Centro Comercial LAGOH en Palmas Altas,Sevilla

LAGOH Mall in Palmas Altas „Sevilla

Fabiola Pierantoni Silva [a], Jose Soriano Martín[b], Mercedes Madrid Ramos[c], Juan Luis Bellod Thomas[d] ,

[a] Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. gGRAVITY Engineering. fpierantonisi@ggravityeng.com

[b] Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros. jsm@fhecor.es

[c] Ingeniero de Caminos Canales y Puertos/Prof. ETS ICCyP, UPM/Jefe Servicio Estructuras Edificación gGRAVITY Engineering. mmadridr@ggravityeng.com

[d] Ingeniero de Caminos Canales y Puertos/Prof. ETS ICCyP, UPM/Director General CESMA. cesma@cesmaing.com

RESUMEN

El Centro Comercial LAGOH en Palmas Altas Sevilla, con más de 100.000 m^2 construidos comprende una gran variedad de tipologías estructurales. El complejo se organiza en torno a un gran lago artificial, que junto con las cubiertas y fachada son las señas de identidad del Centro comercial. Las dos tipologías de cubierta: verde y deck están resueltas con estructura metálica, y salvan luces que alcanzan los 30 m. Otros elementos singulares son las pasarelas metálicas que comunican los forjados de hormigón, y el puente peatonal de estructura mixta que cruza el lago. Durante la fase constructiva fue necesario estudiar la capacidad del forjado para soportar la maquinaria pesada requerida para montar la estructura metálica.

ABSTRACT

LAGOH Mall , located in Palmas Altas-Sevilla, has more than 100.000 sqm and comprises diverse types of structural elements. The Mall is built surrounding an artificial lake, which with the roof and façade give the identity to the complex. Both the green roof and the Deck roof are steel structures spanning up to 30 m. Steel runways between concrete slabs, and a pedestrian bridge over the lake are also singular elements. During construction, the need of heavy machinery to place the steel structure, forced to verify if the concrete slabs could support them.

PALABRAS CLAVE: Cubierta verde y Deck, pilar árbol, vigas metálicas armada, tecnología BIM, muro cortina
KEYWORDS: Green roof, deck roof, tree column, BIM technology, curtain wall.

1. Descripción general del Conjunto

El Centro comercial LAGOH en Palmas Altas Sevilla, promovido por el Grupo Lar España es un proyecto del estudio L35. El conjunto se sitúa en una parcela de 123.000 m^2, de los cuales la edificación ocupa unos 100.000 m^2. La seña de identidad del conjunto es un Lago artificial de unos 6.000 m^2 , por lo que el Centro Comercial lo bordea parcialmente. El conjunto consta de una planta sótano común, plantas baja, primera y segunda, todas ellas resueltas con estructura de hormigón. Sobre la planta segunda arrancan unos pilares metálicos que dan soporte a las cubiertas. Los forjados de hormigón son reticulares con bovedillas recuperables.

Figura 1. Vista nocturna.

La cubierta se configura en una solución tipo vegetal que queda más próxima a la zona interior del lago, y una tipo Deck en el resto. Ambas cubiertas son paralelas y quedan separadas para dejar un pasillo central que se corresponde con un patio interior del Edificio. Las luces máximas de las estructuras de cubierta alcanzan los 30 m para cubrir zonas diáfanas de patios y Halls.

La envolvente de las dos tipologías de cubierta está formada por planos con distintas inclinaciones, obligando a unos encuentros complejos entre vigas principales y correas. Las envolventes del Edificio se completan con una serie de muros cortina, que comparten en muchos casos los soportes con las cubiertas.

Otro de los puntos singulares del conjunto son las pasarelas. La más singular es la pasarela peatonal que cruza el lago, la cual se proyectó como una sección mixta en cajón, con 4 vanos de 18 y 15 m. El resto de pasarelas atraviesan el pasillo central y comunican distintos forjados de hormigón, alcanzando luces de hasta 18 m.

