

Aparcamientos subterráneos en el entorno del Estadio SANTIAGO BERNABEU. Aparcamiento Castellana. Aparcamiento Padre Damián.

Underground car park around Santiago Bernabeu Stadium. Castellana car park. Padre Damián car park

José Soriano Martín^a, Rafael Moreno Pérez^b, Álvaro Hernández López^c, Eduardo Romero Rey^d

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores. Jefe de proyectos. jsm@fhecor.es

^b Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores. Jefe de proyectos. rmp@fhecor.es

^c Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores. Ingeniero de proyecto. ahl@fhecor.es

^d Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. FHECOR Ingenieros Consultores. Directo de departamento. err@fhecor.es

RESUMEN

En el entorno del estadio Santiago Bernabéu se plantea la construcción de dos aparcamientos subterráneos. Se trata de una iniciativa municipal. El primero de los aparcamientos se ubica entre el propio estadio y la Castellana. Se trata de un aparcamiento de 4 sótanos y un total de 1229 plazas. El segundo aparcamiento se ubica en el lado Este del estadio, bajo la calle Padre Damián. Este aparcamiento debe solucionar algunos requisitos del diseño como son la creación de un centro logístico, estacionamiento de autobuses así como dotar de un mínimo número de plazas para residentes.

ABSTRACT

The construction of two underground car parks is planned in the area surrounding the Santiago Bernabéu Stadium. This is a municipal initiative. The first of the car parks is located between the stadium itself and Castellana avenue. It is a car park with 4 basements and a total of 1,229 spaces. The second car park is located on the east side of the stadium, under Padre Damián street. This car park must meet some design requirements such as the creation of a logistics centre, bus parking and providing a minimum number of spaces for residents.

PALABRAS CLAVE: Contenciones, construcción descendente, pilas-pilote.

KEYWORDS: Retaining structures, top-down construction, pile-column.

1. Aparcamiento Castellana

El aparcamiento se sitúa en el Paseo de la Castellana junto al estadio Santiago Bernabéu, en el distrito de Chamartín de Madrid.

En la zona prevista para la implantación del aparcamiento, el Paseo de la Castellana discurre en sentido Norte-Sur, quedando el aparcamiento en el lado Este de la citada avenida. Este tramo

de la calle presenta una pendiente descendente, de alrededor del 2,30%, en sentido Norte-Sur.

El diseño propuesto para el aparcamiento ha intentado optimizar el recurso de terreno disponible, para procurar el máximo aprovechamiento de la edificación, optimizando la modulación propia de la distribución interior

de las plantas, adaptándolas a la pendiente del terreno.

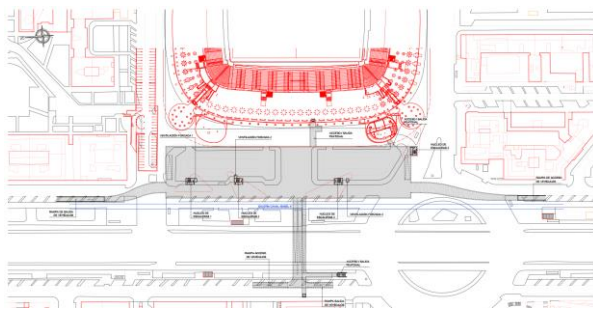


Figura 1. Planta tipo aparcamiento Castellana

Se plantean tres accesos de entrada o salida de vehículos al aparcamiento:

Acceso norte: permite la salida del aparcamiento en el lado de los pares del lateral de la Castellana pasada la calle Rafael Salgado, sentido Norte.

Acceso sur: permite la entrada al aparcamiento en el lado de los pares del lateral de la Castellana, antes de la Plaza de Lima, sentido norte.

Acceso oeste: permite la entrada y salida desde el lado de los impares del lateral de la Castellana antes de la Plaza de Lima, sentido sur.

Con el diseño del estacionamiento presentado se pretende conseguir los siguientes objetivos:

- Establecer una dotación de 1229 plazas de aparcamiento, distribuidas en cuatro plantas.
- Propiciar un diseño funcional y compacto, con el máximo rendimiento de la superficie urbana ocupada, aprovechando la pendiente natural del terreno natural, para configurar todas las plantas con esa pendiente y que tengan aproximadamente la misma superficie.
- Proponer un procedimiento constructivo sencillo y razonable para el fin previsto, de acuerdo con las características y funcionalidad de la zona de implantación del aparcamiento.

El diseño propuesto para el aparcamiento ha intentado optimizar el recurso de terreno

disponible, para procurar el máximo aprovechamiento de la edificación, optimizando la modulación propia de la distribución interior de las plantas, adaptándolas a la pendiente del terreno.

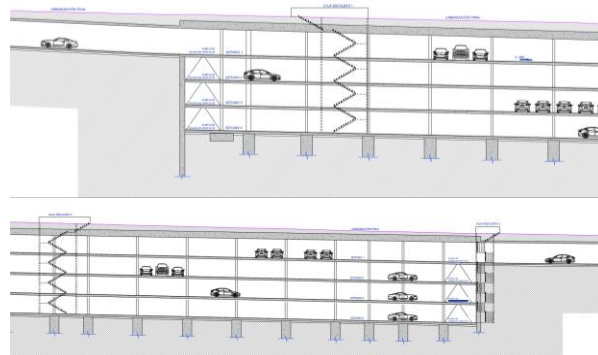


Figura 2. Sección longitudinal del aparcamiento

La planta del aparcamiento tiene forma rectangular, adaptándose en la medida de lo posible a la geometría de la parcela en la que se ubica. Interiormente, el aparcamiento constará de 4 niveles de planta.

