

Torres del Río, Málaga

Torres del Río, Málaga

Lucía López de Asiaín^a, Eva Payá^b, Ignacio Sancho^c, Beatriz Rodado^d

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Pondio Ingenieros. Director de Proyectos. llopez@pondio.com

^b Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Pondio Ingenieros. Ingeniero de Proyectos. epaya@pondio.com

^c Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Pondio Ingenieros. Ingeniero de Proyectos. isancho@pondio.com

^d Arquitecto Técnico. Pondio Ingenieros. Arquitecto Técnico. brodado@pondio.com

RESUMEN

Partiendo de las condiciones urbanísticas básicas que establece el Planeamiento, se configuran tres torres con una imagen unitaria y un similar programa interior y de viviendas.

Cada torre tiene dos sótanos que ocupan toda la parcela y una altura de casi 80m repartida en 21 plantas, siendo esta última de doble altura interior, más dos plantas técnicas.

Las terrazas tienen una importancia prioritaria en este tipo de edificación, con vuelos, tamaños y disposiciones diferentes para no perder los espacios exteriores que representan y no consumir una edificabilidad residencial excesiva.

ABSTRACT

Based on the basic urban requirements established by the urban planning, three towers have been configured with a unitary image and a similar interior program.

Each tower has two basement levels that occupy the whole plot and a height of almost 80 m distributed in 21 floors, with the upper level having a double interior height, plus two technical floors.

The terraces have a priority importance in this type of building, with different cantilevers, sizes and arrangements so as not to lose the outdoor spaces they represent and not to consume an excessive residential buildable area.

PALABRAS CLAVE: edificación, pretensado, voladizos, alta resistencia HA-60.

KEYWORDS: building, prestressing, cantilevers, high strength HA-60.



Figura 1. Vista general de las torres.

1. Introducción

Las tres torres se encuentran en una zona de Málaga en pleno desarrollo y en primera línea de playa.

El diseño de arquitectura corresponde al Estudio Lamela y tanto el diseño de ingeniería de estructura como la asistencia técnica de la obra a Pondio Ingenieros.

2. Descripción general de la estructura

En alzado, constan de dos niveles bajo rasante, planta baja, planta 1ª a planta 21ª, planta casetones, planta técnica y planta servidumbre. La altura sobre rasante es aproximadamente de 80m.

Los sótanos, destinados a aparcamiento y trasteros, son comunes a las tres torres y ocupan toda la parcela.

Sobre rasante la edificación se reduce en tres huellas menores ocupadas por cada torre.

La estructura de cada una de las tres torres se plantea mediante una retícula de pilares que no supera los 7,80 mts de luz, apta para un forjado de losa continua que permite una óptima

distribución de plazas de aparcamiento en sótano. En la zona de sótano fuera de la huella de cada torre la retícula es más regular, con luces de 8,25 x 7,80 mts.

Para los forjados de sótanos y baja se han empleado losas macizas de hormigón armado de espesores que varían entre los 30,0, 35,0 y los 40,0 cm. y para el resto de los forjados se han empleado losas pretensadas de espesor 30 cm o variables de 40 a 20 cm. en función de los vuelos existentes, las luces y las cargas actuantes.

Los pilares de cada torre son de hormigón armado de resistencia HA-60, mientras que los pilares de la zona de sótano fuera de la huella de cada torre son de hormigón armado de HA-30.

Con el fin de soportar las acciones horizontales se han diseñado pantallas de hormigón armado de espesor 30 cm y una resistencia HA-35, situados en los núcleos.

Para la contención de tierras se ha dispuesto un muro pantalla perimetral de 60 cm. de espesor, mediante anclajes.

La cimentación prevista en proyecto es profunda mediante pilotes. De tal manera que se distinguirán las siguientes zonas:

- Zona núcleos de la torre: losa de hormigón armado de espesor 2,0 m, pilotada con pilotes de diámetro 1,0 m y pilotes de diámetro 0,85 m.
- Resto de la zona de la torre: losa de hormigón armado de espesor 1,0 m, pilotada con pilotes de diámetro 1,0m y pilotes de diámetro 0,85 m.
- Zona de sótano fuera de la huella de las Torre: losa de hormigón armado de espesor 0,6 m y 1,0 m, pilotada con pilotes de diámetro 1,0m, 0,85m y 0,65m.

