

Estructura del nuevo hospital universitario en la ciudad de Cuenca (España).

Structure of the new university hospital in the city of Cuenca (Spain)

Ramón Sánchez de León ^a, Alberto Herrera Gómez ^b y Francisco Sánchez de León.^c

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. ESTUDIO AIA. Director Dpto. Obra Civil. rsanchezdeleon@estudioaia.com

^b Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. ESTUDIO AIA. Departamento de Estructuras. aherrera@estudioaia.com

^c Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. ESTUDIO AIA. Director Dpto. Edificación. fsanchezdeleon@estudioaia.com

RESUMEN

El proyecto de la estructura corresponde a la ejecución del nuevo hospital universitario en Cuenca. En su conjunto, las obras suponen una inversión superior a los 123,7 millones de euros y el desarrollo de una superficie total construida de más de 114.700 metros cuadrados, de los que 74.800 corresponden a uso hospitalario. El complejo consta de 17 edificios independientes, donde se han utilizado diversas tipologías de edificación, unidos por una galería central y pasarelas de interconexión.

ABSTRACT

The structure project corresponds to the construction of the new university hospital in Cuenca (Spain). As a whole, the works involve an investment of more than 123.7 million euros and the development of a total constructed area of more than 114.700 square meters, of which 74.800 correspond to hospital use. The complex consists of 17 independent buildings, where various building typologies have been used, linked by a central gallery and interconnection gateways.

PALABRAS CLAVE: Losas, pasarelas, vibraciones, helipuerto, pilotes.

KEYWORDS: Slabs, footbridges, vibration, arch, heliport, piles.

1. Introducción.

El Nuevo Hospital Universitario de Cuenca es un conjunto de edificios de nueva construcción. El complejo consta de 17 edificios independientes unidos por una galería central y pasarelas de interconexión, generando 114.700 m² de estructura de diversas tipologías estructurales.

Los edificios están distribuidos en zona norte (módulos A, B, C, D, E, F, G y V) y zona sur (módulos J, L, M, N, O, P, Q, R y T).

En la siguiente fotografía aérea de la figura 1 se tiene una vista panorámica de un estado avanzado de las obras donde pueden verse todos los edificios y su denominación. En ella se aprecia el estado de las obras en el momento de redacción de este artículo, donde los edificios G, J y V están aún en cimentación. El resto de edificios se encuentran con la estructura totalmente terminada.



Figura 1 Vista general de la estructura del hospital desde el oeste.

En la zona sur se localizan entre otras dependencias los servicios generales, el área de hospitalización, y una zona de docencia con salón de actos (edificio J), mientras que en el norte se encuentra entre otros el área ambulatoria, farmacia, urgencias, laboratorios, usos comunes, y helipuerto.

Cada uno de los edificios es estructuralmente independiente entre sí, debido a la interposición de juntas de dilatación, aunque formalmente parezca un edificio único. Las juntas de dilatación se han materializado en su mayoría mediante pasadores deslizantes tipo crets.

En la figura 2 se esquematiza en planta la ubicación de cada uno de los edificios, para la mejor comprensión en la lectura de este artículo.

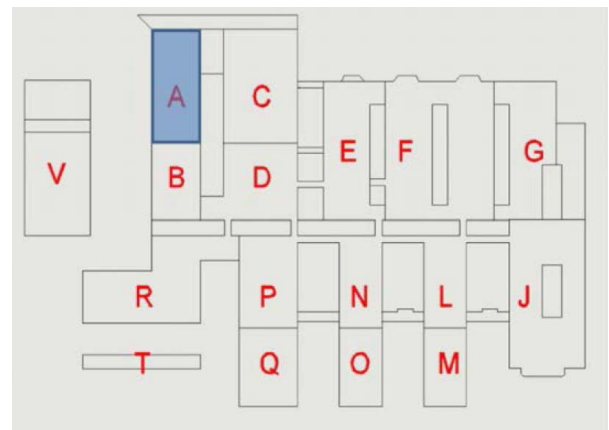


Figura 2 Planta de los edificios.

El número de plantas depende de la configuración de cada edificio si bien el líneas generales los de la zona norte presentan cinco plantas sobre rasante (niveles 0 a 4 según proyecto) mientras que la sur (en los edificios más altos) se definen ocho (niveles 1 a 8 según proyecto). En ambas zonas existen bajo rasante una o dos plantas que corresponden con el nivel -1 en la zona norte o con los niveles -1 y

0 en la sur. En el croquis adjunto de la figura 3 se muestra una sección de los módulos O, M y J, obtenida del proyecto.

