

Proceso constructivo de los Edificios de oficinas “Helios” en Madrid

Susana Jareño Cobo^a, Mercedes Madrid Ramos^b

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. gGravity Engineering S.A.

^b Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. gGravity Engineering S.A. Jefe Servicio de Estructuras de Edificación

RESUMEN

Desde la adjudicación de la construcción de los Edificios de oficinas “Helios” a la empresa constructora, ha existido una estrecha colaboración entre la obra y los distintos servicios de la consultora estructural asociada a la constructora. Esto ha permitido mejorar la constructibilidad del proyecto, ajustando la producción a los plazos de entrega exigidos en contrato. Para ello se ha desarrollado el análisis y justificación de procesos constructivos y operaciones sobre la estructura, tales como el acceso simultáneo de vehículos pesados e izado con grúas de elementos constructivos, garantizando la seguridad en cada momento.

ABSTRACT

Since the award to the building company of the construction project of “Helios” Office Buildings, there has been a close collaboration among the construction site and the different structural consultant divisions. This has allowed improving the constructibility of the project, adjusting production to the delivery deadlines required in the contract. In order to get this, the analysis and justification of construction processes and operations on the structure have been developed, such as the simultaneous access of heavy vehicles and uplifting of building elements, guaranteeing safety at all times.

PALABRAS CLAVE: Construcción, vigas postesadas, encofrados, izado de estructuras.

KEYWORDS: Construction, post-tensioned beams, formwork, lifting structures.

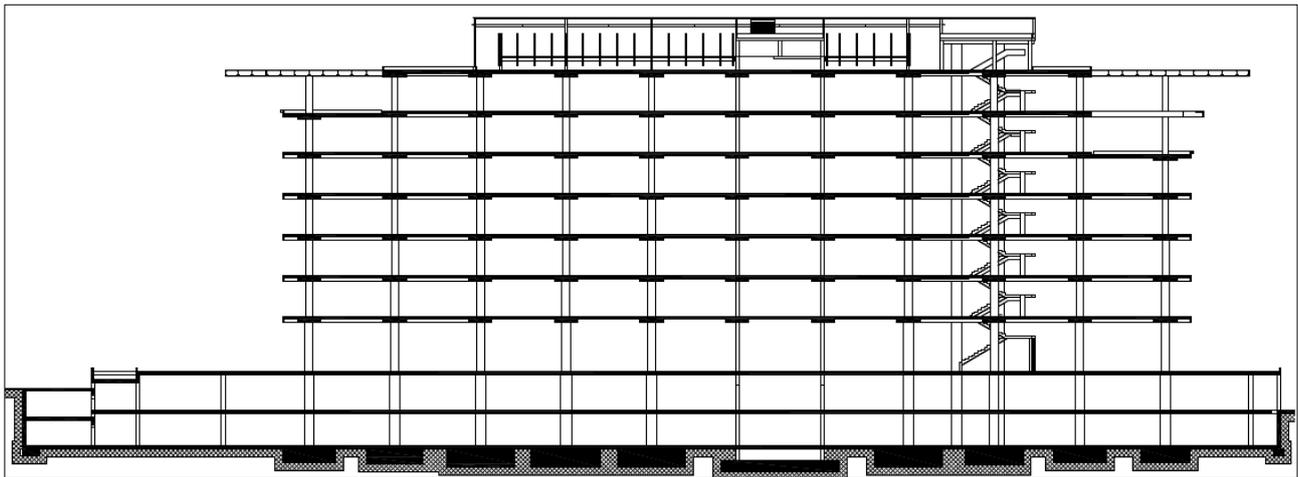
1. Descripción general de la estructura

La estructura de los edificios consta de dos plantas bajo rasante destinadas al uso principal de aparcamiento, y seis plantas más sobre rasante para uso administrativo que se elevan en dos módulos diferenciados con planta en “H”. La tipología estructural en las plantas bajo rasante es de losas armadas. Sobre rasante, las plantas se resuelven mediante vigas postesadas de 55 cm de canto, sin continuidad en la zona de las alas de la “H” y de tres vanos en el resto. Entre las vigas se dispone una losa maciza de 22 cm (relación $L/d = 27$). En los extremos de las alas de cada planta, se ejecutan voladizos de hasta 3.85 m con

estructura de hormigón, reservándose la estructura metálica para las viseras de planta cubierta con voladizos de hasta 9.40 m. En la Figura 1 se puede apreciar una sección general de unos de los dos módulos.

