

Proyecto y obra del aparcamiento subterráneo en Distrito C de Telefónica

Project and execution of the underground car park in Telefónica C District

Ignacio RUEDA SASTRE

Ingeniero de Caminos Canales y Puertos
LRA Infraestructures Consulting
Ingeniero de Estructuras
nachorueda@lraingenieria.es

Tomás RIPA ALONSO

Doctor Ingeniero de Caminos Canales y Puertos
LRA Infraestructures Consulting
Socio Director
tomasripa@lraingenieria.es

RESUMEN

Se trata de uno de los mayores aparcamientos en construcción en España en este momento. Un total de 78500 m² distribuidos en 3 plantas aterrazadas bajo rasante, retranqueadas para adaptarse a la pendiente del terreno, con conexión al edificio de oficinas colindante en el Sótano -3. La estructura, de hormigón armado, está ejecutada in situ con forjados macizos de espesor variable. Uno de los aspectos más destacables es la disposición de pasadores telescópicos en los cerca de 3800 metros de juntas de dilatación, para dar continuidad a los forjados sin la necesidad de duplicar pilares, con el consiguiente detrimento de la superficie disponible para plazas.

ABSTRACT

It's one of the larger car parks under construction in Spain nowadays. A total of 78500 m² with 3 terrace floors, gradually set back to adapt to the environment. The car park has three levels underground, with a pedestrian link in Basement -3 to the existing office building. The reinforced concrete structure is built in situ, with variable thickness slabs. One of the most notable issues are the telescopic bolts located in the 3800 meters of expansion joints, to give continuity to the slabs in order to remove the twin pillars and get some extra parking places.

PALABRAS CLAVE: aparcamiento subterráneo, pasadores telescópicos, Las Tablas, Telefónica.

KEYWORDS: underground car park, telescopic bolts, Las Tablas, Telefónica.

1. Descripción general

LRA Infraestructuras Consulting llevó a cabo, junto con AAT Consultoría de Proyectos, el proyecto de construcción del aparcamiento subterráneo en el Distrito C de Telefónica, empresa promotora de la obra. En la fecha de redacción esta ponencia las obras están comenzando, llevándose a cabo los desvíos de servicios, movimiento de tierras y ejecución de muros perimetrales.

Las dimensiones del aparcamiento lo convierten en uno de los mayores aparcamientos subterráneos en ejecución a día de hoy. Con la construcción del mismo se busca aumentar la oferta de plazas disponibles en el Parque Empresarial Distrito Telefónica, además de dotarlo de plazas de aparcamiento para bicicletas y para la recarga de vehículos eléctricos.

2. Entorno de la obra

La parcela, de 40692.50 m², se sitúa en una zona verde comprendida entre las zonas de afección de la Carretera de Burgos (A-1), la autovía de circunvalación M-40 y la calle Ronda de la Comunicación, en el distrito madrileño de Las Tablas. (*Figura 1*)

El terreno presenta una pendiente que alcanza un desnivel respecto de los viarios perimetrales de entre 7 y 15 metros. El aparcamiento se ejecutará en 3 plantas aterrazadas bajo rasante (Sótano -1, Sótano -2 y Sótano -3), retranqueadas unas respecto a otras para adaptarse a la pendiente existente del terreno, como se refleja en la *Figura 2*, de manera que se integren orgánicamente en el entorno y no produzcan impacto ambiental alguno.

El Proyecto de Urbanización Exterior y Jardinería, objeto de un estudio complementario, contempla la ejecución de una cubierta vegetal que cubre todo el aparcamiento, con muros de contención vegetales en los desniveles, que refuerzan la imagen de zona verde. Los únicos elementos que sobresalen de la rasante son los casetones de desembarco de las salidas de emergencia y las chimeneas de ventilación.



Figura 1. Plano de situación.

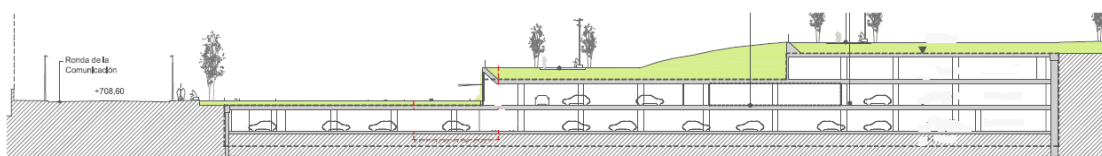


Figura 2. Sección transversal del aparcamiento.

