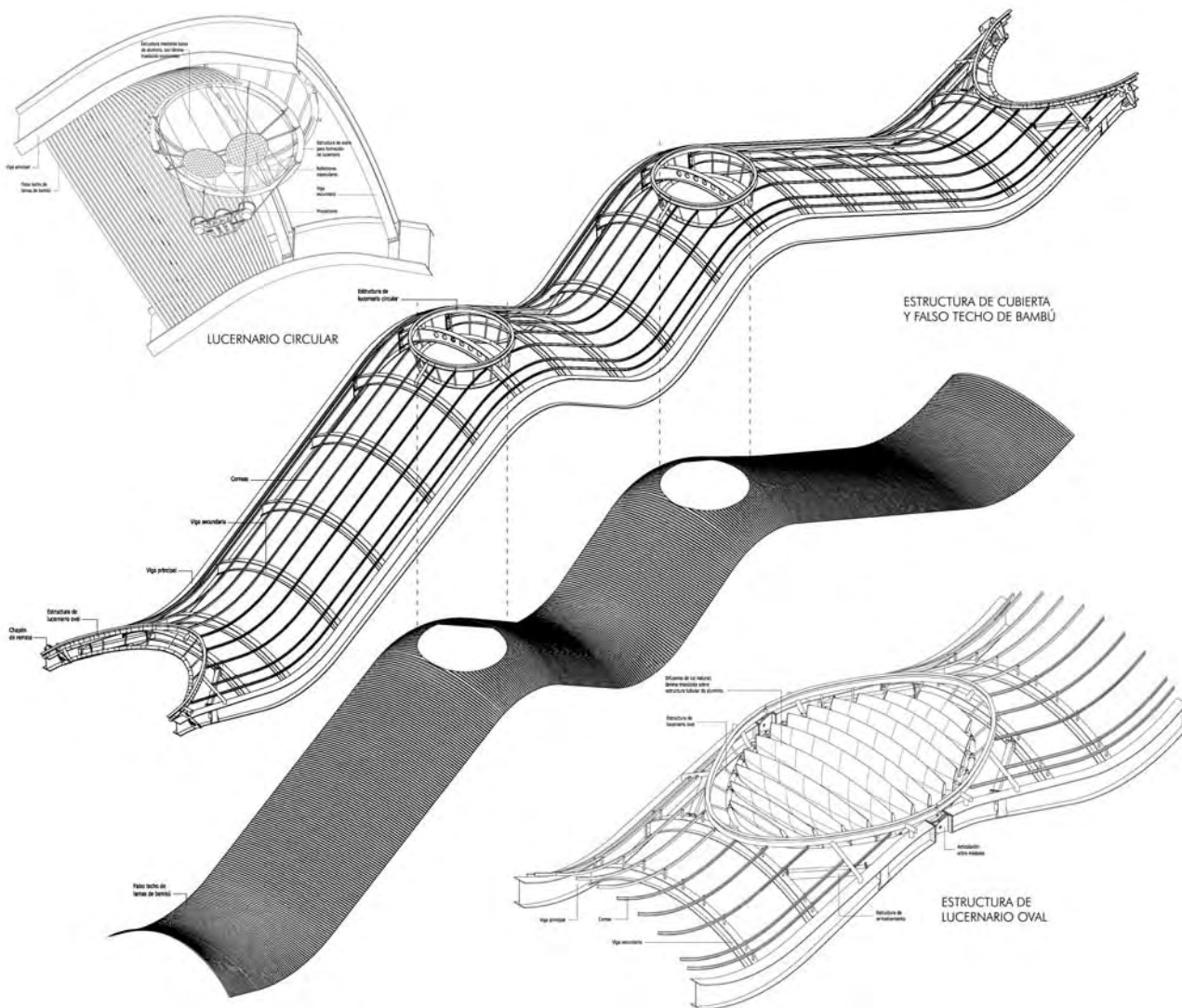
La estructura la forman pórticos constituidos por pilares circulares y rectangulares y por vigas de sección rectangular. Los pilares, circulares en su gran mayoría, tienen diámetros entre 1,20 y 0,80 m. Los pilares rectangulares, de dimensiones 1,40x1,00 m se encuentran en los pórticos centrales y de forma pareada, formando un pórtico de rigidización transversal.

Las vigas postensadas tienen sección rectangular de 1,80 m de ancho por 0,90 m y 0,80 m de canto, respectivamente, en los niveles 0 o inferiores, y en los niveles +1 y +2. Su longitud es de 72 m, divididos en cuatro vanos de 18 m (la modulación estructural del edificio es de 18x9 m), y disponiendo la junta de dilatación a una distancia de 2,70 m del pilar más próximo. La armadura activa está compuesta por 2 tendones de 15 cordones cada uno de 0,6" (2 x 15T0,6").



PLANO DE SITUACIÓN





La estructura del forjado, en un 60% de la superficie construida del edificio, se encuentra constituida por placas alveolares pretensadas prefabricadas. La distancia entre apoyos es de 7,38 m y su canto de 20 cm (con carácter general en la obra) o 30 cm (en zonas con carga superior), teniendo una capa de compresión sobre las placas de 10 cm de espesor

Las juntas de dilatación se sitúan a esos 72 m y este elemento crítico se resuelve mediante pasadores metálicos diseñados para soportar 7 cm de apertura de labios.

El sistema estructural y constructivo adoptado obligó a tejar utilizando cajetines muy estrictos de espacio.

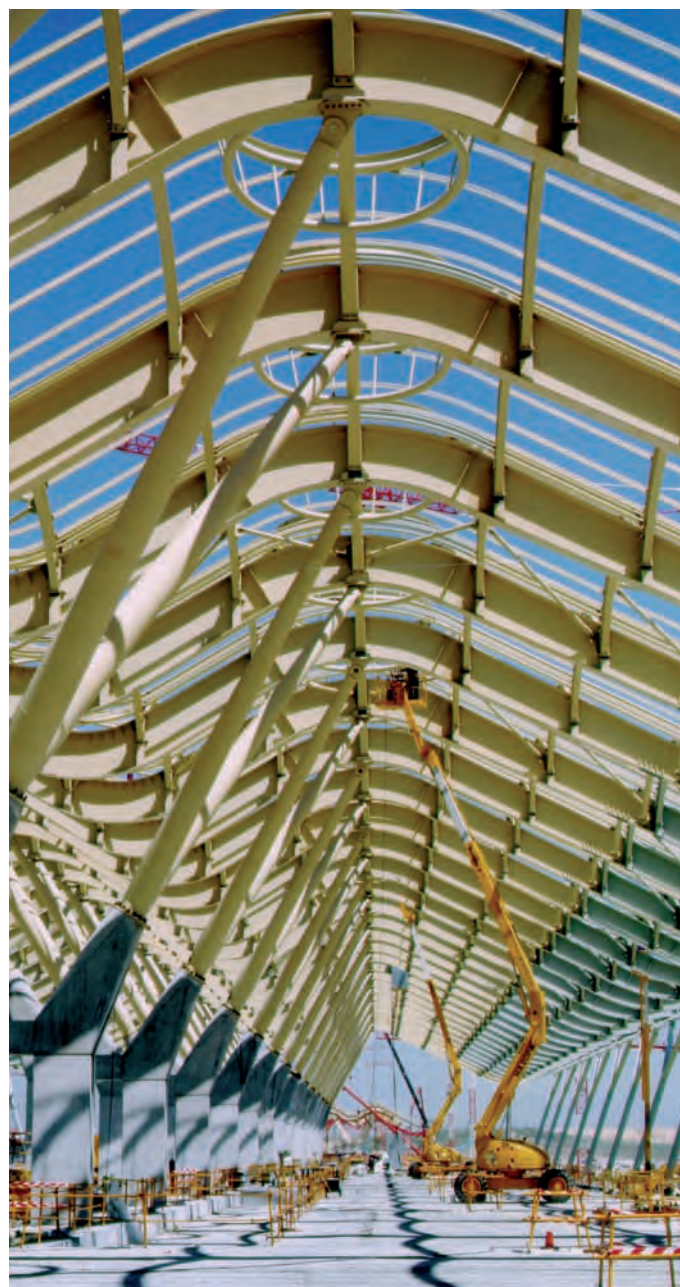
Existen dos tipos de vigas:

1. Las de borde, que son vistas, con huecos para el paso de conductos de las instalaciones, y fuertemente armadas, las cuales se realizaron con un encofrado metálico que permitió su deslizamiento con lanzador.
2. Las interiores, que se ejecutaron a través de los encofrados de castillete de la firma Peri, con la longitud de los 72 m.

En cuanto al procedimiento para la instalación de las vainas de tesado, los puntos de definición del replanteo estaban a 1,00 m, pero las vainas debían sujetarse a los cercos cada 0,5 m y debía tenerse especial cuidado en el correcto tratamiento de los empalmes para asegurar la estanqueidad, a fin de evitar la entrada de lechada de cemento durante el hormigonado de la viga, pues una posible filtración podría crear tapones que impedirían o dificultarían el enfilado o el tesado del tendón.

La parte superior de los pilares de la alineación de pórticos centrales de cada uno de los tres módulos del edificio, está formada por unos puntales inclinados que permite aumentar la superficie diáfana sin soportes de la cubierta. Sobre estos puntales se apoyan los pilares en "V" de la estructura metálica de ésta.

La estructura del forjado, en un 60% de la superficie construida del edificio, se encuentra constituida por placas alveolares pretensadas prefabricadas. La distancia entre apoyos es de 7,38 m y su canto de 20 cm (con carácter general en la obra) o 30 cm (en zonas con carga superior), teniendo una capa de compresión sobre las placas de 10 cm de espesor.





El resto de los forjados se encuentran constituidos por losas de hormigón armado de entre 40 y 80 cm de canto, existiendo unas zonas de menor superficie ejecutadas con placas prefabricadas con sección "pi", y otras con prelosas prefabricadas aligeradas con porexpán y con una capa de hormigón "in situ" ejecutada posteriormente. Las primeras han sido empleadas en zonas que habían de disponer de huecos adicionales para paso de conductos de instalaciones, mientras que el objetivo de las segundas ha sido reducir el peso propio de la estructura en zonas que así lo exigían.