2. Trabajos previos a la construcción

El análisis previo del proyecto, y la planificación de los sistemas, procesos y de los medios auxiliares de obra, es algo fundamental a la hora de alcanzar, no solamente un buen resultado



económico de la obra, si no también, un producto final de calidad y ejecutado en plazo.

2.1 Modificación de taludes y cambios en la contención.

Si bien en los planos originales de proyecto se reflejaban taludes 1H:1V para la ejecución de los muros de sótano, posteriormente y a petición de la propiedad, otra empresa realizó estudios de estabilidad de cada uno de los taludes afectados alcanzando conclusiones mucho menos conservadoras que las previstas inicialmente en el proyecto. En concreto, se pasó a taludes 1H/4V en gran parte del perímetro de la parcela. Ante una modificación tan radical, se decidió reestudiar la idoneidad de los últimos taludes propuestos. Para ello se tuvieron en cuenta los resultados de los sondeos y del análisis visual de las nuevas calicatas que manifestaban materiales más granulares y menos cohesivos por debajo de los taludes excavados inicialmente que habían mostrado una elevada componente arcillosa. Además se tuvieron en cuenta experiencias previas con caídas erráticas en taludes de la zona Norte de Madrid, así como los trabajos empíricos sobre la estabilidad de los taludes en los suelos de Madrid [2].

Finalmente los taludes empleados se rebajaron a 1H:2V y 1H:1V para la parte superior de arenas

aluviales pudiendo incrementar a 2H/3V en la parte baja ocupada por arenas tosquizas.

En el extremo noroeste de la parcela el proyecto planteaba la realización de una pantalla por no existir espacio para realizar taludes. Se recalculó la sustitución de esta pantalla continua por una pantalla de pilotes dada su mayor facilidad para atravesar restos de hormigón frente a la excavación de bataches de una pantalla continua.

2.2 Estudio para la posible eliminación de la viga descolgada de borde de forjados.

Se realizó un estudio de las plantas sobre rasante de los edificios, con el objetivo de analizar si se podían suprimir las vigas descolgadas en borde de forjado con sección 300x550 que dificultaban la ejecución de los forjados de losa maciza de 22 cm de espesor mediante mesas de encofrado. Tras la realización de varios modelos de cálculo, se concluyó que la supresión de la viga de borde (a excepción de las zonas de compensación de voladizos) no suponía la pérdida de capacidad estructural frente a esfuerzos horizontales. Además, aun sin viga de fachada, se mantenía



Figura 2. Ciclos de avance de las Mesas Hussor

Pese a las justificaciones presentadas, la propuesta fue finalmente rechazada dado que reducía las holguras del muro cortina y obligaba a un recalcu acústico del edificio y del apoyo de la fachada.

2.3 Encofrados

Un total de 80000 m² distribuidos en plantas de sótano y plantas sobre rasante, se encofraron mediante un sistema de mesas Hussor, compuesto por elementos modulares tipo celosía sobre suplementos en altura y patas que permiten regular la altura y nivelación del conjunto. En esta obra se emplearon dos equipos con ciclos de hormigonado semanales (Figura 2). El equipo rojo comenzó a operar en el sótano-1 (12500 m²). A continuación entró el equipo verde para la ejecución de la planta baja, de superficie similar al sótano. Según los equipos

fueron finalizando estos forjados, las mismas mesas fueron modificadas para ser empleadas en la ejecución de las losas y vigas postesadas de las plantas superiores. Para su adaptación a las nuevas geometrías se añadieron tabicas laterales a las mesas bajo losa y arriostramientos entre las propias mesas, lo que permitía contrarrestar los empujes horizontales durante el hormigonado de las vigas postesadas (Figura 3).

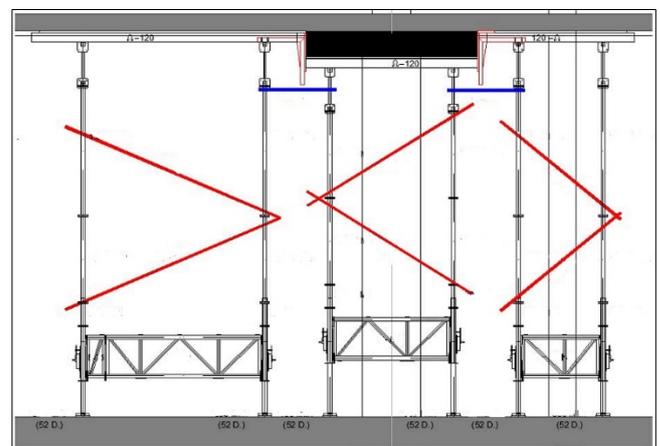


Figura 3. Sistema mesas bajo losa + mesa bajo viga



Figura 4. Plataforma para tesado y viga descolgada de borde

También se diseñó expresamente para esta obra, una plataforma adosada a las mesas, (ver Figura 4), que servía de apoyo a las labores de tesado, y de encofrado para la ejecución de la viga de borde del forjado.

