

Nueva Sede Central del Grupo Cooperativo Cajamar

New Headquarters building of the Cajamar Cooperative Group

Ángel Vidal Vacas ^a, Álvaro Serrano Corral ^b

^aIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. MC2 Estudio de Ingeniería. Jefe de Proyectos. angel.vidal@mc2.es

^bIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. MC2 Estudio de Ingeniería. Director Técnico. alvaro.serrano@mc2.es

RESUMEN

Arquitectos Ayala redactó el proyecto constructivo de la Nueva Sede del Grupo Cooperativo Cajamar, siendo MC2 Estudio de Ingeniería el encargado del diseño de la estructura y la asistencia técnica durante la obra. La estructura incorpora aspectos singulares como la zona de transición entre el bajo rasante y el sobre rasante, con módulos geométricos no concordantes que exigió el planteamiento de apeos sobre vigas postesadas. Los forjados del sobre rasante fueron aligerados y postesados, logrando luces entre apoyos de 16.0 m. La entrada a la seda incorpora un atrio de gran altura materializado por celosías mixtas sobre las que apoyan losas postesadas de la planta cubierta.

ABSTRACT

Ayala Architects designed the new headquarters of Grupo Cooperativo Cajamar, and MC2 Estudio de Ingeniería was responsible for the structural design and technical assistance during construction. The structure incorporates unique aspects such as the transition zone between the ground and upper levels, with non-concordant geometric modules that required the use of shoring on prestressed beams. The slabs above ground level were lightened and post-tensioned to achieve spans of 16.0 m between supports. The entrance to the Centre incorporates an atrium of great height, materialised by composite trusses, on which the post-tensioned slabs of the covered floor are supported.

PALABRAS CLAVE: estructura postesada, estructura mixta, estructura prefabricada.

KEYWORDS: prestressed structure, composite structure, precast structure.

1. Introducción

La ingeniería estructural forma parte esencial de la actividad edificatoria, integrándose con otras disciplinas en un equipo de diseño multidisciplinar. El objetivo de este último es coordinar y amalgamar en un mismo diseño todos los requisitos que se plantean en el uso, construcción y mantenimiento del edificio. Los profesionales encargados de la dirección y coordinación de los equipos son los arquitectos. Al ser muchos y variados los requerimientos que se dan según el tipo de proyecto edificatorio, las condiciones de contorno que debe cumplir y compaginar el ingeniero estructural son diversas.

En este documento se trata un tipo edificatorio que, en los últimos veinte años al menos, ha venido cobrando cierta relevancia: la sede social corporativa como agrupación centralizada de edificios a disposición de una Entidad o Grupo Empresarial de relevancia.

En este caso, los principios a seguir por el equipo de diseño han sido los siguientes, destacándose los que afectan a la estructura:

- Imagen exterior representativa de la Entidad. Las fachadas son especialmente significativas, y se apoyan en la estructura, la cual debe adaptarse a la envolvente. Además, puede

requerirse que los elementos estructurales exteriores deban cumplir con los estándares estéticos que se exigen a la fachada, los cuales, en este caso, están constituidos por los voladizos prefabricados.

- Imagen interior representativa de la entidad. Presentan zonas “nobles” y públicas singulares. En la estructura, esto suele exigir la presencia de grandes espacios diáfanos: atrios de entrada, salón de actos, escaleras, cafeterías y restaurantes, etc.
- Sostenibilidad. Los materiales utilizados deben cumplir con sellos de calidad (LEED, BREAM, etc.) que tienen también que estar integrados en los pliegos de estructuras.
- Gestión de la energía. Las instalaciones relacionadas con la energía son importantes en el diseño de la estructura. Algunos

condicionantes son: cargas significativas en cubiertas (grupos electrógenos), integración de estructuras solares, huecos de paso, ventilación de salas de servidores y computación. En la medida en que la estructura integra condiciones de aislamiento térmico y/o acústico se reduce la necesidad de otros elementos arquitectónicos para tal fin.

- Las conexiones de movilidad, tanto exterior como interior, de un número alto de usuarios hacen que sean necesarias plazas de aparcamiento y calles de circulación. Se sitúan bajo rasante y en general ocupan la práctica totalidad de varias plantas. Para facilitar la circulación, se requieren túneles de acceso y, en algún caso, pasarelas o pequeños puentes de circulación.

Tabla 1. Datos de proyectos de algunas sedes corporativas recientes.