2. Cimentación superficial sobre terreno mejorado

La cimentación de todo el conjunto se resuelve mediante una losa de cimentación apoyada sobre terreno mejorado con columnas bi-modulo. La estratigrafía del terreno puede resumirse de la siguiente manera:

N1: 5 m, Tierra vegetal.

N2: a 14 m, Nivel arcilloso de consistencia blanda.

N3: 0 a 9 m, Arena arcillosa marrón de compacidad media.

N4: 0 a 12 m, Grava arenosa marrón de compacidad media-muy densa.

N5: a 25 m de profundidad, Arcilla margosa gris.

La cimentación recomendada por la información geotécnica disponible consistía en una cimentación profunda mediante pilotes empotrados en las arcillas margosas a más de 25 m de profundidad; o una cimentación superficial mediante losa combinada con una mejora del Nivel 2 de consistencia blanda. Tal como se indicó anteriormente la solución finalmente adoptada fue ésta última, realizándose la mejora mediante columnas bi-módulo. Este tipo de columnas tienen una parte inferior de columna de módulo controlado y

diámetro 35 cm, sobre ésta una zona de transición en la que se mezcla grava y mortero, para terminar con una cabeza más ancha de columna de grava convencional. Se recurre a este tipo de columnas cuándo la columna de grava convencional presenta dificultades de ejecución.

Las cargas que transmite el conjunto al terreno son en general homogéneas ya que prácticamente toda la huella del edificio tiene similar sección transversal.

3. Forjados de hormigón

3.1 Descripción de los forjados

El conjunto está dividido mediante juntas de dilatación materializadas con doble pilar, y formando 33 bloques cuyas dimensiones rondan los 32 x 56 m. En la planta baja se disponen adicionalmente pasadores con el fin de dar cierto monolitismo frente a los empujes transmitidos por los muros de sótano perimetrales. No es una solución habitual disponer pasadores en las plantas bajo rasante y con doble pilar, pero en este caso quedaría justificado para evitar el tecleo horizontal de los bloques entre sí, ocasionado por los empujes descompensados del terreno, sumado a las distintas rigideces de las zonas. De esta manera los pasadores trabajan resistiendo cortantes horizontales y no verticales como ocurre cuando se colocan como junta de dilatación sustituyendo al doble pilar.

La escuadría de pilares es de manera casi generalizada de 8 x 8 m y la tipología de los forjados es reticular con bovedillas recuperables. Los cantos de los forjados son 25+10, 30+10, 35+10 y 40+10. Al ser las luces bastante regulares, estos cantos están asociados a las distintas sobrecargas. Al tratarse de un Centro Comercial, existen amplias zonas previstas para sobrecargas altas relacionadas con el almacenamiento de los locales y sobretodo de las grandes superficies. Para las zonas de planta baja con sobrecargas de 10 KN/m^2 y 20 KN/m^2 se disponen forjados de 35+10 y 14+10, mientras que para las zonas tipo comercial con sobrecarga de 5 KN/m^2 el canto del forjado se limita a 25+10. El ancho de nervio es de 16 cm en todos los casos, acorde con los requerimientos de resistencia al fuego R 120 para aparcamiento y R 90 en el resto del Centro Comercial. [1] CTE-DB-SI.

Los forjados disponen de vigas de canto para los casos de apeo de pilares, que tienen lugar en distintas zonas. Los cantos de estas vigas alcanzan el metro, evitándose así los problemas de deformaciones y permitiendo el anclaje en vertical de las barras del pilar apeado.