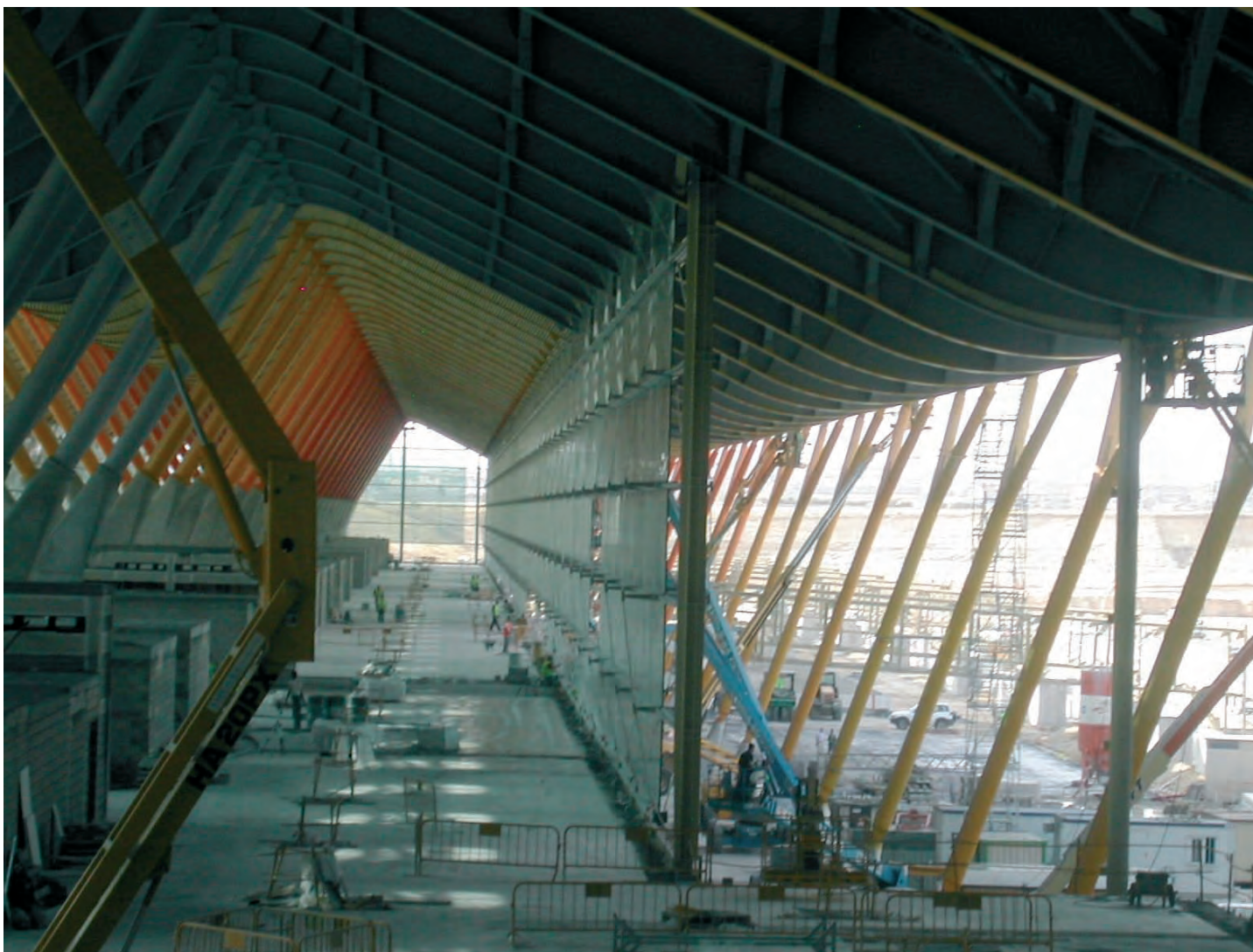
El proceso constructivo ha sido el siguiente:

1. Ejecución de pilares "in situ".
2. Montaje de cimbras y encofrado de vigas.
3. Colocación de armadura pasiva y vainas de la activa.
4. Hormigonado de la parte inferior de la viga, hasta el nivel de apoyo de las placas prefabricadas del forjado.

5. Descimbrado y desencofrado de las vigas cuando el hormigón de las mismas alcanza una resistencia a compresión de 15 MPa (24 h).
6. Enfilado de cordones de acero en las vainas.
7. Tesado de los cables cuando el hormigón alcanza una resistencia a compresión de 25 MPa.
8. Montaje de las placas prefabricadas del forjado.
9. Hormigonado conjunto de la parte superior de la viga y de la capa de compresión del forjado.
10. Inyección de las vainas.

Estructura metálica de la cubierta

La cubierta de este edificio, tanto por su diseño como por sus dimensiones, es uno de sus elementos más representativos. Su estructura metálica sirve de soporte inferior a la cubierta propiamente dicha, y superior al falso techo de bambú.



La estructura metálica de la cubierta tiene una sección transversal al edificio que reproduce la silueta frontal de un pájaro con las alas abiertas. Esta figura se encuentra materializada por una viga principal armada con un canto variable entre 0,75 y 1,50 m, con alas de dimensiones #500.30 y alma de espesor 15 mm. Estas vigas principales se encuentran separadas a + 9,00 m.

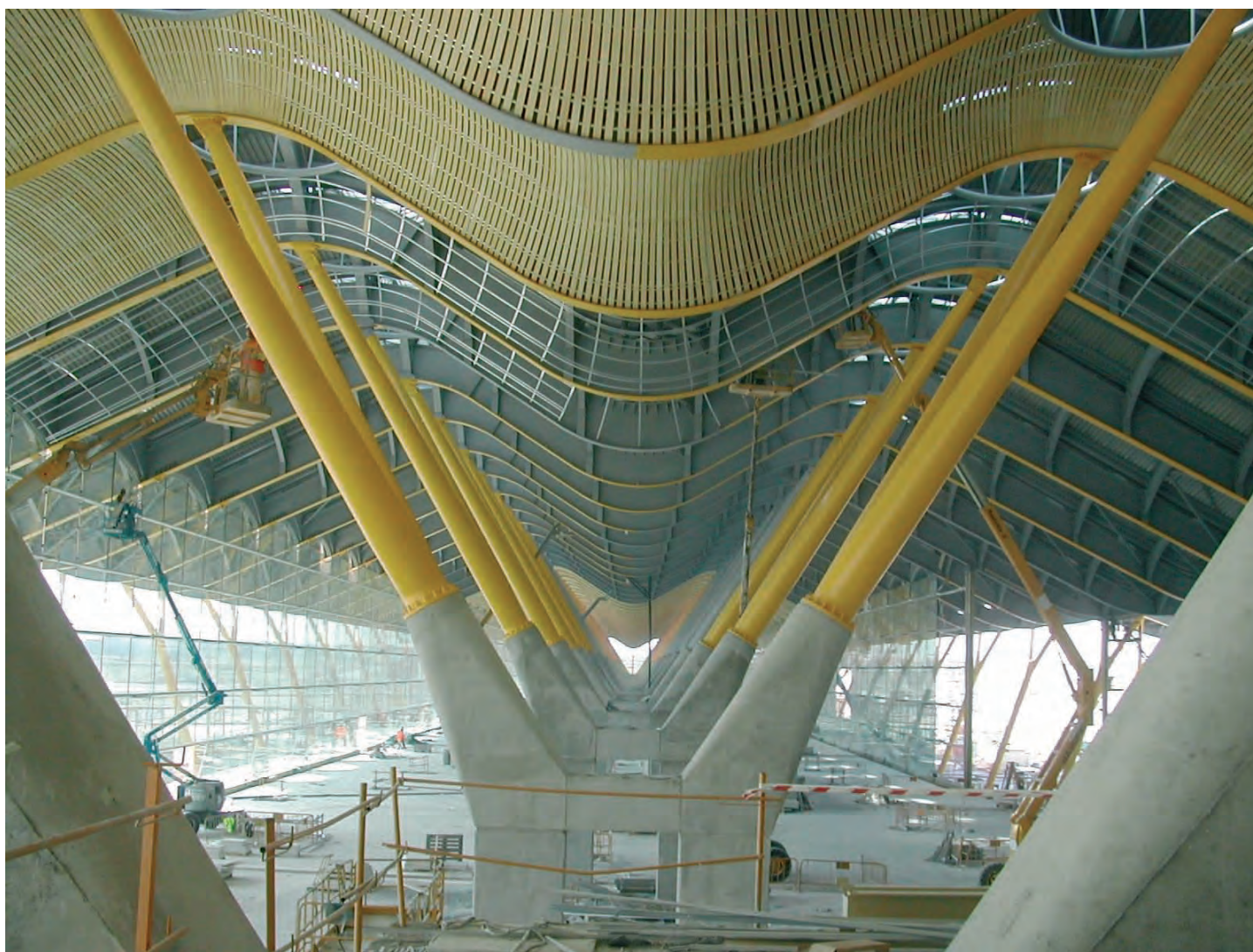
Las vigas principales se encuentran unidas por otras secundarias curvas convexas hacia el exterior del edificio, constituidas con perfiles IPE 500, HEB 700 y HEB 500. Ambos elementos, vigas principales y secundarias, forman una superficie de doble curvatura que permite transmitir una visión de movimiento arquitectónico de la cubierta.

El arriostramiento de la cubierta en su propia superficie está formado por una serie de triangulaciones con tubos

rectangulares (300 x 200 x 12) y circulares (139,7 x 8), completando los elementos secundarios con una correa de fachada de tubos cuadrados (200 x 12,5) o rectangulares (300 x 200 x 12) y una "tirantilla" paralela a las vigas principales (f100 x 4).

Sobre la estructura descrita, en sus puntos más elevados, se sitúan unos lucernarios circulares, y otros ovalados sobre los cañones en las uniones de los módulos de la propia cubierta.

Las vigas principales de la cubierta se encuentran apoyadas en cuatro puntos, que son los extremos superiores de unos soportes en forma de "V" que apoyan sobre pilares inclinados de hormigón situados sobre el nivel +2, y otros en forma de "Y" que apoyan en otros soportes inclinados también de hormigón, pero de menores di-



mensiones, que se encuentran situados sobre el nivel -1i y sobre el nivel +0.

El proceso de montaje que esta estructura de cubierta ha seguido ha sido doble, según se hallara ésta sobre el Dique, o sobre el Factorador y el Procesador. A su vez cada uno de ellos ha sido ejecutado con dos sistemas.

En sus fases principales, el primer sistema de montaje ha seguido las siguientes:

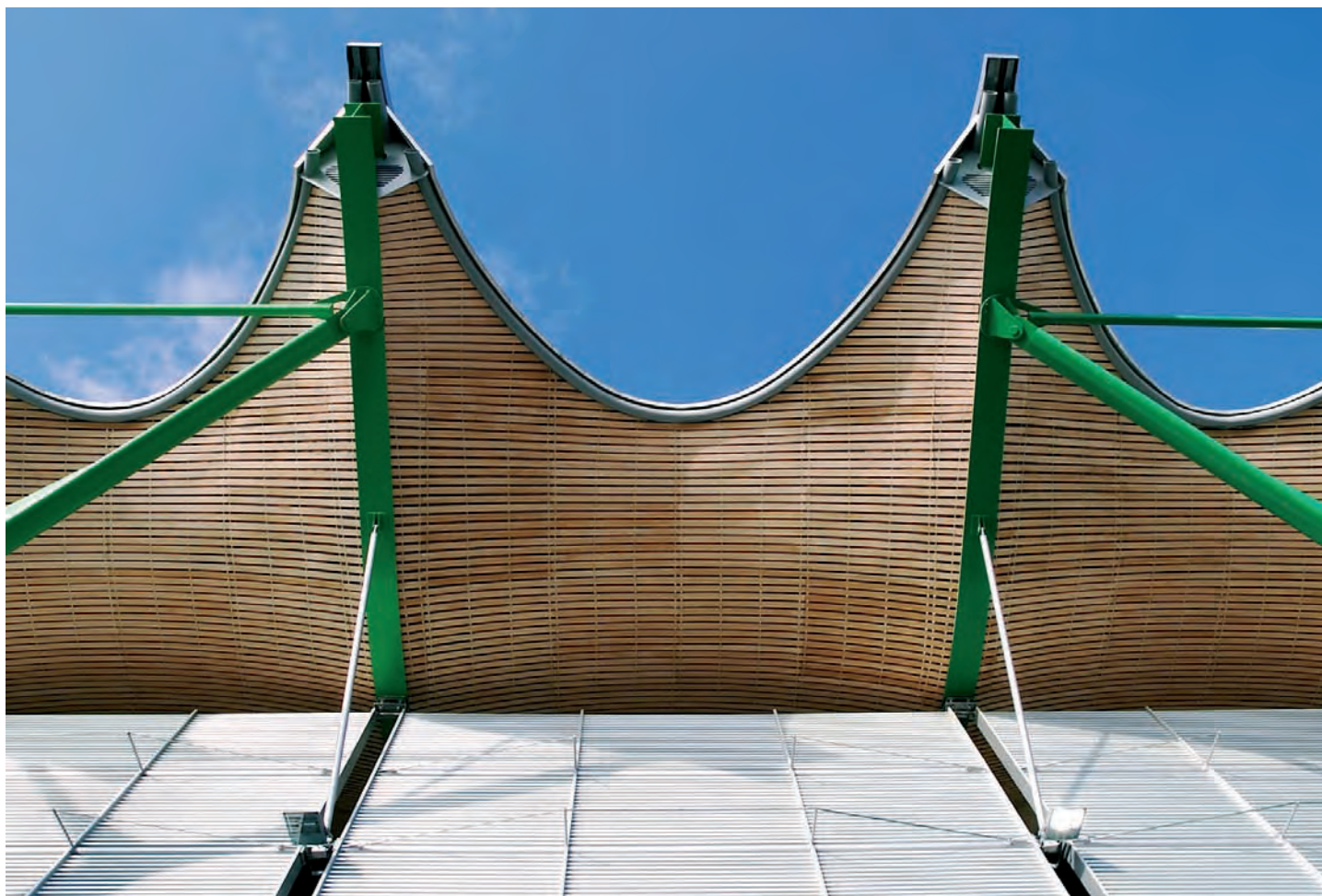
1. Elevación y ubicación sobre los pilares de hormigón de los soportes en "V", fijados temporalmente por una estructura provisional de arriostramiento.
2. Tras su montaje en la cota +0, elevación y ubicación sobre los dos soportes en "V" de un par de vigas principales con sus correspondientes arriostramiento

y vigas secundarias curvas. Todo ello cubriendo la parte central del total de las vigas.

3. Montaje de los soportes en "Y" laterales, sujetos temporalmente con vientos.
4. Tras su montaje en la cota +0, elevación y ubicación en su posición de los extremos de las vigas, también montadas por pares, con su arriostramiento y vigas curvas transversales.

El segundo sistema ha consistido en el montaje de una estructura auxiliar que se desplaza a lo largo del nivel inferior a la cubierta (+1 en el Dique; +2 en Factorador y Procesador). Sobre esta estructura se montan cada uno de los elementos de la cubierta, sin necesidad de elevar conjuntos estructurales ya unidos desde una cota inferior.





Estructura de fachada

El proceso constructivo seguido ha supuesto un tesado provisional. Una vez que se ha dispuesto en obra la estructura principal del muro-cortina colgada de las vigas de cubierta, se realiza un tesado provisional que une las vigas metálicas de cubierta con la viga de hormigón perimetral del Dique en el nivel +1, desplazado hacia el interior del edificio. Cuando este tesado se ha llevado a cabo, se realiza la unión inferior de la estructura principal de la fachada a la viga de hormigón del Dique y se procede al destesado del elemento provisional, produciéndose la transferencia de carga entre ambos.

El muro cortina tipo A2, (fachada de acceso) tiene una estructura tubular constituida por pórticos con dos tubos circulares verticales unidos horizontalmente formando un plano perpendicular a la fachada, y articulados en sus dos extremos: en el superior a las vigas principales de la cubierta y en el inferior a las vigas del nivel -1i del edificio (cota -4,90 m). En este muro-cortina se

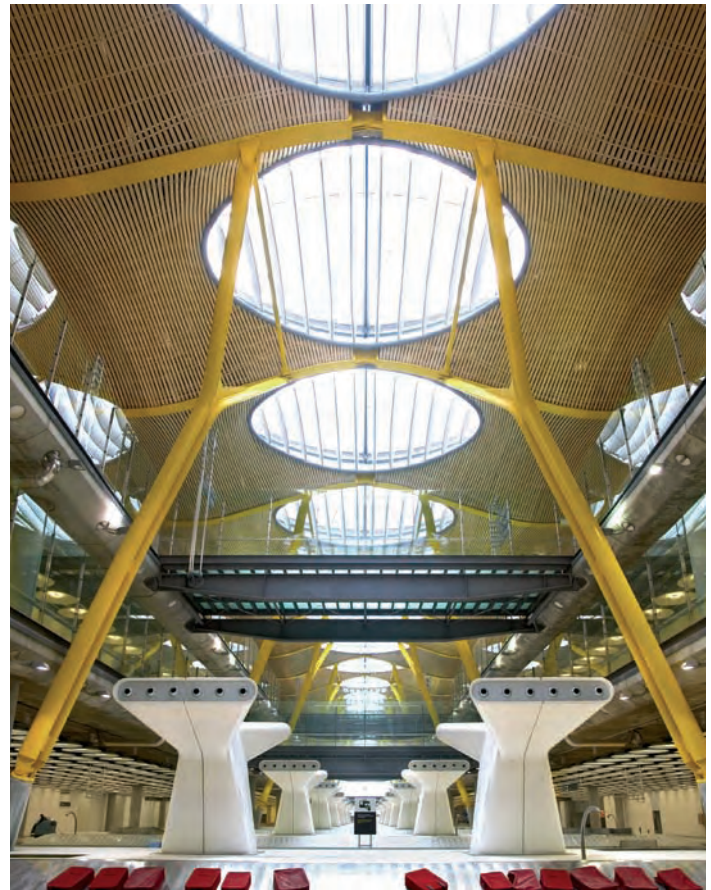
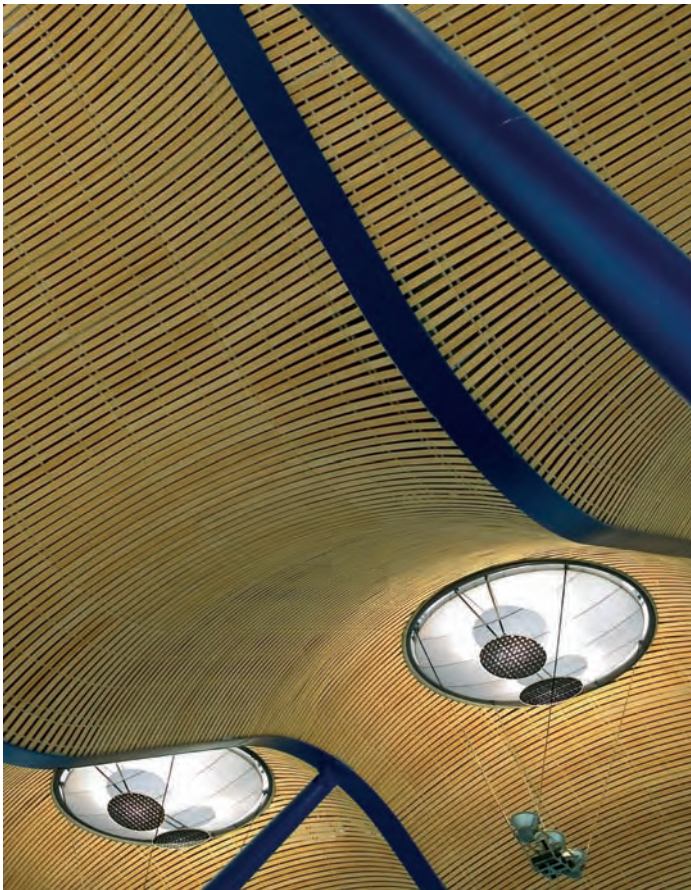
apoyan una serie de puentes metálicos que tienen su origen bien en la Dársena (en su parte exterior), bien en el Factorador (en el interior del Edificio Terminal).

Acabados

Cubierta

Sobre la estructura metálica, se realiza el montaje de la cubierta propiamente dicha del edificio. Ésta se encuentra constituida por una serie de capas cuya breve descripción desde el interior hacia el exterior es la siguiente:

1. Lámina de aluminio interior nervada y perforada.
2. Filtro de fibra.
3. Dos capas de aislamiento acústico de lana de roca de 35 y 30 mm.
4. Una lámina autoadhesiva de betún elastómero como barrera de vapor.



5. Un capa de aislamiento acústico formada por una plancha Viroc de 16 mm.
6. Una lámina de aislamiento térmico de lana de roca semirígida de 100+100 m (la compresión durante la ejecución la deja en 190 mm de espesor total).

7. Lámina de aluminio nervada exterior.

Fachadas

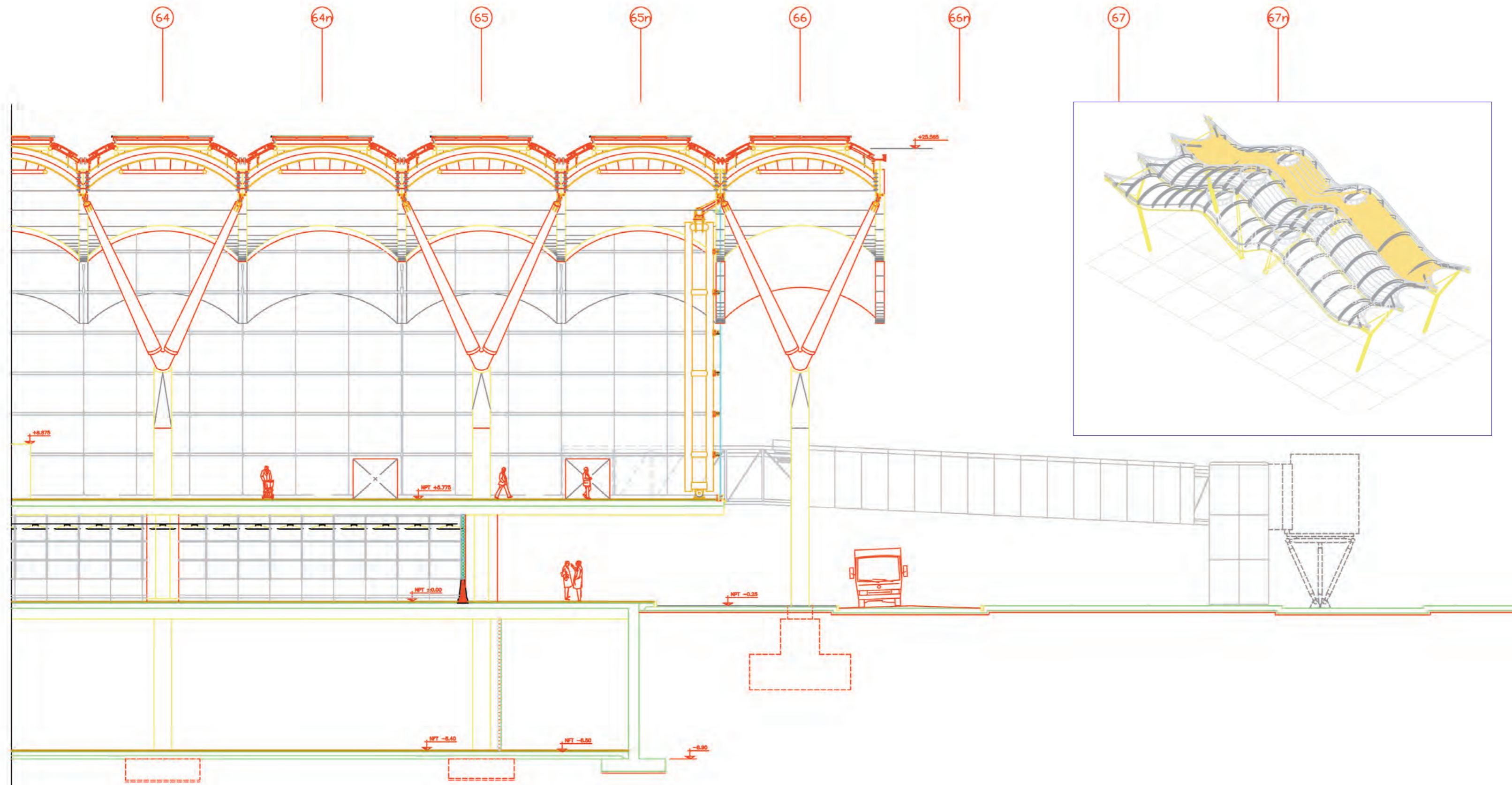
La ligereza de las fachadas, a la que nos venimos refiriendo se logró sustituyendo los clásicos pilares metálicos que se colocan usualmente en los muros cortina por pilares portantes en forma de pseudo-celosías de barras de acero inoxidable, en sección tipo arenque (kipper) que partiendo de un punto en un extremo inferior y de dos próximos (cola) en un extremo superior alcanza un mayor ancho en la parte central.. Dado que dichos elementos portantes están formados únicamente por cordones de tracción-compresión y montantes interme-