3. Accesos y distribución funcional

Para mantener la fluidez del viario exterior se plantea la construcción de una nueva rotonda en la zona sur de la parcela, y se aprovecha la rotonda existente en la zona norte. Ambas quedan conectadas por un vial de doble sentido que atraviesa el interior de la planta de acceso al aparcamiento, formando la “columna dorsal” del esquema funcional (*Figura 3*), donde se ubican los accesos y salidas a las dos zonas de estacionamiento en que se divide la planta. Este vial es uno de los aspectos más destacables desde el punto de vista funcional, ya que al permitirse el acceso desde ambas glorietas y realizarse la incorporación y salidas del vial en el sentido de la marcha se favorece en gran medida la fluidez del tráfico interior.

El aparcamiento cuenta con un total de 2405 plazas de aparcamiento, de las cuales 76 están reservadas para personas con movilidad reducida, situadas en el Sótano -3 en las proximidades de los pasillos peatonales. En este mismo sótano existen plazas de aparcamiento para bicicletas y 62 estacionamientos para la recarga de vehículos eléctricos.

La circulación de vehículos entre los diferentes niveles se efectúa a través de rampas de sentido único situadas en el interior de las zonas de estacionamiento, salvo el acceso y la salida del Sótano -1 que pueden realizarse directamente desde el vial principal, lo que reduce los movimientos interiores. El aparcamiento cuenta con 6 ascensores que comunican los diferentes sótanos y en el Sótano -3 existe una conexión peatonal con la parcela de enfrente, donde se sitúa el Parque Empresarial Distrito Telefónica, desembarcando la escalera en la zona del edificio Servicios 2.



Figura 3. Plantas funcionales del aparcamiento.

4. Estructura

4.1. Cimentación

En los ensayos geotécnicos realizados se diferenciaron dos unidades geotécnicas, una superficial de rellenos vertidos y otra de terreno natural que subyace bajo la anterior. Además en el borde sur de la parcela aparece una tercera unidad geotécnica, la de rellenos compactados de la M-40. En la *Figura 4* se representa un perfil geotécnico donde se observa la posición del aparcamiento, observando que la cimentación de la estructura se sitúa en un estrato formado arena de miga y tosco, terreno característico de Madrid y alrededores.

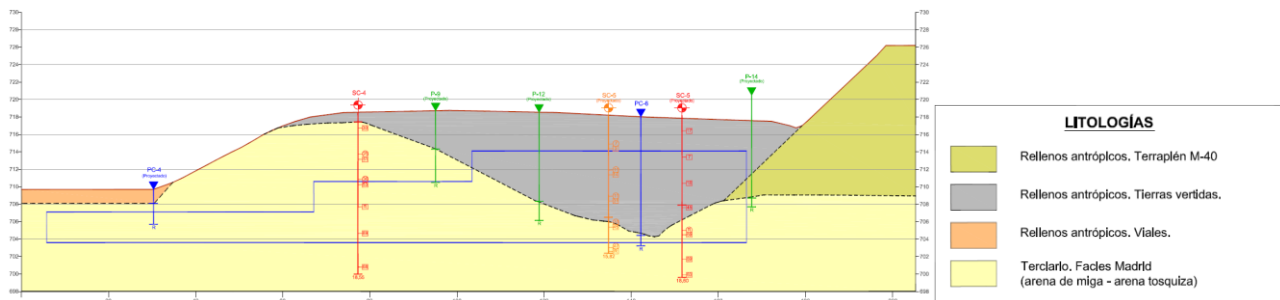


Figura 4. Perfil geotécnico.

Las características geotécnicas del terreno permiten la ejecución de una cimentación directa, bien con zapatas aisladas o bien con losa de cimentación. En el caso de optar por una solución mediante zapatas es necesario obtener el valor de la presión vertical admisible de servicio, tomándose un valor de diseño $q_{adm} = 4 \text{ kp/cm}^2$. Si se opta por la alternativa de losa de cimentación el valor de dicha presión no es determinante, sino que es necesario definir la deformabilidad del terreno mediante un módulo de balasto; al apoyar sobre una arena compacta se ha empleado un valor del coeficiente de balasto en placa de 30cm de lado: $K_{30} = 100 \text{ MN/m}^3$.

