

## Proyecto Caleido. Zócalo de la Quinta Torre de Madrid: construyendo nuevos usos sobre una base heredada

*Caleido Project. Fifth Tower base in Madrid: constructing new uses over an inherited base*

### Jose Antonio MARTIN-CARO

Dr. Ingeniero de Caminos  
INES Ingenieros Consultores  
Director Gerente  
[jmc@inesingenieros.com](mailto:jmc@inesingenieros.com)

### Marta GIL JIMENO

Ingeniera de Caminos  
INES Ingenieros Consultores  
Ingeniera de proyectos  
[mgj@inesingenieros.com](mailto:mgj@inesingenieros.com)

### Jose Luis MARTÍNEZ MARTÍNEZ

Dr. Ingeniero de Caminos  
INES Ingenieros Consultores  
Director Técnico  
[jlm@inesingenieros.com](mailto:jlm@inesingenieros.com)

### Mónica SANZ CID

Ingeniera de Caminos  
INES Ingenieros Consultores  
Directora de proyectos de ingeniería  
[msc@inesingenieros.com](mailto:msc@inesingenieros.com)

## RESUMEN

Tras la paralización de la construcción del Centro Internacional de Convenciones en Madrid, la parcela municipal donde se hubiera ubicado, situada junto a las Cuatro Torres, quedó convertida en un inmenso agujero cuya presencia deslució una de las zonas más modernas de Madrid. El proyecto Caleido, trata de aprovechar el enorme potencial de la parcela, construyendo una torre y un zócalo con uso educativo, comercial y sanitario.

## ABSTRACT

After the stop of the construction of the International Conventions Centre in Madrid, the municipal plot where it should have been built, close to the Fourth Towers, became a huge hole that depreciated one of the most modern areas of Madrid. The Caleido project tries to use the enormous potential of the plot, by building a tower and its base, with an educative, commercial and sanitary use.

**PALABRAS CLAVE:** edificación singular, torre, zócalo, sostenibilidad, estructura existente

**KEYWORDS:** singular building, tower, base, sustainability, existing foundation.

## 1. Introducción

El Proyecto Caleido, cuyas obras está previsto que comiencen a primeros de 2017, supone la ejecución, en el Paseo de la Castellana de Madrid, de una torre de 160m de altura y 35 plantas, sobre un zócalo semienterrado de 28.000m<sup>2</sup> de superficie en planta con 8 niveles.



**Figura 1. Vista general de la quinta torre**

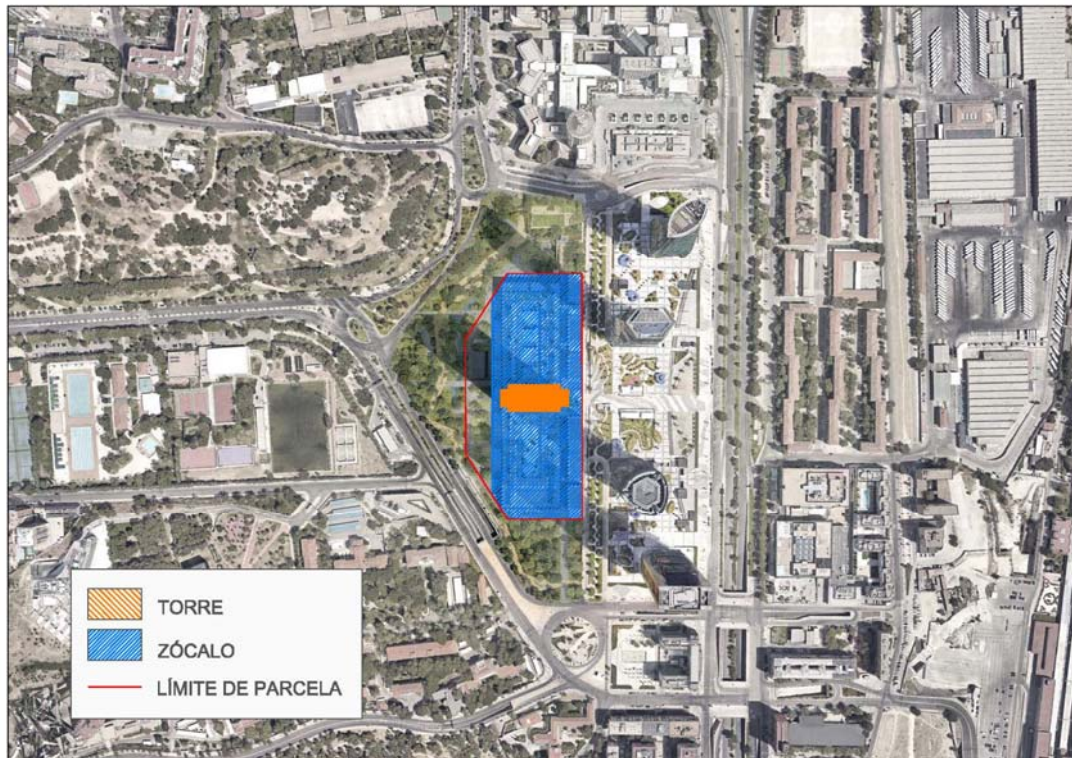
En un proyecto de estas características, a caballo entre la edificación y la obra civil, la estructura no solo conforma la base sobre la que apoyar los elementos arquitectónicos, sino que condiciona enormemente el diseño global. Esto implica que ha sido necesaria la participación de los ingenieros especialistas en estructuras durante todo el proceso de diseño del edificio.