dios, pero sin diagonales; para garantizar su estabilidad resulta imprescindible que las barras trabajen a tracción bajo la combinación de las acciones más desfavorables. Este elemento tensa la estructura metálica de cubierta con al viga de solde de hormigón estructural del nivel + 1 del edificio

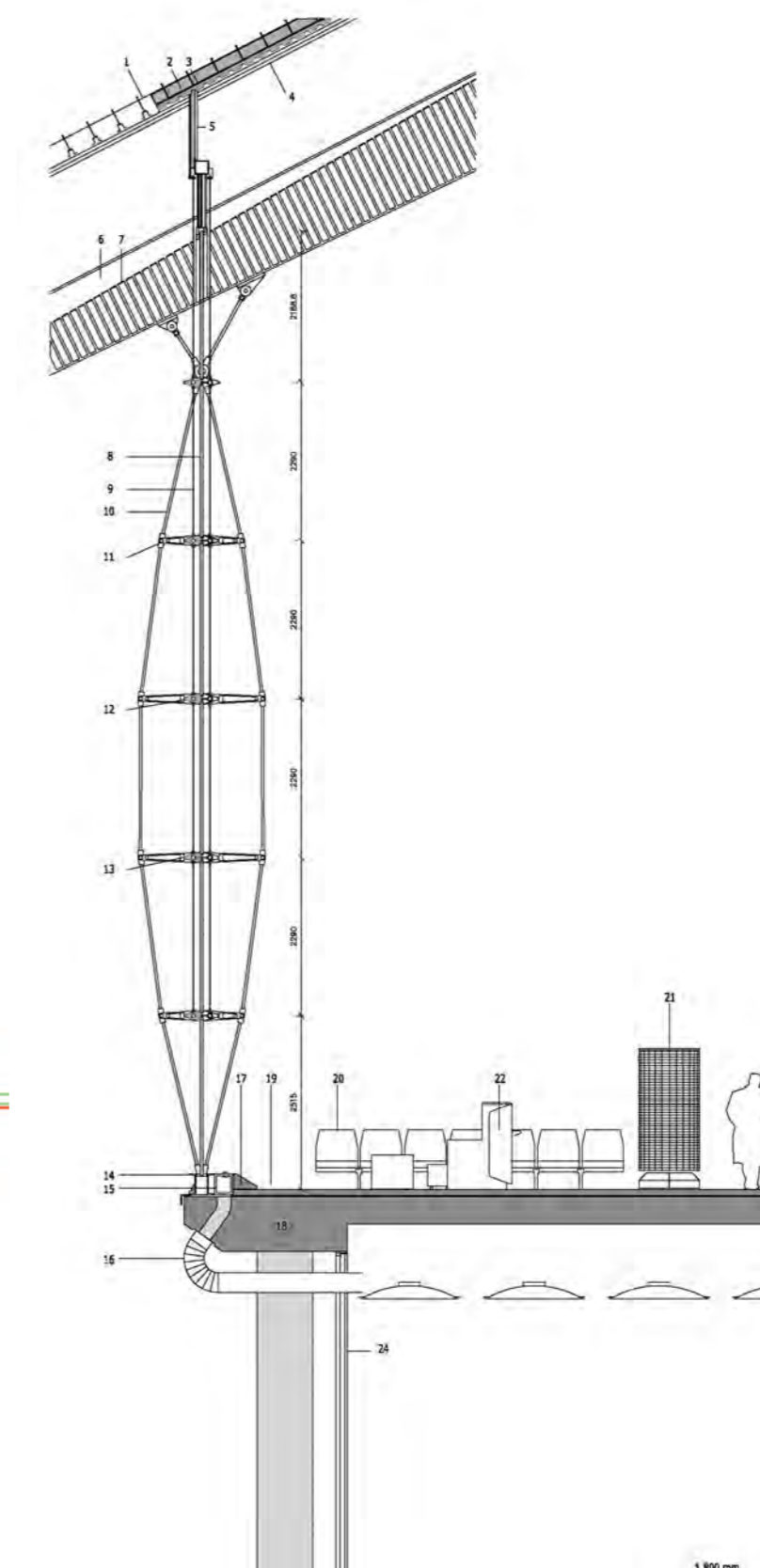
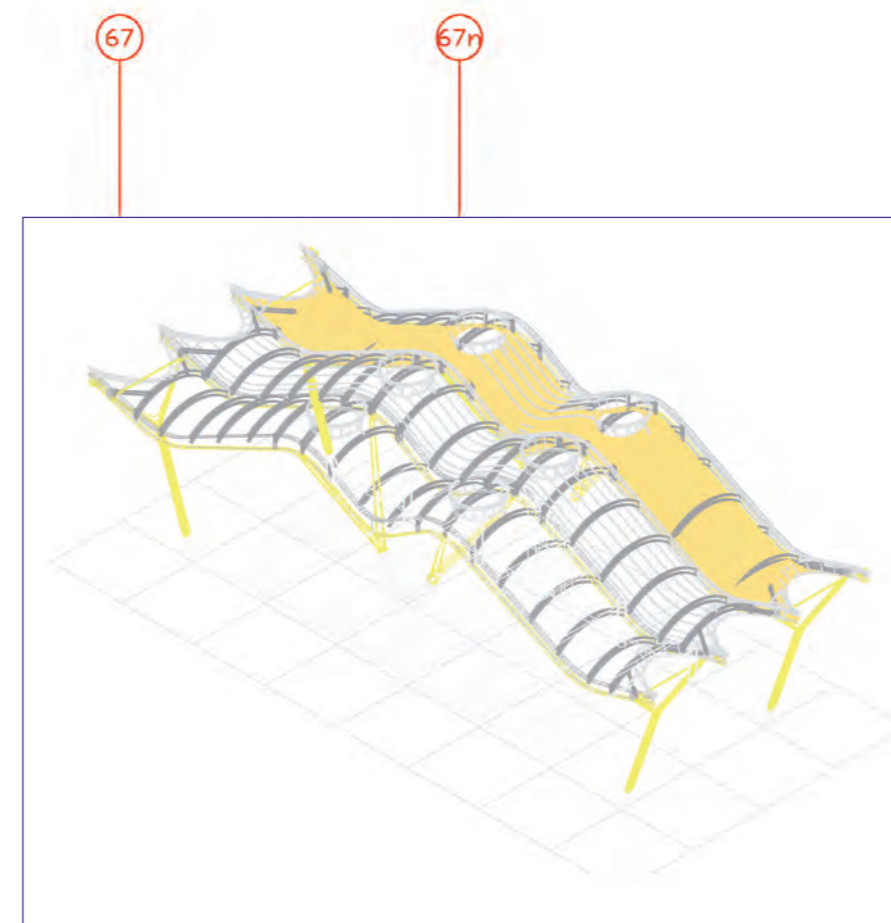
Las fuerzas de pretensado previstas debían ser para la fachada tipo A1, que rodea el dique en todo su pavimento de 51 t por celosía.

Esta fuerza es remanente una vez realizada la transferencia de cargas y dicha transferencia se logró mediante la utilización de gatos hidráulicos que hacían bajar las vigas principales de la estructura metálica de la cubierta, para a continuación colgar las pseudo-celosías de ellas, anclándose al forjado en unas esperas que se habían dejado previstas en él para esta función.

Acto seguido se realizaba la transferencia del pretensado a las pseudo-celosías, soltando de una manera progresiva la fuerza de pretensado de los gatos, calculada y controlada a través de un ordenador central que vigilaba toda la operación.



EDIFICIO TERMINAL
SECCIÓN LONGITUDINAL DIQUE



Falso techo de bambú

El color, textura, desarrollo geométrico y colocación del bambú incrementan las sensaciones de calidez, acogida y confort visual del pasajero.

En el edificios se ha utilizado el de la variedad *phyllostachys pubescens* (también conocido como bambú Mao) ya que su diámetro, color, estructura, densidad y resistencia son más apropiados para la producción de productos laminados. Esta variedad de bambú puede crecer unos 60 cm. en las primeras 24 horas al brotar del suelo en primavera. En 6 meses, un tallo puede llegar a su madurez en cuanto a altura y diámetro, y, tras cuatro años, puede ser cosechado, por lo que la regeneración de los bosques está asegurada.

El bambú se extrae de los bosques de Zhejiang, Anhui, Fujian y Jiangxi (China) y se elaboran las lamas en las fábricas de Zhejiang, Fujian, Jiangxi, Soasan, Jiashan y Hangzhou (China).

Allí el material recibe un tratamiento contra el fuego que lo clasifica como M-1, según CPI-96, en cuanto a las lamas a colocar tanto en el interior como en el exterior del edificio, y con protección contra hongos e insectos de al menos 25 años.

Como características físicas, es destacable que el bambú ya tratado presenta una densidad de 700 kg/m³ y una dureza Brinell de 4N/m². Bajo la estructura metálica de la cubierta se ha montado el falso techo de bambú. El montaje de las láminas se ha llevado a cabo sobre una estructura metálica complementaria que se apoya en la parte superior de las alas inferiores de los perfiles metálicos principales de la cubierta. Una vez montada esta estructura, las láminas, en piezas de 2000x100 mm se atornillaban a la misma, dispuestas en dirección perpendicular a las citadas vigas principales.

Pavimento

El pavimento de las zonas públicas del Edificio Terminal se encuentra constituido por placas de piedra caliza de 40 mm de espesor, con unas dimensiones de 90 cm en una dirección y variable en la perpendicular para romper la monotonía que, una medida igual a la anterior, podía transmitir. Con un control geométrico muy estricto, por las incomodidades que leves irregularidades pueden suponer para el viajero, se han puesto en obra alrededor de 120.000 m² de este material.