Sede	Autor proyecto	Superficie construida (m ²)	Año	Ppto tot. aprox. (M€)	Cálculo estructura	Puestos
Ciudad Santander	Kevin Roche	221 000	2004	480	TYPSA-MC2	6 000
Telefónica	Rafael de la Hoz	360 000	2008	500	NB35	14 000 ¹
Repsol	Rafael de la Hoz	124 000	2011	190	NB35	4 000
BBVA	Herzog & de Meuron	114 000	2015	620	Arup-INES	6 000
Banco Popular (fases 1 y 2)	Arquitectos Ayala	180 000	2017	70+144	MC2	1 500+3 000
Acciona ²	FIA	104 000 ³	2021	-	Acciona Ing.-MC2	4 000
Nueva Sede Cajamar	Arquitectos Ayala	56 000	2024	60	MC2	1 500

- El mantenimiento del conjunto edificatorio es una actividad fundamental y costosa durante la vida útil del edificio. En lo que atañe a la estructura, es recomendable reducir el número de juntas de dilatación al mínimo, aun a costa de incrementar los armados necesarios. La protección del acero estructural exterior debe diseñarse para

minimizar los requerimientos de mantenimiento, pues los costes más elevados de mejores sistemas de protección están compensados holgadamente por los menores costes de mantenimiento posterior. En el caso de una estructura de hormigón, es recomendable proporcionar recubrimientos adecuados, particularmente en zonas bajo rasante y exteriores.

¹ Incluye visitas

² Remodelación y ampliación de la antigua sede de Banesto

³ Superficie total parcelas

- Además de todo lo anterior, la estructura deberá cumplir con sus propios requerimientos relativos a su ubicación (geotecnica, cargas de viento y sismo) y uso.

2. Descripción general del proyecto

2.1 Antecedentes

La entidad BCC Grupo Cajamar convocó un concurso restringido en diciembre de 2018 para la redacción del proyecto básico y de ejecución de su nueva sede en Almería. El concurso fue ganado por el equipo técnico liderado por el estudio Arquitectos Ayala S.L., y en el que se encontraba integrado MC2, para el desarrollo del diseño de la estructura.

La parcela resulta de la unión de varias en el Parque Científico Tecnológico de Almería (PITA), próximo al aeropuerto, con una superficie total de 34 000 m².

El proyecto constructivo se realiza en dos fases, la primera corresponde a la contención bajo rasante en mayo de 2019 y la segunda al proyecto constructivo del edificio que se concluye en marzo de 2020.

Influida la construcción por conocidas circunstancias externas, la sede se inaugura oficialmente en mayo de 2024.

2.2 Descripción general del edificio

El conjunto tiene 35 000 m² construidos bajo rasante, organizados en tres niveles y con uso principal de aparcamiento con 850 plazas, y 21 300 m² sobre rasante para usos diversos, principalmente el de oficinas.

La parcela presenta una leve inclinación hacia el Este, de modo que en la mitad Oeste del edificio la rasante se encuentra en el nivel 0 de edificación, mientras que en la mitad Este la rasante se encuentra en el nivel -1 construido.

El volumen bajo rasante es único, de perímetro rectangular de 164 x 74.36 m, logran-

do un aprovechamiento máximo del espacio para aparcamiento.

Sobre rasante, sin embargo, la propuesta arquitectónica consiste en la disposición de 6 edificios rectangulares y alargados, distribuidos en abanico a modo de “dedos” que se unen en un volumen único en el Norte para acomodar el vestíbulo de entrada. Hacia el Sur, la planta de los edificios se abre, logrando luz natural para la gran mayoría de los puestos de trabajo. De este modo, desde el vestíbulo, es posible repartir la circulación hacia cualquiera de los edificios. Éstos tienen 3 o 4 niveles de altura, incluida la cubierta.



Figura 1. Parcela de ubicación de la nueva sede de Cajamar. Parque Científico Tecnológico de Almería (PITA)

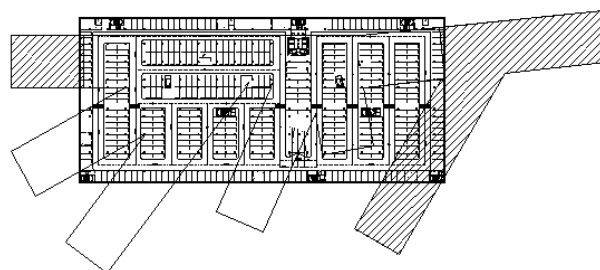


Figura 2. Planta tipo bajo rasante. Se muestra la huella de los edificios sobre rasante. Las áreas sombreadas corresponden a la fase 2.

