

estacionamientos subterráneos en Madrid - España

JOSE MANUEL LOPEZ SAIZ

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, A. M. A. S. C. E.

sinopsis

508-2

En septiembre de 1967 comenzaron las obras de cinco estacionamientos subterráneos en Madrid, adjudicadas por el Excmo. Ayuntamiento en régimen de concesión a Estacionamientos Subterráneos, S. A.

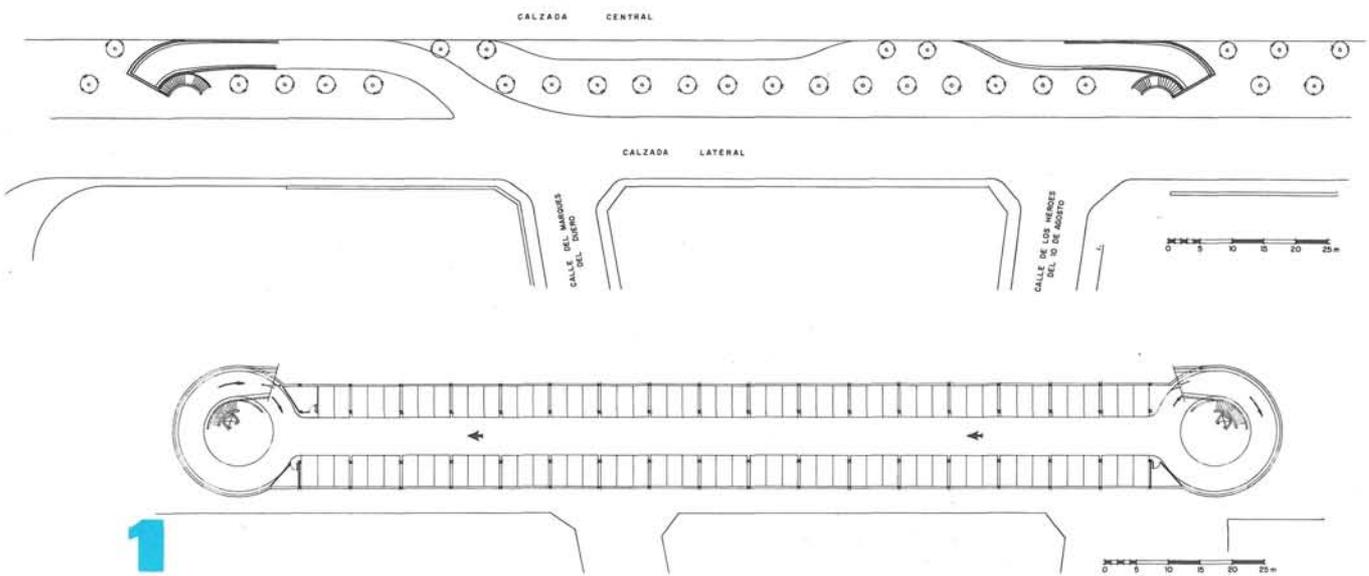
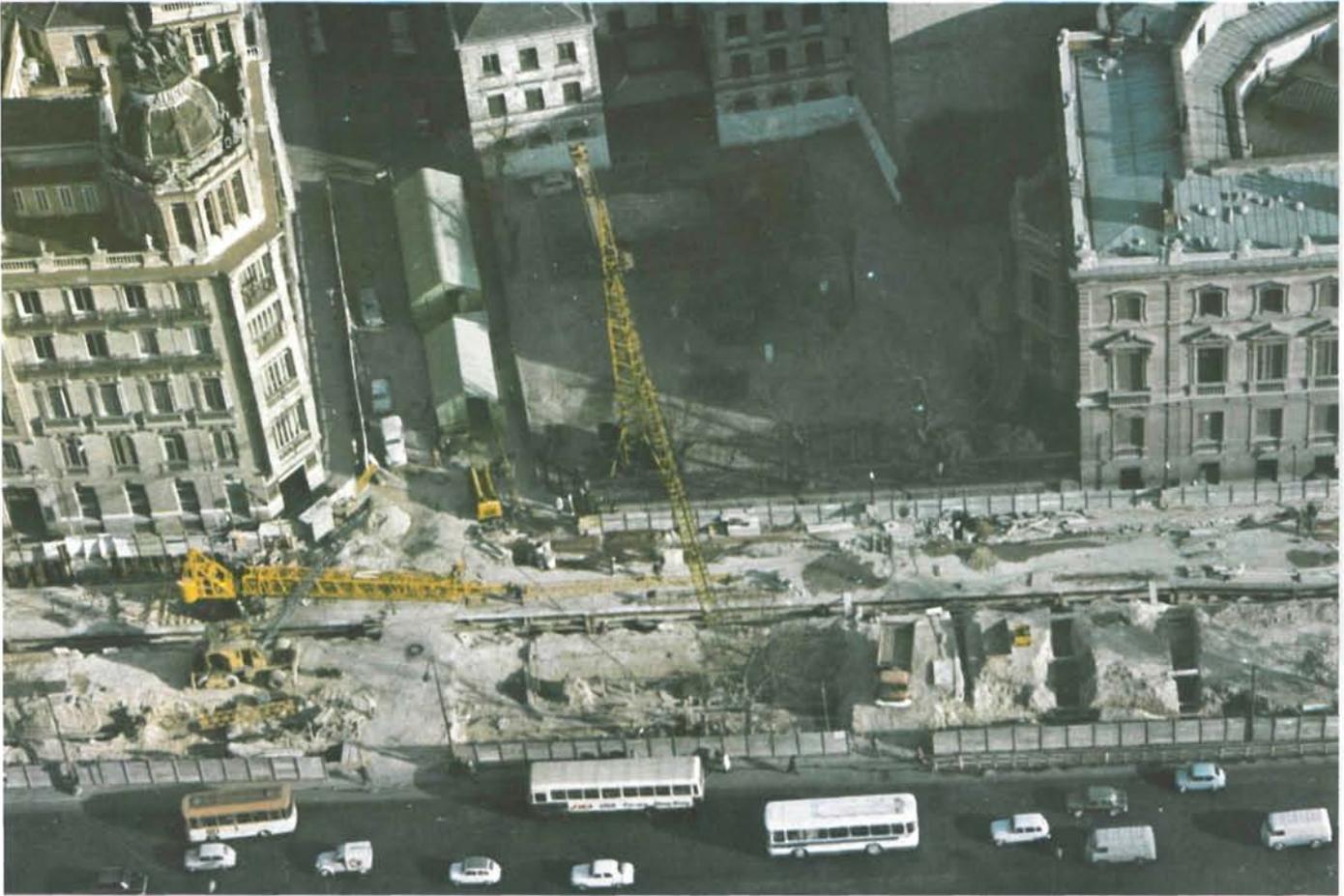
Los trabajos de ingeniería de tráfico, proyecto y control fueron encomendados a Viales y Estacionamientos, Sociedad Anónima (VIESA), y la ejecución de las obras se contrató con Huarte y Cía., S. A.

Las ubicaciones de los estacionamientos cuya realización se comenta en este artículo son:

Paseo de Calvo Sotelo • Plaza del Marqués de Salamanca • Plaza Mayor • Plaza de las Cortes • Calle de Fuencarral.

Nos parece muy interesante exponer estas realizaciones, en las que se ve una clara evolución en su esquema estructural y la relación de éste con el esquema funcional, para lograr una mayor facilidad en la ejecución de las obras, junto con una interferencia mínima en superficie con los tráficos rodado y de peatones. Expondremos en este artículo las características de estos 5 estacionamientos por orden de comienzo de sus obras, que coincidió con el orden de elaboración de los proyectos de construcción.