Otras unidades

Por su singularidad nos referiremos a las siguientes unidades:



El Edificio Satélite está concebido transversalmente como una estructura de hormigón armado y elementos metálicos en columnas inclinadas sobre la que se colocó una cubierta "sándwich" de aluminio, de doble curvatura, en forma de doble ala de gaviota, y está constituido por dos bloques separados, conectados por un nexo de unión, al que en proyecto se denominó como Cañón, el cual con los dos bloques constituyen volúmenes paralelos

- El solado de vidrio laminar de los cañones está compuesto por 4 lunas de 10 mm de espesor y otra templada de 8 mm, unidas mediante láminas de butiral de polivinilo incoloras. Suministro y colocación de pavimento de vidrio para puentes y embarques de ascensores en baldosas de 1.800 x 600 mm compuestas por 4 lunas de vidrio incoloras de 10 mm, con dos láminas de butiral PVB intercaladas entre cada vidrio (Total 5 butirales incoloros y uno translúcido) y una luna superior de vidrio de 8 mm templado con bandas seri gráficas antideslizantes -4 PVB de 0,38 mm-. Tres incoloros y el otro "Soft White", con un espesor resultante sumando el espesor de los butirales de unión de 51,8 mm.

7. Memoria constructiva del edificio satélite

El proyecto del Edificio Satélite forma parte de una idea general que engloba al conjunto de el nuevo área Terminal del Aeropuerto Madrid-Barajas.

El Edificio Satélite está concebido transversalmente como una estructura de hormigón armado y elementos metálicos en columnas inclinadas sobre la que se colocó una cubierta "sándwich" de aluminio, de doble curvatura, en forma de doble ala de gaviota, y está constituido por dos bloques separados, conectados por un nexo de unión, al que en proyecto se denominó como Cañón, el cual con los dos bloques constituyen volúmenes paralelos.

Un bloque que se define como Edificio Principal se destina a embarques y desembarques de pasajeros y el otro, que se designa como Edificio Anejo, está destinado para control de pasaportes y zona comercial. Ambos presentan tres niveles sobre la rasante de la plataforma de estacionamiento de las aeronaves. Bajo esa rasante cada espacio se extiende uniéndose a los contiguos para formar en cada planta un único volumen que a medida que desciende se reduce en superficie.

El cañón conforma espacios vacíos en toda su altura, los cuales proporcionan la relación vertical de los volúmenes de ambos bloques, el principal y el anejo.

El edificio anejo tiene 117 metros de longitud y 57 de anchura, con 24 controles de pasaportes de emigración en el nivel 0.

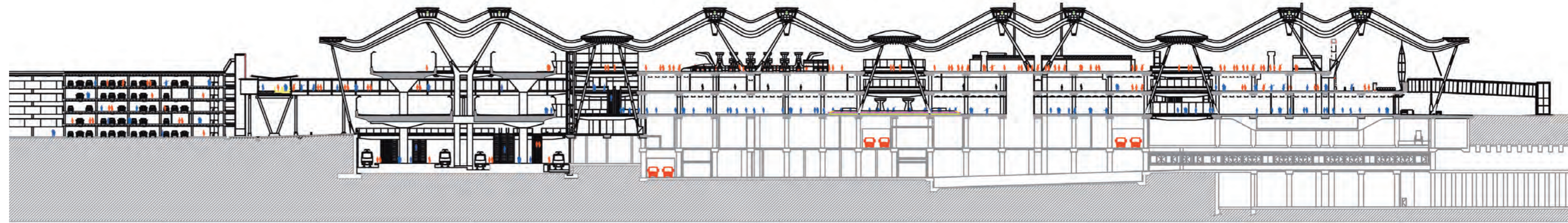
El edificio principal, que junto al cañón y al anejo define una zona central, presenta a ambos lados de dicha zona dos espacios de diques. En estos espacios se establecen las áreas de embarque para acceso a las aeronaves, y en conjunto el edificio principal presenta una longitud de 927 metros y una anchura de 39 metros en el nivel +1, y la misma longitud pero con una anchura más reducida, 12 metros, en el nivel +2, conteniendo 26 controles de pasaportes de inmigración. Este espacio del nivel +2 constituye una espina central elevada, a modo de entreplanta, para poder sectorizar los flujos de pasajeros, siendo a través de ese nivel +2 por donde se realizan las llegadas internacionales.

Las salidas internacionales se desarrollan por el nivel +1, las llegadas internacionales por el nivel +2, y las salidas y llegadas Schengen (vuelos directos con la Unión Europea) se realizan por la zona central del nivel 0, en el que también se ubican patios de carrillos y zona de Oficinas y Servicios Aeroportuarios.

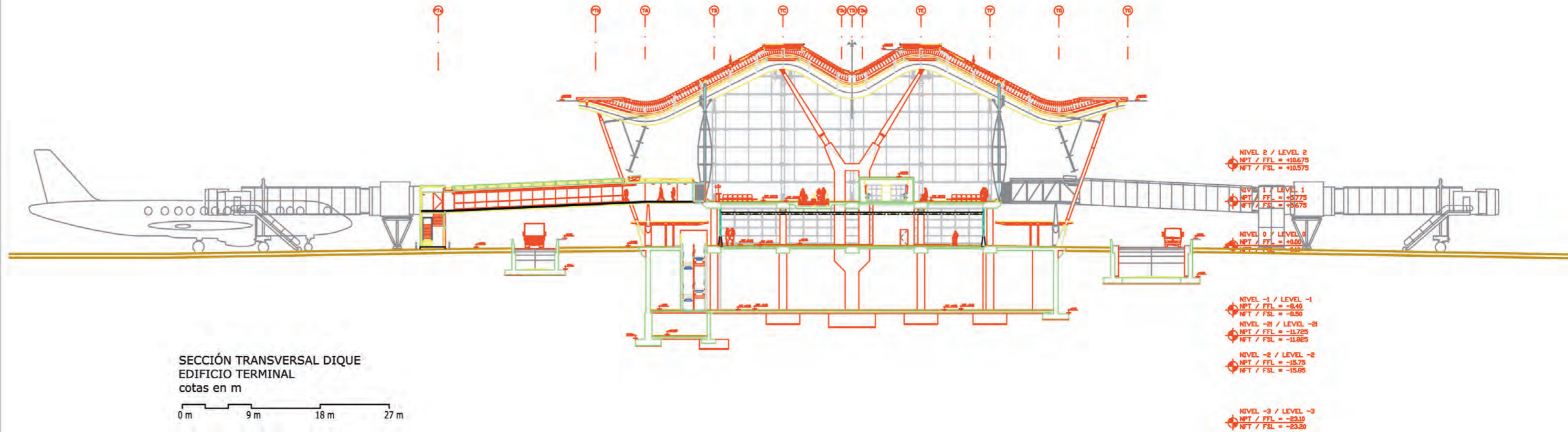
Por debajo de la rasante, el nivel -1 está reservado para zona de Instalaciones, el nivel -2 funciona como Plenum de admisión y expulsión del aire acondicionado, estación del APM, tránsito de equipajes del SATE y zona de Instalaciones y almacenes, y el nivel -3 como zona del SATE, aljibes y pasarela de evacuación.

Los dos bloques y el cañón presentan una cubierta ondulada común que es idéntica en su concepción y materiales a la de la Nueva Terminal, sirviendo, al igual que las fachadas, también idénticas en ambos edificios, Terminal y Satélite, como distintivo identificativo de su unidad conceptual y arquitectónica buscada sin duda para potenciar en el viajero la idea de que está ante dos realizaciones hermanadas funcionalmente.

La cubierta, de 77.047 m² de superficie se extiende fuera de los límites de las fachadas, formando unos importantes aleros que protegen a éstas de la incidencia directa del sol. Y bajo toda esta cubierta cuya lámina principal está formada por una chapa nervada de aluminio en su parte superior,



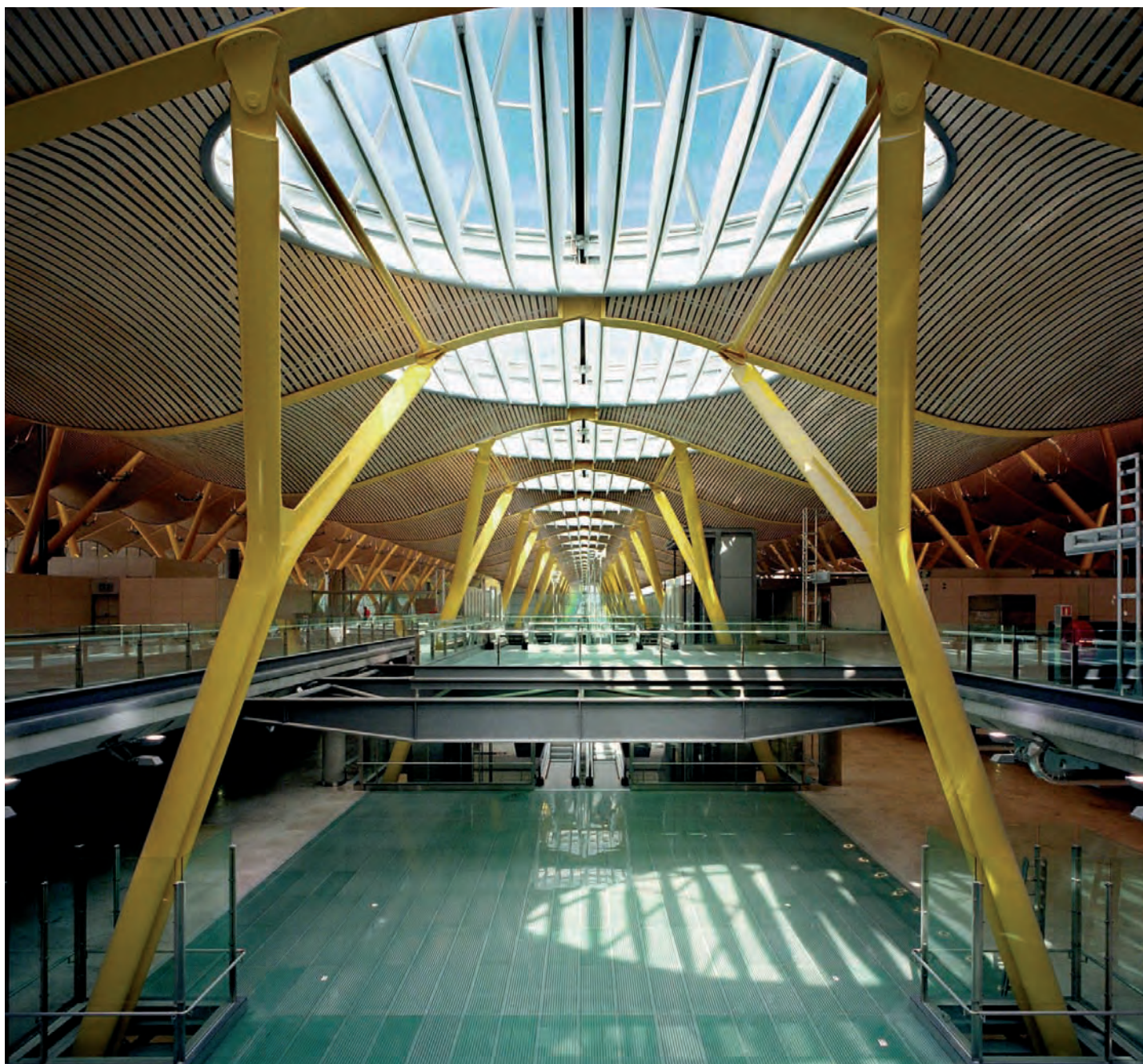
EDIFICIO TERMINAL
ALZADO Y SECCIÓN TRANSVERSAL



EDIFICIO TERMINAL
SECCIÓN TRANSVERSAL DIQUE



Los dos bloques y el cañón presentan una cubierta ondulada común que es idéntica en su concepción y materiales a la de la Nueva Terminal, sirviendo, al igual que las fachadas, también idénticas en ambos edificios, Terminal y Satélite, como distintivo identificativo de su unidad conceptual y arquitectónica buscada sin duda para potenciar en el viajero la idea de que está ante dos realizaciones hermanadas funcionalmente





aparece un fantástico, espectacular y elegante falso techo de lamas de bambú, formando ambos elementos, cubierta y falso techo, unas superficies alabeadas con la forma de ala de gaviota, a la que nos hemos referido, y que dan una especial impronta y personalidad al conjunto arquitectónico.