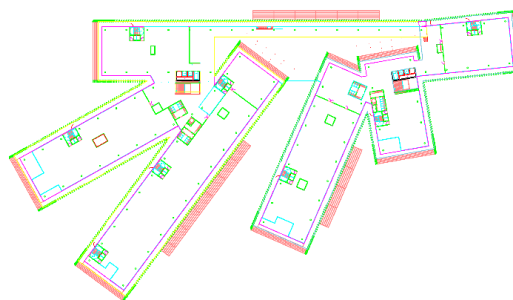


Figura 3. Planta tipo sobre rasante (fase 1). Los seis edificios se unen en el vestíbulo, lado norte

En el proyecto se contempla la posibilidad de una ampliación futura, con dos edificios más a incorporar en el conjunto, lo que se ha tenido en cuenta a efectos del dimensionamiento de la cimentación y de los apeos de posibles soportes futuros, como se verá más adelante.

3. Estructura bajo rasante

3.1 Descripción general

A la huella rectangular se adapta fácilmente una malla regular de soportes, organizados según las calles y plazas de aparcamiento. Una franja central de Oeste a Este mantiene una luz de 9.6 m para el paso de la vía principal de

circulación, mientras que las zonas que quedan a Norte y Sur tienen luces iguales o menores de 8.1 m, adaptadas al tamaño de las plazas de aparcamiento. La estructura se resuelve de manera convencional, con losas macizas de hormigón armado de 0.30 m de espesor, que aumenta hasta 0.35 m en la franja central, y soportes de hormigón armado de sección circular entre las plazas de aparcamiento y rectangular en las áreas cerradas por tabiques. La cimentación de los soportes es superficial, acorde a la capacidad portante favorable del terreno. Tanto los forjados como la solera se conectan a las pantallas perimetrales dotando al conjunto bajo rasante de gran rigidez transversal. Se incorpora al análisis la ausencia de juntas.