3. Cálculo de la Estructura

Para el cálculo de la estructura se han realizado tres modelos tridimensionales correspondientes a cada torre, cuya geometría se puede observar en las figuras 5, 6 y 7.

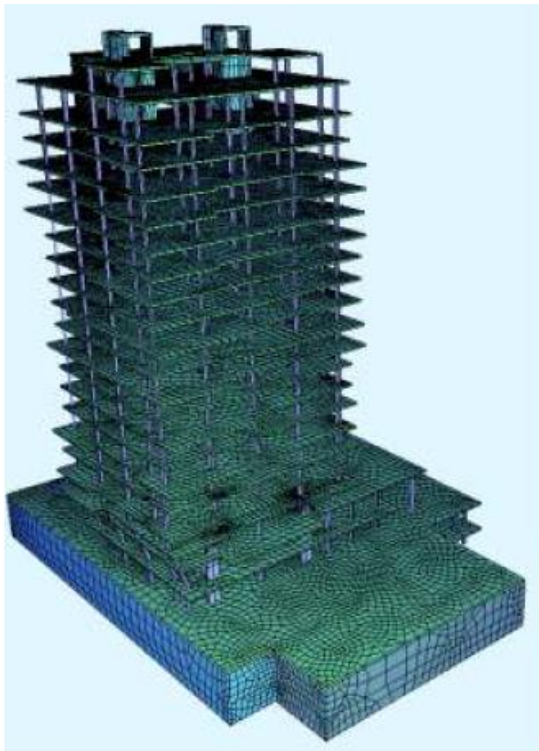


Figura 3. Modelo tridimensional Torre 1.4

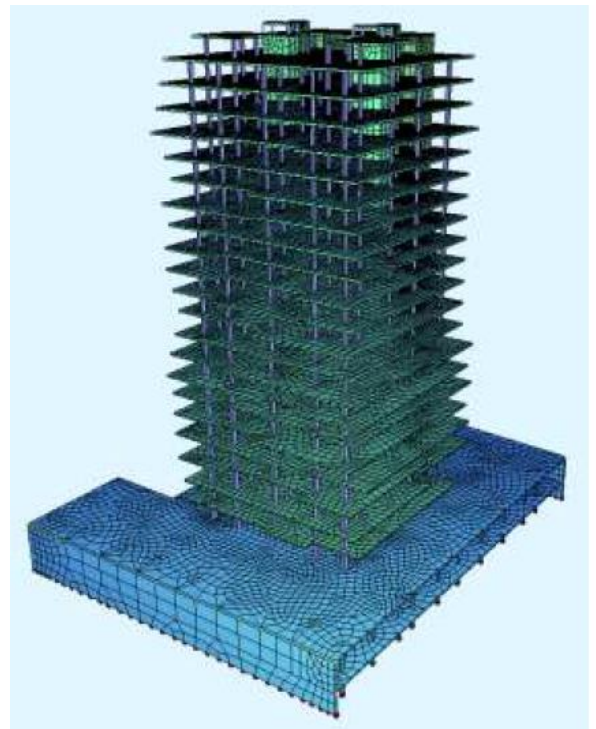


Figura 4. Modelo tridimensional Torre 1.5.

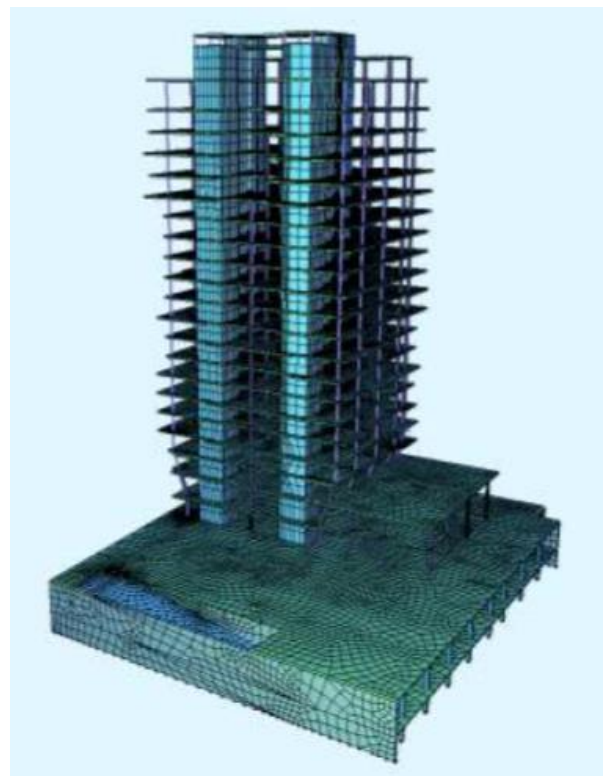


Figura 5. Modelo tridimensional Torre 1.6.