El solado en áreas pública es de losas de piedra caliza de Sierra Elvira. La fachada es totalmente acristalada con una superficie superior a los 28.100 m² a lo largo de más de 2.130 m de perímetro, presentando frente a ella en sus lados este y oeste unos parasoles de celosías metálicas que complementan la protección solar.

Cimentación

De acuerdo con el Informe Geotécnico, en la zona Sur se ha realizado una cimentación mediante zapatas mientras

que en el dique Norte se necesitó una cimentación profunda con pilotes. En las zonas en que hay hasta 2 sótanos los muros perimetrales son de hormigón armado, mientras que en las zonas en que hay un tercer sótano se ejecutaron pantallas de hormigón.

Los pilares situados en una malla general de 9 x 18 m son de hormigón armado de sección circular con excepción de los que corresponden al eje central del edificio que son rectangulares simples o dobles, y que recogen los pilares centrales de la estructura metálica de cubierta. Las vigas son de hormigón pretensado y 18 m de luz con secciones 180x80 cm, para los niveles sobre rasante, y 180 x 90cm en los niveles bajo rasante. Las juntas de dilatación situadas cada 72 m se realizan en las vigas mediante aparatos metálicos.

Los forjados se resuelven mediante placas alveolares de 20 cm de canto y 10cm de compresión, cuya particularidad



consiste en que en su diseño se han previsto unos nervios macizos centrales para alojar elementos de fijación.

La cubierta consiste en una estructura metálica de perfiles de alma llena principales, con la forma de "ala de gaviota". Cada 9 m, y vigas principales se apoyan en 4 pilares no verticales ni contenidos en el plano de las vigas. Los pilares centrales tienen forma de V y los pilares extremos de Y.

La estructura de la fachada de acero inoxidable tiene forma de husillo con montantes horizontales. Entre cada dos husillos se disponen vigas metálicas que soportan los paños de cristal que forman el muro cortina que constituye la fachada.

En la zona correspondiente al Dique Sur, la cimentación estaba prevista mediante zapatas que debían apoyar en el substrato del mioceno. Por tanto las zapatas apoyaron en tosco (sedimento detrítico con porcentaje de finos > 60%), tosco arenoso o arena tosquita, penetrando más de 25 cm. En ese

tipo de terreno, limpiando manualmente el fondo de excavación, evacuando la humedad que pudiera existir y colocando un hormigón de limpieza prácticamente seco.

En el Dique Norte se hizo una cimentación profunda mediante pilotes perforados, empotrados un mínimo de 6 diámetros, también en el mioceno, con armadura dispuesta a lo largo de toda su longitud. Se han utilizado 41.926 m de pilotes con diámetros de 60 a 100 mm según zonas, terreno o cargas previstas.

ESTRUCTURAS

Hormigón

El conjunto arquitectónico está soportado por una estructura mixta. La parte principal es de hormigón armado con



muros perimetrales y pilares situados en una retícula de 18 x 9 m², resolviéndose las plantas de hormigón mediante vigas pretensadas de 82 cm de canto y 180 cm de ancho en su plano inferior y 235 cm en el superior, con apoyos en pilares cada 18 m, siendo 72 m la longitud de las vigas.

En general, salvo algunos casos muy especiales el pretensado de las vigas está constituido siempre por dos tendones de 18 cordones cada uno, de 0,6 pulgadas.

Para la realización del procedimiento para la instalación de las vainas y el hormigonado de éstas vigas pretensadas, hay que tener presente que a diferencia con otros elementos postesados, como resulta normal en los puentes, en este caso el número de tendones era mínimo, al ser estos sólo dos, y consecuentemente cualquier error en la ejecución podría tener consecuencias lamentables.

Todo el hormigón preciso para la obra, y hay que significar que se usaron 278.204 m³, fue fabricado "in situ" en ella, con 3 plantas de hormigón, el cual fue siempre del tipo HA-30/20/IIa.

Los forjados fueron de dos tipos: A nivel de plataformas, de los dos niveles superiores y de los tres sótanos, con la situación de pilares y vigas que hemos adelantado salvando la luz mayor, fueron realizados con placas alveolares pretensadas de 7,2 m de luz y 20 + 10 cm de canto, en la dirección perpendicular. Se realizaron 99.059 m² de ese tipo de forjados.

Excepción a ésta regla es el forjado del suelo del 2º sótano de la zona central, realizado con losa de hormigón armado macizo de 40 cm de canto, sobre una retícula de 9 x 9 m², duplicándose los pilares y ejecutándose, mediante enco-





forjados de mesas tipo Husson, un total de 22.500 m² en esa zona y planta.

También en otras zonas del bloque arquitectónico se utilizó este tipo de forjado, con el mismo sistema de encofrado, hasta una medición total que en todo el edificio ascendió a 69.620 m².

Por encima del nivel superior de los forjados más altos emergen unos pilares, conocidos en obra como “Tirachinas” por la forma de su diseño, que pueden verse también exentos delante de las fachadas norte y sur.

Metálica

La cubierta está soportada por una estructura metálica formada por pilares inclinados en forma de V y de Y. Los pi-

lares en V parten precisamente de encima de los “Tirachinas” y los pilares en Y de otros situados en el borde del edificio. Todos ellos presentan sección circular de radio decreciente con la altura.

Las costillas o vigas metálicas curvas, con forma de doble ala de gaviota, tienen 72 m de luz e interejes de 9 m, entre dos contiguas, y son las encargadas de recibir los arcos de apoyo del “sándwich” de cubrimiento y los elementos curvos de bambú que forman el falso techo.

Esta estructura auxiliar de 72 metros de ancho y 9 metros de largo presentaba dos filas de dos castilletes cada una, con pilarete central telescópico.

En primer lugar, y ante todo, se colocó dicha estructura en el extremo sur del bloque, APRA a continuación colocar los pilares en V, nº 1 a 4. Luego con ayuda de grúas se situa-





ron sobre los pilares 1 y 2 el tramo central de la viga de doble ala de gaviota nº 1, y seguidamente se hizo lo mismo con la viga 2, sobre los pilares 3 y 4, seguidas de la situación entre ellas de las vigas secundarias que las unían.

A continuación se colocaron los pilares en Y, 1 y 2 de fachada y, con grúas, se situaron los tramos extremos de las vigas 1 a 4, ensamblándolos a los tramos centrales y apoyándolos en dichos pilares, para colocar luego entre esos tramos sus correspondientes vigas secundarias. Acto seguido se procedió a colocar, de igual modo, los tramos extremos de las vigas 3 y 4 y sus vigas secundarias. Después se montó la estructura de los lucernarios circulares situados sobre esas vigas.

Trasladando posteriormente la estructura auxiliar deslizante, se fueron repitiendo las operaciones descritas, aplicándo-

las a los pilares y vigas siguientes, hasta acabar de montar la estructura de cubierta de los dos Diques.

En la parte central del edificio, con la cubierta presentando forma de módulo doble de doble ala de gaviota, y dado el hecho de que las grúas no podían barrer todo el espacio a cubrir, se utilizó otra estructura auxiliar constituida por dos torretas deslizantes, sobre las que se colocaban las vigas curvas, primero su parte central y luego los extremos laterales, soldados a ésta, apoyando todo el conjunto en pilaretes telescópicos, para poderlo trasladar hasta su posición definitiva sobre los pilares metálicos, previamente colocados, donde se les hacía bajar, haciendo descender las torretas telescópicas para situarlas en su posición definitiva, sobre los pilares en V centrales y los pilares en Y de fachada.





8. Memoria constructiva de aparcamiento, accesos y túnel de servicios aeroportuarios

Edificio de aparcamiento

El Edificio de Aparcamiento, situado al oeste de la Terminal y separado de ésta por las dársenas de acceso, tiene forma rectangular, 675 m de largo por 80 de ancho, está alineado en dirección norte-sur y tiene una superficie construida de 309.000 m², con una altura de 15,75 m. Está constituido por seis módulos iguales e independientes de 112 x 80 m, y tiene una capacidad para 9.000 vehículos. Cada módulo estructural coincide con un módulo real de aparcamiento y las juntas están planteadas en coincidencia con los muros cortafuegos, situados cada 112,00 m.

Dentro del edificio merece una especial atención su cubierta ecológica, además de innovadora, representa una

apuesta en el avance en el hacia la sostenibilidad de los procesos de edificación.

Dispone de un núcleo de ascensores, en cada piso, conectados mediante pasarelas, que cuentan con dos pasillos rodantes paralelos entre sí. Desde esta pasarela se realiza la conexión con el edificio Terminal mediante dos puentes, a través del conjunto de dársenas, situadas entre el Aparcamiento y la Terminal

Estructura

La estructura del edificio de aparcamiento es de hormigón armado, con modulación de 8x8 m, entre pilares de 50 cm de diámetro, cimentados sobre zapatas aisladas. Las plantas están constituidas por un forjado reticular de 30 + 8 cm de canto, realizado con casetones recuperables, formando una retícula de 80 cm.

Para la construcción de este edificio, debido a su configuración y dimensiones, se apostó por la industrialización de los procesos de ejecución de las diversas etapas, y por una programación detallada para optimizar la utilización de los recursos, y obtener unos rendimientos que garantizaran el plazo final de la obra.

La obra se planificó con un solo frente, en sentido longitudinal sur-norte, con el inicio de las distintas actividades desfazado en medio módulo, para simultanear el mayor número de tareas evitando la interferencia entre ellas.

La primera de las actividades, el movimiento de tierras, supuso un total de 1.200.000 m³, de excavación de tierras con un rendimiento de 10.000 m³/día. Para la cimentación, realizada en 8 meses, se dispusieron tres equipos de trabajo. Un primer equipo realizaba las zapatas (1.016 uds.), a continuación un segundo equipo ejecutaba los correspondientes pilares de arranque, y por último, un tercer equipo finalizaba la actividad con la construcción de las soleras.

La estructura del edificio de aparcamiento se realizó en 14 meses utilizando un sistema de encofrado de mesas, que permitió una producción de más de 1.280 m²/día, con ciclos de 4 días de duración.