La distribución y usos crean una serie de módulos y patios internos que configuran la geometría de la estructura que se resuelve mediante pilares de hormigón armado (en algunos casos metálicos) en los que apoyan directamente losas macizas entre 35 y 40 cm de canto según el uso y las luces a cubrir. Las separaciones máximas entre juntas de dilatación son de 50 m (módulos E, F y J) y de 69 m (módulo J).

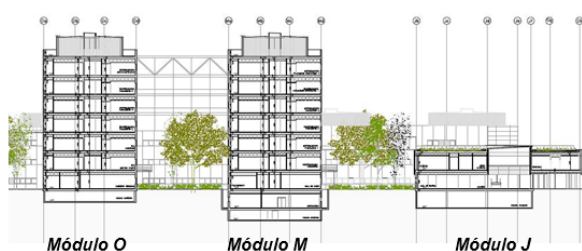


Figura 3 Alzado de edificios O, M y J

Sobre el nivel de cubiertas se dispone en la mayoría de edificios a modo nave una estructura metálica aporticada destinada a cubrir los equipos e instalaciones de climatización denominadas naves UTA. Téngase en cuenta que las exigencias de instalaciones en los hospitales son muy elevadas.

Las cimentaciones de la estructura son cimentaciones directas, excepto en los edificios del noroeste (A,B,C,D) donde las cimentaciones están pilotadas. Ha sido necesario realizar un recalce de cimentaciones que posteriormente se detallará.

La estructura ha sido diseñada y calculada para una vida útil de 75 años, siguiendo las prescripciones del CTE, así como los requerimientos de la EHE.

2. Acciones.

Dentro de un hospital se dan multitud de usos, que es necesario contemplar, así las cargas utilizadas se muestran en la tabla 1:

Tabla 1: Cargas consideradas.

ZONA CONSIDERADA	A kN/ m ²	B kN/ m ²	C kN/ m ²	D kN
Consulta-especialización	1.5	1	2.0	2.0
Áreas de hospitalización	1.5	1	2.0	2.0
Áreas evacuación	1.5	1	3.0	4.0
Cafetería	1.5	1	3.0	4.0
Vestíbulo principal	1.5	1	5.0	4.0
Edificio guardería	1.5	1	3.0	4.0
Pasarelas metálicas.	1.5	0	3.0	4.0
Escaleras	1.5	0	3.0	4.0
Deposito biblioteca*	1.5	0	10.0	4.0
Archivo historias clínicas	1.5	0	12.0	4.0
Almacén de lencería*	1.5	0	8.0	4.0
Talleres y mantenimiento	1.5	0	6.0	4.0
Almacenes generales*	1.5	0	10.0	4.0
Almacén de residuos*	1.5	0	10.0	4.0
Cocina	1.5	0	5.0	4.0
Instalaciones industriales	1.5	0	10.0	4.0
Radiología. Salas. RM	1.5	0	8.0	60.0
Radiología. Salas resto	1.5	0	8.0	20.0
Radiología. Recorridos	1.5	0	10.0	4.0
Medicina nuclear	1.5	0	8.0	4.0
Esterilización.	1.5	0	5.0	4.0
Laboratorios.	1.5	0	4.0	4.0
Farmacia	1.5	0	4.0	4.0
Farmacia. Almacén*	1.5	0	10.0	4.0
Rehabilitación	1.5	0	5.0	4.0
Salón de actos	1.5	0	5.0	4.0
Losas tráfico rodado ligero	2.0	0	2.0	20.0
Losas trafico	2.0	0	20.0	20.0
Helipuerto	2.0	0	2.0	150
Cubierta. Pasarelas	1.5	0	1.0	4.0
Cubierta de grava.	2.5	0	1.0	4.0
Cubierta ajardinada	5.0	0	1.0	4.0
Cubiertas marquesinas	1.0	0	1.0	4.0

Siendo A los pavimentos, B las tabiquerías, C las sobrecargas de uso y D las cargas puntuales.