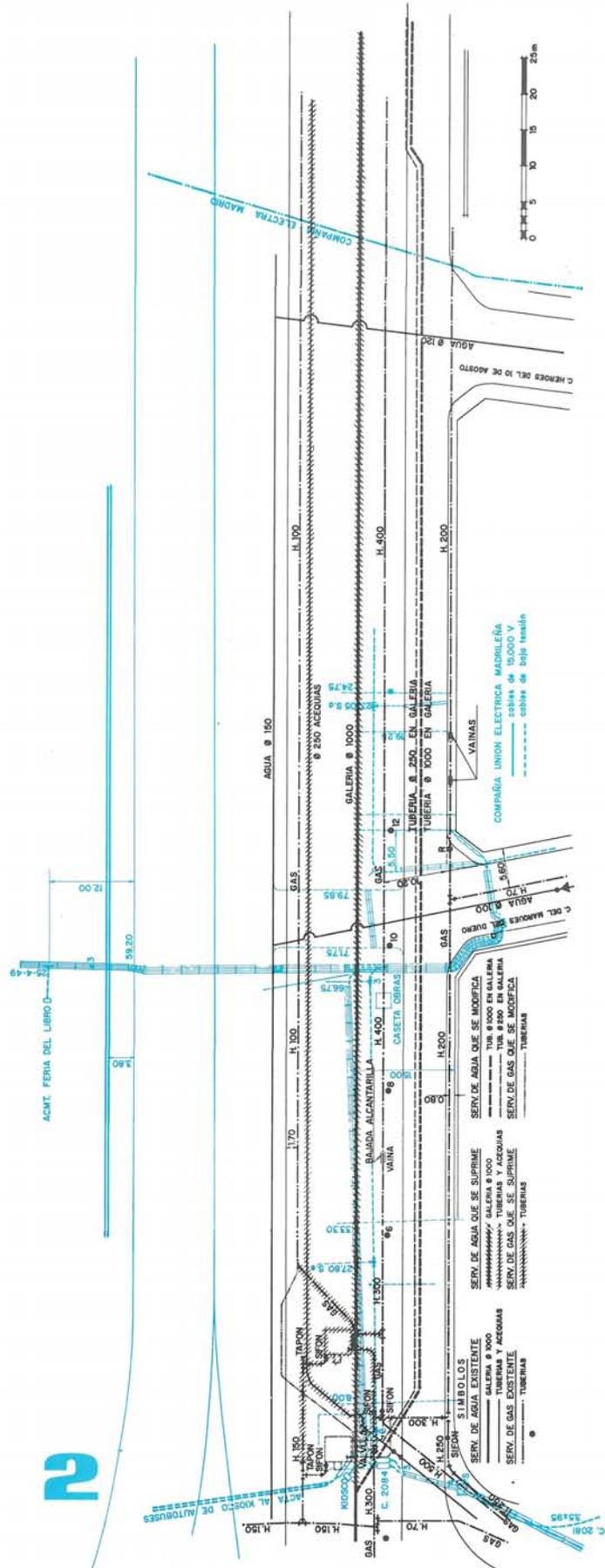
estacionamiento de Calvo Sotelo

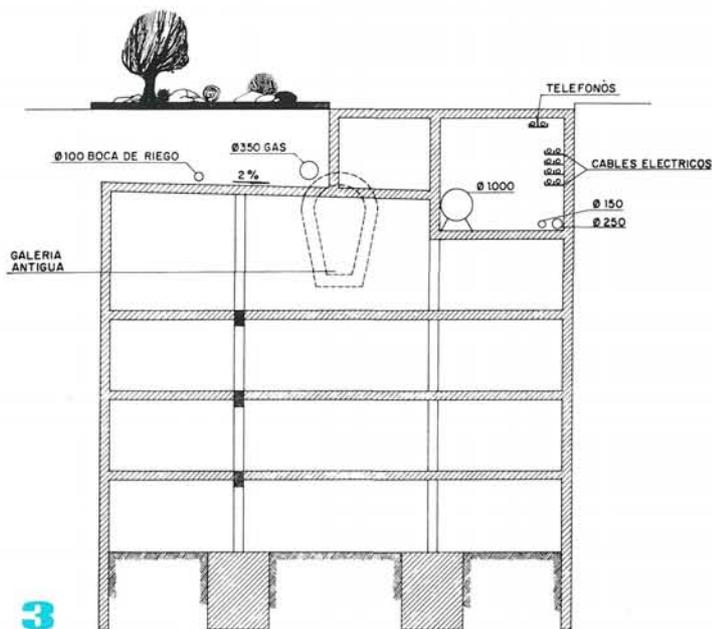




Está situado en el andén del lado de los pares desde Cibeles hasta pasado Héroes del Diez de Agosto, ocupando en anchura casi todo el andén y parte de la calzada lateral.

Su esquema funcional en planta (figura 1) se organiza como estacionamiento con circulación en una sola dirección con rampas helicoidales de entrada y salida inscritas en un círculo de 21 m de diámetro. Su modulación se ha hecho sobre la base de plazas de $5,00 \times 2,50$ m y para vehículos con diámetro de giro entre bordillos de 16 m y proyectándose un estacionamiento a 90° en doble fila con pasillo intermedio de 6 m de anchura, con lo cual queda una distancia entre paredes de