Fachada

El cerramiento de fachada está formado por malla de acero inoxidable trenzada, modelo "Niágara", y cubre todas las plantas, de forma continua, tanto en altitud, como en longitud, y se encuentra colgada desde el forjado de cubierta, y tensada verticalmente mediante piezas de acero inoxidable ancladas en el peto de cubierta y en la solera.

Cubierta ecológica

Otro de los elementos destacados del Edificio de Aparcamiento de la Nueva Terminal del Aeropuerto de Madrid-Barajas es su cubierta ecológica que, con más de 56.500 m² de superficie, que la convierte en la de mayor superficie continua de Europa. Se trata de una cubierta plana invertida sobre la que se realiza una plantación de especies autóctonas capaces de adaptarse a las condiciones extremas del clima y que no necesita ningún tipo de mantenimiento ni riego, ni siquiera en épocas de sequía prolongada, ni produce raíces excesivas ni hojarasca que pueda perjudicar la impermeabilización o al funcionamiento de los sumideros.

La naturación de grandes cubiertas, con bajo mantenimiento, constituye una de las prácticas incluidas dentro de los criterios de diseño propios de la arquitectura bioclimática.

En este caso concreto, se efectuó la plantación de distintas variedades de Sedum, planta extremófila que los estudios experimentales determinaron como la más adecuada para las condiciones la zona de Madrid, siendo las variedades adoptadas, las siguientes: sedum floriferum, sedum reflexum, sedum album, sedum expuim y sedum oreganum

La naturación de la cubierta del aparcamiento presenta notables beneficios desde diversos puntos de vista: arquitectónico, constructivo, estético y medio-ambiental, y contribuye a satisfacer la creciente demanda social en relación con la sostenibilidad de los procesos constructivos.

Accesos y conexiones

Accesos al nuevo área Terminal

Los accesos al nuevo área Terminal constituyen un conjunto de infraestructuras que permiten la comunicación por tierra a los usuarios del nuevo aeropuerto. Están comprendidos entre el viario denominado eje norte-sur, al oeste, y el edificio Terminal, al este. Por el sur limita con el encauzamiento del arroyo de la Plata, y por el norte, a unos 700 m, se encuentra el arroyo de Valdebebas. Las obras comprenden la realización de los distintos accesos, tanto a la Nuevo Área Terminal como al aparcamiento y las conexiones de éstos con el eje viario norte-sur.

Para acceder a la nueva Terminal se ha proyectado una red viaria con un trazado sencillo, diferenciando claramente las distintas clases de tráfico: viajeros, taxis, autobuses y edificio aparcamiento. Esta red incluye un gran número de estructuras, entre las que se cuentan 10 pasos superiores, un paso inferior, dos viaductos de acceso a las dársenas además de las propias dársenas situadas entre el Aparcamiento y el Edificio Terminal, que se desarrollan en dos pisos, dársena inferior y dársena superior.

Otras actuaciones destacables son el desvío del encauzamiento del arroyo de la Plata, 60 m hacia el sur, con una longitud total de 580 m, por interferir en las obras.

También hubo que demoler un tramo de firme de la autovía de Barajas a Alcobendas, circunvalación de la pista nº 3, M-110, para poder ejecutar la excavación de los accesos, al estar situada la rasante a un nivel inferior al original. El material obtenido en la demolición se recicló, para utilizarlo como zahorra artificial en el nuevo firme. En total, se demolieron 21.000 m² de pavimento, compuesto por 25 cm de mezclas asfálticas y 25 cm de zahorras artificiales, y también se retiraron 2.000 m lineales de barrera de seguridad, New Jersey.





Túnel de Servicios Aeroportuarios (TSA)

Dentro de las obras de el nuevo área Terminal de Madrid-Barajas está incluido el Túnel de Servicios Aeroportuarios que, con sus casi 3 kilómetros de longitud, conecta el Nuevo Edificio Terminal con el Edificio Satélite, cruzando bajo la pista de vuelo 18R 36L, y constituye la arteria principal de todo el funcionamiento del Nuevo Aeropuerto de Madrid-Barajas.

El Túnel de Servicios Aeroportuarios es una estructura de hormigón armado, en dos alturas, constituida cada una de ellas, por tres ojos. Los del nivel inferior albergan todo el Sistema Automático de Transporte de Equipajes (SATE), mediante cintas transportadoras, mientras que por el superior discurren tanto el APM (tren de transporte de viajeros entre terminales), por el vano central, como los viales de servicio del Aeropuerto, por los laterales, con dos carriles en cada sentido.

El nivel superior tiene una altura de 6 metros, excepto en la zona comprendida entre la estructura de paso del arroyo, el colector y la embocadura con el Edificio Satélite, en las que se alcanza un gálibo próximo a los 11 metros. En el nivel inferior la altura tipo es de 4,5 metros, excepto en las zonas

más próximas al Edificio Satélite donde se llega a los 8,6 metros. En cuanto al ancho, en los vanos laterales, y en ambos niveles, es de 10,92 m, mientras que el vano central es de 13,10 m.

Esta obra subterránea se completa con los correspondientes núcleos de ventilación, salidas de emergencia y aljibes para dotación de incendios.

La sección tipo normal del túnel es de hormigón armado, salvo la parte superior que está constituida por vigas pretensadas con losa de compresión de 30 cm de hormigón armado, y las fases de ejecución se describen en la figura siguiente.

9. Sistemas automatizados

Entre el equipamiento tecnológico de vanguardia con que cuenta la nueva terminal destacan el sistema automatizado de tratamiento de equipajes (SATE) y el sistema automatizado de transporte de pasajeros, que aportarán más seguridad, rapidez y fiabilidad al procesamiento de equipajes; así como mayor comodidad y rapidez al desplazamiento de los pasajeros entre los nuevos edificios.

Junto a esto, el nuevo aeropuerto dispone de innovadores sistemas de información y telecomunicaciones que interconectan e integran todas las redes que conforman el nuevo conjunto aeroportuario. Ello incluye los avanzados sistemas de vigilancia y control para garantizar la máxima seguridad; y un gran centro de gestión de Aeroportuaria preparado para dirigir y dar respuesta en tiempo real a las incidencias de la actividad diaria.

Procesamiento de equipajes

Un avanzado Sistema Automatizado de tratamiento de equipajes (SATE) aporta mayor seguridad, velocidad y fiabilidad al procesamiento de los equipajes en el nuevo área Terminal.

Este nuevo sistema está formado por una línea de 91,3 kilómetros de longitud, de los que cerca de 42 kilómetros corresponden a cintas transportadoras de alta velocidad.

Con cuatro clasificadores automatizados, el sistema facilita las labores de facturación, separación, clasificación e inspección de maletas y equipajes, con una capacidad de procesamiento de 16.500 equipajes a la hora.

Desde dentro del Nuevo Edificio Terminal y su Satélite, el sistema permite la facturación universal de cualquier vuelo, el procesamiento de equipaje especiales y el almacenamiento automatizado de equipajes tempranos, de llegada y salida, y de todos los equipajes en tránsito. Esto es posible gracias a su sistema de códigos lectores, que permite controlar e identificar los equipajes con una fiabilidad del 99.9%.

Para poder realizar estos procesos, cuenta con un total 152 mostradores de facturación y 20 máquinas de auto facturación distribuidas en nueve isletas, 2 mostradores dedicados en exclusiva a equipajes especiales, y un almacén con capacidad para 2.000 maletas o bultos. El SATE facilita también la inspección de seguridad del 100% de todos los equipajes facturados o en conexión, a través de sus tres niveles de control. Así, cuenta con 59 máquinas dotadas con sistemas de rayos de materiales peligrosos.

Transporte de pasajeros

Para asegurar una fácil y rápida conexión entre el Edificio Terminal y el Edificio Satélite, los pasajeros disponen de un moderno sistema automático de transporte que enlaza ambas instalaciones en unos cuatro minutos.

Operativo las 24 horas del día, el nuevo Sistema Automatizado de Transporte de Pasajeros Intra-Terminales/APM-INTRA), permite mover entre ambos edificios, a una velocidad máxima



de 60 km/h, cerca de 13.000 personas a la hora –6.500 pasajeros por hora y sentido–. Esta capacidad puede ser ampliable hasta las 10.000 m personas por sentido y hora (20.000 viajeros).

Para lograr esta capacidad de transporte de personas y facilitar el movimiento de las mismas, la lanzadera dispone de 19 vehículos guiados sin conductor, –18 operativos y 1 de reserva–, que se desplazan en grupos de tres vehículos a través de un túnel subterráneo de servicios aeroportuarios, así como sendas estaciones de subida y bajada de pasajeros localizadas de forma estratégica en el centro del nuevo Edificio Terminal y el Edificio Satélite.

El APM-INTRA, también llamado AUTOMATIC PEOPLE MOVER, cubre una extensión entre estaciones de 2.100 metros, y tiene una frecuencia de paso, de trenes de 2 minutos en hora punta con un periodo de estancia en la estación para el pasajero de apenas 30 segundos.

Túnel de Servicios aeroportuarios

El Nuevo Edificio Terminal y el Edificio Satélite están conectados a través de un túnel de servicios Aeroportuarios (TSA), de casi 3 kilómetros de longitud que transita bajo las plataformas de estacionamiento de aeronaves y atraviesa todo el campo de vuelo.

Proyectado para soportar el paso de aeronaves, el túnel está formado por dos pisos con tres vanos cada uno. El nivel superior dispone de dos zonas laterales de más de 10 metros de ancho para la circulación de los vehículos de servicios aeroportuarios y un tubo central, de más de 13 metros, por donde discurre el sistema automático de transporte de pasajeros.

La parte inferior, con tres tubos de idénticas dimensiones, está destinado al sistema automatizado de tratamiento de equipajes.





Con todo ello, este túnel subterráneo permite, por un lado, la conexión de pasajeros entre ambos edificios y, por otro, facilita a compañías aéreas, agentes handling y demás operadores aeroportuarios desarrollar su trabajo de forma ágil y rápida, sin necesidad de realizar grandes desplazamientos para evitar las zonas de circulación de aviones.

10. Oferta comercial y de servicios

La oferta comercial en el nuevo área Terminal se ha articulado básicamente en dos grandes centros comerciales, situados en el Edificio Principal y en el Satélite, apoyados por otra área menores instaladas en los diques de ambos edificios, y en las zonas de llegadas y salidas. En total, una superficie superior a los 30.000 metros cuadrados.



Los dos centros comerciales dispondrán de una oferta comercial segmentada y diferenciada, destinada a pasajeros con destino Nacional o Schengen en el caso del Edificio Principal, y a pasajeros con destinos extracomunitarios en el caso del Edificio Satélite.

En total se ha ubicado más de cien locales comerciales o de servicio que cubren la más amplia oferta comercial y de ocio: desde restauración a todo tipo de tiendas, mini-market, prensa, ópticas, jugueterías o alquiler de vehículos...

Las 33 tiendas cubrirán un amplio espectro de demanda de compras en las que no faltan ni marcas de presencia internacional ni marcas nacionales.

En la restauración se ha buscado asegurar la oferta de calidad, precio y servicio desde diferente conceptos para ajustarse a los distintos perfiles de pasajeros. Así, en los 35 locales disponibles, será posible encontrar desde cafeterías de gama media/alta, hasta restaurantes de lujo, sin prescindir de la atención al concepto de comida rápida, bien mediante restaurantes o locales de comida rápida.