Sus dimensiones máximas son de 203,20m en sentido Norte-Sur y de 43,10m en sentido Este-Oeste.

La distribución interior de viales y plazas de aparcamiento que se plantea es la siguiente: tres viales principales que discurren paralelos a los lados Norte/Sur en cada una de las plantas.

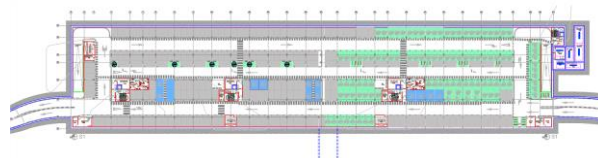


Figura 3. Planta sótano 1

El vial ubicado más al oeste tiene un ancho de 5,50m y los otros de 5,00m.

Las dimensiones de las plazas serán de 5,00m x 2,50m y de 4,50m x 2,50m.

Los viales principales permiten un cómodo acceso a todas las plazas de aparcamiento, que están siempre dispuestas en perpendicular a los viales, excepto en el vial central que se dispone una banda de aparcamiento en línea en el margen derecho del mismo.



Figura 4. Planta sótano 3

En la zona norte y en la sur se encuentran los viales que dan acceso a las rampas de subida y bajada a las diferentes plantas de 4,00m de ancho, así como las rampas de acceso y salida al exterior.

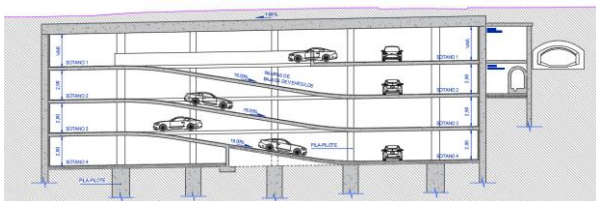


Figura 5. Sección rampas internas comunicación

Para acceso y evacuación de los usuarios, se dispone de cuatro núcleos de escaleras, distribuidos de forma uniforme por el aparcamiento al que dan servicio y adecuadamente separados para reducir las distancias de evacuación y cumplir con las distancias dadas por la normativa vigente. Todos los núcleos de escalera disponen de un ascensor desde sótano

Todas las plantas del aparcamiento tendrán una altura entre suelo y suelo de forjados de 3.20m, quedando una altura libre de suelo a techo constante de 2.86m en los sótanos 2, 3 y 4.

1.1 Superficies

La solución desarrollada para el aparcamiento proyectado ocupa un área aproximada de 10.897,23m².

El número de plazas para coches alcanza las 1.229, resultando un rendimiento neto de 28,74m²/plaza. Además, se incluye la Plataforma de Movilidad Compartida de emisiones cero para vehículos eléctricos (100 plazas), motos eléctricas (54 plazas) y patinetes (40 plazas).

Existen 38 plazas acondicionadas para su uso por personas de movilidad reducida (P.M.R.) que tienen un sobreancho mínimo lateral de 1,20m, y se ubican distribuidas en todas las

plantas del aparcamiento próximas a los núcleos de escaleras y que cuentan con ascensor adaptado para P.M.R. para facilitar la accesibilidad a ellas.

1.2 Solución estructural

1.2.1. Contención

El sistema de contención para la realización del vaciado de la parcela se proyecta como pantallas de pilotes de Ø0.65m de diámetro y separación de 1.00m con longitud de empotramiento de 5.00m. Estos valores varían en alguno de los tipos definidos.

Se plantea un sistema de construcción descendente con la ejecución de la cubierta y del nivel de sótano 2 ambos sobre el terreno antes de llegar al fin de la excavación.

1.2.2. Cimentación

La cimentación de los pilares es profunda y consiste en un único pilote por cada pilar (pila-pilote). Las dimensiones de dichos pilotes varían entre los Ø1.20m, Ø1.50m y Ø1.80m.

Para algunos de los elementos estructurales, como las pantallas de los núcleos de ascensores y los muros en la zona de maquinaria del sótano 1, se plantea una cimentación superficial mediante zapatas aisladas considerándose una tensión admisible de 4,00kg/cm².

En el nivel de sótano 4 se ejecutará una solera de espesor 0.20m. Bajo dicha losa se dispondrá un enchado también de 0.20m.

La conexión entre las pilas metálicas y los pilotes se resuelve mediante varios niveles de perfiles metálicos de sección en L soldados a la pila. A continuación se muestra la solución adoptada

