

# Ampliación de Torres Colón. Una remonta por un enchufe y unos vestíbulos colgados

*Colon Towers' extension. Addition of storeys for a plug and suspended foyers*

Juan Luis Bellod Thomas<sup>a</sup>, David Sanz Cid<sup>b</sup>, Mercedes Madrid Ramos<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Cesma Ingenieros, S.L. Director General. [cesma@cesmaing.com](mailto:cesma@cesmaing.com)

<sup>b</sup> Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Cesma Ingenieros, S.L. Ingeniero. [cesma@cesmaing.com](mailto:cesma@cesmaing.com)

<sup>c</sup> Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. Dragados. Jefe de Servicio de Estructuras de Edificación. [mmadridr@dragados.com](mailto:mmadridr@dragados.com)

## RESUMEN

Las Torres Colón, emblemáticas en el horizonte madrileño, han experimentado una importante remodelación en base al proyecto de rehabilitación llevado a cabo entre 2020 y 2024, en lo que constituye un hito en la edificación a nivel arquitectónico y estructural. La intervención estructural realizada por Cesma se centra en los nuevos cuatro niveles superiores más la cubierta, conocidos como la remonta, que sustituyen a la antigua coronación *art déco* instalada a principios de los años 90, y la construcción de unos nuevos vestíbulos de conexión entre las plantas intermedias de ambas torres que se cuelgan de los nuevos niveles superiores y que ocupan el lugar de la antigua escalera de evacuación.

## ABSTRACT

The Colon Towers, an icon of Madrid's skyline, have undergone an important refurbishment based on the restoration project that took place between 2020 and 2024, thus becoming an architectural and structural milestone in building design. The structural intervention conducted by Cesma focused on the top four storeys and the roof, known in Spanish as *remonta*, that replace the old *art déco* crown that was installed in the early 90s. It also focuses on the construction of the new foyers that connect the intermediate floors of both towers, which are suspended from the top levels and take the place of the old evacuation staircase.

**PALABRAS CLAVE:** Ampliación, edificio emblemático, estructura mixta, voladizo, estructura colgada.

**KEYWORDS:** Extension, emblematic building, composite structure, cantilever, suspended structure.

## 1. Introducción

Las Torres Colón, concebidas por el arquitecto Antonio Lamela, son unos de los edificios más emblemáticos de la capital, no sólo por su particular sistema estructural y constructivo, diseñado por Carlos Fernández Casado, Javier Manterola y Leonardo Fernández Troyano, ya que fueron los primeros edificios en España con estructura suspendida o colgante, sino también por su especial ubicación y su característico “enchufe”, como era conocida la cubierta *art déco* erigida a principio de los años 90 para ocultar la

estructura que servía de soporte para el cuelgue de la nueva escalera de evacuación que se instaló para cumplir la nueva normativa de protección contra incendios.

Las torres se sitúan en la calle Génova, esquina con el Paseo de la Castellana y con vistas a la Plaza de Colón, donde también confluyen la calle Goya y el Paseo de Recoletos, y se sitúan los Jardines del Descubrimiento, en el que es uno de los cruces más representativos de la vía de articulación central de Madrid que supone el eje

Castellana-Recoletos, haciendo que las torres sean visibles desde muchos puntos de la ciudad.

La remodelación de las torres, proyectada por el arquitecto Luis Vidal y llevada a cabo entre 2020 y 2024, incluye la ejecución de 4 nuevas plantas sobre las torres, nuevos vestíbulos de conexión en las plantas intermedias, un nuevo núcleo de ascensores exento a ambas torres, la ampliación de los forjados existentes para regularizar su contorno y el refuerzo de cimentaciones y núcleos centrales para hacer frente al incremento de cargas de las nuevas plantas. Fig. [1].

La intervención estructural realizada por Cesma se centra en los nuevos cuatro niveles superiores, conocidos como la remonta, fig. [2], y en la construcción de los nuevos vestíbulos de conexión entre las plantas intermedias de ambas torres (niveles 4 a 24), que se cuelgan de los nuevos niveles superiores y que ocupan el lugar de la antigua escalera de evacuación.

La remodelación, pese a incorporar las nuevas plantas, ha mantenido su altura total de 117 m desde nivel de calle, ya que los nuevos