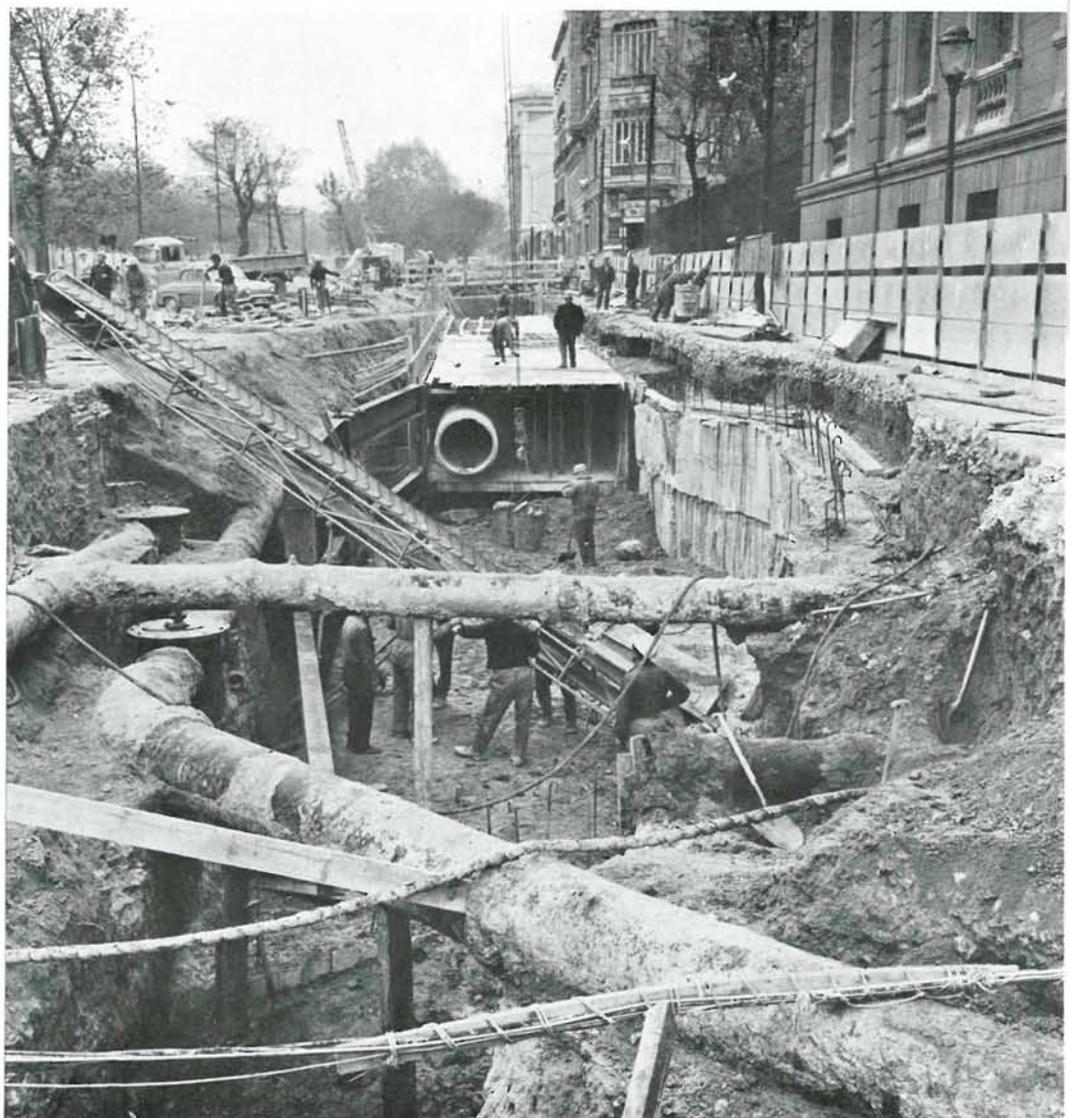




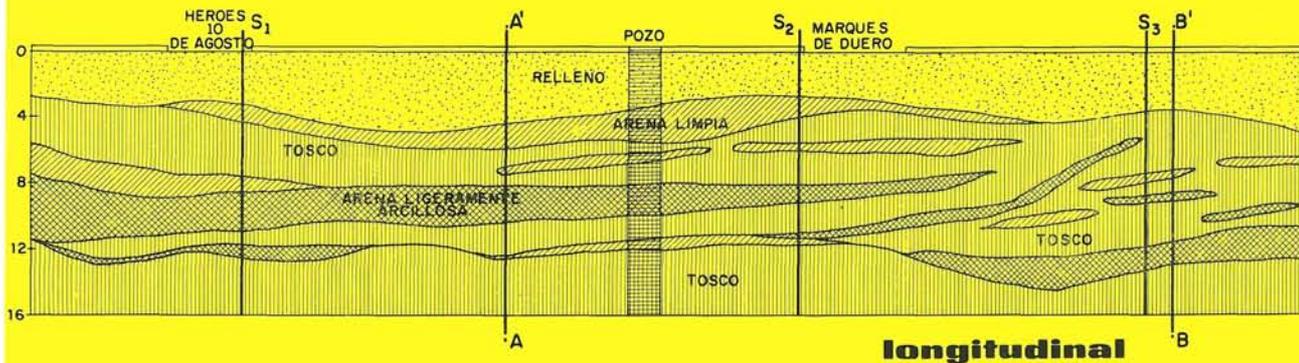
16 m. El plan de circulación es de esta forma muy sencillo, exigiendo únicamente señalización a medida que las plantas vayan quedando completas. El número de plazas disponible es de 400.

Sobre este esquema funcional han incidido varias premisas para determinar, sobre todo, sus accesos, su distribución en alzado y la longitud de sus rampas.

En primer lugar, los servicios existentes son muchos, y gran parte de ellos debían de ser cambiados (fig. 2); entre ellos, una galería de servicio por la que discurría una tubería del Canal de Isabel II de 1 m de diámetro, que no podía situarse de nuevo más que sobre el estacionamiento, pues ya había sido trasladada con anterioridad desde el otro lado del paseo con motivo de las obras de los enlaces ferroviarios.



secciones



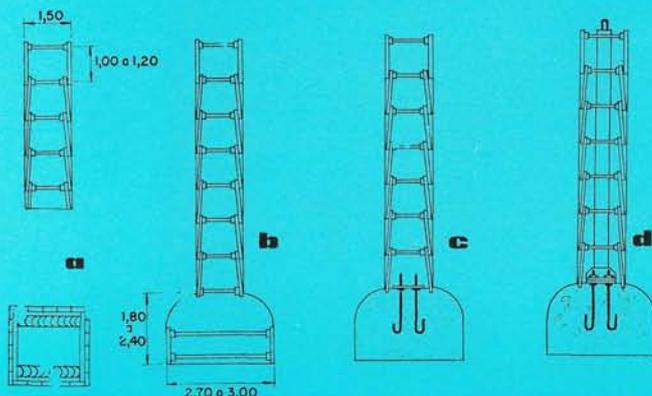
5

Esto obligó a profundizar el estacionamiento 2,50 m más de lo estrictamente necesario, aunque el aumento de profundidad se redujo realmente a 1,20, ya que se situó la nueva galería en la calzada lateral, aprovechando que bajo el paseo se necesitaban 1,30 m de tierras para poder reponer los árboles existentes (fig. 3).

Otra gran dificultad se presentó al tener que trasladar una caseta de reducción de presión perteneciente a Gas Madrid, modificando al tiempo las tuberías que afectaban al estacionamiento (fig. 4).

El sistema estructural elegido vino impuesto por razones constructivas que más tarde explicaremos, modulándose en luces de 7,80 m en sentido longitudinal y de 4-8-4 m en sentido transversal. La estructura ha sido metálica a base de vigas y pilares.