Ambas cubiertas metálicas, la tipo Deck y la vegetal, se apoyan en pilares metálicos que nacen sobre los forjados reticulares de planta P1 o planta P2. Las placas de anclaje se dejaban embebidas en el forjado, lo cual fue uno de los grandes retos dadas las velocidades de avance que se alcanzaban, y la cantidad de placas a colocar, (aproximadamente 27 toneladas de acero en placas). A pesar de que gran parte de los pilares tenían una unión articulada con el forjado y se resolvían con sólo dos barras de gran diámetro, en algunos casos la densidad de armadura del forjado dificultó la correcta colocación de las mismas. Algunas de las placas, como las que recibían a los pilares tipo árbol, necesitaban más de veinte barras de anclaje. Para todos aquellos casos, casi inevitables, en que o bien se colocaron las barras de anclaje con errores de replanteo, o bien se obviaron, se estableció un procedimiento. Estos apoyos se re-dimensionaban considerando varillas M20 ó M30 de acero de calidad C 8.8 post instaladas, y se fueron incorporando a los planos de proyecto antes de su ejecución.

3.2 Procedimiento constructivo

En una obra con 67.000 m^2 de forjado reticular y teniendo en cuenta los ajustados plazos de ejecución que se manejaban era imprescindible el estudio detallado del procedimiento constructivo.

Dada la extensión de la obra, se utilizaron equipos y sistemas de apuntalamiento diferentes que avanzaban simultáneamente por zonas diferentes. Uno de ellos mediante puntales fuertes, mientras que en otra zona se disponían torres de cimbra. Estas últimas son un sistema ligeramente más rígido ya que obliga a cierto encaje en la geometría.

Un aspecto decisivo es el descimbrado a edad temprana, teniendo en cuenta la relación de cargas de cálculo y las cargas al descimbrar. En este caso, al ser las sobrecargas de uso importantes, se obtiene unas resistencias necesarias para el descimbrado muy bajas. Este descimbrado a edad temprana tiene una repercusión despreciable en la deformación inicial del forjado, estimada sólo en un incremento de un 10% en la deformación inicial por peso propio del forjado. Por tanto, la repercusión tanto en la flecha activa como en la final es despreciable.

En obras de tanta superficie y con tantas tipologías de forjados y sobrecargas se obtienen plazos de descimbrado diferentes para cada zona. Esto puede llegar a dificultar los avances y por tanto siempre es conveniente homogeneizar al máximo el plazo de descimbrado para sistematizar el proceso.

En cuanto al avance a plantas superiores, el tener tipologías diferentes, hacía que en muchas ocasiones se tuvieran que hormigonar forjados de mayor espesor sobre otros con sobrecargas mínimas, esto obligó a que las plantas que recibían los apuntalamientos fueran re-apuntaladas. De ésta manera se consiguió que la planta baja desapuntalada recibiera el re-apuntalamiento de la planta primera durante el hormigonado de la planta segunda.

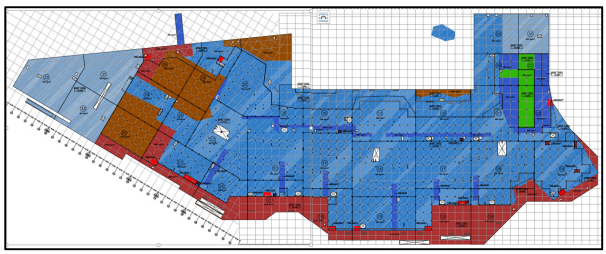

Figura 2. Geometría de Planta Baja.

3.3 Circulación de máquinas de gran tonelaje durante la construcción

La gran superficie de la obra hacía necesario el paso de vehículos de emergencia y de gran tonelaje por la planta baja. La manera de garantizar dicho paso fue crear un carril central que quedaría apuntalado sobre la losa de cimentación durante toda la obra. El apuntalamiento era necesario ya que la zona del carril coincidía con el forjado reticular 25+10 calculado para una sobrecarga de 5 KN/m^2, mientras que los vehículos previstos alcanzaban las 60 T. El ancho del carril permitía incluso el cruce de dos autobombas circulando en sentidos opuestos.