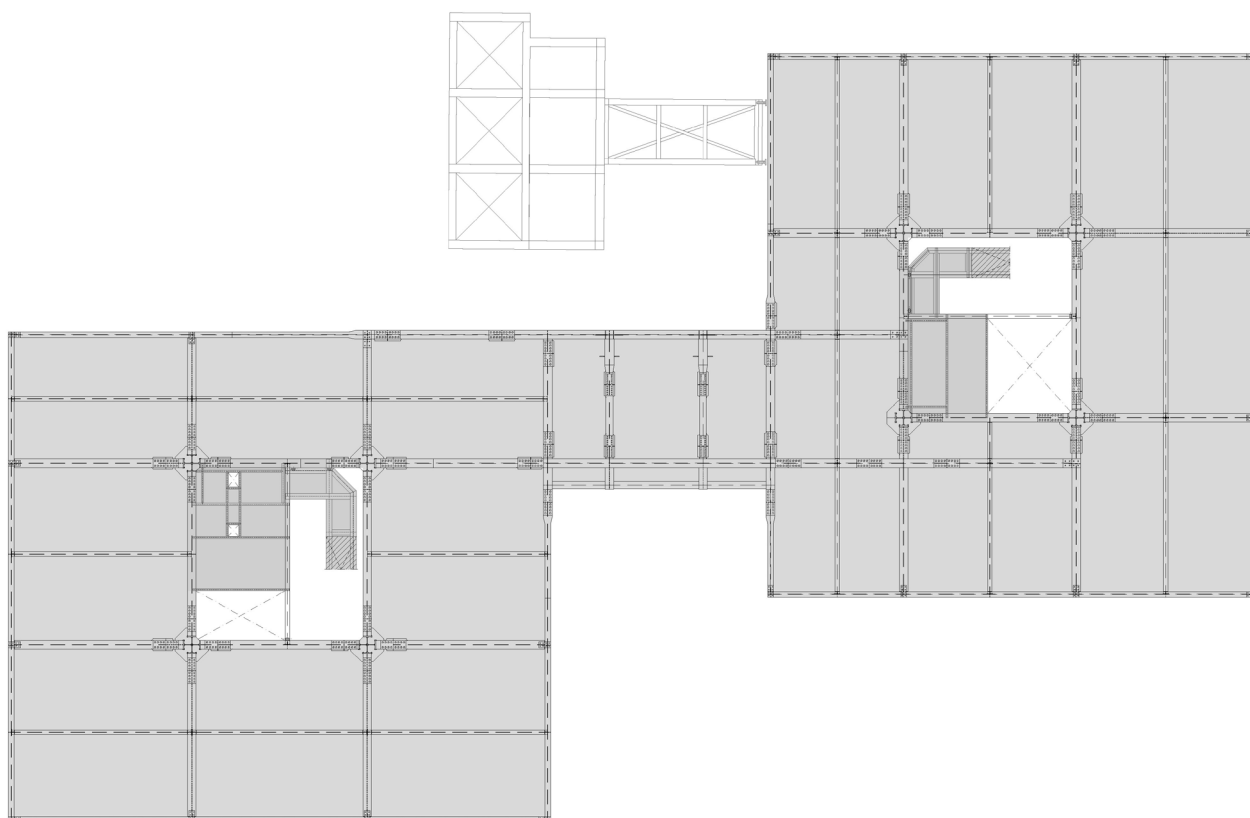
niveles sustituyen al característico “enchufe” que coronó las torres durante 30 años.

## 2. Descripción de las estructuras

Las Torres Colón, con 25 plantas sobre rasante, están realizadas mediante una estructura suspendida o colgante, con dos núcleos centrales de hormigón, uno por torre, coronados por grandes vigas pretensadas de hormigón y canto variable en vuelo desde los núcleos hasta el borde de los edificios. En estas vigas se disponen 18 tirantes de hormigón, de sección poligonal y que alojan cables de pretensado en su interior como elemento resistente, de los que cuelgan las 21 plantas intermedias con forjado reticular de hormigón armado. Las 3 plantas inferiores sobre rasante son comunes a ambas torres, materializando un zócalo de mayores dimensiones que las plantas superiores. La primera planta se resuelve con forjado reticular de hormigón y las dos superiores mediante un entramado de vigas metálicas.



Figura 1. Las Torre Colón a lo largo del tiempo 1976, 1990 y 2023 (fuente: Diario Expansión).



**Figura 2. Planta tipo de remonta.**

Bajo rasante existen 6 plantas de sótano destinadas a aparcamiento, con el mismo perímetro que las del zócalo y con forjado reticular con casetones cuadrados y triangulares.

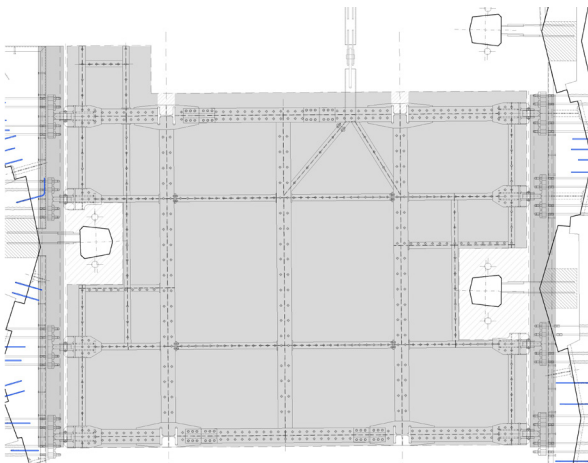
Las nuevas plantas de la remonta, de aproximadamente 600 m<sup>2</sup> cada una, utilizan acero en lugar de hormigón como elemento portante principal, disponiéndose vigas metálicas armadas con perfil doble T que, apoyadas sobre nuevos pilares metálicos que nacen de las cuatro esquinas de los núcleos centrales, vuelan hasta 6.4 m alrededor de estos. Con objeto de aligerar al máximo la estructura y aprovechar el material, las vigas se conectan al forjado mixto superior que materializa la superficie útil, dotando de comportamiento igualmente mixto a las vigas. Igualmente, se definen vigas con canto variable, de 1.5 a 0.8 m, para adaptar su geometría a la ley de esfuerzos solicitantes optimizando peso y material.