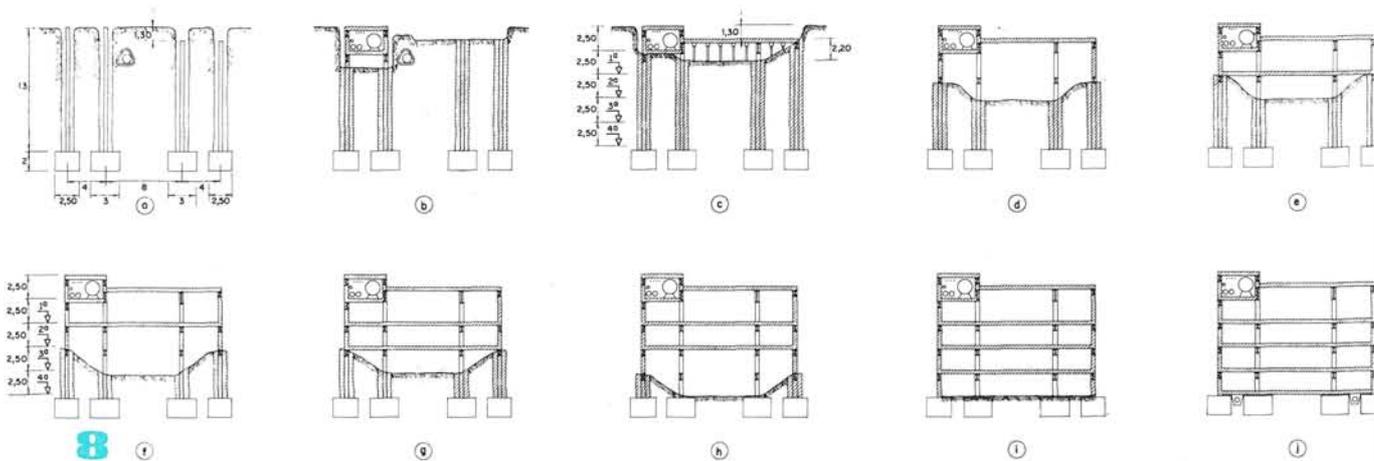
ejecución y colocación de pilares



6



7



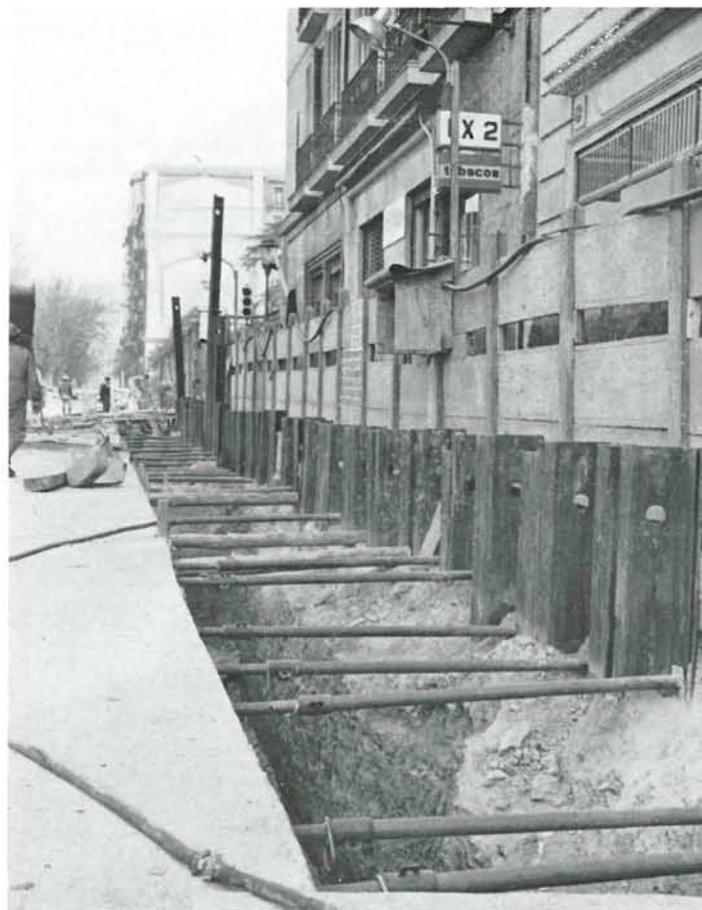
Desde el punto de vista constructivo existía un pie forzado: la galería de servicio a la que hemos hecho referencia. Al mismo tiempo la existencia a uno de los lados, de una calle de tanto movimiento como es la calzada central del paseo de Calvo Sotelo, cuyo tráfico era imprescindible no interrumpir, obligó a trasladar el estacionamiento hacia la fachada de las casas, con lo cual la única posición posible para la nueva galería era dentro de la planta del estacionamiento. La situación de la galería quedó como indica la figura 3, en donde se ve que la única posibilidad para poder ejecutar los trabajos del estacionamiento era construir la galería de servicio en primer lugar, efectuar después el cambio de la tubería de 1 m y pasar posteriormente a la obra general.

Si añadimos a todo esto que la excavación debía alcanzar una gran profundidad (hasta la cota $-12,90$), el gran tráfico de la calzada central y la existencia de una manzana de casas ya antiguas en uno de los lados del estacionamiento, es evidente la necesidad de tomar precauciones especiales en la construcción para evitar movimientos del terreno.

El sistema de ejecución previsto fue el que vamos a exponer inmediatamente y que ya había sido empleado con éxito en la construcción del estacionamiento de la calle de Sevilla.

Antes de decidir definitivamente el sistema estructural y el proceso constructivo se ejecutaron sondeos en la zona de obras, sondeos que dieron un corte bastante complicado (fig. 5); sin embargo, no detectaron la presencia de agua. Las noticias que se tenían acerca de esa zona indicaban que por ser toda la vaguada de la Castellana un cauce antiguo, debía correr por él un arroyo subterráneo. Se efectuó un pozo de $1,50 \times 1,50$, con profundidad de 14 metros, en el cual apareció agua a los 12 m, aproximadamente, pero en pequeña cantidad, lo que hizo suponer que serían aguas colgadas.

Con todos estos datos se preparó un corte del terreno semejante al de la figura 5, el cual está ya modificado con las observaciones efectuadas durante la excavación general.

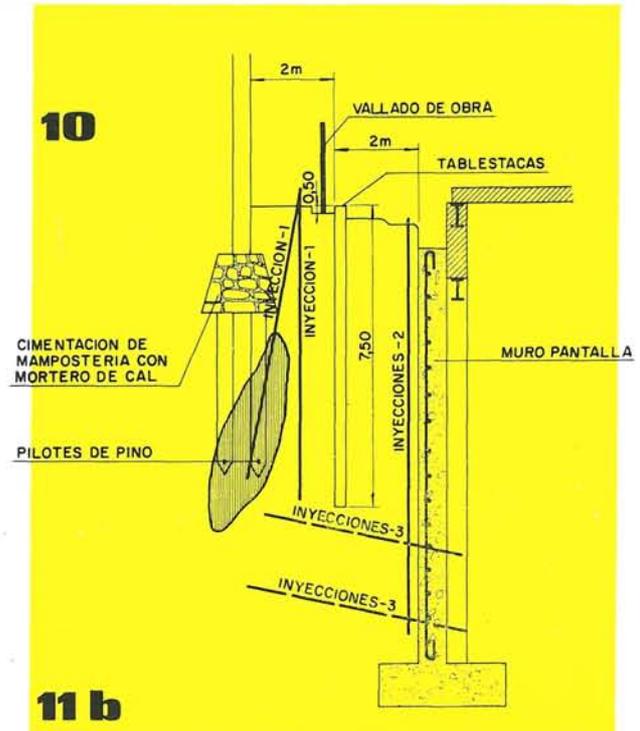


En este corte se observa la presencia de una capa de arenas con aguas colgadas, pero alimentada por los colectores de las fincas colindantes, que tienen una cantidad de fugas de casi un 50 %. Este agua, a su vez, se transmitía a través de las grietas en la arcilla sobreconsolidada adyacentes, a otras capas de arena. Sin embargo, ninguno de los sondeos interesó a estas capas, debido a que el hacer sondeos junto a los edificios era más complicado y no se consideró necesario, por no creerse que los colectores de los edificios estuvieran en tan mal estado. La experiencia obtenida en este estacionamiento nos ha servido para no confiar en estas impresiones y efectuar sondeos junto a los colectores para comprobar su estanquidad.