El Aeropuerto, además, ha puesto a disposición de sus clientes otros servicios para hacer que su estancia sea mas comoda y agradable:

- Centro de negocios, con espacios de trabajos o de relax para pasajeros en viaje de negocios.
- Servicio de información: más de un centenar de chaquetas verdes ofrecen ayuda y atención en los puntos de información repartidos por las terminales.

- Guardería: un espacio gratuito que facilita lo necesario para atender a los más pequeños.
- Servicios religiosos: capillas católicas e interconfesionales. Intervención de armas: para la realización de trámites para el transporte de armas.
- Banca y cambio de moneda: permite al viajero todo tipo de operaciones bancarias.

El Nuevo Área Terminal contará también con servicios adicionales como teléfono, Internet, área Wi-Fi o cajeros automáticos. También dispondrá de farmacia, administración de lotería, agencias de viaje, reserva de hoteles, oficina de información turística, etc.

11. Respeto al medioambiente

Aena, consciente de las actividades aeroportuarias pueden tener un impacto en el medio ambiente, está comprometida en la consecución de un mejor funcionamiento de la gestión medioambiental en todos y cada uno de los aeropuertos de la red, siguiendo criterios de gestión socialmente responsables.

El respeto al medio ambiente ha sido una de las prioridades de la ampliación del Aeropuerto. En este sentido, se ha llevado a cabo un estudio de impacto ambiental cuyo resultado ha sido el desarrollo de un Plan de Actuaciones Medioambientales que destaca por su compromiso de inserción medioambiental, social y urbanística en el territorio; y que aplica diversas medidas de eliminación o atenuación de los efectos sobre el entorno.

Las medidas que se tomaron durante la fase de construcción se refieren principalmente a la protección de la calidad del aire, del suelo, de los cauces y calidad de las aguas, de la fauna, del patrimonio arqueo-paleontológico y de la flora.

Entre las medidas compensatorias de la puesta en marcha se incluyen diversos proyectos de recuperación ambiental e integración paisajística, la restauración de riberas, humedales y praderas naturales, la reforestación de terrenos y reposición de vías pecuarias y la creación de un Centro de Recuperación de

Fauna Silvestre, en la finca Soto de Viñuelas, propiedad de la Comunidad Autónoma de Madrid, y situada en el término municipal de Madrid.

Procedimientos operativos

Aena y el Aeropuerto de Madrid-Barajas, en la búsqueda de soluciones que concilien la capacidad de operación del Aeropuerto con el bienestar de los habitantes de su entorno, y en cumplimiento de las disposiciones de la DIA de 2001; inició un proceso que dio lugar a la puesta en marcha de nuevas actuaciones de carácter medioambiental, o a la ampliación de las medidas correctivas ya existentes. Entre estas destacan las siguientes actuaciones:

- Afección Acústica: Estudio de protección acústica, seguimiento y control del ruido a través del SIRMA (sistema de seguimiento y medición del impacto acústico que provocan los aviones). Plan de Aislamiento Acústico de viviendas, desarrollo de nuevas trayectorias de salida y aproximación al Aeropuerto, y prevención acústica mediante restricciones horarias, operativas, de uso de rutas y de procedimientos en tierra y áreas de operación.
- Calidad del Aire: Estudios de protección de la calidad del aire y de olores, prevención y reducción de emisiones contaminantes, modificación de los procedimientos de operación, sustitución de vehículos diesel por otros menos contaminantes, ampliación de la red de vigilancia y control, y limitación de la actividad en determinadas zonas.
- Calidad del Suelo y los Cauces: Restitución de la cubierta vegetal, gestión de residuos y control y recuperación de cauces y humedales.
- Calidad de las Aguas: Red separadora de aguas procedentes de plataformas y pistas, control de aguas residuales, pluviales, subterráneas y superficiales: y análisis periódicos para controlar, detectar y corregir situaciones no acordes con los niveles de calidad exigidos.
- Fauna: Medidas preventivas y de protección de la fauna, reposición de lugares de refugio y nidificación, y vigilancia de la fauna y su incidencia en la seguridad aeronáutica. ♦

En mayo de 2000 AENOR certificó la adecuación del sistema de gestión medioambiental del Aeropuerto de Madrid-Barajas a la norma internacional ISO 14001. El Plan Barajas obtuvo dicha certificación en diciembre de 2001 para todas sus instalaciones y obras, manteniéndola en la actualidad.

Con esta ampliación el nuevo Barajas se convierte en un aeropuerto "hub", un gran centro de enlace y actividad entre Europa y América; un gran intercambiador en el que las compañías aéreas podrán conectar sus vuelos continentales y transoceánicos. En definitiva, Madrid-Barajas se consolida como la gran puerta entre América y Europa.



FICHA TÉCNICAS DE LA OBRA

DATOS GENERALES

Nombre: Nueva Área Terminal del Aeropuerto Madrid-Barajas

Localización: Madrid – Barajas (España)

Uso: Dotacional > Transporte

Promotor: AENA

Plazos: Concurso, 1997
Proyecto, 1998 – 1999
Obra, 2000-2005
Puesta en funcionamiento, 2006
Funcionamiento pleno, 2010

Superficie construida: Terminal 470.000 m²
Satélite 290.000 m²
Aparcamiento 309.000 m²
Viales exteriores 64.000 m²
Total 1,1 Millones m²

Proyecto: Arquitectura: Estudio Lamela + Richard Rogers Partnership
Ingeniería: INITEC + TPS

Dirección obra: AENA

Asistencia técnica a dirección de obra: Técnicas Reunidas

Arquitectura: Estudio Lamela y Richard Rogers Partnership

Estructuras: OTEP, HCA, AHA

Instalaciones: INITEC, TPS

Colaboradores externos:

Anthony Hunt
(Diseño estructura principal)

OTEP Internacional (Obra Estructuras)

HCA (Obra Estructuras)

ARUP Façades
(Diseño fachada principal)

Warrington Fire Research
(Asesores diseño estrategia protección contra incendios)

Hanscomb y Gabinete de Ingeniería
(Control de costes)

Sandy Brown (Acústica)

Jonathan Speirs
(Asesores en iluminación)

OVE ARUP (Iluminación natural)

Biosca & Botey (Iluminación natural)

dosAdos (Paisajismo)

3DD (Maquetas)

J. Queipo (Maquetas)

Contratistas:

Terminal: UTE Ferroviaria, FCC, ACS, NECSO, SACYR

Satélite: Dragados, OHL

Aparcamiento: Dragados

FICHA 1

Obra: Nuevo Edificio Terminal

Promotor: AENA

Presupuesto: 752.079.053,68 Euros

Director Plan Barajas: José Manuel Hesse,
Ingeniero Aeronáutico

Autor del proyecto Richard Rogers Partnership
y Estudio Lamela

Empresas consultoras: INITEC-TPS Consult-
Richard Rogers
Partnership-Estudio Lamela
Coordinador: Jesús Hernández,
Arquitecto

Dirección de Obra: Jesús Mendiluce Lacalle,
Ingeniero Aeronáutico
y María Lasheras Torralba,
Arquitecto

Empresas Constructoras: Terminal Barajas U.T.E (ACS, FCC
Construcción, Ferroviaria-Agroman,
NECSO, SACYR)

Gerentes: Francisco F. Asensio Almodóvar,
Ingeniero de Caminos
Santiago Arteaga Padilla,
Ingeniero de Caminos

Jefe de obra: José M^o Nuñez Araque,
Ingeniero de Caminos
Manuel Abella Gómez,
Ingeniero de Caminos
Javier Rey Miranda,
Ingeniero Industrial

Ingeniero de caminos, jefe de la oficina técnica: Jesús Gómez Hermoso

Control de calidad: TR/SEG U.T.E
(Técnicas Reunidas y Sondesos,
Estructuras y Geotécnica)
Gerente: José Luis García Almansa,
Ingeniero de Caminos

Principales características:

Excavación 2.922.731 m³

Hormigón (cimentación muros y estructura) 542.400 m³

Acero para hormigón estructural 34.607.500 kg

Estructura metálica 29.181.400 kg

Cubiertas, lámina interior y exterior 153.000 m²

Fachadas 56.000 m²



FICHA 2

Obra: Edificio Satélite
Promotor: AENA
Presupuesto: 449.671.318,06 Euros
Superficie construida: 287.384 m²
Director Plan Barajas: José Manuel Hesse, Ingeniero Aeronáutico
Autor del proyecto Richard Rogers Partnership y Estudio Lamela
Empresas consultoras: INITEC-TPS Consult- Richard Rogers Partnership- Estudio Lamela
 Coordinador: Jesús Hernández, Arquitecto
Dirección de Obra: Jesús Mendiluce Lacalle, Ingeniero Aeronáutico y María Lasheras Torralba, Arquitecto
Empresa constructora: U.T.E. Edificio Satélite- (Dragados y OHL)
Gerente de la UTE: Jesús Sánchez Ligeró, Arquitecto Técnico
Jefe de Obra: Emilio Ruiz Cecilia, Ingeniero Aeronáutico

Jefe de Producción: Luis Paz Naya, Arquitecto Técnico
Jefe de Oficina Técnica: Asensio Sáez Díaz, Arquitecto
Asistencia técnica: Ingeniería del Suelo. Fhecor Ingenieros Consultores- Estructuras de Hormigón. Aleph.Consultores S.L.- Estructuras Metálicas
Control de calidad: UTE Infratec (Norcontrol ,G.O.C. y GEOTEYCO)
 Coordinador: José Carlos Antoña

Unidades de Obra más representativas:

Excavación de tierras 668.537 m³
 Terraplenados 1.015.583 m²
 Hormigones 278.204 m²
 Losas de hormigón de 30 a 50 cm de espesor 69.620 m²
 Forjado con placas alveolares 99.059 m²
 Acero para armar 34.333.260 kg
 Estructura metálica 18.470.000 kg
 Cubierta de sándwich de aluminio Kalzip 77.047 m²
 Falsos techos de lamas de bambú 77.047 m²
 Muro cortina atirantado en fachadas 28.105 m²



FICHA 3

Obra: Aparcamiento y accesos próximos
Promotor: AENA
Presupuesto: 176.622.480,87 Euros
Director Plan Barajas: José Manuel Hesse, Ingeniero Aeronáutico
Autor del proyecto Richard Rogers Partnership y Estudio Lamela
Empresas consultoras: INITEC-TPS Consult- Richard Rogers Partnership- Estudio Lamela
 Coordinador: Jesús Hernández, Arquitecto
Dirección de Obra: Jesús Mendiluce Lacalle, Ingeniero Aeronáutico y María Lasheras Torralba, Arquitecto

Empresa Constructora: Dragados Obras y Proyectos S.A
 Delegado: Lorenzo Carmona López
 Ingeniero de Caminos, jefe de obra:
 Julio Peigneux Llorca y Ramón Astor Catalán
Asistencias técnicas: TRYSEG U.T.E (Técnicas Reunidas y Sondesos, Estructuras y Geotécnia) SGS-HEYMO (U.T.E Seguridad Barajas)
Principales características:
 Plazas de aparcamiento 9.000 vehículos
 Superficie de aparcamiento 332.000 m²
 Movimiento de tierras 4.000.000 m³
 Acero corrugado 15.000.000 kg
 Hormigón 204.000 m³