Los pilares tienen sección en cruz formados por dos perfiles armados doble T unidos con un ángulo de 90°, de forma que tienen la misma rigidez en ambas direcciones.

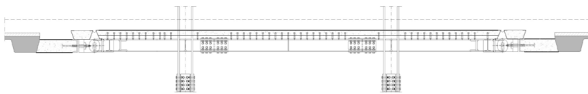
Adicionalmente, ambas torres se conectan en todos los niveles de la remonta con unos forjados de 5.5x7.8 m que, con la misma configuración de vigas mixta y forjado mixto con chapa colaborante, forman parte del mismo sistema estructural, dando como resultado una única estructura monolítica para ambas torres.

Los nuevos vestíbulos colgados de, aproximadamente, 5.0x6.5 m, fig. [3], se disponen para conectar ambas torres entre las plantas 4 y 24, mejorando la funcionalidad del edificio, y están formados por un entramado de vigas metálicas con perfiles laminados y un forjado mixto superior, conectando ambos elementos mediante pernos para reducir el canto total de la estructura lo máximo posible, fig. [4], ya que la escasa altura libre entre plantas limita el espacio disponible para alojar la estructura.

Los vestíbulos cuelgan de las plantas de remonta mediante cuatro tirantes metálicos con sección doble T y se unen a los forjados originales mediante ocho rótulas, minimizando las cargas transmitidas a la estructura existente.



**Figura 3. Planta tipo de los vestíbulos colgados**



**Figura 4. Alzado tipo de los vestíbulos colgados**

### 3. Condicionantes

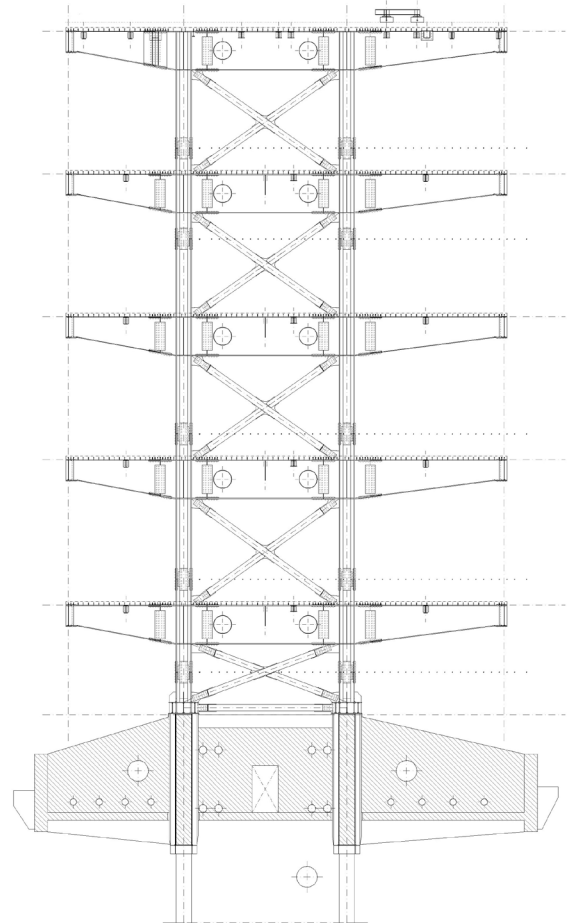
Entre los muchos condicionantes a tener en cuenta cabe destacar los siguientes, ya que fueron determinantes tanto para la definición de la estructura como para su ejecución:

- Zona urbana con fuerte limitación para el acopio de materiales y la instalación de elementos auxiliares.
- Incremento de cargas, tanto gravitacionales como de viento, que deben ser resistidas por la estructura existente.
- Limitación de deformaciones para poder satisfacer los requisitos de la nueva fachada de alta eficiencia con cristales curvos.

### 4. Concepción estructural

Para la estructura de las nuevas plantas de la remonta se mantiene, a semejanza de la estructura original de las plantas inferiores, el núcleo central como elemento portante principal. En este caso, los núcleos de hormigón se sustituyen por núcleos de acero formados por cuatro pilares, que nacen de las cuatro esquinas de los núcleos de hormigón, rigidizados con

cruces de San Andrés verticales en ambas direcciones. Fig. [5] Sobre estos pilares apoyan las cuatro vigas principales que, con canto variable, se prolongan hasta el borde de los forjados. Fig. [6].