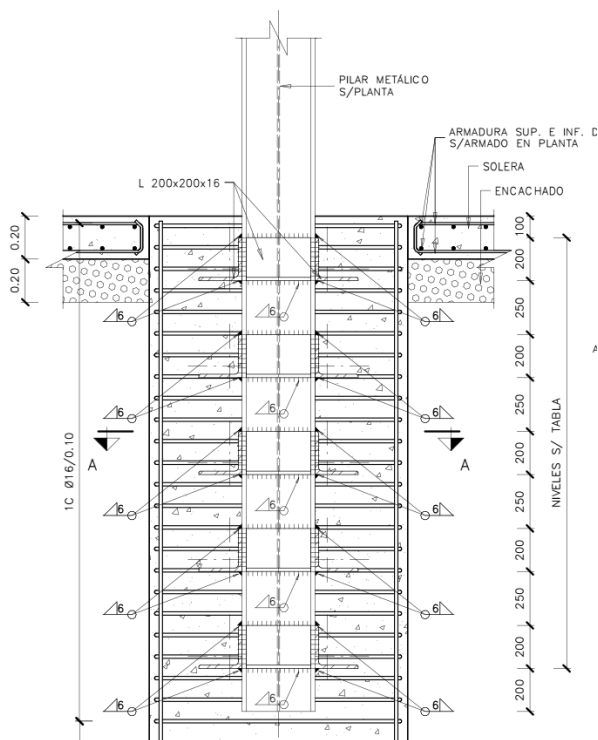


Figura 6. Conexión de pila con pilote

Es posible que en el proceso de excavación se encuentren cimentaciones ya ejecutadas de un proyecto de aparcamiento previo. Se ha previsto una solución para los pilotes en el caso de coincidir éstos con los posibles pilotes existentes, que consiste en la ejecución de un pilote provisional contiguo al de proyecto para la fase de construcción. Para el estado definitivo se ejecutará un encepado de dos pilotes sobre el que nacerán los pilares, salvando así el pilote existente.

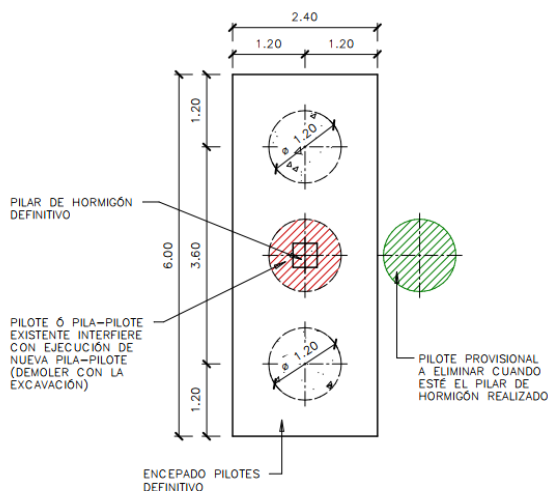


Figura 7. Solución prevista en caso de coincidencia con pilotes previamente ejecutados

12.3. Estructura horizontal

Para la cubierta del aparcamiento se proyecta una losa de hormigón armado aligerada apoyada perimetralmente en las pantallas de contención y en los pilares internos, así como en núcleos de ascensores y muros estructurales de hormigón.

La losa de cubierta deberá soportar importantes sobrecargas de tierras. Se dan dos situaciones:

Zonas verdes con paquete de tierras de hasta 1.30m de espesor. Se dispone una losa de canto 0.65m con aligeramientos Ø0.35m cada 0.65m.

Zonas de parterres con paquete de tierras de hasta 2.20m de espesor. Se dispone una losa de canto 1.00m con aligeramientos Ø0.70m cada 1.00m.

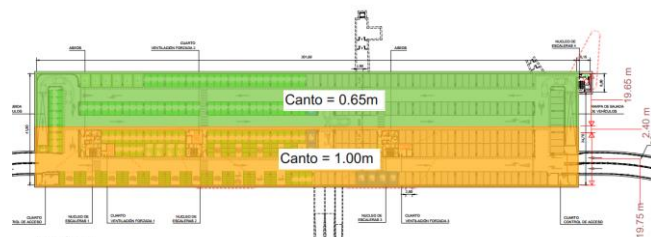


Figura 8. Espesores para losas aligeradas de cubierta

Para los forjados de los aparcamientos se proyecta una losa maciza de 0.30m de espesor apoyada perimetralmente en las pantallas de contención y en los pilares internos, así como en los núcleos de ascensores. El forjado de sótano 2 se ejecutará sobre el terreno, mientras que los forjados de sótano 1 y 3 se ejecutarán sobre cimbra.

Para el apoyo del forjado en el pilar metálico pasante a través del forjado, se dimensionan unas basas metálicas que vuelan 150mm. desde cara del pilar y que permiten el apoyo del forjado y la entrada de la biela de compresión al pilar. A continuación se muestra un croquis de la solución adoptada:

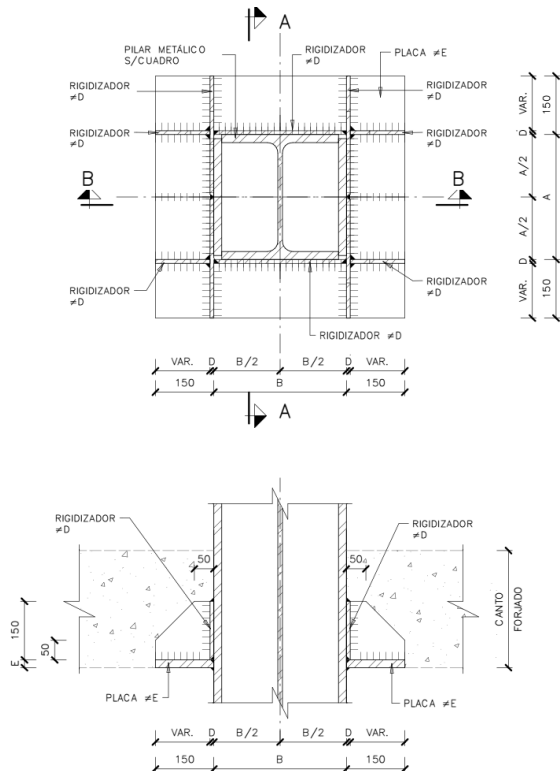


Figura 9. Apoyo de forjados sobre pilas pilote

1.2.4. Estructura vertical

Dado que se plantea un proceso constructivo descendente, los pilares se ejecutarán como pilas-pilotes. Se plantean pilares metálicos tanto en fase de construcción como en estado final.