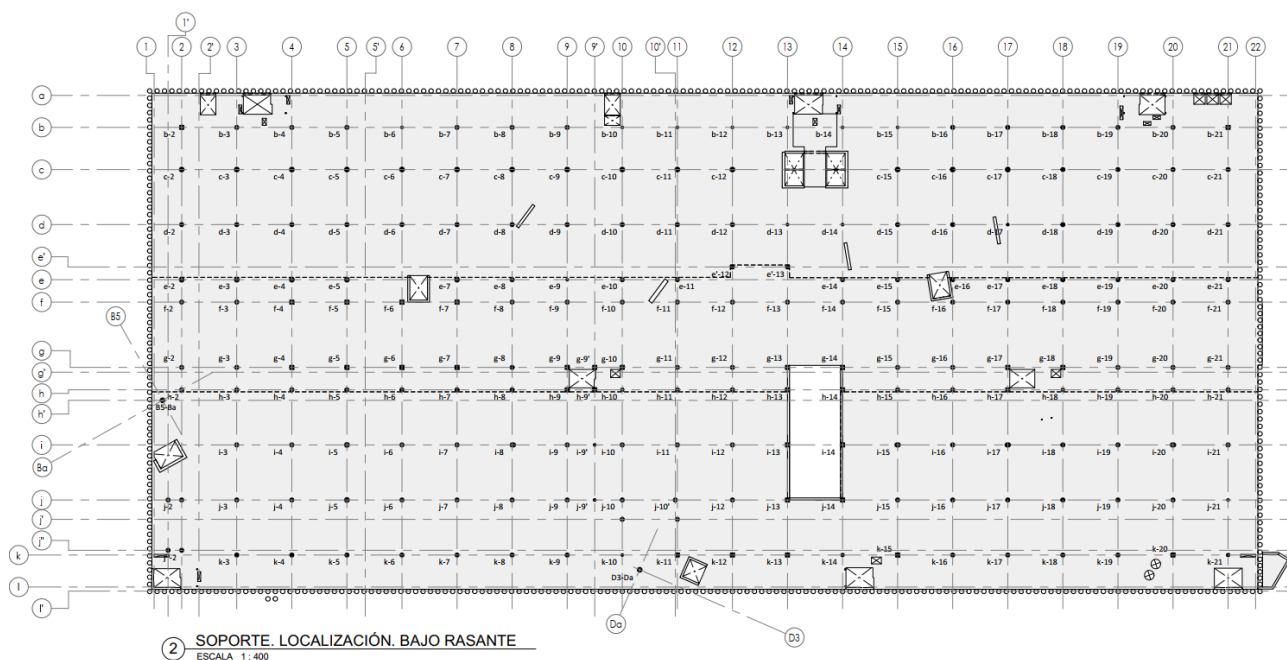


Figura 4. Planta bajo rasante, con franja media horizontal de mayor luz para la circulación de vehículos

3.2 Contención perimetral

La contención perimetral se resuelve mediante pantallas discontinuas de pilotes de hormigón armado de 0.65 m de diámetro, separados 1.1 m entre sí. El fondo de la excavación se sitúa a cota -13 m.

La ejecución se realizó por fases, con sostenimiento provisional constituido por anclajes al terreno de 30 y 45 t cada anclaje, y excepcionalmente de 60 t en ciertas zonas. Los

pilotes se empotran en el terreno 6 diámetros, si bien en las zonas donde además puede ocurrir un descalce por la proximidad de fosos o la excavación de zapatas en fase constructiva, se prologó el empotramiento lo necesario.

En cuanto al terreno, el estudio geotécnico preveía una capa variable no apta para cimentar en coronación, que podía llegar a 4 m de espesor, pero que no afectaba a los elementos de cimentación. Por debajo de ésta se definía un sustrato conglomerático sin cohesión, pero de ángulo de rozamiento elevado (36 °). Sin

embargo, en obra se observó la presencia de bolsas amplias de arenas sueltas de playa muy limpias, que al ser alteradas por la maquinaria perdían su cohesión con facilidad. El proceso constructivo, mediante hélice continua y hormigonado desde el eje, debió adaptarse a esta circunstancia, realizando la extracción de la hélice de manera cuidadosa y más lenta de lo habitual. De otro modo, podían aparecer desprendimientos locales de arena y mezclarse con el hormigón, impidiendo la colocación completa de la armadura por clavado.



Figura 5. Contención perimetral en zona norte de la parcela

3.3 Planta de transferencia

La transición entre la malla regular de pilares bajo rasante y la de los soportes de los edificios sobre rasante implicó la necesidad de realizar una planta de transición con apeo de pilares (niveles 0 y -1). Arquitectónicamente, se reservó un espesor de 2 m de altura para realizar este cambio. Conceptualmente, a partir de una propuesta original de una gran losa aligerada que sirviera de zócalo para los edificios sobre rasante, se concentraron los nervios portantes bajo los soportes, configurando finalmente una red de vigas de hormigón pretensado de gran dimensión exclusivamente dispuestas para el apeo de soportes. Entre vigas, el espacio queda abierto en la cara inferior, disponible para la disposición de conducciones. El conjunto se completa con una losa maciza superior de 0.35 m de espesor. La planta de transferencia se

conecta en todo su perímetro a la viga de coronación de las pantallas, manteniendo una gran rigidez en su plano frente a las acciones horizontales.

Con el objeto de mantener la rigidez de las vigas de apeo en todo momento, se han dispuesto en todas ellas dos cables de pretensado adherente de 19 o 27 cordones cada uno. Los trazados se adaptaron en cada viga a las condiciones de apeo. El dimensionamiento de las vigas bajo las cargas de apeo se ha realizado considerando un abanico de condiciones de contorno para el arranque de los soportes apeados, desde un empotramiento perfecto hasta un apoyo articulado, siendo la combinación de uso en ELU dominante sobre la accidental de sismo.