La losa constituye una cimentación de prestaciones superiores a la zapatas aisladas ya que, además de reducir las presiones transmitidas al terreno, evita posibles asientos diferenciales con la consecuente aparición de daños estructurales. Por lo tanto, se optó por esta solución habida cuenta de la posible heterogeneidad superficial del terreno de cimentación, en el que pudieran existir zona menos competentes asociadas, tal vez, a la existencia de rellenos antrópicos. Por otro lado, cabe tener en cuenta las diferentes cargas transmitidas al terreno según la existencia de uno, dos o tres sótanos en la zona en cuestión. En caso de una solución de zapatas aisladas, debería preverse junta de asiento en los forjados en las zonas de variación del número de plantas del aparcamiento, a fin de evitar las sollicitaciones en los forjados debidas a eventuales asientos diferenciales. No obstante, tal junta de asiento puede originar un escalón en los forjados a ambos lados de la junta, por lo que se trata, de nuevo, de un argumento en pos de la solución de losa continua frente a la cimentación con zapatas aisladas.

Así pues, la cimentación del aparcamiento se plantea con losa maciza de hormigón armado, de 55 cm de canto en la zona de aparcamiento de un solo sótano, cuando no se sitúa bajo vial exterior de tráfico rodado, y de 65 cm. de canto en las zonas de dos y tres plantas sótano. Se plantean recercados locales en función de los requerimientos resistentes alcanzando, por ejemplo, los 80 cm de espesor en la zona situada bajo el vial principal del aparcamiento.

4.2. Muros y pantallas perimetrales

Al no existir edificios próximos que pudieran verse afectados, se planteó la excavación completa a cielo abierto hasta la cota de arranque de las pantallas perimetrales. Se definieron taludes provisionales 1H/1V en el terreno natural y 2H/1V en los rellenos.

La solución escogida de pantalla de pilotes tangentes de 0.60 metros de diámetro resulta adecuada para la contención de tierras, al no existir nivel freático en la zona, con una longitud total que oscila entre los 8.50 y los 10.50 metros. La cota de arranque de las pantallas se sitúa a nivel de la calle de acceso al aparcamiento, coincidiendo con el forjado del Sótano -3, por lo que la longitud de pantalla en voladizo es la correspondiente a un sótano, unos 4.5 m. Sobre la pantalla perimetral de pilotes se levantarán muros de hormigón armado, de 40 cm de canto, encofrados a dos caras. En la *Figura 5* se incluyen las secciones tipo de los sistemas de contención definidos, dependiendo del número de sótanos.

