

# CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA SEDE DEL BANCO POPULAR FASE II EN MADRID

## *Construction of the New Banco Popular's headquarters Fase II in Madrid*

### **Susana JAREÑO COBO**

Ingeniero de CCyP  
Dirección Técnica. DRAGADOS  
[sjarenoc@dragados.com](mailto:sjarenoc@dragados.com)

### **Ángel VIDAL VACAS**

Ingeniero de CCyP  
MC2 Estudio de Ingeniería  
[mc2@mc2.es](mailto:mc2@mc2.es)

### **M<sup>a</sup> Mercedes MADRID RAMOS**

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Dirección Técnica. DRAGADOS  
Jefe Servicio de Estructuras de Edificación  
[mmadridr@dragados.com](mailto:mmadridr@dragados.com)

### **ÁLVARO SERRANO CORRAL**

Ingeniero de CCyP  
MC2 Estudio de Ingeniería  
Director Técnico  
[mc2@mc2.es](mailto:mc2@mc2.es)

## **RESUMEN**

La Nueva Sede Social de la entidad bancaria se ha construido en la calle Juan Ignacio Luca de Tena de Madrid. Desde la adjudicación de la obra a Dragados, el cumplimiento de los plazos de ejecución constituyó uno de los principales retos de la constructora.

Mediante la planificación previa y durante la ejecución del edificio, han sido múltiples las intervenciones y actuaciones que han permitido ajustar la producción a los plazos de entrega exigidos en contrato (análisis de medios auxiliares y procesos, estudios de descimbrado...).

## **ABSTRACT**

The New Banco Popular's headquarters has been built at Juan Ignacio Luca de Tena Street, in Madrid. Since the award of the work to Dragados, compliance with the execution deadlines was one of the main challenges of the construction company.

Through previous planning and during the execution of the building, there have been multiple interventions and actions that have allowed production to be adjusted to the delivery deadlines required in contract (analysis of auxiliary means and processes, studies of reshoring and concrete strength ...).

**PALABRAS CLAVE:** cimbrado, celosías metálicas, pasarelas, izado de estructuras.

**KEYWORDS:** centering, metal trusses, lifting structures, walkway connection.

## **1. Descripción general de la estructura**

El edificio de la Nueva Sede del Banco Popular ocupa una superficie construida de 103.000 m<sup>2</sup> para uso de oficinas y más de 20.000 m<sup>2</sup> para uso de servicios, con 1.600 plazas de aparcamiento.

La rasante de la parcela no es horizontal, presenta un fuerte desnivel de manera que el acceso al edificio por la calle Luca de Tena se realiza desde la planta Baja, y desde el sótano -02 por la calle Josefa Valcarcel, paralela a la A-2.

La estructura del edificio consta de cuatro plantas bajo rasante destinadas al uso principal de aparcamiento, y seis plantas más sobre rasante que se elevan en cinco módulos diferenciados. Uno de los módulos en el extremo tendrá uso de servicios y comercial, el resto de módulos tendrá un uso administrativo. Se ejecutan además algunas estructuras singulares como un salón de actos y un pequeño auditorio exterior.

La tipología estructural en las plantas bajo rasante es de losas armadas y pretensadas puntualmente. Sobre rasante, las plantas están constituidas por losas postesadas de 30cm de espesor y luces de 10,40m.

En planta cubierta se han dispuesto grandes celosías metálicas de las que además se suspenden zonas de forjado mixto de la penúltima planta. Parte de estas celosías constituyen los puentes que conectan los módulos de oficinas entre sí.

En el centro de los módulos, se ejecutan mediante encofrado trepante, unos grandes núcleos de instalaciones y comunicaciones constituidos por muros de 30 cm de espesor. Estos núcleos sirven a su vez para absorber las acciones horizontales de viento, y los empujes descompensados del terreno.

En cuanto a los soportes de la estructura, son de hormigón armado en su mayoría a excepción de algún soporte mixto en plantas inferiores y de los soportes metálicos de fachada.

Dada la alta capacidad del terreno sobre el que se ubica el edificio, se ha ejecutado una cimentación directa mediante zapatas aisladas y combinadas. La solera es de hormigón armado de 15cm de espesor sobre 50cm de enchado de grava.