Asimismo es necesario establecer un recorrido de montaje de máquinas pesadas en los

diferentes itinerarios del hospital (resonancias, etc...) para su instalación y futura sustitución. De tal manera que se aporta un manual de uso estructural durante la explotación del edificio.

3. Estructura tipo de edificios.

La tipología estructural general es de losas armadas de hormigón HA-30 con consistencia fluida, con canto de 30 a 40 cms según las zonas y luces, apoyadas en pilares de hormigón o

metálicos con luces variables entre 8.00 y 12.50 metros.

La tipología de losas macizas ha venido impuesta por la Administración y es una tipología clásica en hospitalización, debido a la gran cantidad de huecos que es necesario realizar para los conductos de instalaciones.

Con carácter general los huecos de ascensores se han ejecutado con pantallas de hormigón armado que sirven de núcleo de rigidez a la estructura frente a esfuerzos horizontales y de elementos de contención del empuje de tierras de los sótanos inferiores



Figura 4 Vista aérea de la estructura desde el lado este.

Se ha dado especial importancia a los estados límites de servicio de deformaciones, al ser luces importantes para la edificación.

La flecha relativa (F1) a tiempo diferido tendrá una relación flecha/luz (f/L) menor que $1/400$, ante cualquier combinación de acciones características, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento.

Para garantizar el confort de los usuarios la flecha de sobrecarga de corta duración (F2), para cualquier combinación de las acciones características, se ha impuesto inferior a $L/350$.

Por la apariencia de la obra, ante cualquier combinación de acciones permanentes, la flecha diferida relativa (F3) será menor que $1/300$.

En la tabla adjunta se muestra para cada edificio y para las luces máximas del mismo, la relación flecha/luz.

Tabla 2. Relaciones flecha/luz.

Edificio	Luz m	F1 f/L	F2 f/L	F3 f/L
A	12.45	617	3891	682
B	9.70	1030	4949	1177
C	9.25	744	4282	831
D	9.85	764	10944	797
E	12.24	1261	11657	1349
F	12.44	951	11207	1001
G	10.08	626	3818	695
J	11.21	872	2355	1120
L	9.25	1437	17788	1511
N	9.25	1504	18137	1583
O	9.05	1575	20568	1651
P	9.30	1064	11071	1130
Q	9.30	1152	12400	1220
Q	8.80	590	6984	621
R	10.22	854	4171	973
V	10.52	732	2963	859

Para cualquier combinación de acciones características, el desplome del edificio se ha calculado que sea menor que:

- Desplome total $< 1/500$ la altura del edificio.
- Desplome local entre plantas $< 1/250$ de la altura de la planta, en cualquiera de ellas.

En el ámbito hospitalario se es muy riguroso con el estado límite de vibraciones, especialmente en la zona de quirófanos, por razones obvias. Para ello se realizó un riguroso estudio de vibraciones al tener luces importantes.

La frecuencia más baja obtenida en los forjados es de 3,40 Hz correspondiente a flexión vertical, que se sitúa fuera del rango crítico mostrado en la tabla siguiente:

Tabla 3. Rango de frecuencias en peatones.

Peatones	Rango	Despacio	Normal	Rápido
Andando	1,4-2,4	1,4-1,7	1,7-2,2	2,2-2,4
Corriendo	1,9-3,3	1,9-2,2	2,2-2,7	2,7-3,3
Saltando	1,3-3,4	1,3-1,9	1,9-3,0	3,0-3,4

Se analizaron las aceleraciones obtenidas para diversas situaciones hospitalarias, obteniéndose en todos los casos valores inferiores a $0,40 \text{ m/s}^2$ que se sitúan en el grado de confort máximo.

4. Resistencia al Fuego.

Para uso hospitalario, las restricciones de la estructura frente al fuego son muy exigentes, así en el proyecto se ha considerado la siguiente resistencia al fuego:

- Plantas bajo rasante : EI 120 minutos
- Plantas sobre rasante:
 - Plantas con altura de evacuación menor a 15 m: EI 90 minutos
 - Plantas con altura de evacuación entre 15 m a 28 m: EI 120 minutos
 - Plantas con altura de evacuación superior a 28 m: EI 180 minutos

En zonas de riesgo especial alto, se ha considerado una resistencia al fuego de 180 minutos (R-180).

En la estructura de hormigón ha sido necesario adaptar los recubrimientos en las diferentes zonas de la estructura, mientras que en las zonas de estructura metálica la resistencia se alcanza recubriéndola con una pintura intumescente.