2.4 Estudios de descimbrado

Asociado a los ciclos de hormigonado, se realizaron estudios de descimbrado, ciclos de

reapuntamiento y análisis de resistencia del hormigón [3] que permitieron la recuperación del material de encofrado en el menor plazo posible.

Dado que a edades tempranas la evolución de la resistencia a tracción del hormigón es más lenta que la de compresión, y siendo la resistencia a tracción determinante en la fisuración por flexión de un elemento, se optó por el ensayo brasileño para garantizar que la estructura presentaba seguridad suficiente bajo las cargas actuantes en el momento de descimbrado.

Por su mayor rigidez, la losa de planta baja y las vigas postesadas del forjado concentraban un mayor porcentaje de carga de los hormigonados superiores, lo que obligaba a mantener un mayor número de plantas reapuntadas bajo dichos elementos.

En el caso de las vigas 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 (Figura 5).

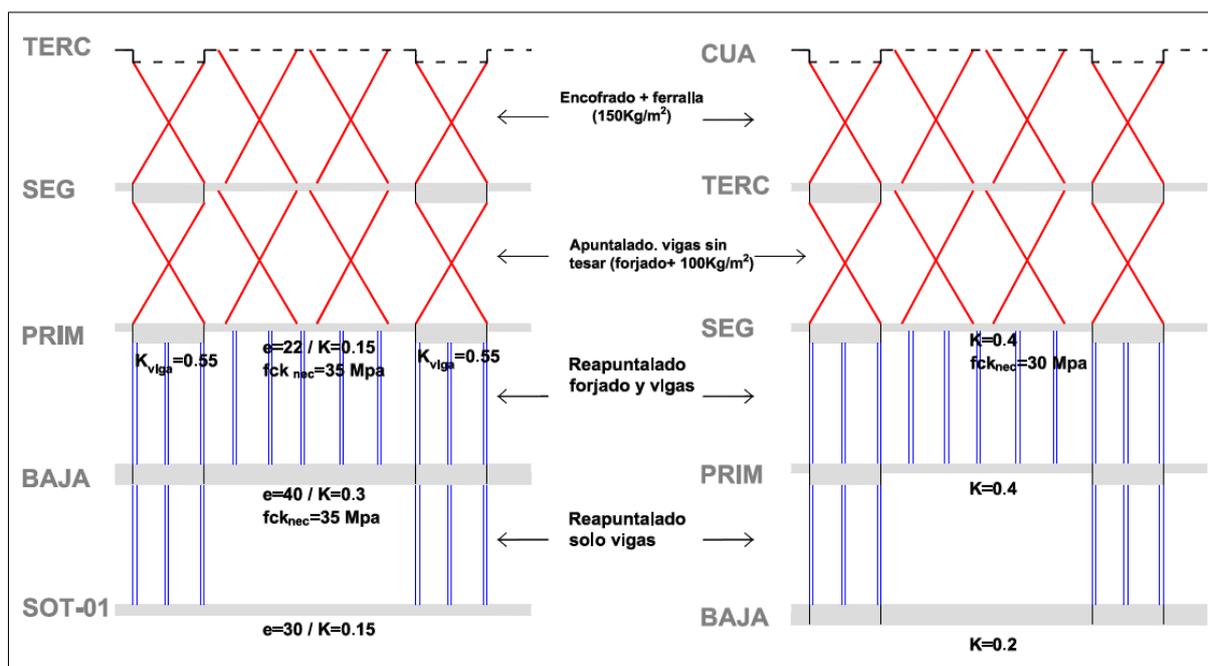


Figura 5. Esquemas de apuntalamiento para la obra y resistencias exigidas en los forjados



Figura 6. Premontaje de visera sobre la Planta Baja



Figura 7. Izado de la visera

3.Trabajos y operaciones durante la construcción

3.1 Operaciones de montaje

En cualquier caso, en la mayor parte de las operaciones, fue necesario el empleo de bastidores de reparto y chabones metálicos para repartir la carga sobre el forjado, si bien pudo evitarse el apuntalamiento hasta cimentación de la estructura.