El apuntalamiento se resolvió con puntales que aguantaban una carga de 65 KN para la altura de 4 m de la planta sótano. Los puntales se colocaban siempre bajo nervios del reticular y adicionalmente se realizaba una comprobación local de la capa de compresión. Al ser siempre el espesor de ésta de 10 cm, era capaz de soportar la carga puntual de las ruedas, de hasta 6,5 t, sin ningún tipo de refuerzo.

4. Pasarelas entre Forjados

Tal como se ve en la Figura 3 de Planta Primera, existe una zona central de huecos interrumpidos por una serie de pasarelas. Dichos huecos permiten que la iluminación de los lucernarios de cubierta alcance a la Planta Baja. Las pasarelas, que alcanzan los 15 m de luz, están resueltas mediante 3 perfiles metálicos tipo HEB, dos en los bordes y uno central en el sentido longitudinal y correas tipo IPE separadas entre sí unos 3 m. Sobre las correas apoya un forjado de chapa colaborante.

Los perfiles metálicos no se dimensionan para trabajar mixtos, lo que agilizaba ligeramente el proceso de ejecución, a costa de no optimizar los perfiles.

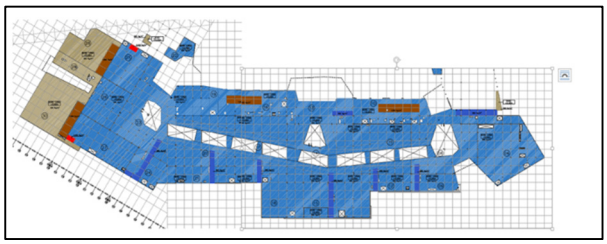

Figura 3. Geometría de planta Primera.

Los apoyos de dichas pasarelas, en las vigas de borde de los forjados, se materializan mediante una placa de anclaje en L con conectores en el canto y en la cara superior del forjado. Estos elementos de apoyo coincidían en algunos casos con zonas de esquina o juntas, dando lugar a una gran variedad de tipologías de placas. Todas las pasarelas tienen uno de los apoyos libre, permitiendo los desplazamientos horizontales propios de los distintos bloques y las dilataciones de las pasarelas. Para conseguirlo en ese extremo el alma de los perfiles se atornilla a unos angulares con agujeros rasgados, que van soldados a la placa.

5. Pasarelas sobre Lago.

El lago artificial, con 6.000 m^2, es atravesado por una pasarela peatonal de 4 vanos. La pasarela presenta una doble curvatura en planta y alzado, y además de los apoyos directos en los extremos tiene tres pilas interiores: dos en el lago y uno en la isla central. Las pilas, con secciones de hormigón circular de 60 cm de diámetro, están dispuestas conformando unos vanos extremos de 15 m y dos vanos centrales que alcanzan los 18 m. Dada la gran extensión de la obra y la variabilidad de la potencia de los estratos, se realizó un estudio geotécnico específico para las pilas. Éstas quedan cimentadas finalmente mediante grupos de 12 micropilotes que, con una longitud total de casi 12 m, empotran unos 3,4 m en el estrato de gravas. Para las cargas pésimas por micro de +30/-20 T, en hipótesis sísmicas, se disponen micropilotes con diámetro de perforación 150 mm y tubo 88,9x6 mm. La conexión de los micros al encepado es mediante placa soldada a los tubos de acero S460, garantizándose así su funcionamiento en los casos de tracción.

La sección de la pasarela es un cajón metálico que soporta una losa de hormigón de 20 cm de canto, y con un ancho variable comprendido entre 2 y 4 m. La sección metálica es mixta, por lo que requiere de conectores a la losa de hormigón.

Durante la fase constructiva se realizó un apeo provisional de la losa sobre el terreno que, aunque no era apto para cimentar superficialmente, sí podía recibir la carga del apeo de la losa. El apoyo sobre las pilas se realiza mediante neoprenos, con una basa de cuña para permitir la curvatura del alzado.

Figura 4. Vista inferior pasarela sobre lago.