Se eligen secciones tipo HEB reforzadas por pletinas laterales. Se dotará a estas secciones de protección contra el fuego mediante paneles RF.

CUADRO DE PILARES				
	TIPO-1	TIPO-2	TIPO-3	TIPO-4
Nivel NS2				
Nivel NS1				
Nivel NS0				
Nivel NS3				
Nivel NS4				
	PILOTE Ø150 20015 10.01/10.10 S 10.01/10.10 S	PILOTE Ø150 20015 10.01/10.10 S 10.01/10.10 S	PILOTE Ø150 20015 10.01/10.10 S 10.01/10.10 S	PILOTE Ø150 20015 10.01/10.10 S 10.01/10.10 S

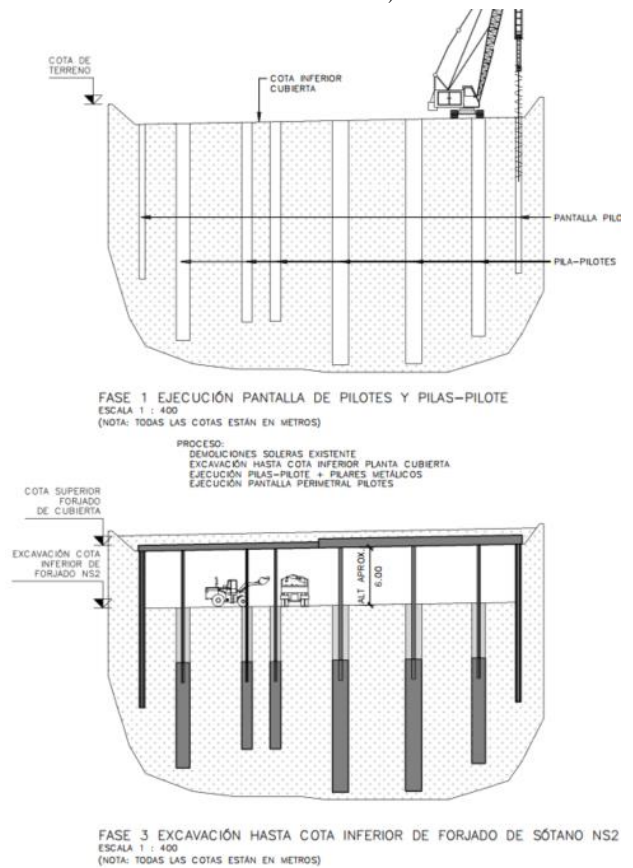
Figura 10. Cuadro de pilas-pilote

Dado que la estabilidad frente a esfuerzos horizontales está garantizada por las pantallas de contención, no se ejecutarán en general núcleos estructurales exceptuando los núcleos alrededor de los huecos de los ascensores. Estos muros son necesarios como apoyos verticales de la losa, dado que por presencia de los huecos de escaleras, patinillos y los propios ascensores quedaría prácticamente sin apoyo en estas zonas.

1.3 Proceso constructivo

Para el proceso constructivo se ha previsto un procedimiento descendente.

Tras la ejecución de los pilotes de contención y las pilas pilote, se ejecuta el forjado de cubierta lo que permite liberar en superficie y poder usar la plaza sobre el aparcamiento y realizar las obras totalmente bajo rasante.



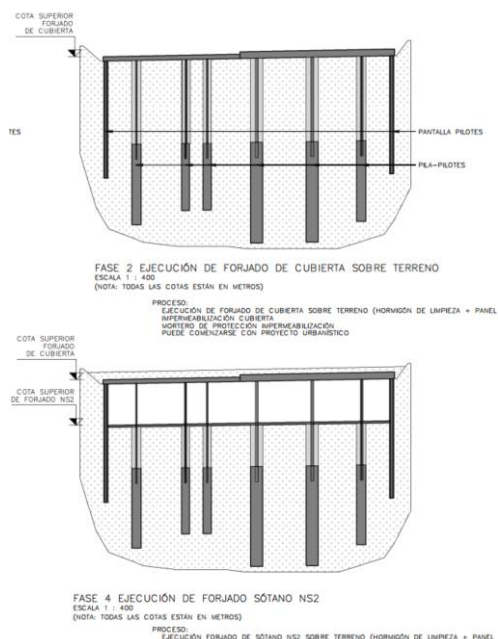


Figura 11. Proceso constructivo (I)

Se ha previsto la excavación en dos fases. Una hasta el nivel del sótano 2 y otra hasta el fondo de la excavación (sótano 4).

La pantalla perimetral no precisa de anclajes o apuntalamientos sino que son los propios forjados de cubierta y del nivel del sótano 2 los que funcionan como elementos de acodalamiento de las pantallas perimetrales.