**Figura 5. Alzado de la estructura remonta**



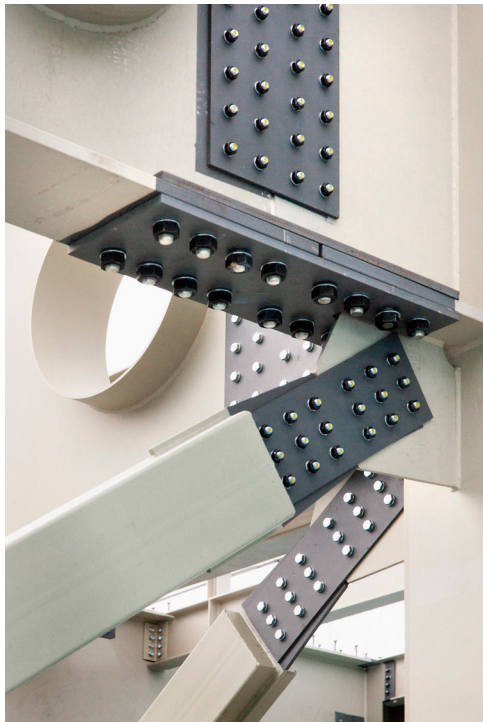
**Figura 6. Estructura metálica de remonta**

A diferencia de las plantas originales, en la remonta no se dispone ningún elemento estructural en las fachadas, transmitiéndose la totalidad de las cargas directamente al núcleo central, lo que permite maximizar la superficie útil de las plantas y la continuidad de la fachada.

La estructura se remata con vigas metálicas perimetrales y correas intermedias que sirven para el apoyo de los forjados mixtos con chapa colaborante, dispuestos, igualmente, con objeto de reducir lo máximo posible el peso de los elementos portantes.

Finalmente, se disponen conectadores en todas las vigas metálicas para garantizar su comportamiento mixto junto con el forjado, lo que permite optimizar el material y los espesores de chapas.

Por tanto, toda la estructura se define con elementos metálicos que, además de minimizar el peso, permiten un alto grado de prefabricación en taller, reduciendo los elementos auxiliares a disponer en obra, previéndose todas las uniones atornilladas para evitar soldar in situ. Fig. [7].

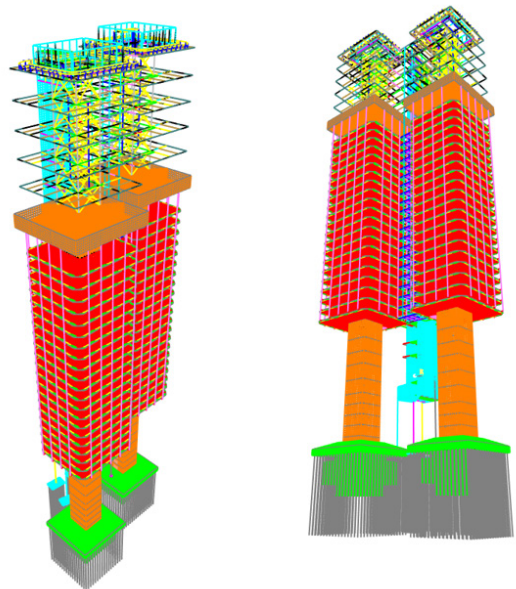


**Figura 7. Detalle de uniones atornilladas**

En el caso de los nuevos vestíbulos de conexión en las plantas originales, se optó por transmitir la casi totalidad de las cargas a la nueva estructura de remonta mediante el cuelgue de los forjados, de forma que las cargas gravitacionales llegasen directamente a los núcleos centrales, que fueron convenientemente reforzados para el incremento de cargas global al que se han visto sometidos, evitando la necesidad de reforzar de forma generalizada los forjados existentes.

## 5. Verificación de la estructura

Para la verificación estructural se realizó un modelo tridimensional de elementos finitos de ambas torres en su totalidad, incluyendo la estructura existente, la nueva remonta, los nuevos vestíbulos de conexión y el nuevo núcleo de ascensores, fig. [8], de forma que fue posible estudiar el reparto de esfuerzos derivados de la acción del viento entre los núcleos de ambas torres y el nuevo núcleo de ascensores, así como el comportamiento deformacional del conjunto, ya que, en su situación definitiva, todos los elementos quedan unidos de forma monolítica por las plantas de remonta.



**Figura 8. Vistas generales del modelo de cálculo**

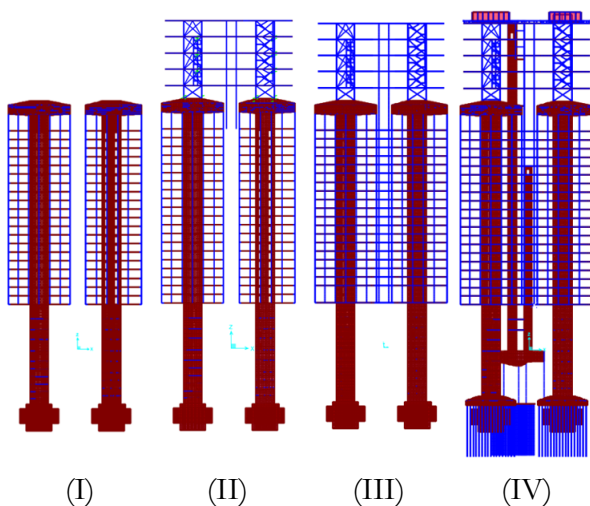
Para este modelo, se considera un cálculo evolutivo que permite establecer el estado tensional y la deformación de la estructura con carácter previo a la ejecución de la remonta, siendo las situaciones más significativas, fig. [9]:

- Situación I - Estructura existente:  
Se consideran los elementos iniciales del edificio soportados por la cimentación existente.
- Situación II - Montaje de remonta:  
Se consideran los elementos iniciales del edificio y la estructura de remonta soportados por la cimentación existente.
- Situación III - Montaje de vestíbulos colgados:

Se consideran los elementos iniciales del edificio, la estructura de remonta y los vestíbulos colgados (introducidos en el modelo de cálculo de planta en planta por cada fase de cálculo, reproduciendo el montaje previsto en obra), soportados por la cimentación existente.