## 2. Antecedentes

El proyecto del Centro Internacional de Convenciones de Madrid, planteado por el entonces alcalde de la capital Alberto Ruiz-Gallardón como el nuevo icono arquitectónico de Madrid junto a las Cuatro Torres, sucumbió en 2010, como muchos otros grandes proyectos, a la crisis económica del país.

Las obras comenzaron en 2009 con la adjudicación de la primera fase consistente en el movimiento de tierras, la ejecución de las pantallas perimetrales y el vaciado de aproximadamente un millón de m<sup>3</sup> de tierras. La siguiente fase de las obras que incluía la cimentación del edificio y la estructura del mismo, quedó paralizada en 2010 debido a la crisis económica. Sin embargo, el diseño de las pantallas perimetrales no permitía una paralización definitiva, puesto que estaban apoyadas sobre anclajes provisionales al terreno, que debían actuar hasta que se ejecutaran las definitivas losas de hormigón armado de los distintos niveles del futuro edificio. Fue necesario por tanto realizar una obra mínima que diese apoyo a las pantallas y permitiera garantizar la estabilidad de la excavación a largo plazo.

Tras unos años de abandono, en 2014 el Ayuntamiento decide enterrar definitivamente el proyecto y explorar la posibilidad de darle un nuevo uso a la parcela, convocando en 2015 un concurso público para la gestión del derecho de superficie de la parcela durante los próximos 75 años a cambio de un canon. El concurso se adjudica a la compañía Promociones y Propiedades Inmobiliarias Espacio, S.L.U.



**Figura 2. Ubicación en planta de la parcela y el edificio**

El proyecto que plantea Inmobiliaria Espacio, se basa en el proyecto de arquitectura realizado por los estudios de arquitectura *Fenwick Iribarren Architects* y *Serrano Suárez Arquitectura*, y el proyecto de estructuras realizado por *Ines Ingenieros Consultores*. Se apuesta por aprovechar la estructura existente y elevar sobre ella una torre y un zócalo, donde albergar una universidad, un centro sanitario y una zona comercial.