En la siguiente tabla se pueden apreciar las cuantías de producción ejecutadas:

Elemento	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Kg
Cimentaciones	---	16.500	---
Solera	24.600	---	---
Losas postesadas	46.150	---	---
Losas armadas	73.350	---	---
Forjados mixtos	5.000	---	---
Acero estructural			4.020.000

**Tabla 1. Cuantías de producción.**

## 2. Trabajos previos a la construcción

La ejecución de la obra civil tenía un plazo previsto de 17 meses, lo que obligó a una cuidada planificación de los sistemas, procesos y de los medios auxiliares de obra para cumplir los hitos, cuyo incumplimiento conllevaba penalizaciones contractuales.

### 2.1. Instalación de grúas torre

Como medio principal de elevación de materiales en la obra se utilizaron grúas torre. Su uso se complementó con la utilización de otro tipo de medios de elevación, como grúa automóvil, carreterilla elevadora, tráctel y montacargas, ya que el uso de las grúas torre estaba restringido (el proyecto exigía la cesión de éstas, como mínimo, durante cuatro horas al día en la franja horaria de 8:00 h. de la mañana a 20:00 h. de la tarde y de otras cuatro horas diarias por grúa en la franja horaria de

20:00 h. de la tarde a 8:00 h. de la mañana). Según los requerimientos de la obra, en lo que a altura de elevación y carga a transportar se refiere, se realizó la instalación de siete grúas torre, cuatro grúas torre de 50 metros de radio y tres grúas torre de 55 metros de radio (Ver Fig.1).



**Figura 1. Implantación de grúas.**

Las tres grúas situadas más al norte, se instalaron en el trasdós de la pantalla de contención por lo que previamente se analizó la interferencia del bulbo de presiones de la cimentación de cada grúa en la capacidad estructural del muro.

El resto de grúas se implantaron en el interior de la parcela. Su ubicación implicó la interferencia con las zapatas de los pilares de proyecto, siendo necesario el redimensionamiento de dichas zapatas para la envolvente de esfuerzos de la grúa y los pilares.

## **2.2. Encofrados**

Las cuatro plantas bajo rasante se encofraron mediante un sistema de mesas Hussor (Fig.2) formado por dos equipos separados tres ciclos, con una producción de 1800m<sup>2</sup>/semana y equipo.



**Figura 2. Mesas Hussor en la obra.**

En el caso de las losas postesadas sobre rasante, se optó por un sistema de encofrado tradicional para ajustar mejor los ciclos de producción. Únicamente el edificio de servicios fue ejecutado en su totalidad con sistema tradicional pues era por dónde se recuperaban las mesas del resto de forjados.

Para los muros de hormigón armado de los núcleos se emplearon encofrados trepantes. Además, para mejorar los ritmos de producción en obra, se realizaron modelos de cálculo que analizaban la posibilidad de que los núcleos fueran hasta 12 metros más altos que los forjados, sin el arriostramiento de éstos y expuestos a los esfuerzos de viento.

### 2.3. Estudios de descimbrado

Para cada zona se realizaron estudios de descimbrado, ciclos de reapuntamiento y análisis de resistencia del hormigón [1] que permitieran la recuperación del material de encofrado lo antes posible. Estos estudios concluyeron la posibilidad de desencofrar a las 60 horas del hormigonado con resistencias superiores al 70% de  $f_{ck}$ .

En casi todas las situaciones fue necesario al menos un reapuntamiento del forjado para el hormigonado del forjado inmediatamente superior. En el caso de que los dos forjados entre los que se repartía la carga no tuvieran el mismo espesor, se consideraba que el coeficiente de reparto se veía afectado por la relación entre la rigidez del forjado y la rigidez total del conjunto.

En el caso de las losas postesadas, no estaba permitido el tesado de los cables hasta que el hormigón alcanzase una resistencia de 25 Mpa; dado que se buscaba el mayor solape posible entre actividades, también se analizó el efecto de ir encofrando la planta superior previamente al tesado del forjado inferior sobre el que se encofraba

Estudios similares debieron pormenorizarse en el caso de estructuras singulares como la losa inclinada del salón de actos con vigas postesadas de 10.3 m.