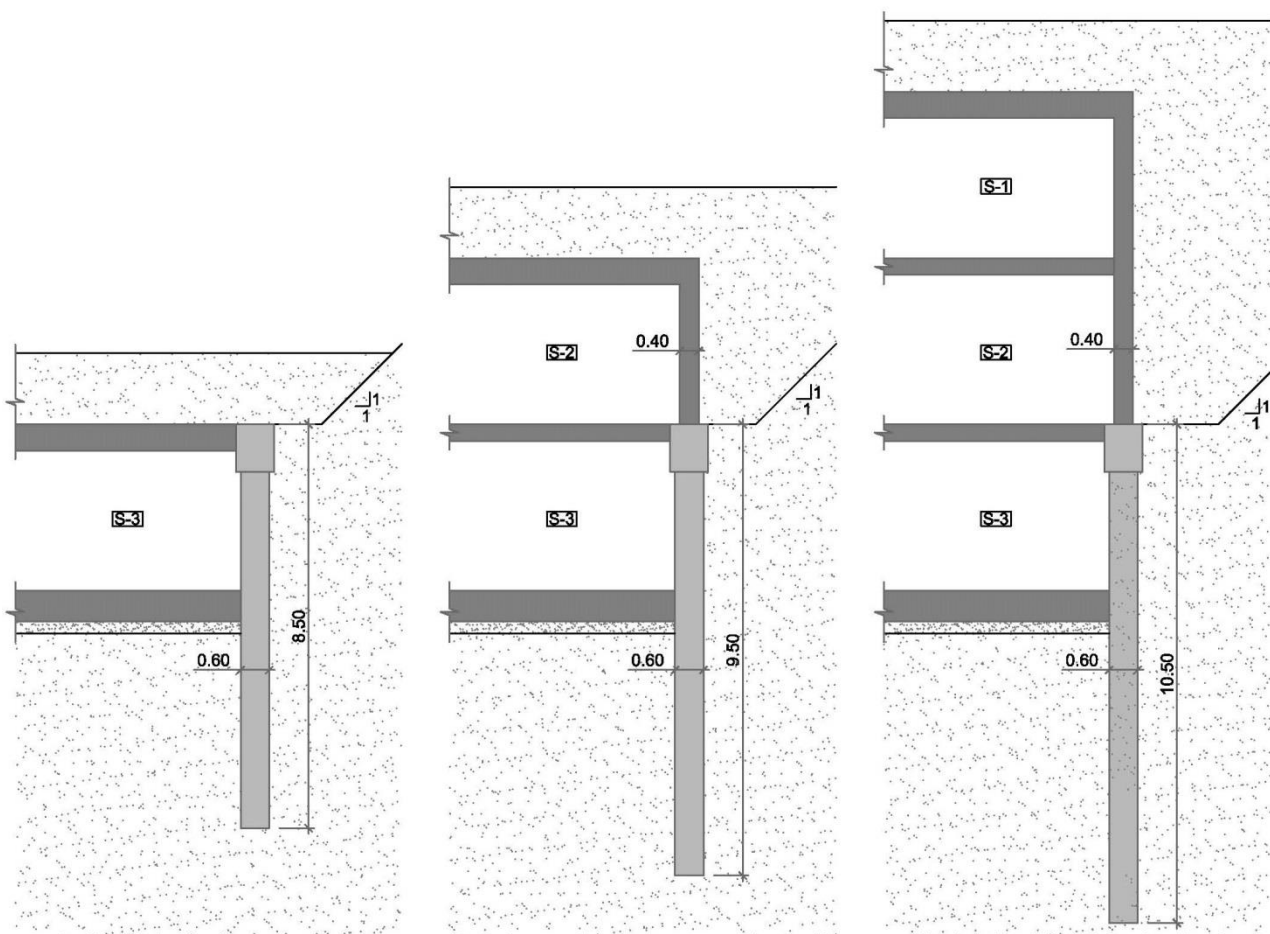


Figura 5. Sección tipo de sistemas de contención.

En la zona más próxima al ramal entre la M-40 con la A-1 resulta más comprometido realizar la excavación con un talud 1H/1V, al existir un espesor mayor de relleno, por lo que se proyectó una pantalla con el arranque en el forjado del Sótano -2 y un talud 2H/1V. Durante la fase de construcción la pantalla tiene un vuelo de dos sótanos, unos 8 metros, por lo que se proyectaron anclajes provisionales al terreno con el fin de contrarrestar el empuje de tierras hasta la ejecución de los forjados. En la *Figura 6* se incluyen varias fases del proceso constructivo de esta zona de pantallas.