Sobre dichos modelos se han introducido las cargas verticales y horizontales correspondientes.

Las *cargas verticales* que ha de soportar la estructura son cargas tipo de viviendas y aparcamiento según CTE, excepto en las zonas

de planta baja y zona de spa, donde se han incluido cargas permanentes mayores debidas a las tierras en zonas ajardinadas y al agua en zonas de piscina.

Respecto a las *cargas horizontales*, correspondientes a las acciones sísmicas y eólicas, los valores han sido:

- ✓ Acciones sísmicas $a_c/g = s \rho a_b = 0.164$
 - Emplazamiento: Málaga
 - $a_b/g = 0.11$
 - $S = 1.49$
 - $\rho = 1.00$
 - $C = 1.88$

Por lo que, el espectro elástico de respuesta resultante es: (Figura 8).

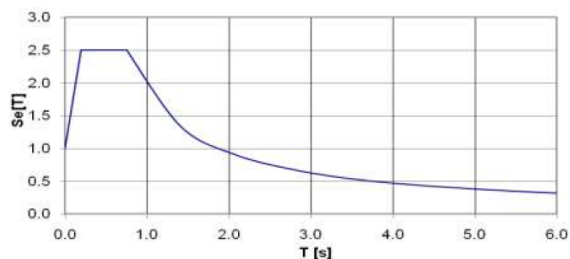


Figura 6. Espectro elástico de respuesta sísmica.

- ✓ Acciones eólicas $Q_b = 0.42$
 - Emplazamiento: Málaga
 - Zona A
 - Terreno tipo I $K=0.15$
 $L=0.003$
 $Z=1$

4. Contenciones y cimentación

El diseño de los muros pantalla viene condicionado por la situación del edificio y la proximidad de las construcciones colindantes que impiden la ejecución de excavaciones fuera de la huella del sótano. De tal manera que a medida que se va excavando habrá que realizar anclajes provisionales al terreno hasta que se ejecuten los forjados de los sótanos y de baja. Estos muros actuando también como contención de agua, debido a que nos

encontramos en una zona con nivel freático muy alto. (Figura 2).

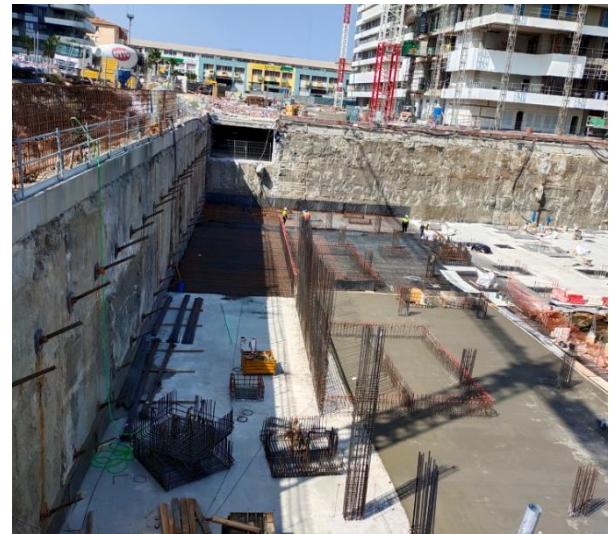


Figura 7. Ejecución de pantallas perimetrales y sus anclajes.