Figura 5. Vista aérea general de las cubiertas Verde y Deck.

6. Cubierta Verde

6.1 Geometría

La cubierta verde cubre la zona norte del centro comercial, donde se ubica el principal acceso peatonal junto al lago. Se trata de una cubierta con un desarrollo lineal donde destacan dos zonas coincidentes con las plazas. En su extremo este se ubica el tótem.

La geometría de la cubierta viene determinada por una sucesión de planos con diferentes inclinaciones que se cortan entre sí. En la intersección de los planos se forman unas líneas de quiebro (limatesas o limahoyas). Asimismo, estos planos de cubierta determinan la altura de las fachadas, que es diferente en cada punto. La disposición de los pilares de apoyo de la cubierta guarda relación con las alineaciones de pilares inferiores de hormigón, teniendo en general continuidad con éstos. Sin embargo la posición de las líneas de quiebro de los planos de cubierta es completamente independiente de los pilares. Resulta por tanto, una geometría compleja que condiciona la solución adoptada para los elementos estructurales metálicos.

A lo largo de la cubierta se pueden distinguir claramente dos zonas. Por un lado, coincidiendo con zonas comerciales y de instalaciones, aparecen tramos de cubierta más o menos lineales caracterizados por unas luces menores y por otro lado, las zonas coincidentes con las dos plazas de acceso, de mayor altura y amplitud y con luces en general mayores.

Sobre las zonas comerciales y de instalaciones, las luces de la cubierta son de 8 x 8 m y la altura de los pilares varía de 4 m a 6 m. En las plazas de acceso aparecen luces mayores de 16 x 16 m e incluso llegan hasta 24 m, apareciendo vigas armadas e incluso cerchas metálicas. En estas plazas la cubierta presenta apoyos sobre la propia estructura de las fachadas y los pilares metálicos son en general más altos llegando hasta los 12 m.

6.2. Sistema estructural

La cubierta verde está constituida por ocho estructuras independientes separadas por juntas de dilatación. Dichas juntas coinciden en posición con las de la estructura inferior de hormigón en la que apoyan. Las juntas se resuelven estructuralmente duplicando pilares. La cubierta se ha diseñado como una estructura metálica convencional, esto es, pilares metálicos, vigas principales armadas o cerchas en una dirección principal, y correas en la dirección perpendicular a las vigas principales. En las zonas de mayores luces se dispone de vigas corta vanos y vigas secundarias para el apoyo de estas.

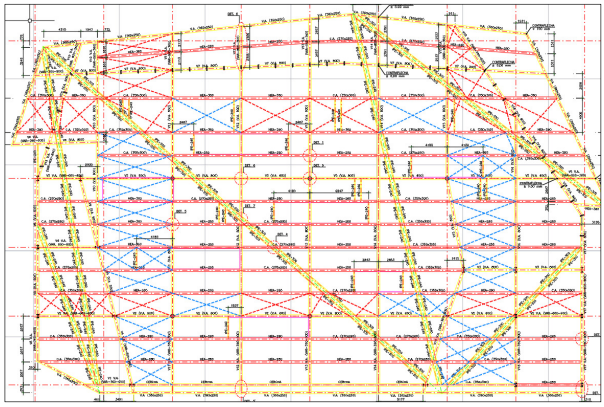

Figura 6. Cubierta verde sobre Plaza.

6.2.1 Sistema de arriostramiento frente a acciones horizontales

Se ha respetado el sistema estructural de proyecto, de manera que las condiciones de apoyo sobre la estructura inferior de hormigón y por tanto las reacciones sobre la misma sean semejantes a las consideradas en el proyecto de la estructura de hormigón. Para estabilizar horizontalmente las cubiertas se disponen, en general, cruces de arriostramiento en dos direcciones perpendiculares que conectan la superficie de cubierta con los niveles inferiores de hormigón. Dichas cruces son los elementos de arriostramiento principales y se han diseñado para que únicamente funcionen las diagonales traccionadas, despreciando la contribución de las diagonales comprimidas.