- Situación IV - Ejecución del refuerzo de las cimentaciones:

Se consideran los elementos iniciales del edificio, la estructura de remonta y los vestíbulos colgados, soportados por la cimentación reforzada y el nuevo núcleo de ascensores.



**Figura 9. Situaciones representativas de cálculo**

Las cargas equivalentes a la acción del viento se obtuvieron mediante un ensayo específico en túnel de viento realizado por la empresa Wacker Ingenieure [1], considerando un total de 8 direcciones para el viento de diseño. Fig. [10].

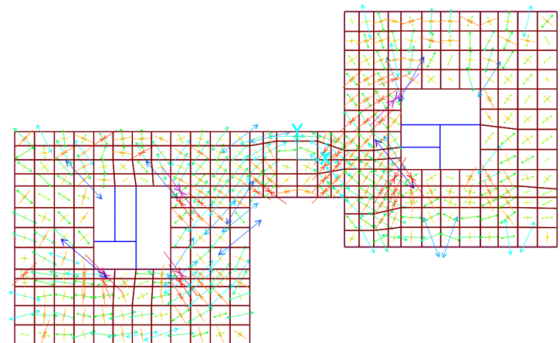


**Figura 10. Imagen del ensayo en túnel de viento**

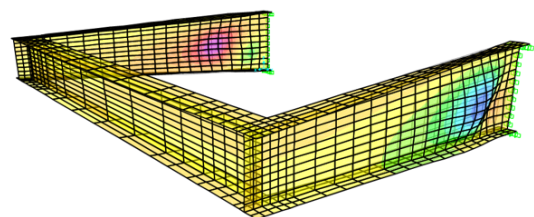
Para el adecuado comportamiento de la estructura frente al viento, es necesario

dimensionar la armadura y la conexión de los forjados mixtos de manera que sea posible garantizar su función como diafragmas de las diferentes plantas.

Adicionalmente, para el estudio de los posibles problemas de estabilidad local por pandeo lateral o inestabilidad de chapas comprimidas de las vigas de remonta, se realizaron modelos parciales detallados, fig. [11], obteniéndose como resultado que no existe riesgo de pandeo lateral de las vigas principales, siendo el efecto más restrictivo, desde el punto de vista de la inestabilidad, la abolladura local del alma. Fig. [12].



**Figura 11. Distribución de fuerzas en el plano de los forjados**



**Figura 12. Estudio de inestabilidad local de vigas**

## 6. Detalles constructivos

De forma general, todas las uniones en taller se han definido soldadas y todas las uniones en obra atornilladas. Para las uniones soldadas se han definido detalles que permiten una adecuada transmisión de las tensiones evitando tracciones perpendiculares al plano de laminación, rigidizando adecuadamente los nudos, mientras que las uniones atornilladas son siempre pretensadas para evitar deformaciones relativas y mejorar su comportamiento general.

## 6.1 Uniones entre pilares y vigas principales

Los pilares se definen continuos en toda su altura mientras que las vigas se definen en tramos que se unen a las cuatro caras de los pilares. Para ello, se fabrican en taller tramos de pilares que incluyen tramos de viga en espera para el posterior atornillado en obra. Fig. [13, 14].

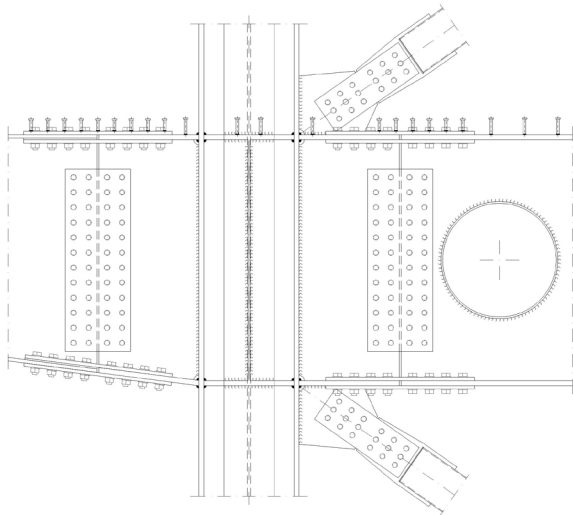


Figura 13. Alzado de unión viga-pilar

Para evitar la delaminación de las chapas que conforman el pilar se disponen unas chapas de rigidización que permiten transmitir las tracciones en las alas superiores de las vigas mediante soldaduras laterales sometidas a esfuerzos rasantes y dar continuidad a las tensiones a través del plano de laminación de las chapas, evitando la necesidad de usar acero con propiedades mejoradas en el plano perpendicular a la laminación.