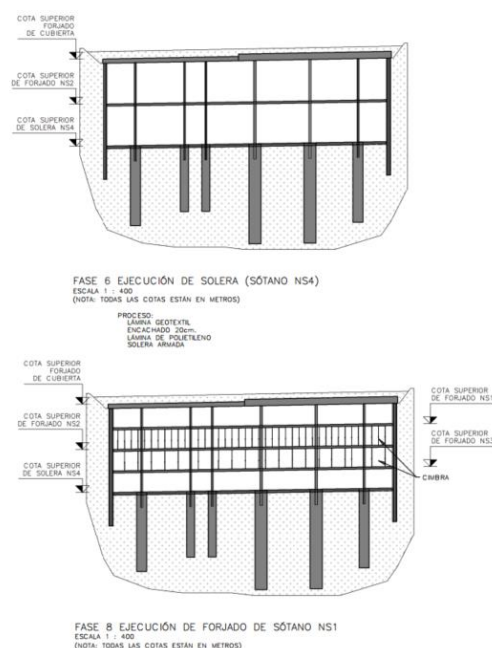
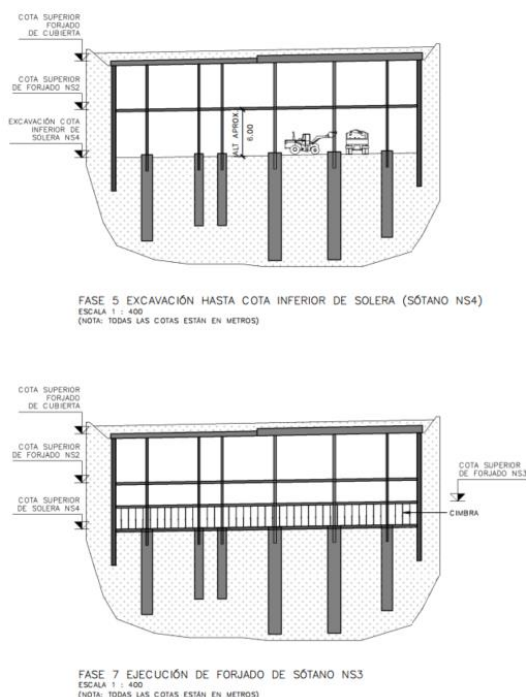


Figura 12. Proceso constructivo (II)

Este proceso constructivo es el indicado en este tipo de actuaciones donde el uso de la superficie es inmediato y la globalidad de la obra se realiza bajo rasante reduciendo las molestias de la obra en un ámbito urbano y céntrico como es la Castellana.

2. Aparcamiento Padre Damián

El aparcamiento se sitúa bajo rasante de la calle Padre Damián junto al estadio Santiago Bernabéu, en el distrito de Chamartín de Madrid.

La ocupación del aparcamiento se observa en la siguiente imagen:



Figura 13. Desarrollo en planta del aparcamiento

El aparcamiento de Padre Damián tiene una configuración lineal a lo largo de su trazado, y permite optimizar la dotación de plazas de aparcamiento.

En el sótano 2 se ha proyectado un vial de libre circulación de uso público para dar continuidad al tráfico en el eje Paseo de la Habana – Padre Damián, vial proyectado para permitir el paso de autobuses y vehículos pesados.

El espacio en el que se proyecta el aparcamiento es un ámbito de suelo urbano consolidado, densamente edificado, y sus límites vienen determinados por las infraestructuras y edificaciones existentes.

Se plantean dos accesos de entrada o salida de vehículos al aparcamiento:

Acceso norte: permite la entrada y salida del aparcamiento en el entorno del número 26 de la Calle Padre Damián.

Acceso sur: permite la entrada y salida del aparcamiento en el entorno del número 54 del Paseo de la Habana.

La zona de aparcamiento de autobuses se contempla en el sótano 2.

Con el diseño del estacionamiento presentado se pretende conseguir los siguientes objetivos:

- Establecer una dotación de 617 plazas de aparcamiento.
- Propiciar un diseño funcional y compacto, con el máximo rendimiento de la superficie urbana ocupada, aprovechando la pendiente natural del terreno natural, para configurar todas las plantas con esa pendiente.
- Proponer un procedimiento constructivo sencillo y razonable para el fin previsto, de acuerdo con las características y funcionalidad de la zona de implantación del aparcamiento.

La solución desarrollada para el aparcamiento proyectado ocupa un área aproximada de 10.656,50m². La distribución de las plazas de automóviles se realiza en tres plantas: sótano 1, sótano 3 y sótano 4, siendo el sótano 2 donde se ubica el aparcamiento para autobuses y el vial de uso público que conecta los accesos norte y sur.

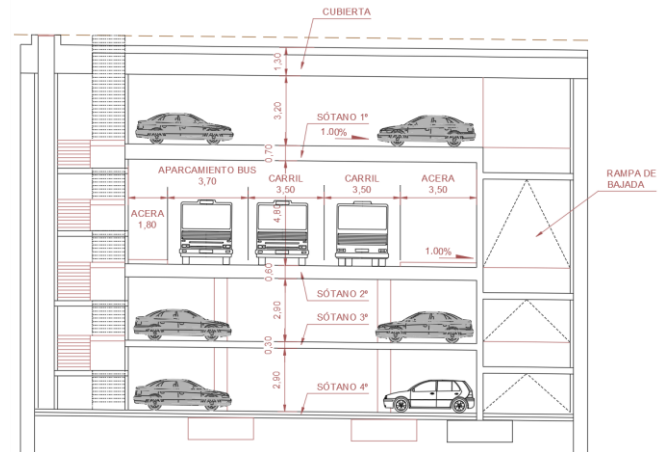


Figura 14. Sección transversal

La totalidad del estacionamiento se realiza en batería a 90°. Las plazas tienen unas dimensiones de 5,00m x 2,50m en la zona oeste, y de 4,70m x 2,50m en la zona este. Los viales de los sótanos 1, 3 y 4 son de doble sentido con una anchura de 6,30m, lo cual propicia una cómoda maniobra de aparcamiento y un tránsito fluido de búsqueda de plazas libres.