Debido a la dificultad de la ejecución de las pantallas con los sótanos del edificio por debajo del nivel del mar y la situación de los edificios colindantes se planteó la instrumentación completa de estas durante la ejecución con los siguientes objetivos:

- Interpretar los ensayos de integridad realizados sobre los muros pantalla, suministrando información sobre la continuidad en profundidad del hormigón empleado en la fabricación de los elementos ensayados (ensayos de auscultación de pantallas por el método de transparencia sónica Cross-Hole).
- Toma de datos diferidos en el tiempo y que reconozca posibles movimientos traslacionales de las pantallas (inclinómetros instrumentados con tubería inclinométrica).
- Realizar una auscultación topográfica del muro pantalla con el fin de analizar los posibles desplazamientos de las pantallas (dianas reflectantes de topografía autoadhesivas a 3 niveles distintos para las distintas fases de excavación).

En lo referente a las cimentaciones, durante la ejecución de las obras, la constructora optó por

los pilotes prefabricados quedando la cimentación de la siguiente manera: (Figura 3)

- Zona núcleos de la torre: losa de hormigón armado de espesor 2,0 m, pilotada con pilotes hincados T400.
- Resto de la zona de la torre: losa de hormigón armado de espesor 1,0 m, pilotada con pilotes hincados T400.
- Zona de sótano fuera de la huella de las Torre: losa de hormigón armado de espesor 0,6 m y 1,0 m, pilotada con pilotes hincados T400 y T350.

Esta modificación supuso para el proyecto un reto adicional por la elevada longitud de pilotes necesaria y por la presencia de la subpresión que hacía que estos elementos pudieran estar sometidos tanto a compresiones como tracciones

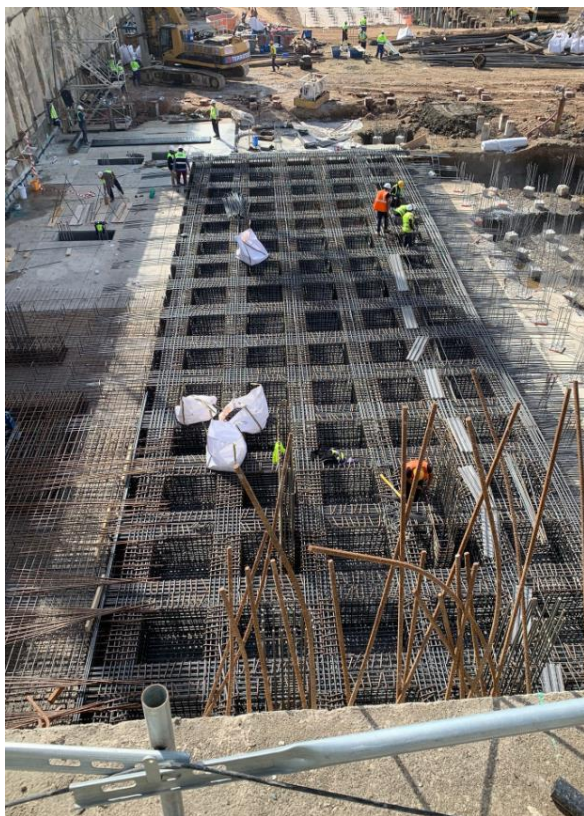


Figura 8. Ejecución de losa de cimentación con pilotes prefabricados.

Los aspectos más relevantes de los pilotes prefabricados de hinc utilizados para la cimentación son:

- Los pilotes a compresión (Torre) deben empotrarse unos 4 m en el Nivel 4.2 definido en el estudio geotécnico, con longitudes relativas variables entre 29 y 31 mts. La condición de rechazo, y a la longitud indicada en el plano, se establece cuando en 3 series de 20 cm el golpeo no sea inferior a 15 golpes/20 cm con altura de martillo de 100 cm y peso de la maza 9 Tn, valor que ha sido contrastado con ensayos dinámicos.
- Debido a la existencia del nivel freático muy cercano a la planta baja, condiciona a que los pilotes de fuera de la torre estén sometidos a tracciones por efecto de la subpresión. Por lo tanto, los pilotes a tracción tipo T-400/T-350 (fuera de la Torre) se definen con longitudes relativas de 26 mts. Se deben realizar unas pruebas en estos pilotes, para comprobar a esas longitudes, las cargas movilizadas y comprobar su validez de carga a tracción.
- Como complemento al control del rechazo en cada pilote, se ha establecido la realización de ensayos dinámicos de carga con el Analizador de Hinc de Pilotes (A.H.P.) a una muestra representativa de los mismos, un 10% del total de pilotes (aproximadamente 50 ensayos), como control sistemático de la cimentación y medio adicional de estimación y comprobación de cargas de hundimiento.
- Se registra el golpeo completo de la hinc (Pilote penetrómetro) a un 10% del total de los Pilotes.
- La longitud máxima de fabricación de los pilotes es de 12 metros, para alcanzar cimentaciones superiores, se utilizan pilotes con juntas ABB que permiten la unión de diferentes tramos de pilotes para alcanzar la profundidad necesaria. La unión de las juntas se realiza mediante pasadores de acero de alta calidad,

diseñadas para garantizar la transmisión de esfuerzos tanto de compresión, como de tracción.