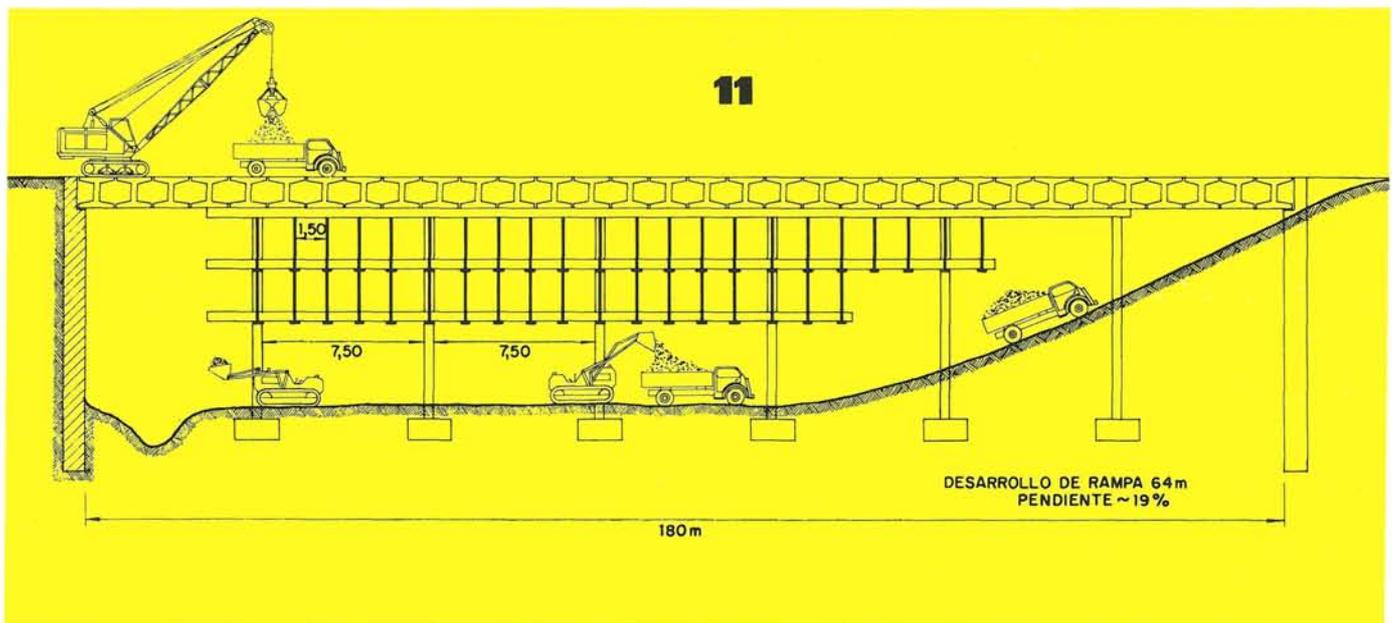
El proceso constructivo fue el siguiente:

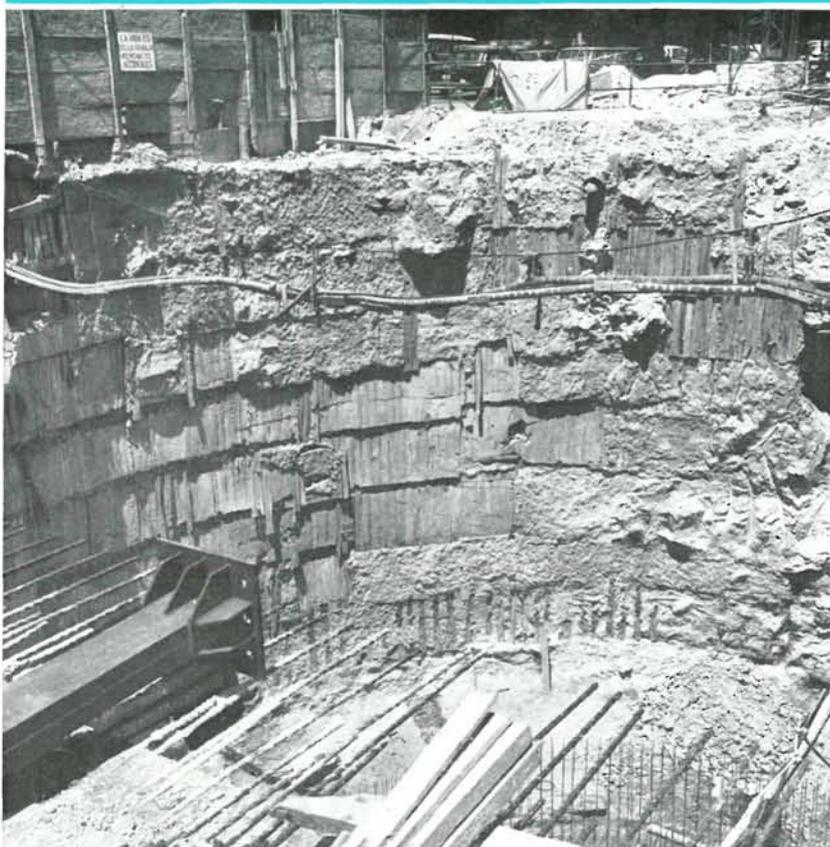
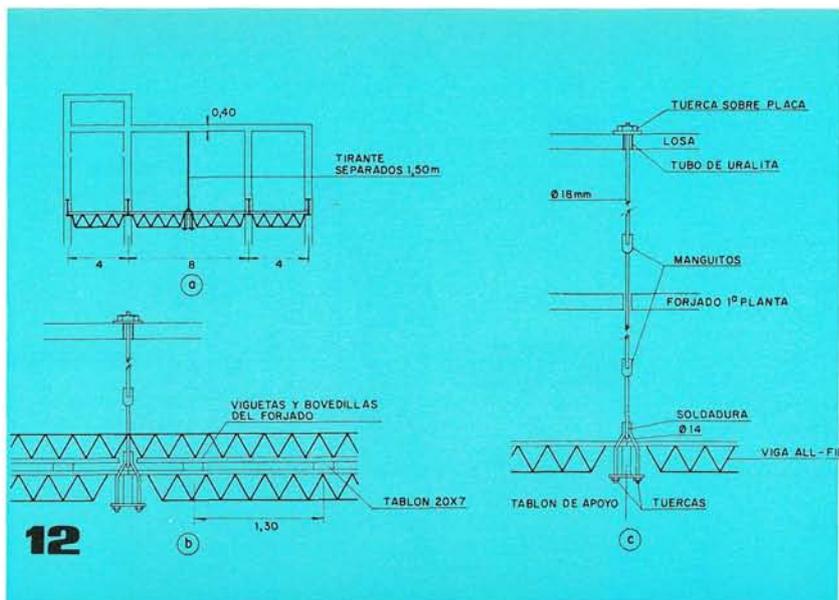
En primer lugar se ejecutaban pozos de $1,50 \times 1,50$, mediante excavación a mano con entibación (fig. 6 a). Llegando en ellos a la cota de solera del estacionamiento, se ejecutaba un ensanchamiento para la zapata, se colocaba la placa de anclaje de los pilares y se procedía a su hormigonado (figs. 6 b y 6 c). Posteriormente se colocaba el pilar (figs. 6 d y 7) y se procedía a rellenar el pozo, para poder realizar la excavación y los trabajos de superficie sin peligros suplementarios.

Colocados todos los pilares (fig. 8 a), se excavaba la zona de la galería de servicio, se colocaban vigas, losa y forjado en esa zona y se procedía al cambio de los servicios que discurrirían definitivamente por ella, en especial la tubería de 1.000 mm de diámetro perteneciente al Canal de Isabel II (fig. 8 b). Efectuado el cambio se excavaba la zona central, demoliendo la antigua galería, para ejecutar la losa de cubierta (fig. 8 c). Con ello se conseguía el



11 b





arriostramiento en cabeza de la estructura, en la cual se habían de apoyar posteriormente los muros de contención de las tierras que serían los muros de cierre definitivos del estacionamiento.

Posteriormente, la excavación se realizaba de dos en dos plantas y con ejecución de los forjados intermedios y de los muros correspondientes (figs. 8 d y siguientes).

Comenzadas las obras, pronto se presentaron las primeras dificultades, ya que en la zona frente a los edificios apareció gran cantidad de agua.