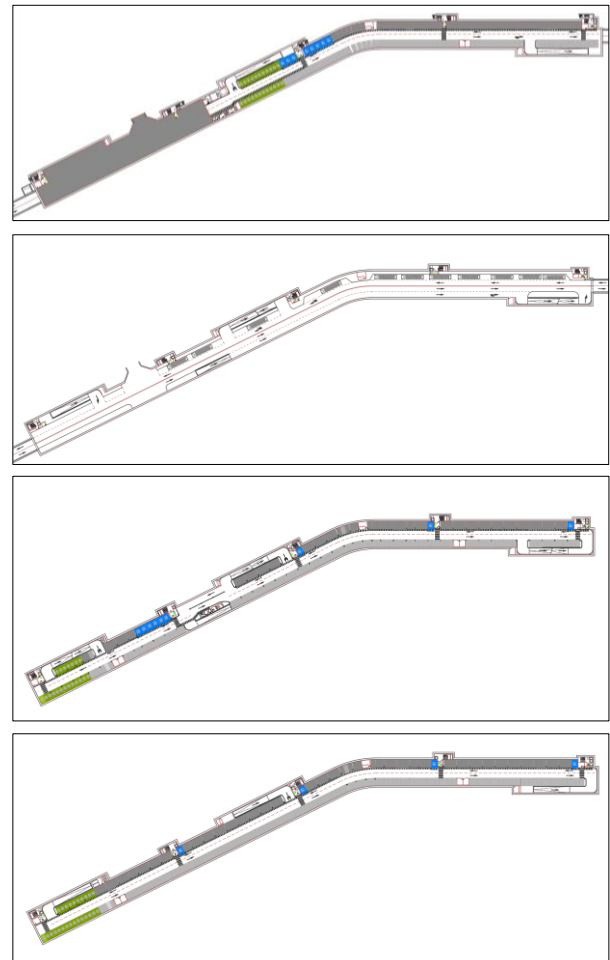


Figura 15. Distribución sótanos S1, S2, S3 y S4

Las rampas de acceso norte y sur tienen un ancho libre de 7.00m con un carril por sentido de 3,50m cada uno. El vial del sótano 2 dispone de un carril de 3,50m en sentido norte-sur, desde la entrada por el sur hasta la rampa de subida desde el sótano 3. Desde este punto hasta la rampa de bajada a sótano 3 (en una longitud de 195m) se traza un carril adicional de 3,50m de ancho que sirve de trenzado para los que suban o bajen a dicho sótano.

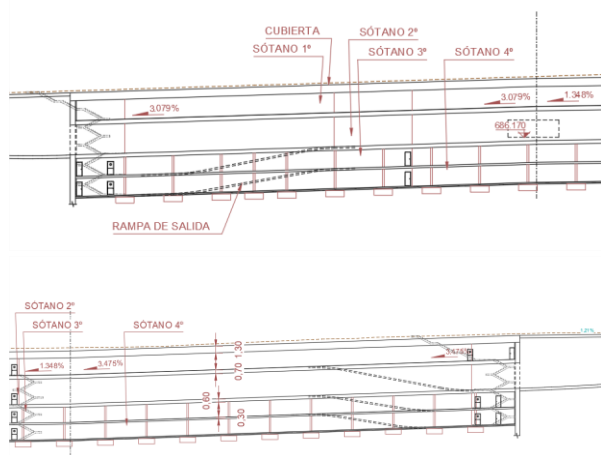


Figura 16. Sección longitudinal

Para acceso y evacuación de los usuarios, se dispone de cinco núcleos de escaleras, distribuidos de forma uniforme por el aparcamiento al que dan servicio y adecuadamente separados para reducir las distancias de evacuación y cumplir con las distancias dadas por la normativa vigente. Todos los núcleos de escalera disponen de un ascensor desde sótano 4º hasta el exterior del aparcamiento, apto para su uso por personas con movilidad reducida.

2.1 Superficies

El número de plazas para coches alcanza las 617, resultando un rendimiento neto de 53,45m²/plaza.

Las dimensiones de la plaza tipo son 2,50m de ancho y 4,70m a 5,00 m de largo, que se estiman idóneas para el uso previsto.

Existen 21 plazas acondicionadas para su uso por personas de movilidad reducida (P.M.R.) que tienen un sobreancho mínimo lateral de 1,20m, y se ubican distribuidas en todas las plantas del aparcamiento próximas a los núcleos de escaleras y que cuentan con ascensor adaptado para P.M.R. para facilitar la accesibilidad a ellas.

Además, 68 de las plazas totales son para vehículos eléctricos y cuentan con la instalación necesaria para su carga.