De forma complementaria a los arriostramientos principales, aparecen en algunos casos cruces, que no llegan a la estructura de hormigón, sino que se interrumpen en puntos intermedios de los pilares metálicos. La colaboración de estos sistemas a la estabilización de la cubierta es mucho menor, pero se ha mantenido, ya que ayudan a controlar las deformaciones horizontales en los casos donde aparecen importantes excentricidades entre el centro de masas de la cubierta y el centro de rigidez de las cruces principales.

6.2.2_Estructura horizontal de cubierta

La estructural horizontal consiste en vigas principales continuas en una dirección, (normalmente la perpendicular a la fachada para materializar los voladizos) cada 8 m y correas biarticuladas sobre vigas principales. Las vigas principales son vigas armadas en forma de doble T, es decir, están constituidas por chapas de acero, lo que permite adaptarse a la geometría quebrada de la cubierta. Las alas de las vigas principales se orientan según el plano de cubierta y el alma se mantiene siempre vertical.

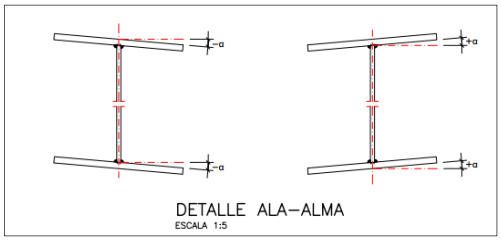

Figura 7. Detalle alas viga principal.

Las luces de las vigas principales son en general 8 m ó 16 m. Para las luces de 8 m las vigas principales tienen un canto de 0,60 m y para la luz de 16 m un canto de 0,80 m. Aparecen puntualmente luces mayores con apoyos de cubierta a dos niveles que se resuelven con cerchas metálicas.

Las correas en general son perfiles laminados bi-apoyados entre vigas principales orientados de forma perpendicular a la superficie de cubierta. En los casos en los que las correas tienen que quebrarse para adaptarse a la geometría de la cubierta en lugar de utilizar un perfil laminado se dispone una correa de dimensiones similares, pero armada. Éstas tienen una luz de 8 m y se han dimensionado en función de la pendiente para resistir la flexión transversal correspondiente.

A lo largo de las líneas de quiebro de la cubierta, (limahoyas y limatesas), se ha dispuesto un doble perfil para permitir el apoyo de la chapa grecada. A su vez, se ha dispuesto un sistema de cruces en el plano de las cubiertas mediante perfiles en L, que permiten la formación de cerchas horizontales que a su vez permiten conducir hasta el sistema de arriostramiento principal las cargas de viento de la fachada y del sismo.

6.2.3 Placas de anclaje

La conexión de los pilares a la estructura metálica se realiza mediante placas de anclaje.

En general, al estar articulados en la base, los pilares solo trasmiten esfuerzos de compresión a la estructura de hormigón. En estos casos se han dispuesto únicamente dos barras de anclaje centradas en la placa.

En las zonas con cruces de arriostramiento principales, los esfuerzos horizontales se trasmiten a la estructura de hormigón a través de la diagonal traccionada, lo que genera en la placa de anclaje esfuerzos combinados de cortante y tracción.

A diferencia del resto de cubiertas ligeras del centro comercial, la cubierta verde destaca por su mayor carga permanente debido a su constitución, lo que implica, por un lado, que nunca exista un succión efectiva sobre los elementos estructurales y, por otro, que las acciones sísmicas sean condicionales en el dimensionamiento de la estructura portante frente a acciones horizontales.