3.1.1. Izado de las viseras

Entre las principales operaciones de montaje destacan las relacionadas con las viseras, que constituyen los elementos arquitectónicos más vistosos de la imagen exterior de los edificios. La elevación y posicionamiento de estos voladizos

metálicos ha implicado numerosas comprobaciones para validar la circulación y estacionamiento de vehículos y de maquinaria auxiliar sobre la estructura.

En una primera fase se realizó el premontaje de las viseras sobre la planta baja y sobre la pérgola de planta primera (Figura 6). De esta manera, el peso a elevar se reducía de los 21000 kg totales a 16800 kg, aunque la composición provisional requería arriostramientos auxiliares para evitar el pandeo de las vigas. En fases posteriores se realizaron los izados de todas las viseras mediante el empleo de potentes grúas automóviles de hasta 200 Tn que elevaban el conjunto hasta su posición final (Figura 7), formado por dos soportes de hormigón esbeltos con placa de anclaje superior, más dos placas de anclaje en el borde del forjado con acceso para ser soldadas desde el forjado inmediatamente inferior. La estrobada de la visera se realizó con cuatro cadenas ancladas a la pieza mediante 4 puntos de anclaje formados por una “orejeta” de chapa soldada a la viga interior.

3.1.2. Otros montajes

Además del montaje de la viseras, fue necesario “invadir” la planta baja de los edificios para otras operaciones más discretas pero dilatadas en el tiempo y por ese motivo, concomitantes con varias actuaciones simultaneas.

Por ejemplo el alzado de los edificios sobre rasante se rodeó de andamios motorizados para la ejecución de las fachadas, que transmitían unas reacciones puntuales de 5600 kg por monomástil y 11200 kg por bimástil.

Otro caso que merece su mención es la operación simultanea de 8 plataformas de pluma telescópica HAULOTTE 32 PX y un camión de 25610 Kg de tara, durante la ejecución de los cerramientos y acabados de uno de los edificios (Figura 8). Durante esta operación se prohibió cualquier acopio en las zonas contiguas puesto que, a esas alturas de la obra, parte de las cargas muertas ya estaban colocadas.



Figura 8. Montaje de fachada

3.2 Justificación de los alargamientos de los cordones de tesado

En primer lugar se recalcularon los alargamientos teóricos, encontrándose diferencias con los de proyecto. Conforme a norma vigente [4] si se conoce el sistema que va a emplearse, y por tanto sus parámetros declarados en la correspondiente European Technical Approval, deben emplearse estos valores en vez de los que recomienda la norma cuando no existe dicha información. Haciendo uso de los parámetros experimentales de rozamiento correspondientes a los componentes del sistema de pretensado finalmente utilizado, se obtuvieron elongaciones teóricas superiores a las estimadas inicialmente por los autores del proyecto.

Como consecuencia del recálculo de alargamientos teóricos, se concluyó que los tendones largos cumplían con todos los requisitos de control de la norma. Las desviaciones se localizaban exclusivamente en los tendones cortos donde, cada tendón cumplía con su requisito individual (hasta $\pm 15\%$), pero la media de todos los contenidos en una sección excedía el segundo límite que marca la norma ($\pm 5\%$).

Los tendones cortos llevan asociada una problemática a la hora de predecir alargamientos. Éste es un hecho recogido en diversas normativas y publicaciones técnicas nacionales e internacionales [5-7], que apuestan por dar prevalencia al control de presión en el equipo de tesado sobre el control de alargamientos, o por prescribir tolerancias mayores de desviación admisible, y que en cualquier caso descartan considerar que sea una deficiencia del tesado el obtener alargamientos mayores a los esperados en tendones cortos, y recomiendan la toma de medidas correctoras.



Figura 9. Talud existente junto a vía ferrea

Adicionalmente, se descartó que la causa de las desviaciones fuese un mal funcionamiento del equipo de tesado ya que un fallo de este tipo sería sistemático y no afectaría sólo a los tendones cortos sino a todos. Se descartó también el posible fallo de adherencia o deslizamiento del anclaje pasivo puesto se habría traducido en una incidencia en el desarrollo del tesado en forma de variación brusca de presión, ruido e incluso aparición de daños importantes en la superficie del hormigón, que no fueron observados.