2.2 Solución estructural

2.2.1. Contención

El sistema de contención para la realización del vaciado de la parcela se proyecta como pantallas de pilotes Ø0.85m de diámetro y separación de 1.30m con longitud de empotramiento de 4.50m medidos desde la cota superior del sótano 4.

Debido a una altura máxima de excavación ligeramente superior a 17.00m, y la presencia en ciertas zonas de edificios de hasta 11 plantas sobre rasante, se plantea el uso de dos niveles de arriostramiento provisional.

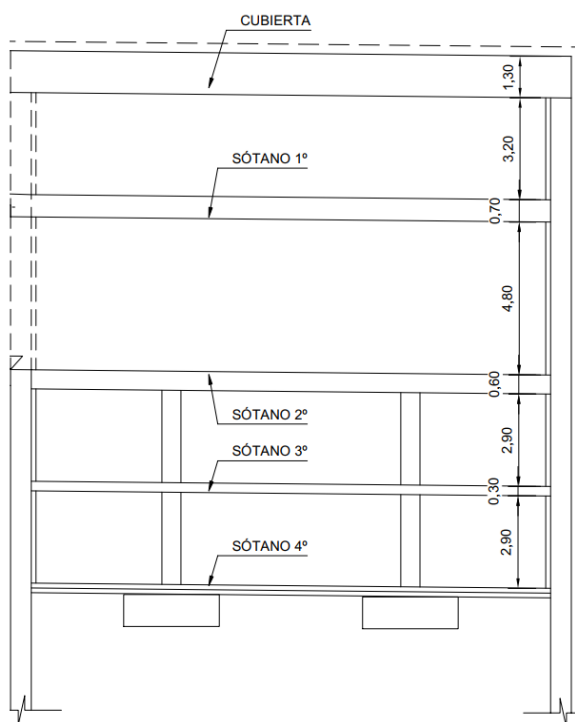
2.2.2. Cimentación

Los pilares se encuentran cimentados en zapatas aisladas diseñadas con una tensión admisible de 4,0 kg/cm².

En el nivel de sótano 4 se ejecuta una solera de espesor 0.20m. Bajo dicha losa se dispone un enchado también de 0.20m.

2.2.3. Estructura horizontal

El aparcamiento posee un ancho típico de 16.30m. Dado que no se plantea la instalación de pilares en las zonas de circulación fluida de vehículos pesados (sótano 2), las losas de cubierta y de sótano -1 poseen una luz de cálculo igual a los 16.30m mencionados.



Para la cubierta del aparcamiento se proyecta una losa de hormigón armado aligerada apoyada perimetralmente en las pantallas de contención.

Debido a la luz de cálculo de esta losa y las cargas de tráfico pesado a las que estará sometida, se plantea una losa aligerada de 1.30m de canto.

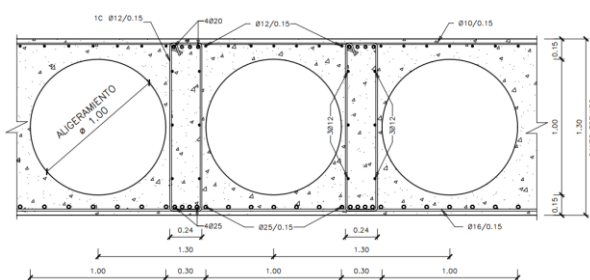


Figura 18. Sección losa de cubierta

No se disponen pilares intermedios sobre el nivel de sótano 2 para dotar de flexibilidad al tráfico, por lo que la losa de sótano 1 estará soportada en las pantallas laterales con 16.30m.

Dado que las cargas son menores que en la cubierta se dispone una losa aligerada de 0.70m de espesor

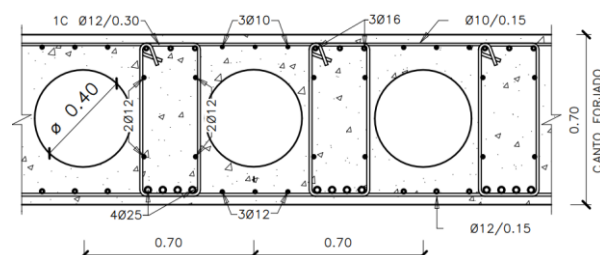


Figura 19. Sección losa sótano 1

El forjado de sótano 2, por su parte, se resuelve mediante una losa maciza de 60cm de espesor apoyada no sólo en las pantallas de contención, sino en dos alineaciones intermedias de pilares. El motivo del espesor de esta losa es que está sometida a cargas de tráfico pesado.

En el caso del sótano 3, las menores cargas de diseño (solo aparcamiento) permiten reducir el espesor de la losa hasta los 30cm.

2.2.4. Estructura vertical

Dado que la estabilidad frente a esfuerzos horizontales está garantizada por las pantallas de contención, no se ejecutarán en general núcleos estructurales. Por ello, la estructura vertical estará conformada por pilares de hormigón armado.

2.3 Proceso constructivo

Para el proceso constructivo se ha previsto un procedimiento descendente.

Tras la ejecución de los pilotes de contención, se ejecuta el forjado de cubierta lo que permite reestablecer la circulación en superficie.

El forjado de cubierta se plantea ejecutar en dos mitades de forma que el tráfico pueda desviarse de un lado a otro sin interrumpir completamente la calle.