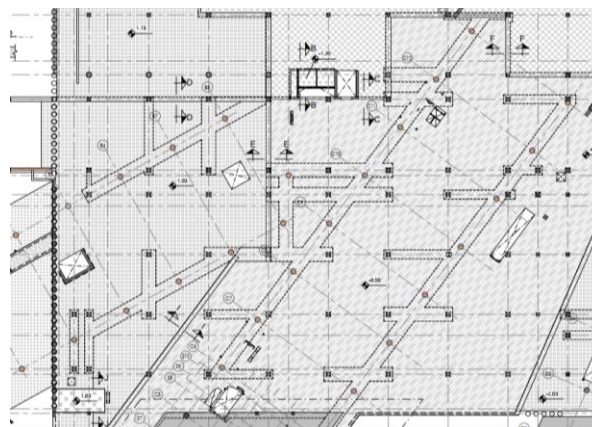


Figura 6. Planta de transferencia en la zona Oeste

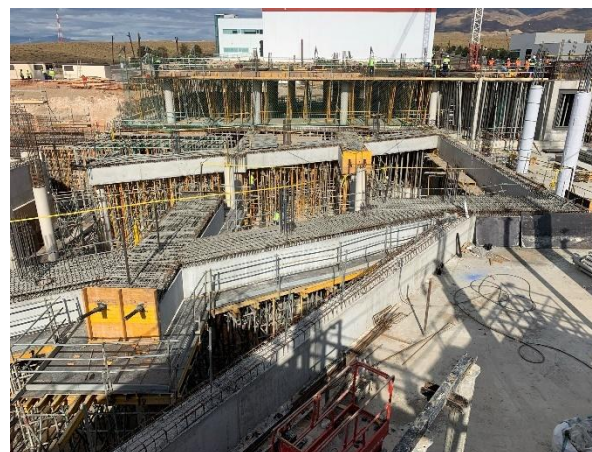


Figura 7. Vigas de transferencia

En la zona Este se incluyen vigas del mismo tipo para el eventual apeo de soportes de una futura ampliación.

4. Estructura sobre rasante

4.1 Descripción general

Los edificios sobre rasante siguen una malla de apoyos en soportes de 16.2 m x 8.1 m, con un ancho total de cada edificio de 18 m. En los bordes se disponen piezas prefabricadas en voladizo que forman una unidad formal con las fachadas, a las que sirven de apoyo.

En el vestíbulo los edificios se unen constituyendo el atrio de entrada. En su cubierta, se disponen grandes balcones en voladizos formados por celosías mixtas, que facilitan la entrada de luz natural entre los montantes y diagonales.

4.2 Forjados aligerados

Los forjados de los edificios se han elegido aligerados de hormigón pretensado y 0.50 m de canto uniforme. La configuración estructural resulta determinada por la geometría. En la dirección de mayor luz, el forjado se pretensa con cables embebidos adherentes de 7 o 12 cordones. Se disponen 6 u 8 cables por viga dependiendo de las condiciones de carga, siendo las plantas de cubierta las más solicitadas debido al acabado vegetal y los equipos de instalaciones. Para ello, se dispone una viga plana de 2.4 o 3.0 m de ancho (caso de 6 u 8 cables respectivamente) alineada con los ejes de soportes. En la dirección ortogonal, en el borde del forjado no es preciso pretensar, siendo la solución armada suficiente, aunque en este caso la viga debe recoger la carga de los voladizos prefabricados.

La zona interna del recuadro de la malla se planteó aligerada con losa inferior por varios motivos. En primer lugar, la evidente reducción de peso, beneficiosa para el dimensionamiento del conjunto. Por otro lado, la losa aligerada permite mantener el canto del forjado uniforme, sin necesidad de falso techo en muchas zonas, y mejora notablemente las condiciones de aislamiento térmico y acústico. Además, la losa

inferior permite garantizar las correctas condiciones de protección frente a fuego, con aligeramientos muy ligeros tipo poliestireno.



Figura 8. Montaje de forjado aligerado. Vista general



Figura 9. Montaje de forjado aligerado. En la parte izquierda de la fotografía se encuentra la viga transversal pretensada con ocho cordones

Desde el punto de vista estructural, los aligeramientos dejan nervios de 0.12 m de ancho, que requieren un armado mínimo, sin necesidad de armadura de cortante debido al canto disponible. Las losas superior e inferior mantienen un espesor mínimo de 0.075 m en la sección más reducida.

Existen en el mercado soluciones patentadas de forjados aligerados premontados, con el objeto de realizar un montaje sistemático y semi-industrializado. Sin embargo, son soluciones que exigen que el montaje sea realizado por personal especializado en la patente, lo que complica la logística de este tipo de obra, además de encarecer notablemente la solución.