### **3. Descripción de los condicionantes**

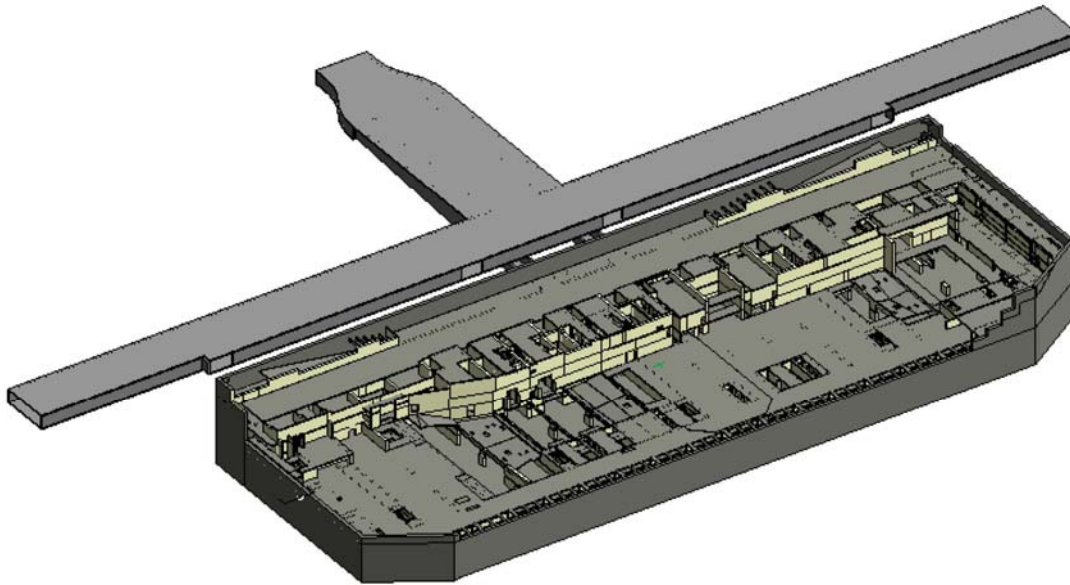
La construcción de cualquier obra en la parcela se encuentra ampliamente condicionada por la existencia de una estructura previa que reduce enormemente la flexibilidad de diseño. Por otro lado, el ambicioso proyecto de Inmobiliaria Espacio en cuanto a la gran cantidad de usos diferentes definidos, obliga a un gran esfuerzo de coordinación entre disciplinas y a la definición de múltiples tipologías estructurales en un mismo espacio.

#### **3.1. Adaptación a la estructura existente**

La paralización de las obras del Centro Internacional de Convenciones se realizó cuando la excavación ya estaba completamente realizada y se encontraban totalmente construidas las pantallas y, parcialmente las losas y muros de los primeros niveles. La estructura ejecutada es la



mínima necesaria para poder garantizar la estabilidad de la propia excavación y supone un condicionante fundamental para cualquier edificación futura en la parcela.



**Figura 3. Modelo 3D de la estructura existente**

El edificio del Centro Internacional de Convenciones se embebía en una robusta estructura de pilares y muros de hormigón armado de gran espesor formando una cuadrícula de 14 x 14 m de luz. Los muros principales interiores, de 1.2m de espesor, y los pilares, de escuadría 3 x 1.2 m, estaban diseñados para soportar la estructura horizontal formada por losas macizas de hormigón armado de 0.45m de espesor. Estos elementos se apoyaban sobre las pantallas perimetrales y una losa de cimentación de 3.0m de espesor en el interior y 1.90m en el perímetro.



**Figura 4. Planta general del forjado del sótano 6 (en rojo la estructura existente)**

Sobre esta robusta base de hormigón armado, deben alzarse la torre principal de 35 plantas y apoyarse las diferentes plantas del zócalo (hasta 5 nuevas). Con el objetivo de maximizar la

sostenibilidad del proyecto es necesario definir una arquitectura y una estructura nueva que aproveche al máximo los elementos existentes y minimice las demoliciones.

### 3.2. Adecuación a los diferentes usos

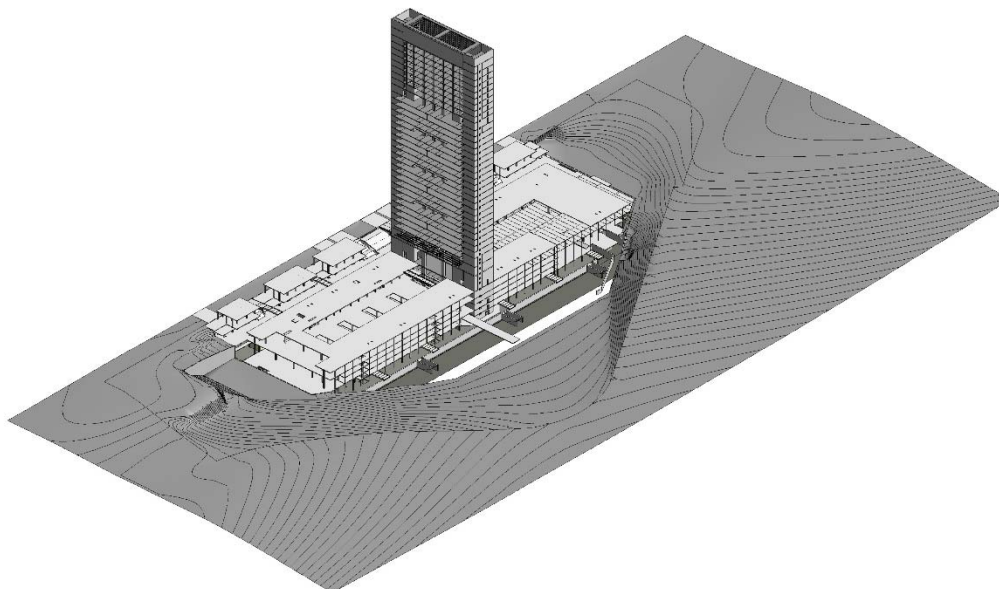
El proyecto definido por Inmobiliaria Espacio engloba una gran diversidad de usos que deben integrarse en la estructura del edificio.