5. Modelos de cálculo.

Los modelos de cálculo utilizados para cada edificio son modelos complejos tridimensionales conjugando elementos tipo barra para los pilares con elementos tipo losa para los forjados, que reflejan fielmente el comportamiento del edificio. En la imagen adjunta puede verse el modelo del edificio de hospitalización M.

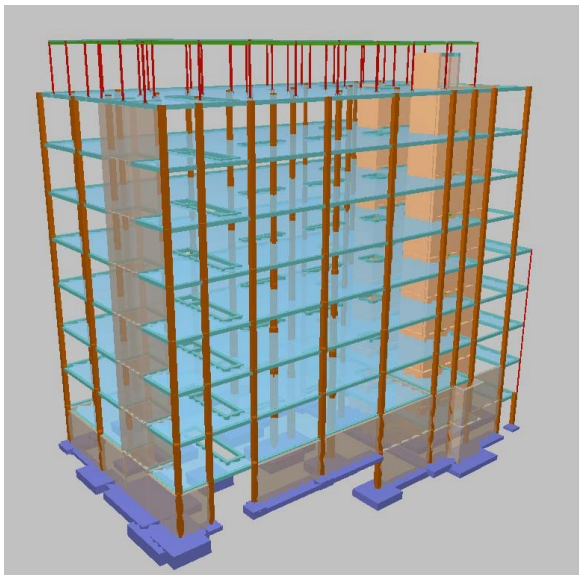


Figura 5 Modelo de cálculo del edificio M.

6. Pasarelas de hospitalización

Entre los edificios Ly N de hospitalización se dispone una pasarela metálica de 19,60 metros de luz y 4,00 metros de canto, diseñada como viga triangulada de perfilería laminada 3.00 metros de anchura y situada en última planta.

La pasarela se apoya sobre neopreno armados sobre ménsulas cortas que la reciben en los pilares de los edificios comentados.

De esta pasarela triangulada cuelgan tres pasarelas de igual anchura coincidente con los niveles inferiores de los edificios y que permiten la conexión en todas las plantas, tal y como puede verse en la figura 6.

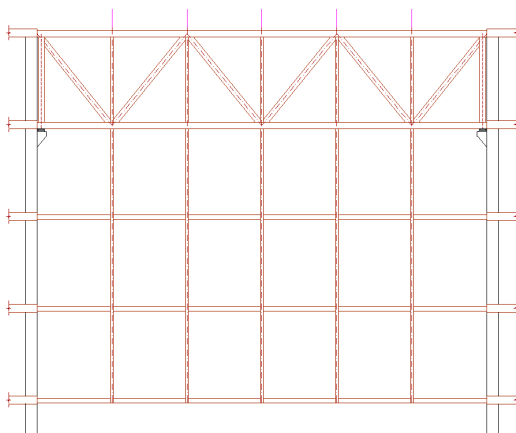


Figura 6 Alzado de la pasarela con la viga triangulada en la parte superior.

Los forjados de las pasarelas se resuelven mediante encofrado colaborante de chapa grecada y posteriormente hormigonado.

Además existen otras pasarelas de menor entidad que conectan plantas entre los diferentes edificios que se han resuelto igualmente mediante vigas trianguladas.



Figura 7 Detalle de la unión de la pasarela de hospitalización con edificio L.

7. Singularidades del edificio J.

El edificio J presenta singularidades estructurales dignas de mención. Este edificio es el administrativo y donde se ubica un gran salón de actos, presentándose las luces mayores del proyecto.

Para la resolución de la cubierta del salón de actos se requieren luces de 18.00 metros que se han salvado mediante grandes vigas mixtas con cantos de 1.25 metros. Las vigas metálicas son armadas en doble T y se ejecutan con acero de calidad S-275. Las vigas se montan por parejas para evitar el pandeo lateral del ala superior. Posteriormente se disponen de prelosas entre las mismas y se procede al hormigonado de la losa superior, conformando así las vigas mixtas. La conexión se realiza mediante pernos conectadores tipo stud.

Para considerar en servicio la deformabilidad de la cubierta y facilitar el drenaje de la misma se da una contraflecha hacia arriba a las vigas metálicas de 150 mm.