La ejecución presenta dos inconvenientes fundamentales a resolver, que son la estabilidad de los aligeramientos durante el hormigonado y el correcto relleno de hormigón de todos los espacios. El primer inconveniente fue resuelto en fase de proyecto definiendo en los planos un atado específico de los aligeramientos mediante armadura. Su funcionamiento fue satisfactorio, no presen-tándose problemas por flotabilidad o movi-miento. El segundo inconveniente requiere una consistencia adecuada y homogénea del hormigón durante la obra, y un proceso de puesta en obra sistemático. En proyecto se ajustaron las dimensiones de los chaflanes del aligeramiento para permitir el relleno con una consistencia fluida. Por otro lado, se estableció un orden de avance de hormigonado que permitiese la salida de aire, aspecto fundamental para evitar coqueras en la cara inferior del forjado.

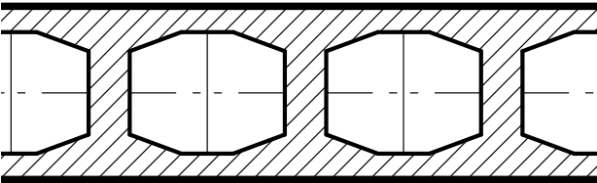


Figura 10. Geometría del forjado aligerado. Ancho de nervios 0.12 m, altura del aligeramiento 0.35 m, chaflanes 1:3

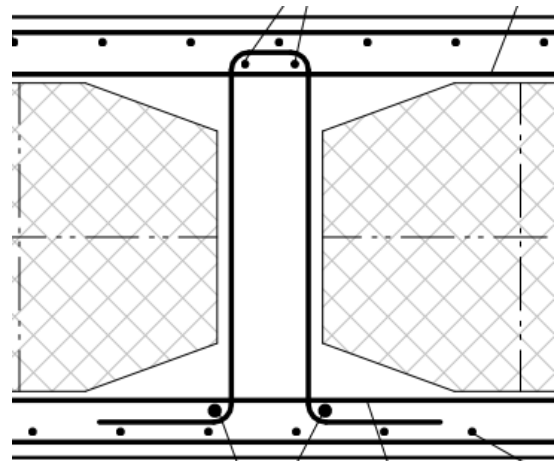


Figura 11. Armado de forjado aligerado. Armadura de atado de los aligeramientos

4.3 Voladizos prefabricados

La solución arquitectónica de fachada se completa con piezas prefabricadas de hormigón

en voladizo. Hay tres tipos de piezas según la geometría (ver tabla 2).

Por requerimientos arquitectónicos, las piezas se diseñaron completamente terminadas en fábrica, y con un sistema de colocación y ajuste preciso para lograr una tolerancia geométrica al nivel de los requerimientos de la fachada. Las piezas son aligeradas, de hormigón armado, salvo la pieza de mayor ancho, que es de hormigón pretensado con alambres para evitar la fisuración y flecha excesivas.

Tabla 2. Dimensiones de voladizos prefabricados.

Pieza	Vuelo (m)	Ancho (m)
1	2.18	4.05
2	1.60	4.05
3	2.18	8.10

En la definición del sistema de amarre de las piezas, se tuvo especial consideración en la seguridad durante el montaje, además de en la requerida precisión de ajuste geométrico. En el nervio macizado del borde de forjado se dejaron placas de recepción con sendos pernos en espera, de manera que, durante el izado, en el momento que los herrajes de la pieza prefabricada se enhebran en los pernos, quedan impedidos movimientos excesivos de la pieza e incluso se garantiza su sujeción en caso de movimiento de la grúa. Los herrajes se dispusieron con un sistema de nivelación mediante tornillos para lograr el ajuste fino, evitando el uso de soldadura.

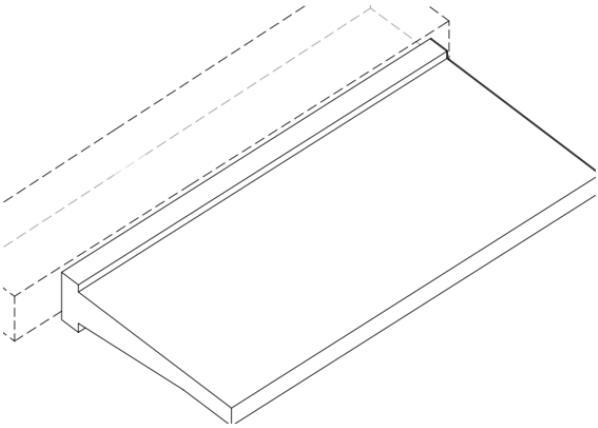


Figura 12. Pieza tipo 1 (lateral de edificios) de voladizos prefabricados



Figura 13. Voladizos prefabricados montados. Los frontales del edificio son el tipo 2 y los laterales el tipo 1