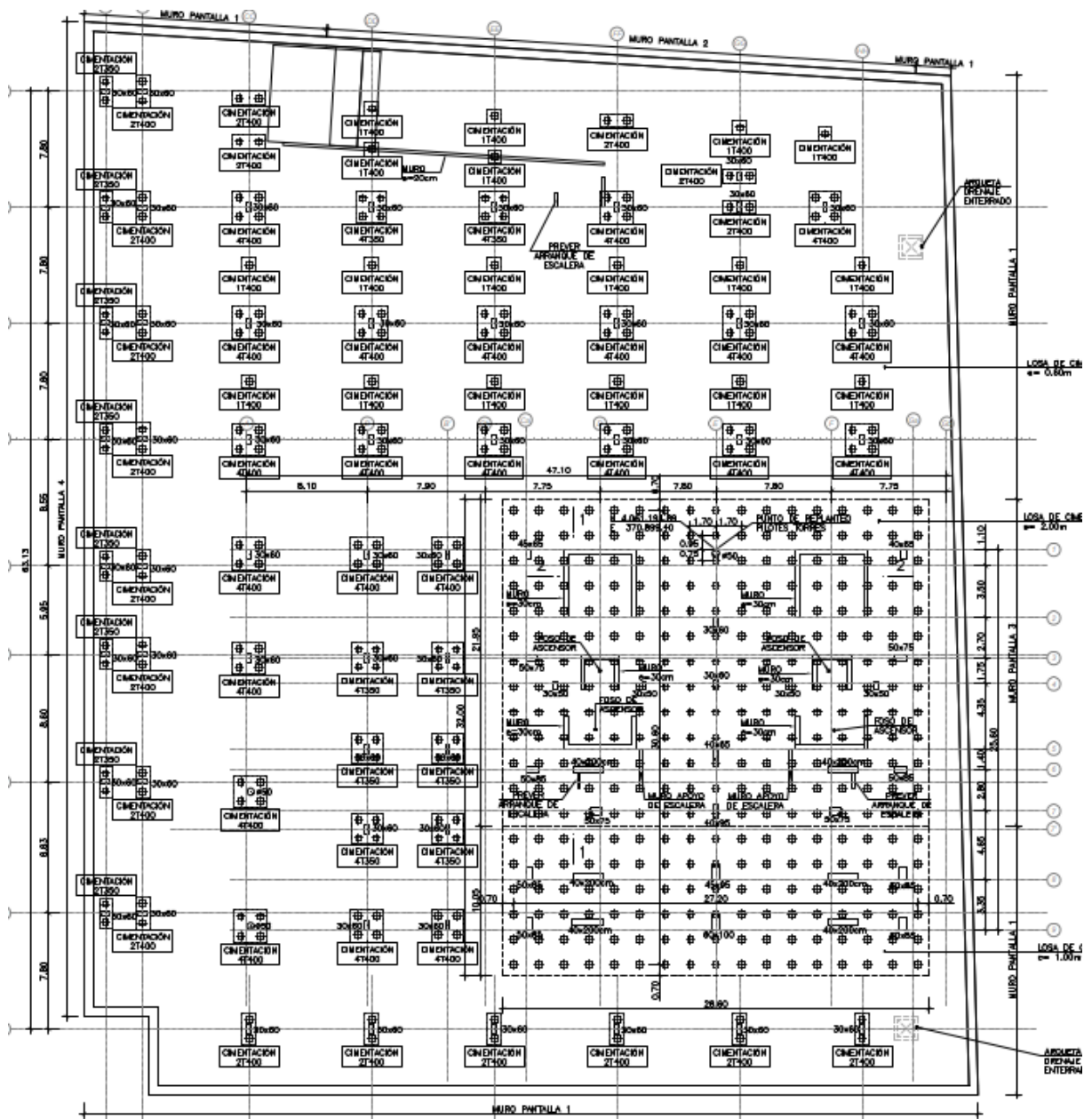


Figura 9. Plano de cimentación

viviendas. Por ello, ninguna planta es igual a las anterior y/o posterior. (Figuras 11 y 12).