En este edificio, aunque las losas de los forjados son de hormigón, los pilares proyectados por condicionantes de diseño arquitectónico son metálicos; resolviéndose la unión entre pilar y losa mediante la clásica cruz con perfiles laminados para el punzonamiento.

8. Helipuerto.

En la cubierta del edificio C se dispone un helipuerto, para que los pacientes aerotransportados entren directamente al módulo de urgencias. El helipuerto es una losa armada de 40 cms de canto con unas dimensiones cuadradas de 21.50 metros de lado.

Debido a que en este módulo existen quirófanos de urgencia, se trata de limitar al máximo las vibraciones que el helicóptero pueda introducir durante las operaciones de aterrizaje o despegue.

Para ello la losa del helipuerto se apoya sobre unos amortiguadores de muelle que a su vez se apoyan en los pilares que salen de la cubierta, de esta manera todas las vibraciones introducidas son recogidas por los amortiguadores.



Figura 8 *Detalle de amortiguador de muelle bajo losa de helipuerto.*

Este amortiguador está pensado para ser colocado en cada uno de los 30 pilares que sustentan el helipuerto. Cada amortiguador está calculado para trabajar eficientemente soportando una carga de 210 kN, siendo su resistencia estructural capaz de aguantar 330 kN.

La diferencia que presenta el neopreno con respecto a los muelles para el uso en el aislamiento de vibraciones provocadas por un helicóptero es el valor de su frecuencia propia.

Mientras que la frecuencia propia del amortiguador es de 3.5 Hz, la de una plancha de neopreno convencional es de unos 18 Hz. La frecuencia principal del paso de pala de un helicóptero suele estar en el rango de entre 22 Hz y 32 Hz, existiendo la posibilidad de que ambas frecuencias (amortiguador y paso de pala) entren en resonancia, aumentando la amplitud de las vibraciones. Riesgo que no existe si se utiliza un amortiguador de muelle.

9. Naves de climatización.

En la cubierta de los edificios A,B,C,D, E ,F ,N,L,M y O se disponen unas naves para albergar todas las instalaciones de climatización denominadas UTA (Unidad de Tratamiento de Aire).

Estas naves se proyectan como pórticos de perfiles laminados de acero S-275, articulados en su unión con el forjado de la cubierta de los edificios.

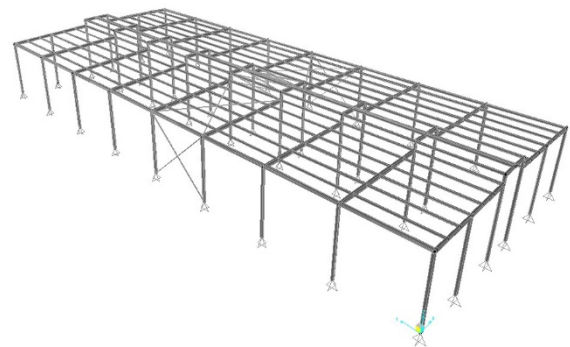


Figura 9 *Esquema estructural de las naves de climatización UTA en cubiertas.*

Las UTA están muy expuestas al viento al estar en las cubiertas de los edificios por lo que ha sido la sollicitación más importante para las que han sido calculadas.

10. Losa de Acceso a Urgencias.

Para el acceso a las urgencias del hospital, situada en los bloques A y C; se requiere una losa elevada hasta el nivel de acceso; a esta losa puede acceder cualquier vehículo, por lo que su cálculo se ha regido por la instrucción de acciones en puentes IAP-11 en lugar de por el CTE.

Se ha proyectado una losa continua, con luces superiores a los 10.50 metros, de hormigón fuertemente armada y con un canto de 40 cms; apoyada sobre pilares también de hormigón armado. Se ha puesto especial énfasis en el cálculo a punzonamiento de la losa por ser cargas elevadas frente a pilares de reducida sección.

11. Cimentaciones.

El terreno sobre el que se ubica el hospital presenta tres niveles geotécnicos:

Nivel I: Terreno vegetal que se retira para cualquier apoyo de cimentación, presenta poca profundidad.

Nivel II: Corresponde a sedimentos aluviales de arenas limosas y gravas y arenas.

Nivel III: Son los sedimentos terciarios, que se encuentran a poca distancia desde la superficie en la zona alta de la parcela, hasta 6.00 m en la zona baja y que en general son muy heterogéneos.