**Figura 3. Voladizo Salón de Actos.**

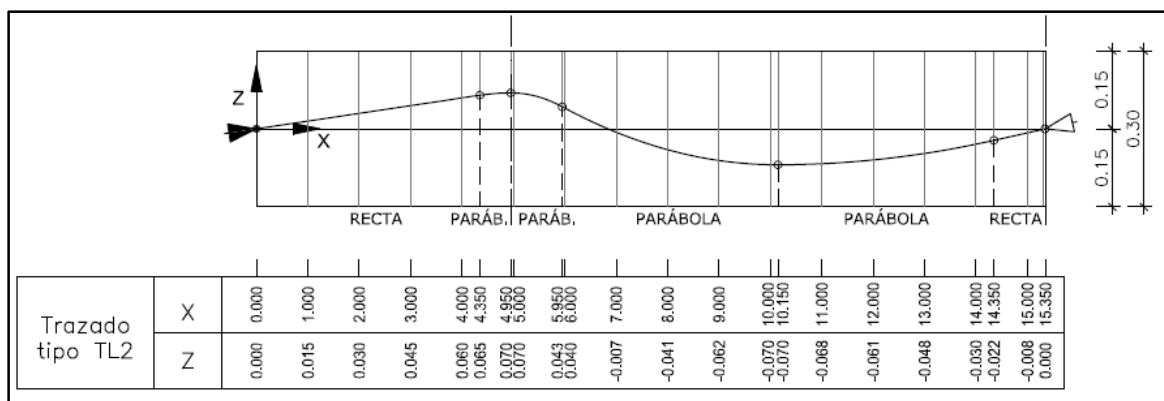
### 3. Trabajos y operaciones durante la construcción

#### 3.1. Mechas

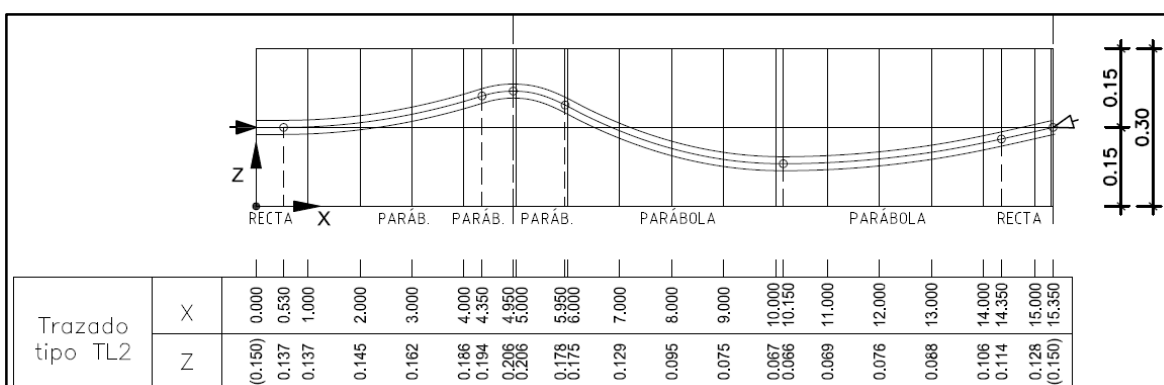
Se denominó coloquialmente “mechas” a las conexiones de los forjados postesados sobre rasante con los soportes metálicos de fachada. Se trata realmente de unas pletinas metálicas dimensionadas para unas cargas no muy elevadas, ya que pese a servir de apoyo al forjado, el efecto del postesado del vano extremo contrarresta notablemente el axil sobre ellas. Precisamente para asegurar que no se sobrecargaban estos elementos durante fases de hormigonado y reapuntalado previas al postesado de las losas, se realizaron nuevos análisis complementarios a los estudios de descimbrado ya realizados en la fase de planificación de obra.