7. Cubierta Deck

7.1. Geometría

La Cubierta Deck ocupa la zona Sur del Centro Comercial, que linda con la Avda. Palmas Altas. Esta cubierta tiene tres zonas diferenciadas: las que cubren las grandes plazas diáfanas, las que albergan la batería de lucernarios que iluminan el cuerpo Central del Centro Comercial, (Figura 8), y, finalmente, la cubierta de los cines. En todo el perímetro exterior sur, la cubierta se prolonga con un voladizo de unos 3,5 m. La mayor parte de los pilares arrancan de los forjados con uniones articuladas para evitar la transferencia de momentos al forjado, considerando los detalles tipo definidos en el [2] Mael Couchaux Contruction Metallique nº 4.

7.1.1 Zonas de Lucernarios

Las luces entre pilares alcanzan los 25 m, que salvan las vigas principales armadas de 750 mm de canto, y se prolongan con el voladizo de 3,5 m. Para dicho voladizo la viga reduce su canto hasta alcanzar 160 mm en el extremo, y además, queda cajeada para dejar integrado el canalón paralelo a la fachada. Estas vigas principales, paralelas a los lucernarios, reciben las vigas secundarias, que a su vez, soportan el entramado de los lucernarios.

El lucernario tipo es de planta rectangular de 2,335 x 15,735 m y se apoya en una serie de pilares que arrancan de las vigas principales.

Figura 8. Vigas de 25 m para soporte de lucernarios.

7.1.2 Cubierta Deck en Plazas

El esquema de las zonas de Plazas, tiene como referencia principal un pilar central a modo de árbol, resultando luces desde éste hasta el resto de pilares perimetrales, que rondan los 24 m. Al igual que ocurría en la cubierta verde, estas zonas de cubierta se desarrollan con diversos planos que no coinciden con las alineaciones de pilares. Las vigas armadas principales tienen cantos variables entre los 800 mm y los 1800 mm, y las correas se resuelven con perfiles laminados. Mientras que los soportes perimetrales de la cubierta, arrancan de la planta segunda, el pilar central árbol arranca de la planta baja, por lo que su altura libre resulta ser de 10 m.

Figura 9. Vista pilar árbol en montaje.

Este pilar árbol está formado por tres tubos huecos de 457 mm de diámetro y 12 mm de espesor, cada uno de ellos con una inclinación.

Los pilares se traen completos de taller, con un elemento de rigidización provisional y ya soldados a la placa inferior de anclaje.

7.1.3 Cubierta de Cines

Esta la zona de cines la cubierta Deck salva luces que rondan los 21 m y su complejidad radica en la cantidad de quiebros que tiene la cubierta en un área muy reducida. Al igual que en la cubierta verde, hay una serie de vigas armadas que se resuelven con las alas no perpendiculares a las almas, para adaptarse a las pendientes. Al tratarse de una zona con un contorno muy irregular, la disposición de los planos de arriostramiento es también irregular, pero consigue la estabilización frente a los esfuerzos horizontales en los dos planos ortogonales. En esta zona existe también un apoyo en muro cortina, en el cual los pilares se resuelven con perfiles rectangulares huecos. Dada la magnitud de los esfuerzos se requieren perfiles poco convencionales, y ante los plazos de suministro, que no encajaban con las necesidades de la obra, se recurrió finalmente a utilizar tubos armados.

7.2. Sistema estructural

Como particularidad, y gracias al menor peso de cerramiento, en este caso se confía la rigidización en el plano de la cubierta al efecto vierendel proporcionado por las correas continuas en lugar de a la disposición de cruces.

Por otro lado, se ha buscado, en todos los casos, la máxima optimización y racionalización de la estructura.

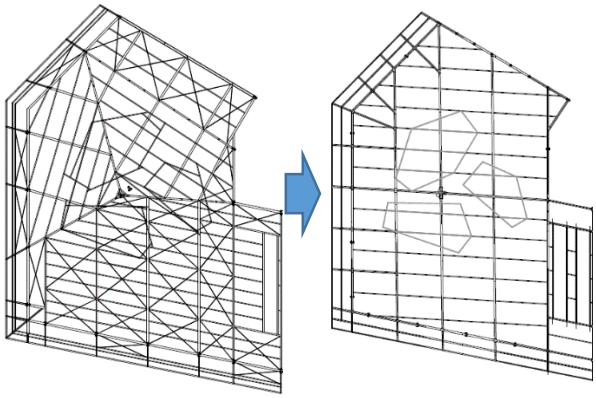

Figura 10. Optimización y racionalización estructural.