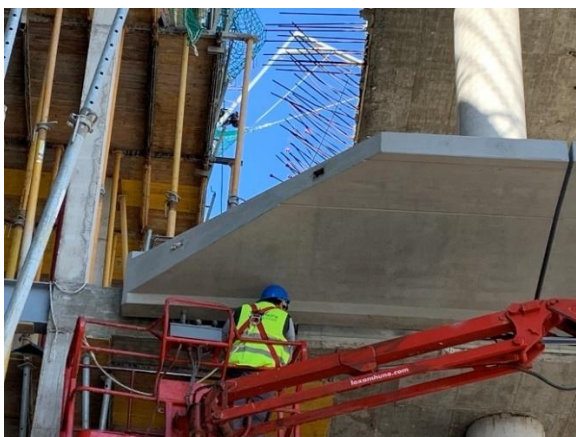


Figura 14. Colocación de pieza especial de esquina

4.4 Zona de atrio

En la zona de atrio concurren las cubiertas de los diferentes edificios a niveles diferentes, lo que es utilizado por arquitectura para generar entradas de luz a modo de galería, hacia el vestíbulo. Para resolver esto, se utilizan dos celosías mixtas tipo Pratt, de 2.45 m y 4 m de canto respectivamente, conectadas en sus cordones superior e inferior a las losas de hormigón estructural. Las celosías tienen forma de balcón y se apoyan en pantallas

de hormigón de ancho estricto (0.60 m). Para materializar el apoyo de las celosías y recoger el momento de vuelco, se han incluido perfiles mixtos verticales embebidos en la pantalla y unidos a la estructura metálica en su extremo. Los espacios entre elementos de las celosías se utilizan a su vez como ventanas practicables (exutorios) para evacuación de humos. Unido a su gran altura sobre el vestíbulo, las prestaciones de seguridad frente a fuego mejoran notablemente.



Figura 15. Montaje en blanco de celosía “balcón” de 4 m de altura

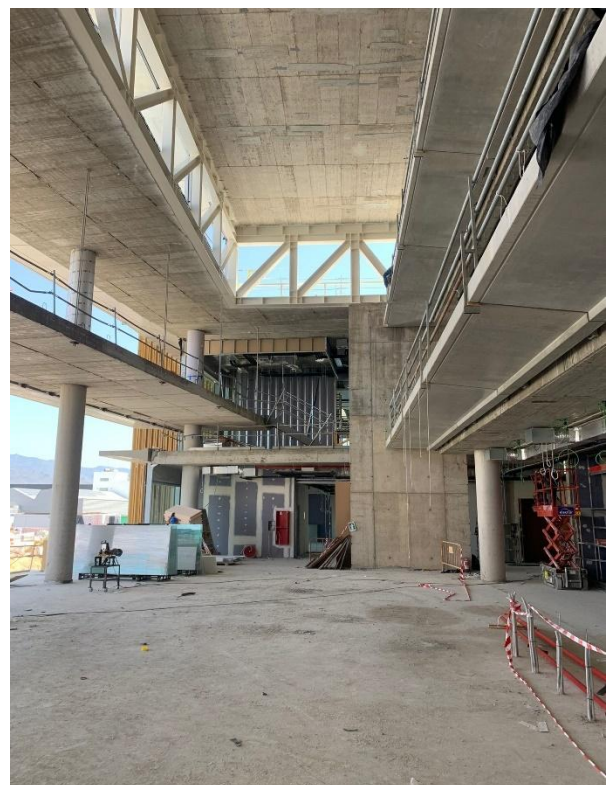


Figura 16. Vestíbulo de acceso y lucernarios formados por las vigas balcón

4.5 Escaleras

Las escaleras metálicas sobre rasante son elementos estructurales que reciben un tratamiento formal y arquitectónico especial. Al encontrarse en recintos especialmente protegidos o no formar parte de las vías de evacuación, la estructura metálica queda vista. En su diseño se considera la integración de los vidrios de las barandillas y los peldaños de madera. Con frecuencia, las escaleras ocupan volúmenes verticales diáfanos, de manera que su sujeción se logra por medio de tirantes conectados a los descansillos. En el vestíbulo, las escaleras tienen una presencia destacada, con elementos de gran esbeltez puesta en valor por tirantes verticales de apoyo poco perceptibles.