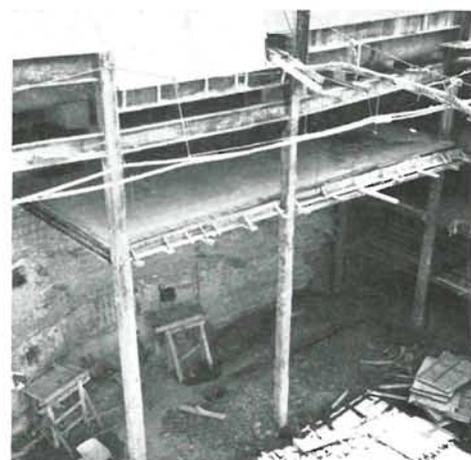
encofrado

Inicialmente se pensó que este agua era una bolsa estanca que desaparecería con un buen drenaje; pero como el terreno estaba compuesto en gran parte por arenas limpias se temió que el drenaje pudiera arrastrarlas, por lo que se procedió a ejecutar una pantalla de tablestacas (figura 9) hasta la cota $-7,00$, seguido de una campaña de inyecciones para detener los movimientos de consolidación de las arenas saturadas.

Posteriormente, se procedió a la ejecución de un muro pantalla desde la calle Marqués del Duero hasta la de los Héroes del 10 de Agosto y que llegara hasta la cota $-13,50$, con lo que el estacionamiento quedaba definitivamente independizado de la zona de los edificios.

La ejecución de este muro pantalla se efectuó a mano con una entibación cuidadosa y en el plazo récord de 2 semanas (fig. 10).

La construcción de este muro y la posterior excavación dieron la solución al «misterio» del agua que aparecía. Los colectores perdían agua en grandes cantidades, agua que discurría bajo ellos a través de las capas de arena y pos-

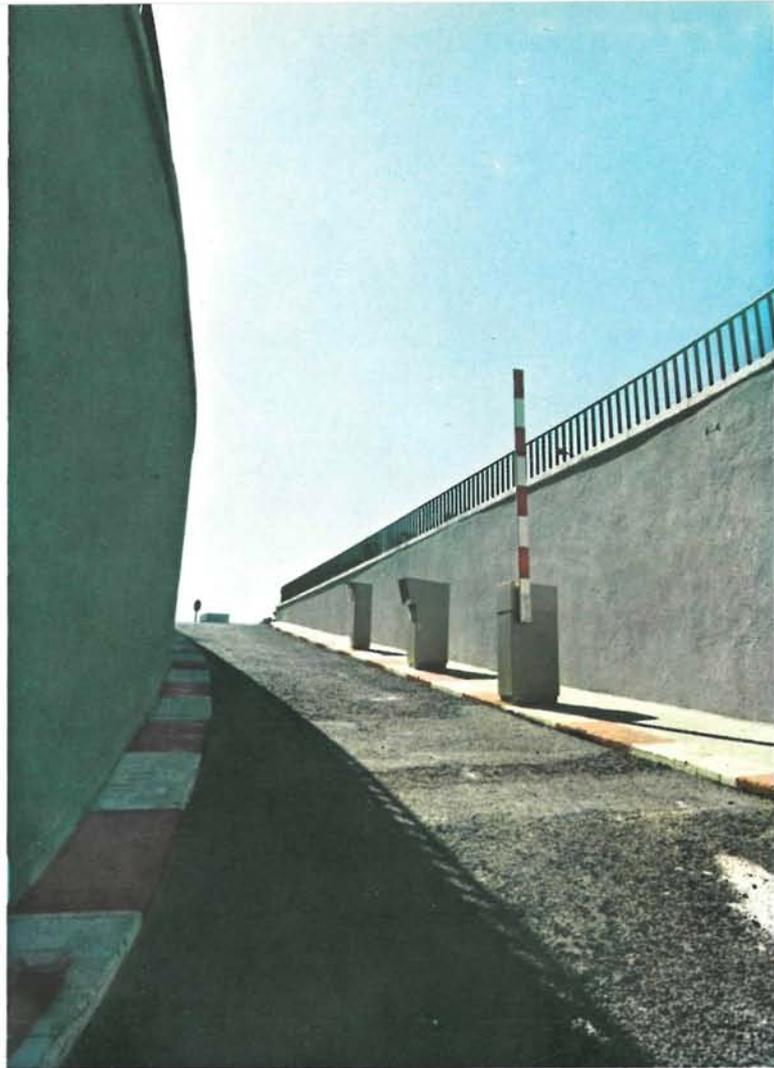


La iluminación está prevista con cuatro niveles diferentes por planta, accionados por circuitos independientes. Los niveles luminosos estudiados han sido:

	lux
— Zonas de circulación	100
— Zonas de estacionamiento	50
— Rampas de entrada y salida	400
— Oficinas, etc.	100

Estos niveles se han mostrado como algo elevados en el funcionamiento posterior del estacionamiento, por lo que creemos que pueden disminuirse para poder mantener una iluminación satisfactoria.

Los acabados se han sostenido dentro de una línea de funcionalidad que creemos la correcta en este tipo de construcciones (figuras 14 y 15).



14



15



16

estacionamientos de las Plazas del Marqués de Salamanca y Mayor

Casi al mismo tiempo se comenzaron las obras de estos estacionamientos (un mes después que el anterior), de características muy semejantes entre sí en cuanto a esquema general, pero con particularidades propias que vamos a intentar exponer.

El estacionamiento de la Plaza del Marqués de Salamanca es de planta cuadrada, situado en el centro de la plaza de la que recibe el nombre, con sus lados paralelos a las calles General Mola y Ortega y Gasset.

El acceso se efectúa mediante rampas de entrada y salida, situadas junto a las aceras; la primera en las proximidades del edificio del I.N.I., y la de salida en el punto opuesto del mismo diámetro. Existen además dos accesos para peatones situados también en puntos opuestos de un diámetro y ocupando las manzanas que dejan libres los accesos de vehículos.

teriormente bajo la galería de servicio. Se taponaron en lo posible estas vías de agua, procediéndose después a una segunda campaña de inyecciones desde la superficie, con objeto de impermeabilizar el trasdós del muro y rellenar los huecos que por arrastre de arena pudieron producirse durante su excavación.

Para la extracción de tierras se tantearon varias soluciones, eligiéndose el sistema de extracción mediante rampa en uno de los extremos y una excavadora Kinon provista de una cuchara **bivalva** en el otro extremo (fig. 11). El rendimiento de esta excavadora, a la que acercaba la tierra una pala Deutz, resultó de unos 300 m³/día, mientras que la extracción de tierras con camiones por la rampa, cargando con una pala Caterpillar 955 K, era de unos 800 m³/día.

Posteriormente, la rampa de salida de camiones se excavó con ayuda de la cuchara bivalva, sacándose después la pala excavadora con una grúa de 20 toneladas.

Para facilitar la extracción de tierras bajo los distintos forjados, éstos eran soportados por una estructura provisional que no podía apoyar en el suelo, ya que por causa del sistema constructivo debía ser excavado inmediatamente. La solución (fig. 12) fue ejecutada a base de vigas All-fix y Acrow-Spam de 4 m de luz apoyadas en las vigas soporte de la estructura. Para salvar el vano central de 8 m se recurrió al empleo de tensores,

de los cuales se colgaba una sopanda de apoyo de estos tensores colgando de la losa de cubierta, cuya sobrecarga de cálculo, 3.000 kp por metro cuadrado, daba posibilidad de colgar dos forjados al mismo tiempo (cada forjado tenía un peso propio de unos 400 kp/m²).

Los forjados fueron de tipo clásico con viguetas separadas 50 cm entre ejes, para conseguir una correcta transmisión de empujes de muro a muro.

Mención aparte merecen las rampas helicoidales de acceso, en las cuales el muro exterior se construyó como muro-pantalla con excavación a mano y entibación, hormigonándose luego como muro en masa, dejándose su resistencia a los empujes al efecto arco, debido a su forma, para lo cual hubo de arriostrarse debidamente en cabeza y mediante los distintos forjados antes de llegar a la excavación total (fig. 13).