La torre tiene un uso educativo con la implantación de las aulas y la zona administrativa de la universidad del Instituto de Empresa. Por otro lado, el zócalo tiene varios usos muy diferenciados. Las plantas superiores tienen un uso comercial y de restauración, las plantas inferiores son aparcamientos y las intermedias acogen en el extremo norte la clínica Quirón y en el extremo sur un auditorio y una zona polideportiva, con piscina incluida, para disfrute del Instituto de Empresa.

Además de la variedad de usos, un proyecto de estas dimensiones incorpora un gran número de disciplinas y participantes. La coordinación entre actores se ha optimizado mediante la utilización de un sistema de modelado BIM que ha permitido eliminar las incompatibilidades entre disciplinas en fase de proyecto.

## 4. Solución adoptada

Una vez analizados los condicionantes principales que tiene el diseño de la estructura del edificio se hizo necesario un estudio de alternativas estructurales para cada uno de los niveles y zonas.



**Figura 5. Modelo 3D de la estructura**

La retícula de hormigón armado definida por la estructura existente supone un punto de partida sobre el que trabajar. La cuadrícula existente de grandes muros y pilares, se planteó incompatible con la ligereza solicitada por la arquitectura, por lo que se desestimó la opción de mantener la misma tipología en las plantas superiores. Para reducir el tamaño de pilares y muros y aumentar los

espacios diáfanos fue necesario reducir la retícula en una de las direcciones y pasar a una distribución de pilares con luces 14 x 7.0 m.

A continuación se describen los principales elementos que forman parte de la estructura del proyecto:

#### 4.1. Forjados

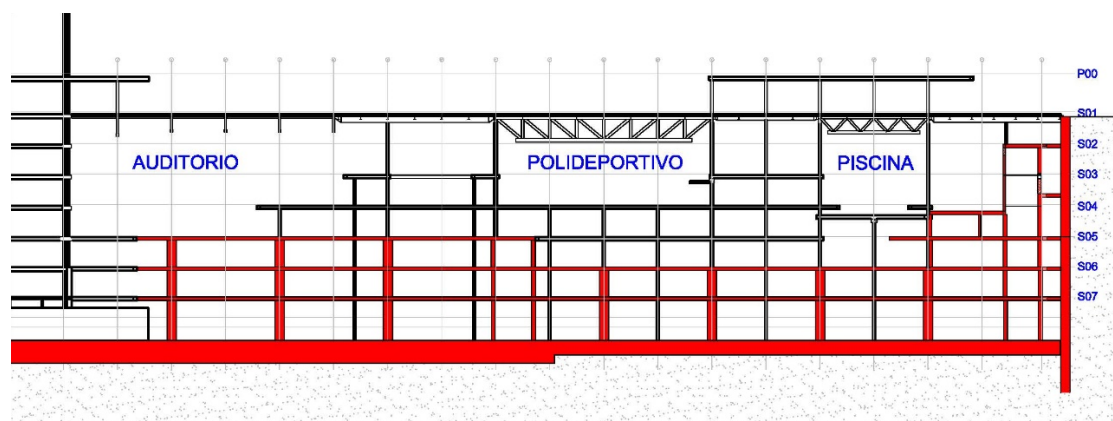
Para adaptar los forjados a esta cuadrícula de pilares, 14 x 7 m, se estudiaron varias tipologías. Como solución inicial se pensó en losas armadas de espesor constante 0.35m y vigas descolgadas de 0.90 m de espesor total sobre los pilares en forma de capitel. Esta tipología si bien daba solución a los vanos interiores, creaba problemas en los vanos extremos de 14.0m y obligaba a incrementos de espesor y descuelgue de vigas en las zonas con geometrías más complejas por la presencia de grandes voladizos, huecos o elevadas sobrecargas de uso, sobre todo en las zonas de la clínica. Además suponía un inconveniente para el paso de las instalaciones bajo los forjados.