#### 3.2. Cambios en el postesado

Para simplificar las operaciones de postesado y posicionamiento de gato hidráulico, se realizó un análisis de las consecuencias de un cambio de trazado en los cables de pretensado [2]. El cambio de trazado afectaba exclusivamente al tramo de voladizo entre las llamadas “mechas” y la siguiente alineación de pilares, suprimiendo la pendiente en todos los anclajes con disposición no horizontal, convirtiendo el tramo recto e inclinado (Fig.4), en parabólico con salida horizontal (Fig.5).



**Figura 4. Trazado de proyecto.**



**Figura 5. Trazado propuesto durante la ejecución.**

Se analizaron los efectos sobre la estructura, fundamentalmente los concernientes a la variación de la reacción sobre la mecha y la flecha en el extremo del voladizo. Se realizó un cálculo comparativo entre los efectos de uno y otro trazado llegando a la conclusión de que el efecto del cambio no era significativo frente al efecto del resto de acciones permanentes y variables. Las consecuencias del cambio de trazado podían ser asumidas por la estructura proyectada, siempre que se tomasen

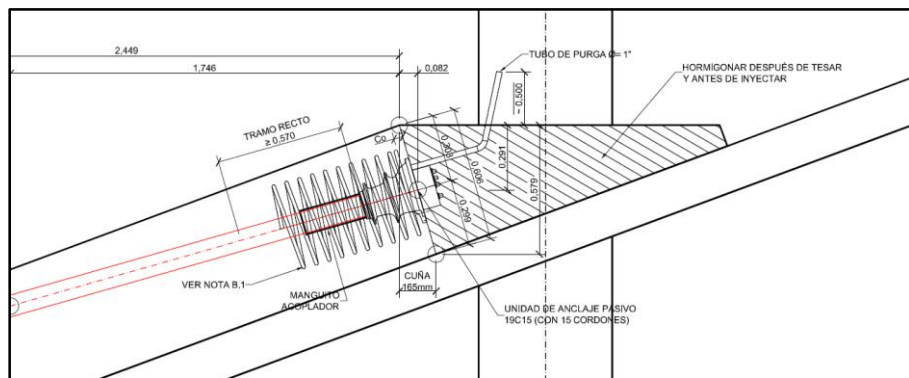
algunas medidas enfocadas a minimizar al máximo el efecto del cambio, por ejemplo se tesaron los cables hasta el 75% de  $f_{pu}$  y se subió 5 cm la cota del anclaje activo. De este modo se obtuvieron fuerzas en el cable superiores a las estimadas en proyecto y que compensaban en gran medida el cambio geométrico de trazado.

Además de este cambio, se justificó que no era necesario tesar desde ambos extremos del cable en sitios donde así estaba inicialmente contemplado. Se consiguió así aumentar la productividad perdiendo menos tiempo en los movimientos del gato.

### 3.3. Tesado del graderío del Salón de Actos

Como ya se ha comentado en apartados anteriores, la losa del graderío es una losa inclinada apoyada sobre vigas peraltadas y pretensadas.

Las fases de ejecución de las vigas implicaban que la cuña del anclaje pasivo se hormigonaba después del tesado (Fig.6), dejando provisionalmente un voladizo de losa mayor al proyectado y por lo tanto, una deformada excesiva del extremo de la losa y produciendo fisuración en la zona de empotramiento.



**Figura 6. Cuña anclaje pasivo.**

Para subsanar esta situación se dimensionaron perfiles metálicos que abrazaban las vigas y rigidizaban la losa en voladizo del auditorio hasta el hormigonado de la cuña. Las vigas, UPE, se unían mediante tacos mecánicos a la losa y a la viga.

### 4. Montaje de cerchas y pasarelas metálicas

Algunos de los elementos más representativos del edificio de la Nueva Sede son las grandes cerchas metálicas colocadas en cubierta, desde las que se cuelgan los forjados mixtos de la planta inferior, sirviendo además de pasarelas de conexión entre los distintos módulos de oficinas.

La elevación y posicionamiento de estas cerchas ha sido uno de los procesos más singulares de la construcción del edificio, condicionado en parte por las limitaciones de acopio de la parcela y por la alta precisión de las maniobras a realizar. Todas las uniones entre perfiles eran soldadas en taller, a excepción de las uniones en obra que debían ser atornilladas.