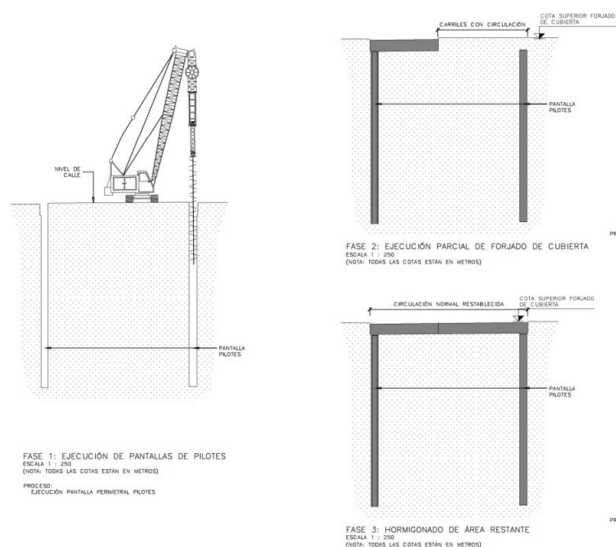


Figura 20. Proceso constructivo (I)

La pantalla perimetral precisa de acodalamientos metálicos intermedios.

Se ha previsto la excavación en tres fases. Una primera fase hasta una cota por debajo del sótano 1. Una segunda fase hasta por encima del nivel de sótano 3 y una última fase hasta el fondo de la excavación (sótano 4).

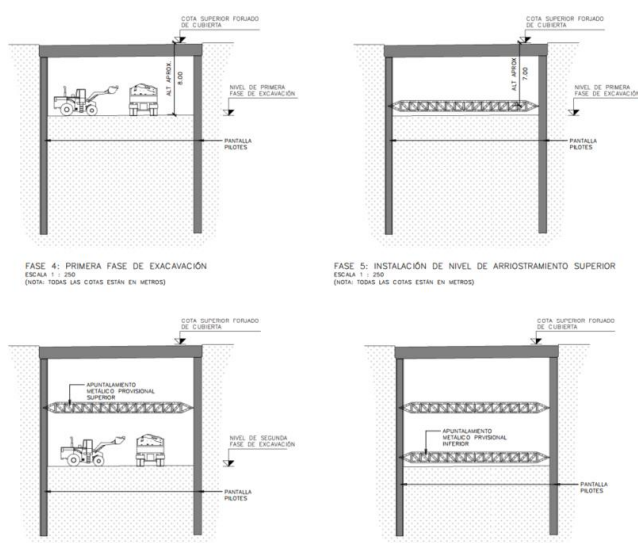


Figura 21. Proceso constructivo (II)

Estos acodalamientos podrán ser retirados a medida que se ejecuten los forjados. El nivel inferior de acodalamiento una vez se ejecute la losa de sótano 3 y el nivel superior de arriostramiento una vez que se ejecuten las losas de los niveles sótano 2 y sótano 1.

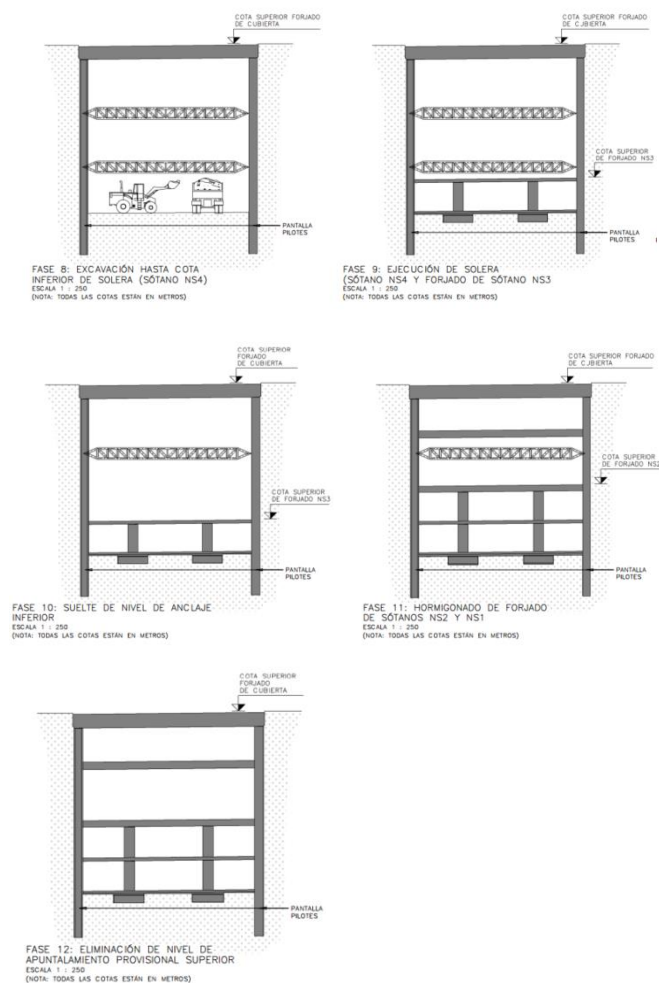


Figura 22. Proceso constructivo (III)

Este proceso constructivo es el indicado en este tipo de actuaciones donde el uso de la calle superior es inmediato y la globalidad de la obra se realiza bajo rasante reduciendo las molestias de la obra en un ámbito urbano y céntrico como es la calle Padre Damián