El informe geotécnico recomendaba una cimentación directa mediante zapatas en el nivel III, y cuando no se pueda alcanzar este nivel con pozos de cimentación, se recurrirá a cimentación profunda mediante pilotes barrenados y hormigonados in situ.

Se han estudiado las diferentes tipologías de cimentación en cada una de las zonas. En la mayoría se consigue cimentar mediante zapatas o zapatas con pozos con una tensión admisible de $3,5\text{kg}/\text{cm}^2$. En los edificios A, C, V y X se realizó una cimentación profunda mediante pilotes de diámetro de 450 mm.

La junta entre las zonas A y C con las zonas B y D, respectivamente, debe separar dos tipologías de cimentación, para ello los pilares en la junta se cimientan en pilotes, la siguiente alineación hacia las zonas B y D se realiza mediante una zapata trabajando a una tensión admisible de $1,5\text{Kg}/\text{cm}^2$ para disminuir el asiento y finalmente la segunda alineación tiene zapatas con una tensión admisible de $3,5\text{kg}/\text{cm}^2$. De esta forma se produce una transición de asientos gradual entre los pilotes y la cimentación directa.

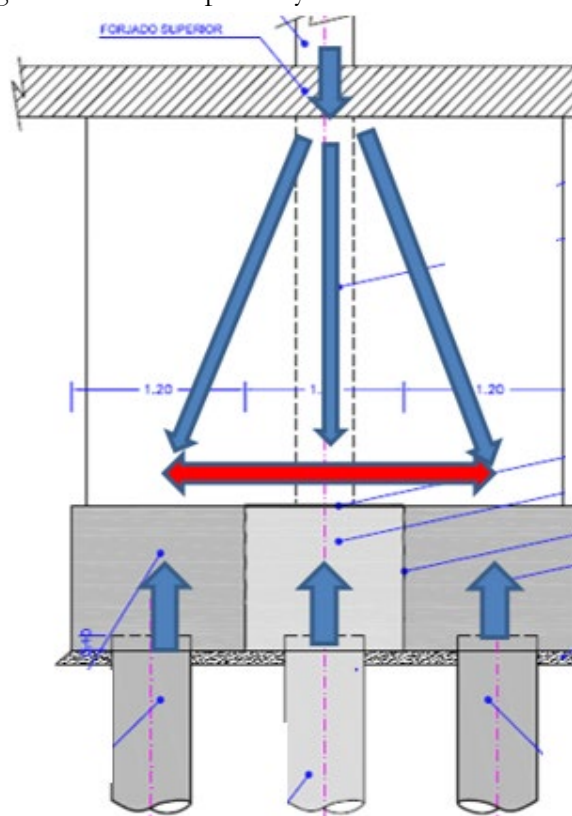


Figura 10 Alzado de recalce de encepado preexistente de 2 pilotes.

Una vez ejecutadas las cimentaciones y con los pilares construidos, se realizó una modificación de la arquitectura en los edificios A,B,C y D; que afectó a la estructura e incrementó notablemente las cargas sobre determinadas cimentaciones compuestas por un encepado de 2 pilotes.

Se realizaron varios estudios de recalce de estas cimentaciones y se optó por demoler el pilar construido y ejecutar dos encepados con dos pilotes de 450 mm paralelos y adosados al existente, pero sin conexión entre los encepados.

Sobre los tres encepados (antiguo+2 nuevos) se construyó una pantalla en sustitución del pilar con el ancho de todo el encepado. En la parte inferior de esa pantalla se dispuso un armado transversal que materializa el mecanismo de bielas y tirantes y verticaliza la reacción sobre los nuevos pilotes.

Dado que los nuevos pilotes son del mismo diámetro y longitud que los preexistentes se garantiza que el reparto sobre todos los pilotes es uniforme.

Agradecimientos

La obra del Nuevo Hospital Universitario de Cuenca está siendo promovida por el Servicio de Salud de Castilla-La Mancha SESCAM de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. La empresa constructora es una UTE formada por SARRION y OHL. El proyecto de arquitectura ha sido realizado por una UTE de arquitectos Petrement-Cruz-Baquerizo-Carvajal-Casariego.

El proyecto de estructuras ha sido realizado por ESTUDIO AIA, ARQUITECTOS E INGENIEROS ASOCIADOS, S.A.