Inicialmente se planteó la posibilidad de montar la práctica totalidad de la estructura de las celosías longitudinales en la zona de acopio al norte de la parcela, para posteriormente elevarla y desplazarla hasta su posición, haciéndola deslizar por el cordón inferior de las celosías transversales que actuarían como vigas carril. Esta opción se desechó al comprobar que implicaba el redimensionamiento del cordón inferior o viga carril, y de los pilares y forjados afectados por los

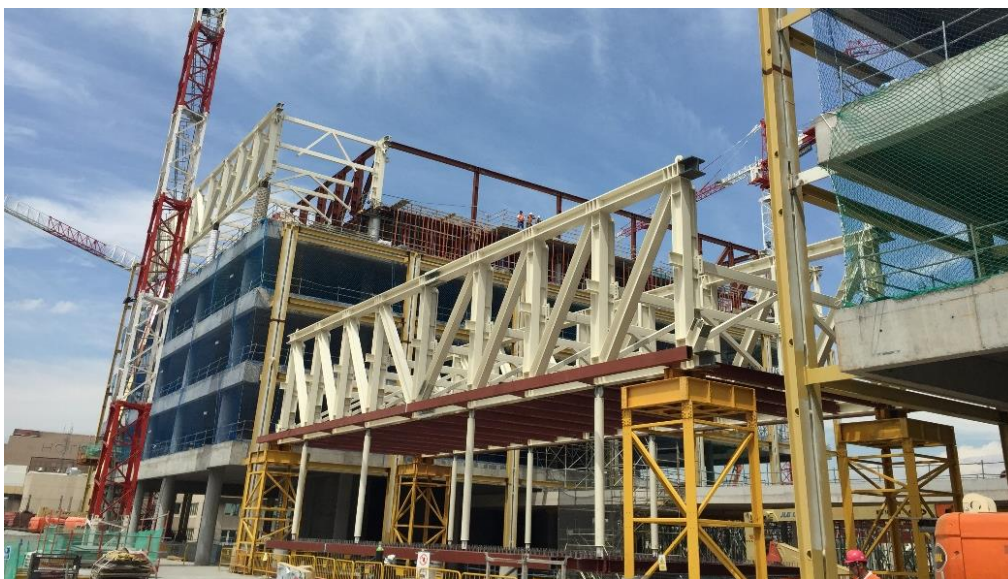
gatos que realizaban el desplazamiento horizontal de las cerchas. Además exigía una gran playa de premontaje in situ de la que no se disponía.

Finalmente, las celosías que apoyaban sobre forjados fueron elevadas desde la vertiente correspondiente, norte y sur, mediante potentes grúas móviles, mientras que los “puentes” entre edificios requirieron un premontaje sobre el forjado de planta baja de manera que se redujeran los trabajos en altura (Fig.7).