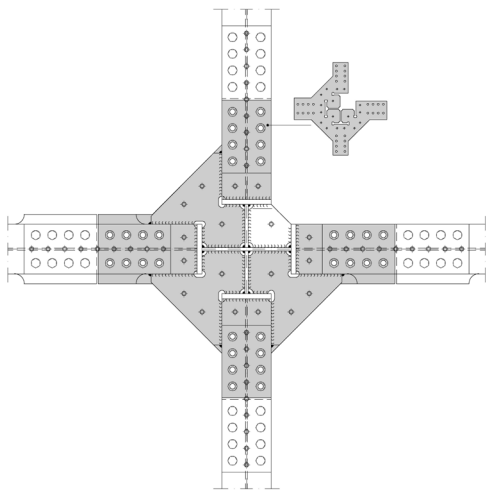


Figura 14. Planta de unión viga-pilar

Para facilitar el montaje en obra, las uniones atornilladas son con doble cubrejuntas, de forma que pueden enfrentarse ambas partes de la unión mediante movimientos simples de traslación.

## 6.2 Anclaje de pilares

Para el anclaje de los nuevos pilares a la estructura existente fue necesario definir un sistema de anclaje exterior que evitara la ejecución de taladros, ya que las vigas de hormigón que coronan la torre original están fuertemente pretensadas, existiendo un importante riesgo de cortar la armadura activa en caso de ejecutar una unión con barras post-instaladas.

Por ello, se definen unas placas de anclaje con doble chapa que, gracias a su gran rigidez, permiten transmitir los esfuerzos en la base de los pilares a tres perfiles tubulares armados. Fig. [15]. Estos perfiles se conectan lateralmente a las vigas existentes mediante mortero epoxídico transmitiendo los esfuerzos por rasante acero-mortero y mortero-hormigón. Adicionalmente, se disponen nuevas vigas metálicas que abrazan inferiormente a las vigas existentes de hormigón, materializando un anclaje mecánico entre los pilares y la estructura existente.

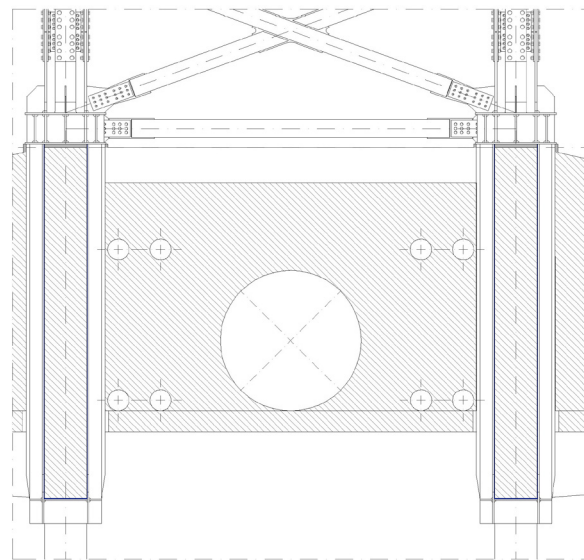


Figura 15. Alzado de anclaje pilares de remonta

### 6.3 Tirantes de vestíbulos colgados

Los tirantes están sometidos a tracciones permanentes importantes, por lo que es vital garantizar que no se va a producir la delaminación por tracciones perpendiculares a las chapas. Para ello, se disponen unos rigidizadores continuos a través de los forjados que no solo permiten resistir la totalidad de los esfuerzos del tirante, sino que hacen que todos los esfuerzos se transmitan mediante soldaduras solicitadas a rasante entre todos los elementos. Fig. [16].

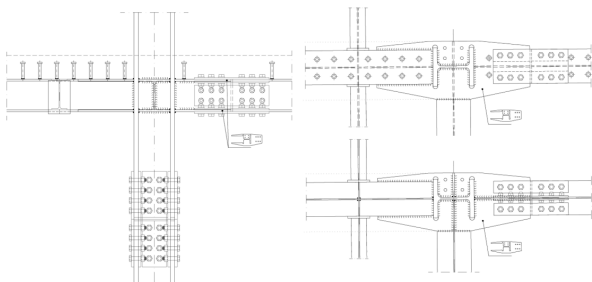


Figura 16. Detalle de continuidad de tirantes

### 6.4 Conexión vestíbulos-forjados

Para la conexión de los nuevos vestíbulos a los forjados existentes, se definen rótulas mediante bulones insertados en taladros rasgados, por lo que únicamente se transmiten cargas horizontales entre los nuevos vestíbulos y los forjados existentes.

Para la conexión de las rótulas a los forjados se dejaron en espera barras de anclaje postinstaladas provistas de manguitos en sus extremos, de forma que podía materializarse el anclaje tras el posicionado final de los vestíbulos. Fig. [17].