Las instalaciones para la explotación del estacionamiento han sido muy cuidadas. La ventilación está prevista para efectuar 6 renovaciones totales por hora, con posibilidad de actuación independiente en las diversas plantas. La ventilación se realiza mediante dos baterías de ventiladores de impulsión, cada una de ellas compuesta de cuatro ventiladores de 16.000 m³/h, que sitúan el estacionamiento en sobrepresión, efectuándose la salida de aire a través de las rampas de acceso.



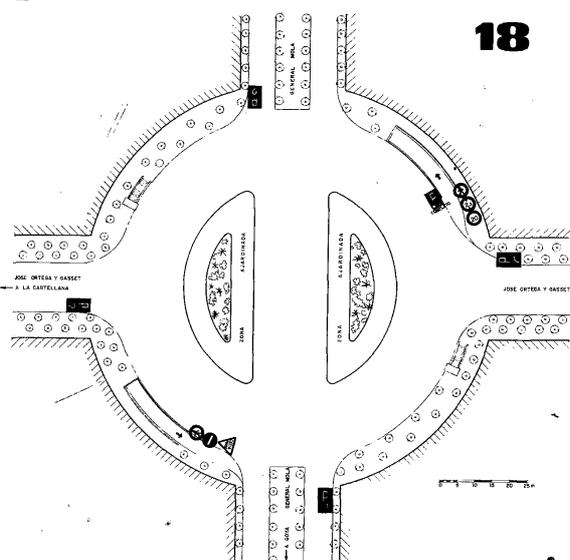
17

Su esquema funcional en planta se organiza sobre un módulo básico de estacionamiento de $2,50 \times 5,00$ metros, para vehículos con distancia de giro entre bordillos de 16,00, con pasillos de doble circulación de 6 m de anchura, y estacionamiento a 90° , con plazas enfrentadas (figs. 18 y 19).

El esquema estructural se moduló en luces de $7,80 \times 8,00$ m, siguiendo el esquema funcional (figs. 18 y 19) con forjado a base de losas planas sin vigas, tanto en cubierta como en la planta intermedia, en donde el forjado es aligerado mediante piezas cerámicas, tipo DOMO.

Debido a imposiciones de tráfico (no se cortó la circulación por la plaza en ningún momento) el estacionamiento hubo de hacerse en dos etapas (fig. 20), lo que determinó un plazo de ejecución bastante largo que se podría haber reducido sustancialmente de haberse podido efectuar en una sola fase.