Como alternativa se estudió la posibilidad de postesar las losas para homogeneizar la solución y evitar descuelgues, aunque para ello se produjese un incremento de canto de los forjados hasta los 0.40m. De esta manera se obtenía una solución que permitía dar respuesta a todas las zonas conflictivas, jugando con la dirección y el número de cables de pretensado. Tras una evaluación económica de las dos opciones, que puso de manifiesto la reducida diferencia entre las dos soluciones, se optó por las losas postesadas.



**Figura 6. Definición geométrica de la planta del sótano 3 (en rojo la estructura existente)**

Excepción a esta tipología general es el forjado del primer sótano en la zona sur del zócalo. Bajo ese forjado se ubican los espacios ocupados por el auditorio, el polideportivo y la piscina del IE. Los espacios libres necesarios para ubicar estas instalaciones dan lugar a vanos con luces de hasta 28 m en el polideportivo y varias plantas de altura libre (hasta 16 m en el auditorio). Este forjado debe soportar las cargas de la urbanización, las sobrecargas de la zona comercial y las que bajan por los pilares en los que apoya el forjado superior. Se plantean para estos casos grandes celosías metálicas que permitan salvar las luces planteadas sin incrementar excesivamente el peso sobre la estructura existente. A partir de la definición de estas celosías se decide diseñar un forjado mixto en toda la zona, que además evita cimbrar grandes alturas.



*Figura 7. Sección longitudinal de la zona sur del edificio (en rojo la estructura existente)*

## 4.2. Pilares

Debido a la gran diversidad de cargas, luces y alturas, se han definido varias tipologías para los pilares del zócalo de la torre. Los pilares más solicitados son mixtos, con perfiles metálicos armados en doble T embebidos en una sección rectangular de hormigón. Los pilares que arrancan en el forjado mixto son tubos metálicos y el resto secciones rectangulares de hormigón de hasta 0.50 x 0.80 m.

En el intento de aprovechar al máximo la estructura existente, una parte importante de los nuevos pilares arrancan sobre elementos de la estructura existente.

Por otro lado la existencia de losas ya ejecutadas en los 3 niveles inferiores hace que los nuevos pilares no cojan carga en esas plantas. Para ello los pilares simplemente atraviesan las losas hasta llegar apoyarse sobre la losa de cimentación, aunque las utilizan como arriostramiento horizontal, reduciendo así las longitudes de pandeo.

## 4.3. Movimientos horizontales

Las grandes dimensiones de la estructura en planta (280m x 100m) obligan a tener muy en cuenta los efectos reológicos, puesto que el efecto de la retracción y los cambios térmicos pueden crear importantes acciones horizontales sobre los pilares. Para reducir sus efectos se han definido 6 núcleos de ascensores de gran rigidez transversal y se ha conectado estratégicamente la estructura nueva con la existente. El zócalo y la torre se han diseñado independientes en relación con las acciones horizontales.

## 5. Conclusiones

Desde el punto de vista de la ingeniería estructural sólo el zócalo de la torre supone un gran reto tanto por las dimensiones totales (8 niveles de 28.000m<sup>2</sup>), como por la rigidez que introduce la estructura existente y por la gran variedad de usos e intereses que participan en el proyecto.

Las tipologías estructurales utilizadas en el diseño final son variadas. Se han definido pilares de hormigón, metálicos y mixtos en función de la carga y la zona, así como forjados compuestos por losas postesadas y mixtas apoyadas en grandes celosías metálicas.

La construcción de una obra de esta magnitud, que comenzará a primeros de 2017, supone la culminación de un esfuerzo importante y continuo de optimización y coordinación entre disciplinas.