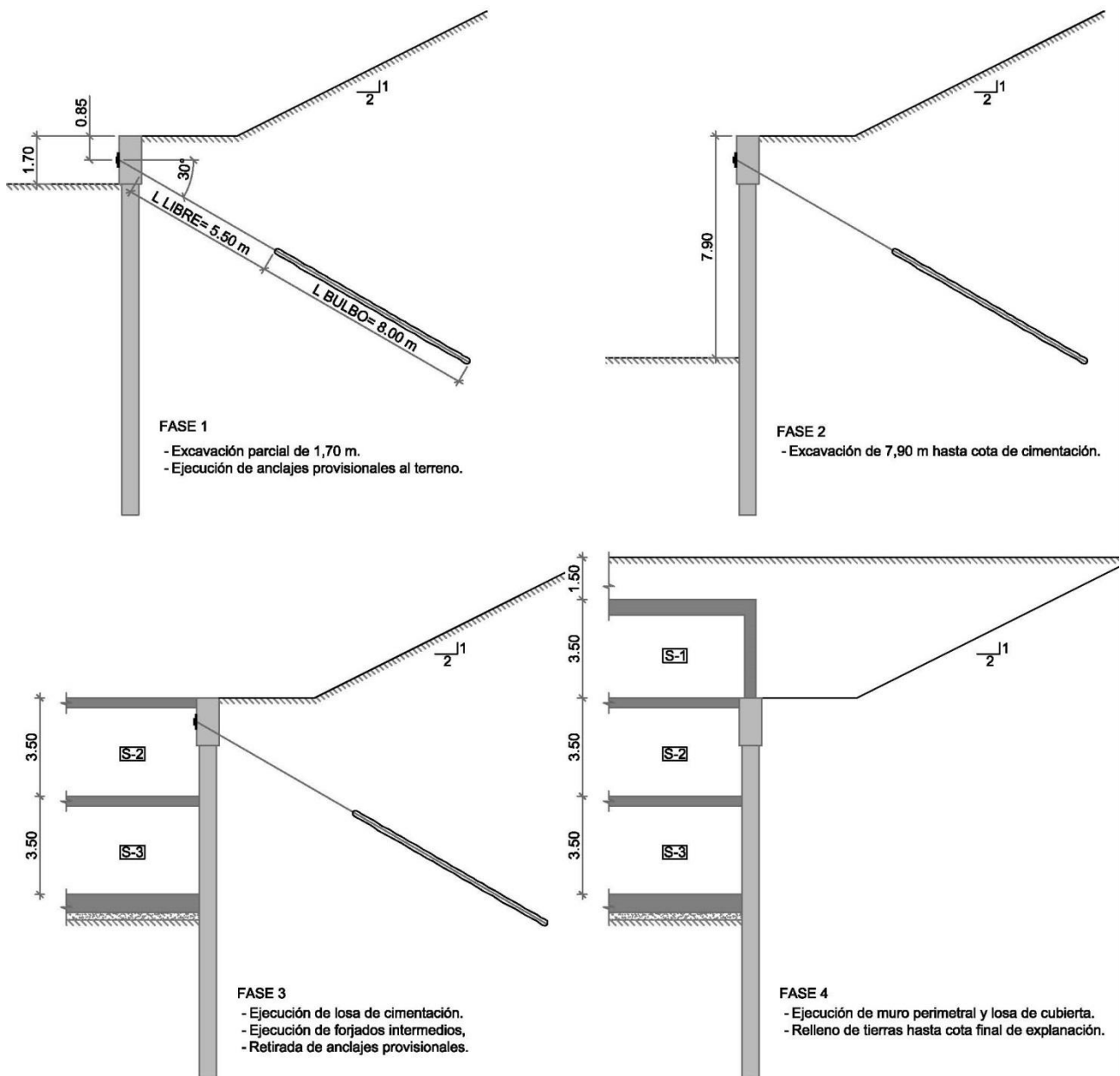


Figura 6. Fases del proceso constructivo.

Los anclajes se plantearon con barras de pretensado de 30 mm de diámetro dispuestas cada 2 metros, con una longitud libre de 5,5 metros y un empotramiento de 8.0. El límite de elasticidad del acero en barras empleado son 600 MPa y se tesan con una fuerza de 220 kN por barra.

4.3. Forjados

Se optó por una solución de losa maciza, frente a la alternativa de forjados aligerados. Desde nuestra experiencia, el rendimiento de ejecución que se alcanza con los sistemas de mesas de encofrado reduce los costes de ejecución, compensando el mayor volumen de hormigón requerido frente a las soluciones aligeradas. Debe tenerse en cuenta, asimismo, que los requisitos de protección frente al fuego de las estructuras de hormigón que establece el CTE penalizan el espesor de los nervios de las soluciones aligeradas. Por otra parte, y no menos relevante, es la gran facilidad para la disposición de las instalaciones que permite una solución de forjado en losa maciza.

Las luces principales son 7.50 metros en una dirección y 8.15 m en la perpendicular, incrementándose los 8.15 m a 10.35 m y 10.85 m en la traza del vial principal del aparcamiento, que cuestan con dos carriles por sentido de circulación. Los vanos se libran con forjados de 35 cm de espesor en el interior y 55 cm en el exterior. El mayor espesor se debe al incremento de cargas producido por la existencia de un relleno de tierras del orden de 1.50 m de espesor.

Las deformaciones impuestas en la estructura son difíciles de evaluar, debido a la geometría irregular de las plantas y no encontrarse el aparcamiento confinado en todo su perímetro. Por ello se han previsto juntas de dilatación a una separación máxima del orden de 40 metros, con objeto de limitar dichas solicitaciones.

El proyecto se realizó a partir del esquema funcional definido por el promotor, que no consideraba la existencia de pilares dobles en la zona de juntas, por lo que dicha situación implicaría una reducción del número de plazas del aparcamiento. Por este motivo fue necesaria la instalación de pasadores telescópicos en las juntas de dilatación, con el fin de transmitir los esfuerzos cortantes entre los forjados que lo acometen. En la *Figura 7* se observa el detalle de dicha junta.