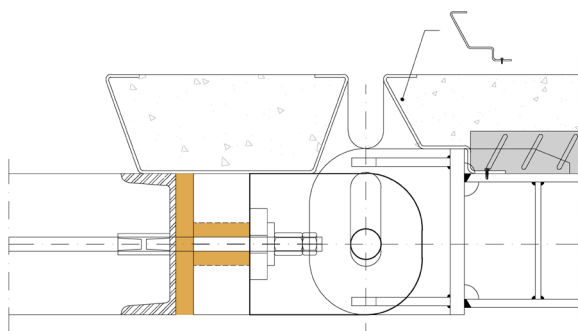


Figura 17. Rótulas de conexión vestíbulos

### 6.5 Arriostramiento de fachada

Debido a la estricta limitación de deformaciones admisibles prevista para la fachada, con vidrios curvos de la remonta, y a las elevadas cargas de viento obtenidas del ensayo en túnel de viento, fue necesario disponer una estructura auxiliar, ya que la fachada se ancla tanto a nivel de las losas mixtas de los forjados, como a un nivel intermedio por debajo del ala inferior de las vigas metálicas doble T de borde, fig. [18], produciendo en estas vigas esfuerzos fuera del plano del alma y flectores transversales a su ala inferior, alcanzándose fuerzas de hasta 32 kN por anclaje.

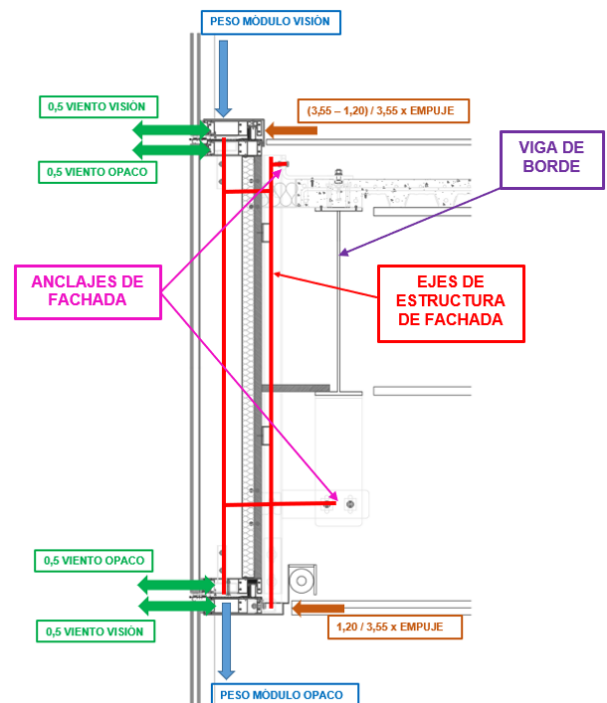


Figura 18. Esquema de anclaje previsto por el fabricante de la fachada

La estructura auxiliar consiste en la disposición de un perfil tubular de 300x100x5 mm a modo de viga contra el viento, Fig. [19, 20], de forma que es posible transmitir las reacciones en los anclajes intermedios de la fachada directamente a las vigas principales, transformando los esfuerzos indeseables en las vigas de borde en flectores y axiles en las vigas principales.

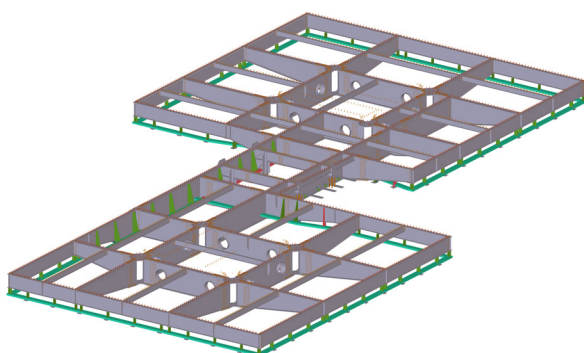


Figura 19. Modelo TEKLA del arriostramiento

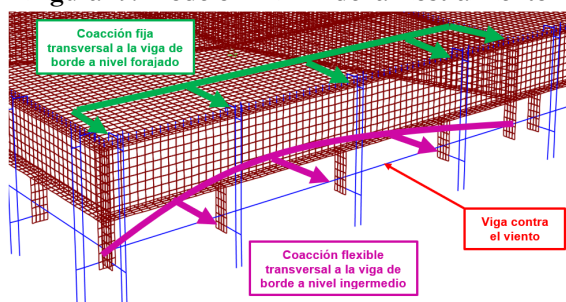


Figura 20. Esquema de trabajo estructural

Para la verificación del sistema de arriostramiento adicional y para estudiar adecuadamente el reparto y la transmisión de esfuerzos en función de la rigidez de cada uno de los elementos, se realizó un modelo de elementos finitos completo de una planta de la remonta donde se incluía tanto la estructura principal, como la nueva viga contra el viento y los elementos estructurales de fachada. Fig. [21].

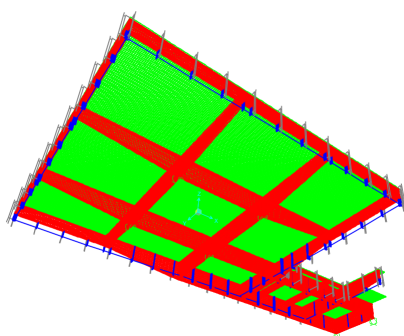


Figura 21. Modelo EF arriostramiento fachada

## 7. Maniobra de izado de los vestíbulos colgados

Para el montaje de los vestíbulos colgados, se planteó premontar cada planta en el nivel superior del zócalo inferior e izarlas con ayuda de cables y cuatro gatos situados en la estructura de la remonta.