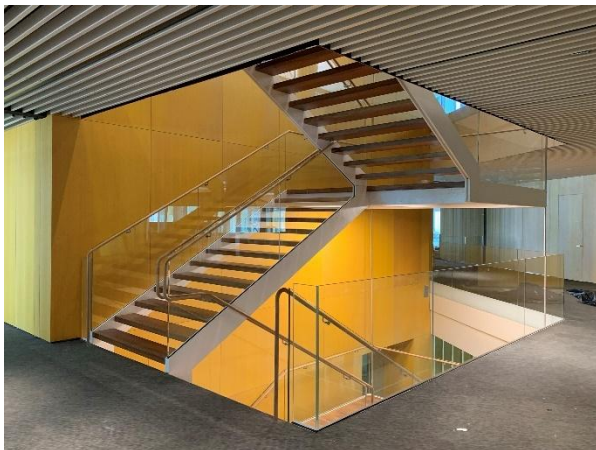


Figura 17. Escalera interior. Los descansillos se encuentran colgados mediante tirantes. El vidrio de la barandilla se empotra en las zancas metálicas

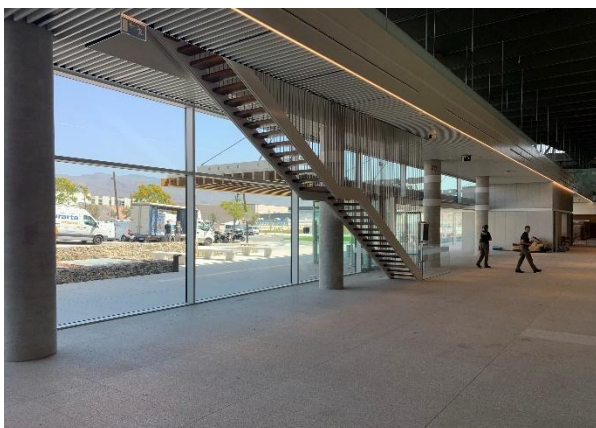


Figura 18. Escalera en el vestíbulo de acceso

4.6 Seguidores solares

El proyecto arquitectónico incluye un “bosque” de seguidores solares fotovoltaicos de doble eje y gran envergadura (hasta 100 m² de superficie cada uno) junto a los edificios. La estructura de estos sistemas ha formado parte del proyecto de estructuras global. Los seguidores son de 7 m de altura hasta el eje de giro y 12 m de diámetro. El accionamiento ha sido diseñado expresamente en este caso, dado que el gran tamaño del seguidor le hace estar fuera de los rangos habituales de potencia y resistencia frente a viento.

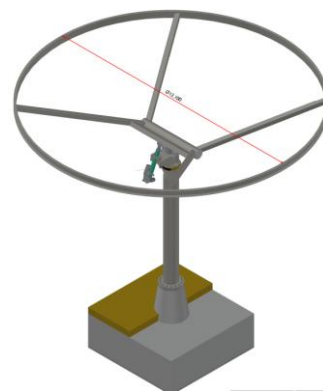


Figura 19. Seguidores solares

5. Conclusiones

En esta ponencia se ha presentado una descripción general de los aspectos principales de la estructura de la nueva sede corporativa del Grupo Cooperativo Cajamar, en Almería.

Inicialmente se han expuesto los principios que suelen guiar el diseño de este tipo edificatorio, para a continuación repasar los aspectos más relevantes de este proyecto. Es posible comprobar como los requerimientos de presencia formal (imagen corporativa), coordinación entre disciplinas, sostenibilidad, gestión de energía y movilidad, propios del diseño de sedes corporativas, se presentan también en este proyecto y todos ellos afectan al diseño de la estructura.

Agradecimientos

El equipo de MC2 que ha realizado el proyecto de estructuras ha estado formado por José María Arroyo Barbat, Pietro Bartalotta, Belén Ballesteros Molpeceres, Borja Encinas Maldonado, Marta Palacios Lloret y Miguel Rupérez Astarloa.

Desde MC2 queremos agradecer a Arquitectos Ayala el material facilitado para la redacción de esta ponencia.

Referencias

- [1] Vidal Vacas, A. & Serrano Corral, A. (2018) Nueva Sede del Banco Popular., *Hormigón y Acero*. 69 (284).



Figura 20. Vista de la obra terminada



Figura 21. Vista de la obra terminada