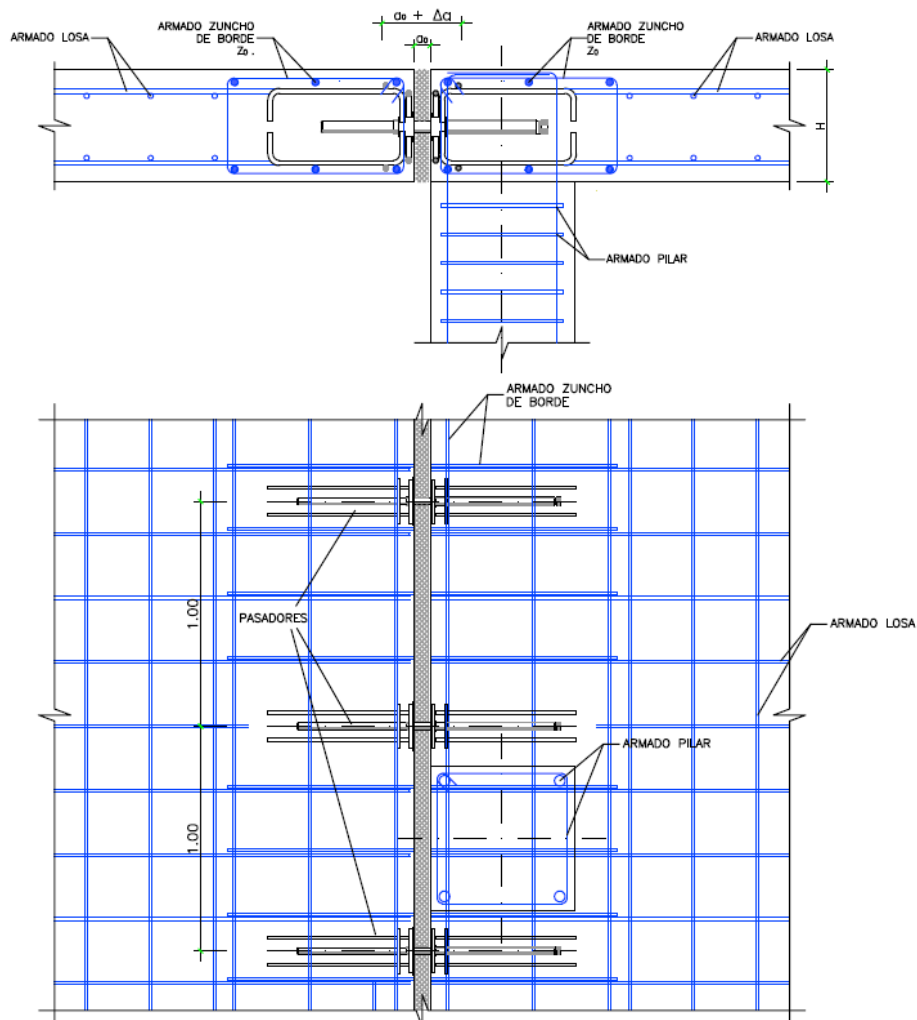


Figura 7. Detalle de junta de dilatación con pasadores.

El sistema de pasadores se compone fundamentalmente de dos elementos: el vástago o macho y la vaina o hembra, y se complementa con un zuncho de refuerzo en el borde del forjado. La solución de losa maciza escogida está especialmente indicada para la colocación de estos elementos, al favorecer un reparto uniforme de las tensiones y simplificar el refuerzo de los bordes del forjado.

El cortante de diseño en las juntas estaba en torno a los 200 kN/m en la zona exterior, afectada por el relleno de tierras, y los 65 kN/m en los forjados situados en el interior del aparcamiento. Por lo tanto se dispusieron pasadores telescópicos bidireccionales de acero inoxidable separados 1 m entre sí, con un diámetro del vástago de 40mm y en el primer caso y 25 mm en el segundo, cuyas resistencias a cortante son 267 y 75 kN respectivamente.

4.4. Soportes

Los pilares de hormigón armado cuentan con una planta rectangular, con su dimensión menor constante de 40 cm, forzada por la posición de las plazas de aparcamiento. La cara perpendicular tiene una anchura variable de 50-60-80 cm, aumentando a medida que profundiza el pilar en los sótanos del aparcamiento.

Existen zonas puntuales con luces mayores o un incremento de las solicitaciones debido a la existencia del vial exterior; en estas zonas los pilares alcanzan, puntualmente, 1,20 m en el sótano inferior.