En la esquina noroeste de la parcela se encontraba el talud de rellenos correspondiente al estribo del puente que pasa por encima de las vías férreas que limitan la parcela (Figura 9).

Durante la obra se plantearon varias alternativas a la solución con pantalla de micropilotes redactada en proyecto. Los micropilotes tenían carácter provisional y un doble acodamiento contra una cimentación también provisional. Posteriormente estaba prevista una excavación de 8 metros por fases y la ejecución de un muro forro. Debido a la fuerte inclinación del talud era difícil disponer una plataforma de trabajo para la máquina de micros, y además existía un riesgo adicional por una línea de alta tensión que pasaba justamente encima de esa zona. Se estudió la posibilidad de ejecutar un soil nailing

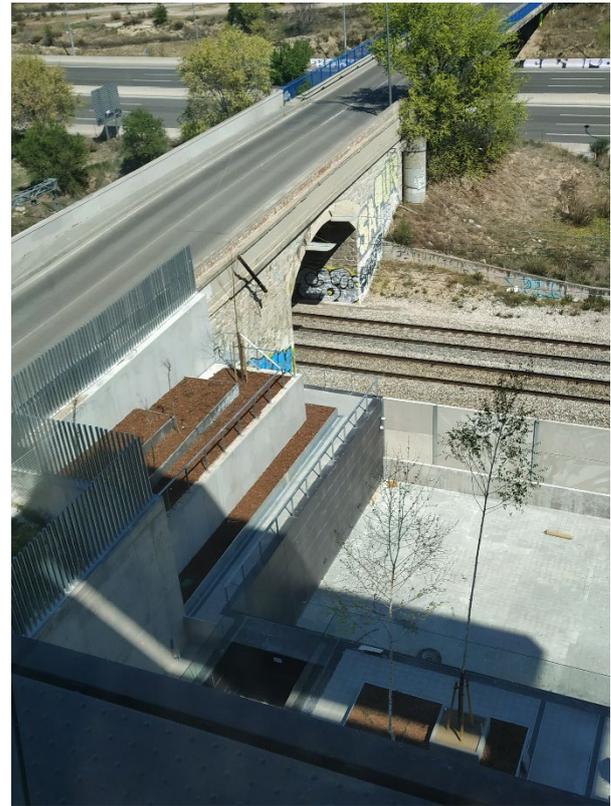


Figura 10. Muro escalonado. Imagen final

permanente con revestimiento posterior o un soil nailing provisional con muro forro. Finalmente, y tras la observación de la estabilidad concreta de ese tramo del terreno, se diseñaron una serie de muros escalonados ejecutados por bataches (Figura 10).

4. Conclusión

Los aspectos recogidos en este artículo han sido seleccionados por su mayor interés técnico, no obstante, han sido otras muchas las intervenciones que se han realizado, que por su carácter más sencillo no han sido incluidas en este artículo.

Agradecimientos

Como en cualquier obra, el éxito del resultado depende de un amplio equipo de profesionales que se esfuerzan cada día por lograr su objetivo. Nuestro agradecimiento a todo el personal de Dragados, gGravity Engineering y Uriel & Asociados que lo ha hecho posible, en especial a Gema Martín, Ruben Fernández, Luis Ortuño y Sergio del Olmo.

Referencias

- [1] Fenwick Irribarren Architects. Planos del Proyecto de ejecución “Edificio de oficinas, aparcamiento subterráneo y urbanización exterior en la calle Vía de los Poblados, 1E. Madrid 28033”. Enero 2017
- [2] C. de las Heras, C. Olalla. Geotecnia Vial. Curso de Cimentar en Madrid. CEDEX. Vol.II. (1991) 40.
- [3] J. Calavera Ruiz, Cálculo, Construcción y Patología de Forjados de Edificación, INTEMAC, Bilbao, 1986.
- [4] Comisión Permanente del Hormigón, Instrucción de Hormigón Estructural EHE-2008, Ministerio de Fomento, Madrid, 2008.
- [5] Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón Pretensado EP-93, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Madrid, 1993.
- [6] Instrucción de Hormigón Estructural EHE, Ministerio de Fomento, Madrid, 1998.
- [7] Kenneth B. Bondy, Short Tendon Elongations, Post Tensioning Institute (PTI), Issue 16, Febrero 2012.