8. Fachadas Estructurales

En las zonas de las plazas de acceso, la cubierta precisa del apoyo sobre los pilares de las fachadas. Estas fachadas en las plazas están constituidas por pilares verticales situados cada 2 m aproximadamente, y montantes horizontales. Para evitar el apoyo directo de las vigas principales de la cubierta sobre un único pilar de fachada se ha dispuesto una viga de coronación a nivel de conexión con la cubierta. Esta viga permite conectar todos los pilares de cubierta entre sí en su nivel superior y además repartir las cargas puntuales entre varios pilares de fachada. El canto de esta viga de coronación coincide con el de las vigas de la cubierta en estas zonas (0,80 m).

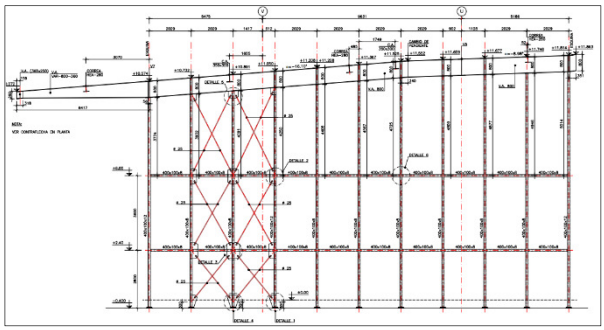

Figura 11. Detalle de la fachada estructural.

También se disponen una serie de arriostramientos en las fachadas, utilizándolas como elementos portantes frente acciones horizontales. La disposición de estas cruces en fachada reduce la excentricidad entre el centro de masas de la cubierta y el centro de rigidez. Estas cruces, dado que quedan vistas, se materializan mediante barras roscadas que permiten su puesta en tensión.

9.Desarrollo del Proyecto

Para cada una de las diferentes estructuras de las cubiertas metálicas se ha desarrollado un modelo de cálculo en SAP2000 que permite el dimensionamiento de los diferentes elementos estructurales. Las cruces de san Andrés se han modelizado como elementos que solo resisten tracciones, para lo cual es necesario un cálculo no lineal. Adicionalmente se han desarrollado modelos en TEKLA, software BIM, con el que ha sido posible la obtención de la geometría de cada una de las vigas y correas, a partir de la superficie de acabado definida por arquitectura, así como de los ángulos entre las alas y las almas de los perfiles, lo que ha permitido desarrollar los planos de taller.

Dada la complejidad geométrica, la magnitud de la misma y la cantidad de equipos intervinientes, hubiese sido muy complicado un trabajo sin el apoyo de los software tipo BIM.

Agradecimientos

Nos gustaría agradecer en primer lugar a L35 y LAC , autores de los proyectos de Arquitectura y Estructura por su constante colaboración durante la ejecución. Por otro lado quisiéramos reconocer el trabajo incansable del equipo de obra representado por Manuel de los Ríos del Campo, Víctor Heras, David Zamora, Carlos Cabana y Daniel Rufino, entre otros muchos profesionales; y de las dos empresas suministradoras de la estructura metálica. Megusa e Inbersa. Agradecemos también su participación al resto de equipo de CESMA y FHECOR, así como a Alberto Brusa de IDEAM y Alberto López de IDI Ingenieros.

Referencias

[1]Código Técnico de la Edificación. Documento Básico Seguridad en caso de Incendio (Versión 2019).

[2] Mael Couchaux Contruction Metallique nº 4 2014.

[3] Comisión Permanente del Hormigón, Instrucción de Hormigón Estructural EHE-2008, Ministerio de Fomento, Madrid, 2008.