Figura 12. Movimiento de contorno.



Figura 13. Vista de los voladizos durante la construcción.

Para lograr estos voladizos, que van de 2.00m a 5.00m, se ha utilizado el sistema de postesado. Tanto en vigas de canto, como en losa maciza se incluyen junto a la armadura pasiva unos cables de armadura activa tipo monotorón adherente de acero superestabilizado de 15.24mm de diámetro nominal y 140mm², de área por cordón, con una carga de rotura de 266kN/cordón. (Figura 13).

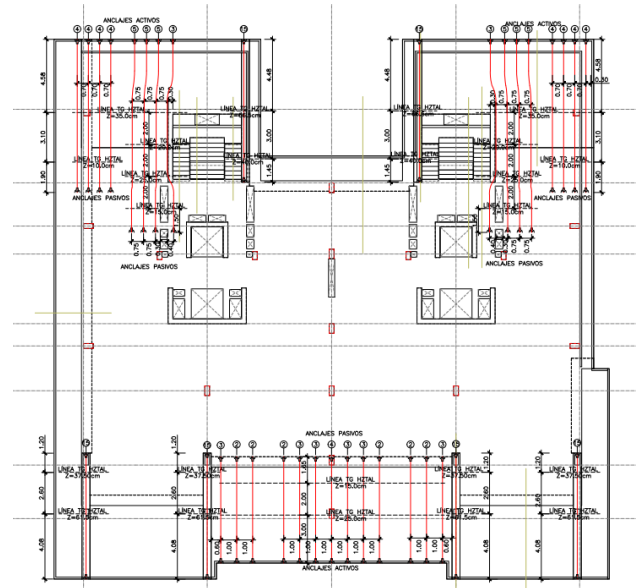


Figura 14. Disposición de armadura activa en los forjados en la zona de voladizos.

Más allá del diseño, estos elementos presentaron un reto adicional a nivel constructivo, por surgir voladizos en todas direcciones sin tener continuidad en altura y por tanto un soporte para su hormigonado.

La solución propuesta para el encofrado de los voladizos de grandes dimensiones consistió en el montaje de una planchada de encofrado mediante el ensamblaje de correas, riostras perfiles HEB, y elementos de unión metálicos ejecutados sobre el forjado inferior. De tal manera que se facilita el montaje y se evitan apuntalamientos en altura (Figura14).

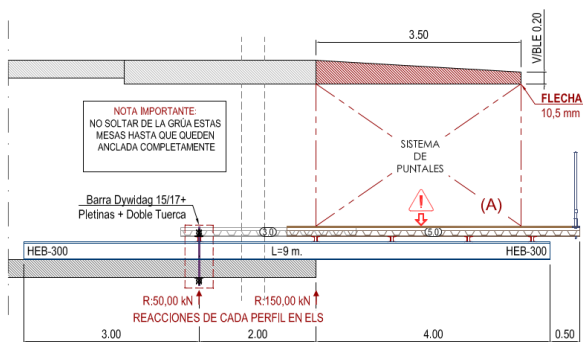


Figura 15. Sistema de encofrado de voladizos.



Figura 16. Pilar inclinado.

Otra singularidad a destacar es que, dado que el uso de estas edificaciones tiene un concepto de vivienda de lujo, en las plantas más altas se han ejecutado forjados para que puedan soportar cargas hidrostáticas debidas a las piscinas instaladas en ellas (Figura 17).

Con las implicaciones adicionales que tener una masa tan elevada a 21 plantas de altura para el comportamiento sísmico del edificio



Figura 17. Forjado soportando cargas hidrostáticas.

Actualmente, están totalmente ejecutadas dos de las tres torres proyectadas, torre 1.5 y 1.6, y en construcción la Torre 1.4. (Figura 18).



Figura 18. Vista general de la construcción de las torres del río