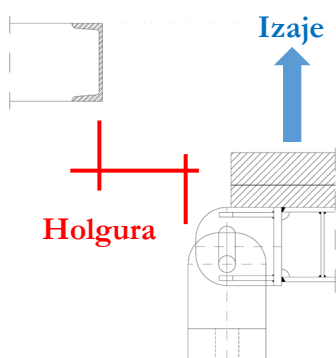


Figura 22. Bancada móvil vestíbulos colgados

Para reducir la duración de la maniobra, se dispuso una bancada móvil, fig. [22], que permitía premontar cada uno de los niveles del vestíbulo, incluyendo la colocación de la chapa grecada y el hormigonado del forjado mixto, y posteriormente colocarlos en la posición inicial para el izaje, fig. [23], permitiendo el solape de la ejecución de la estructura completa a nivel inferior y el izaje para su posicionamiento definitivo de los diferentes niveles.



Figura 23. Izaje vestíbulos colgados



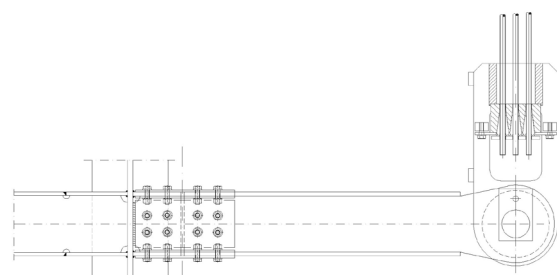
**Figura 24 Posición de rótulas durante el izaje**

Puesto que los vestíbulos debían izarse entre ambas torres, no existía prácticamente ninguna tolerancia, por lo que, para evitar interferencias con los forjados existentes, se dotó de holgura al sistema mediante el giro de las rótulas de anclaje durante la elevación de la estructura, posicionándolas correctamente en el momento de alcanzar su altura final. Fig. [24].

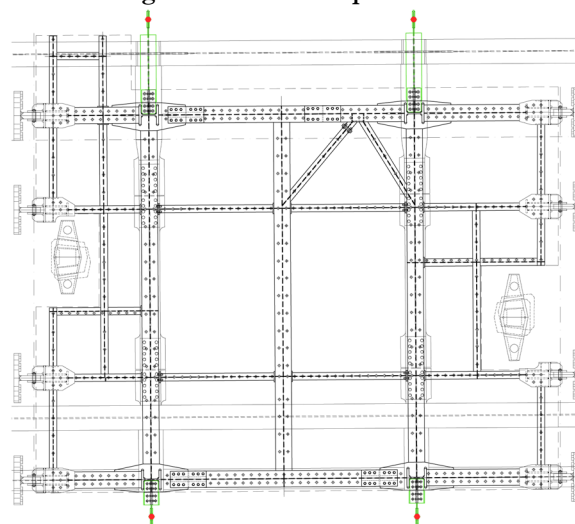
Por otro lado, todos los elementos auxiliares empleados para el izado (gatos, cabestrantes, etc.) se dispusieron sobre la estructura metálica, previamente ejecutada, de la planta 26, lo que condicionó la posición de los cuatro puntos de izado de los que se colgaba cada nivel, quedando estos puntos fuera del contorno exterior de los vestíbulos. Por tanto, fue necesario disponer unas ménsulas metálicas, mediante un perfil armado, que conectaran la estructura metálica del vestíbulo con los cables que colgaban de los gatos de izado. Estas ménsulas se unieron a los vestíbulos mediante uniones atornilladas provisionales. Fig. [25, 26].

#### ***Ficha Técnica de la estructura***

| <b>Datos de la obra</b>                               |                          |
|-------------------------------------------------------|--------------------------|
| Ubicación y año de ejecución                          | Madrid. 2020-2024        |
| Propiedad                                             | Mutua Madrileña          |
| Proyecto constructivo estructura                      | Calter Ingeniería        |
| Proyecto constructivo estructura remonta y vestíbulos | Cesma Ingenieros         |
| Empresa contratista                                   | DRAGADOS                 |
| Arquitectura                                          | Luis Vidal + arquitectos |
| <b>Datos técnicos</b>                                 |                          |
| Altura total                                          | 117 m                    |
| Superficie total                                      | 28.298 m <sup>2</sup>    |
| Acero estructural en remonta                          | 550 t                    |
| Acero estructural en vestíbulos colgados              | 100 t                    |



**Figura 25. Ménsulas para el izado**



**Figura 26. Puntos de izado (en rojo) y ménsulas provisionales (en verde)**

#### ***Agradecimientos***

A todo el equipo de obra de DRAGADOS, con especial mención para Rodrigo Rincón, siempre abierto a escuchar nuestras propuestas.

#### ***Referencias***

- [1] “Nuevas Torres de Colón. Wind Engineering Services (wind tunnel test)”, WACKER INGENIEURE, 20 de agosto de 2019.