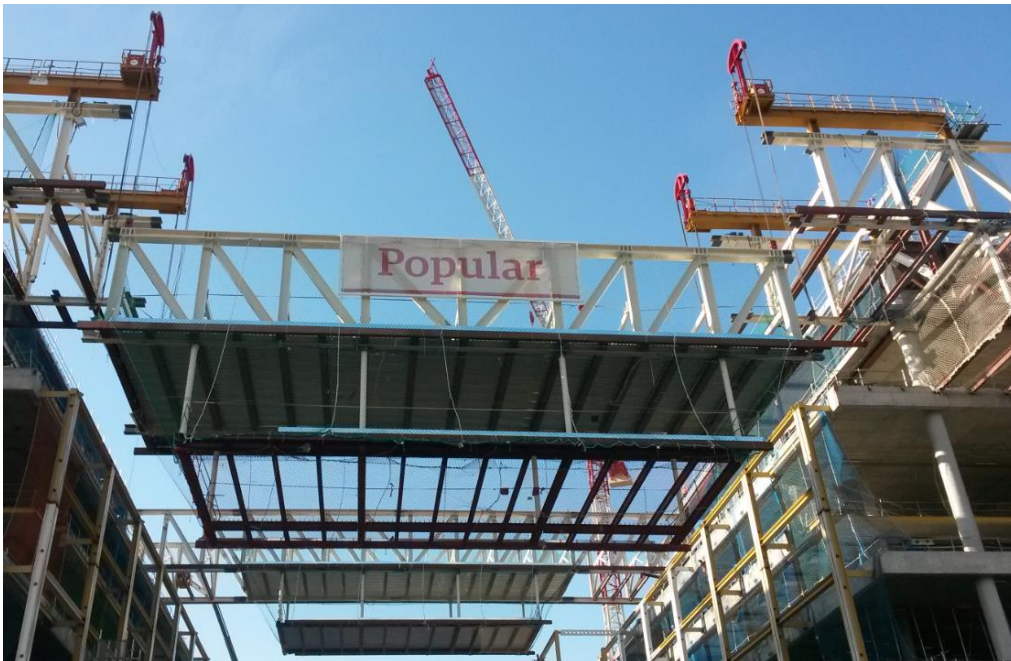
**Figura 7. Montaje de celosías.**

Para el traslado, desde el taller hasta la obra, de los tramos de cercha, se organizaron transportes especiales de dos en dos tramos. En función del peso de cada tramo eran necesarias una o dos grúas móviles que descargaban las cerchas para su acopio y posteriormente las colocaban en su posición definitiva. En el caso de los dos puentes o pasarelas entre edificios, los distintos tramos se colocaban sobre torres de apeo para su montaje completo, y el montaje de los forjados mixtos que de ellos colgaban. (Fig.8).



**Figura 8. Puentes sobre torres de apeo.**

Para el izado de los puentes se emplearon equipos de gatos hidráulicos posicionados en la cubierta, controlando sus movimientos informáticamente. La estructura del puente permanecía colgada hasta la ejecución de las uniones atornilladas en su posición definitiva (Fig.9).



**Figura 9. Izado Puente Sur.**

A excepción de por las torres de apeo del puente, la zona norte del edificio resultó menos invadida por la maquinaria auxiliar de obra, pudiendo operar en la mayoría de casos desde el terreno exterior al límite marcado por la pantalla de contención. En cambio, la zona sur, al estar más retranqueada respecto al vial, obligaba a operar invadiendo el forjado de planta baja (ver Fig.10). Fueron numerosas las comprobaciones que se realizaron sobre este forjado para garantizar la entrada de las distintas combinaciones de vehículos (grúas de 1200 KN, hormigoneras, autobombas, trailers...) múltiples acopios de material y torres de apeo.



**Figura 10. Acopios y maquinaria sobre forjado de planta baja.**



Pese a que este forjado estaba en parte diseñado para acceso de vehículos de bomberos (sobrecarga de 10 KN) y pese al empleo de bastidores de reparto bajo los estabilizadores de los vehículos, en algunas ocasiones fue necesario el apuntalamiento hasta cimentación de estos estabilizadores, dadas las fuertes reacciones que actuaban puntualmente sobre el forjado.

## **5. Conclusión**

La Nueva Sede del Banco Popular planteaba nuevos retos arquitectónicos y un diseño sofisticado que se vio trasladado a la estructura. La construcción de este edificio ha exigido una importante labor de planificación y seguimiento que permitiera dar respuesta a las exigencias de calidad, diseño y plazo contratados. Además de los aspectos recogidos en este artículo, han sido otras muchas las intervenciones que se han realizado, pero por su carácter técnico más sencillo no han sido incluidas en este artículo.

## **Agradecimientos**

Una obra de estas características requiere del trabajo en equipo de muchos profesionales que se han esforzado cada día hasta alcanzar el resultado esperado. Nuestro agradecimiento a todos ellos, en especial a Begoña Ventura, Gema Martín y Francisco Diego.

## **Referencias**

- [1] J. Calavera Ruiz, Cálculo, Construcción y Patología de Forjados de Edificación, INTEMAC, Bilbao, 1986.
- [2] Comisión Permanente del Hormigón, Instrucción de Hormigón Estructural EHE-2008, Ministerio de Fomento, Madrid, 2008.