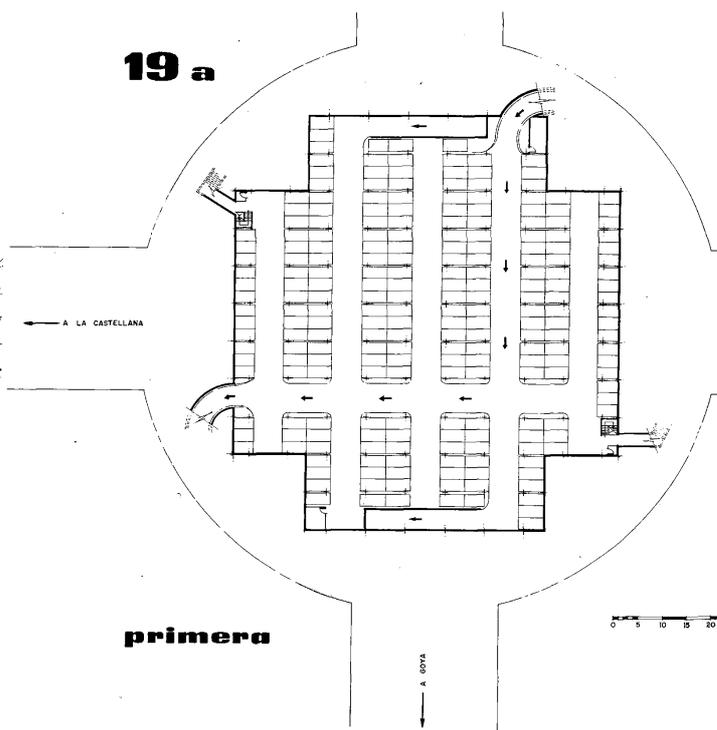
plantas



situación

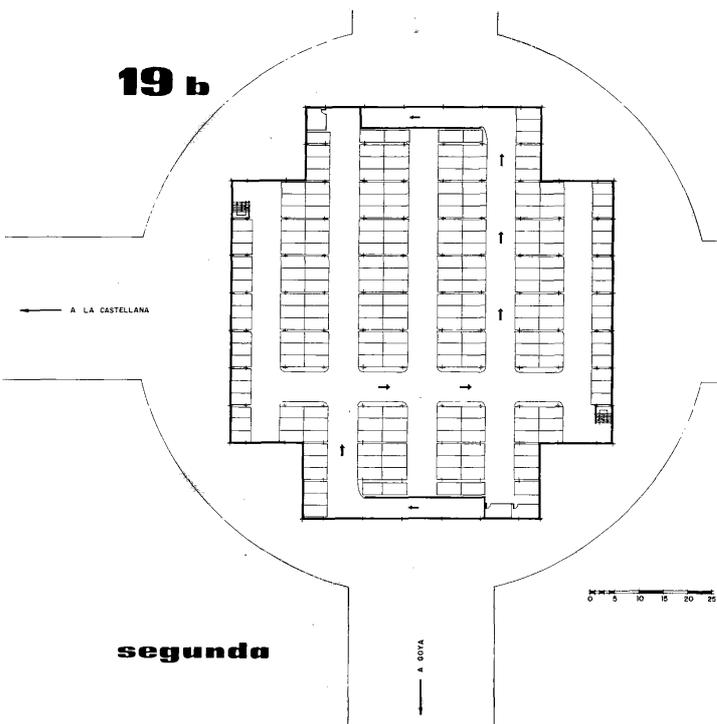
18

19 a



primera

19 b



segunda

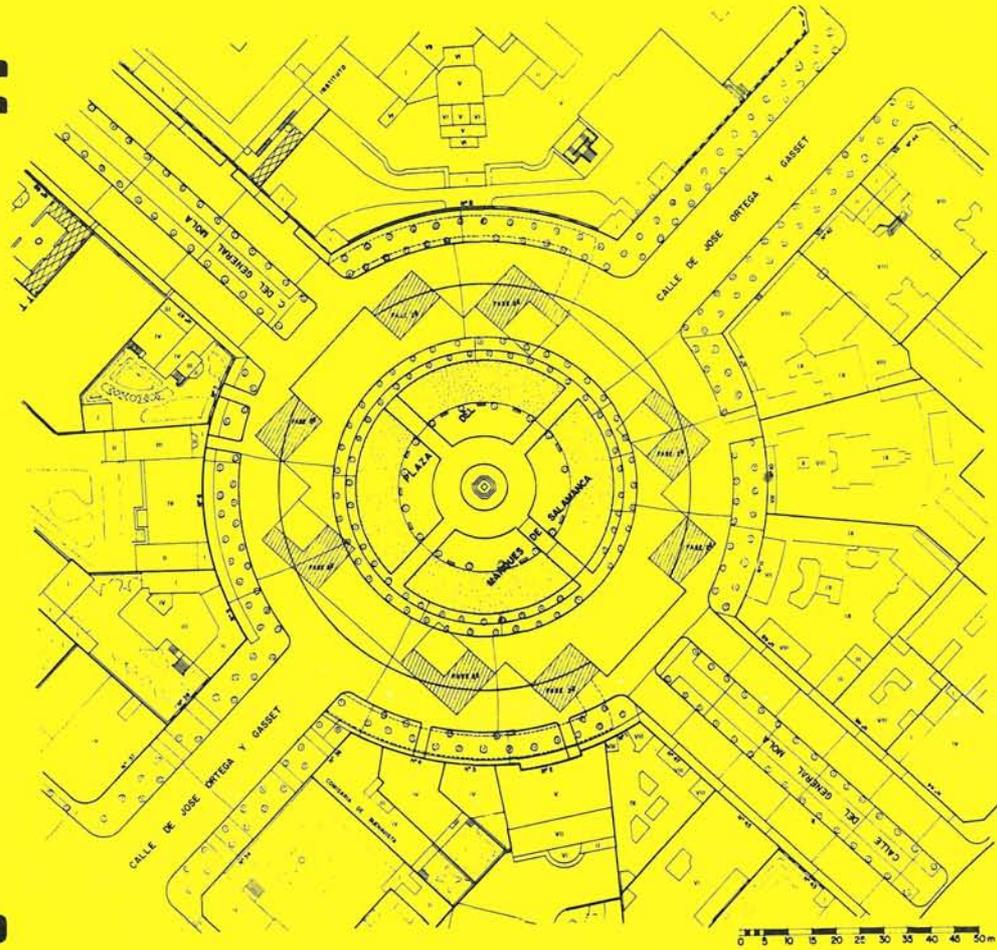
Gracias a no existir edificios en la proximidad del estacionamiento, y debido a que la circulación no pasa cerca de las excavaciones más que en la primera fase y sólo en zonas de ángulo (fig. 20), siempre mucho más estables, se ejecutó la excavación a cielo abierto, dejando los laterales ataluzados y ejecutando posteriormente los muros por bataches de 4,00 m, ejecutados mediante encofrados metálicos de una sola pieza (figs. 21 y 22), utilizando para la excavación de los bataches una excavadora O&K que al mismo tiempo se empleaba para el desencofrado y transporte de los moldes metálicos.

Acabada la excavación principal se excavaron pozos para las zapatas, hormigonado de éstas y ejecución de los forjados planos mediante encofrados especialmente estudiados (figs. 23 y 24).

El hormigonado, como en el resto de los estacionamientos, se efectuó con una bomba TORKRET, de 16 m³/h de capacidad, llegándose a obtener de ella el rendimiento máximo en muchas ocasiones, por lo que fue normal el ritmo de hormigonar de 120 a 140 m³/día, sobre todo en solera y losa de cubierta.

Los pilares, metálicos, fueron recubiertos con un producto a base de cemento y vermiculita (este recubrimiento se empleó también en Calvo Sotelo y Plaza Mayor), distribuido por sistemas mecánicos.

ejecución de obra



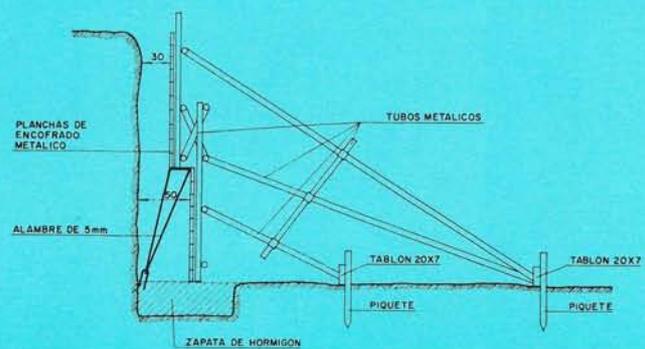
20

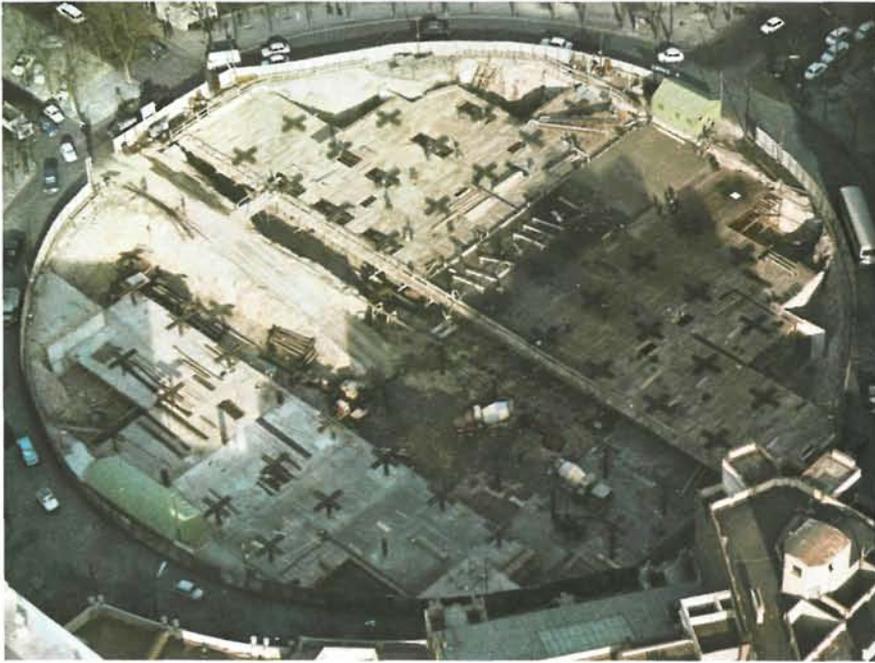


encofrados

21

22



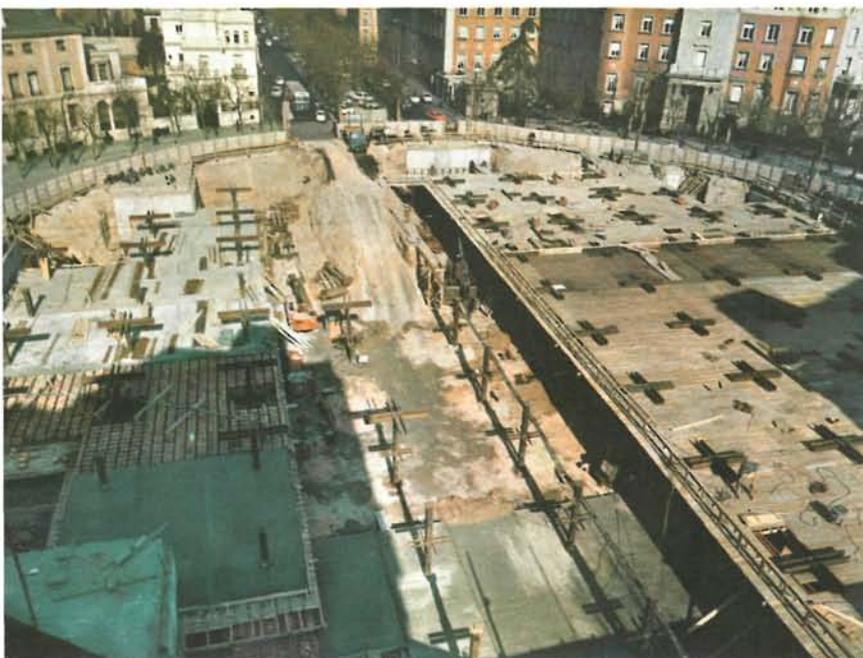


23



Los niveles de ventilación e iluminación son semejantes a los de Calvo Sotelo, y las cargas de cálculo para los forjados, también al igual que en el resto de los estacionamientos es de 400 kp/m^2 de sobrecarga, más 30 kp/m^2 de pavimento, que como en Mayor y Calvo Sotelo es un mortero asfáltico (Slurry seal).

La terminación del estacionamiento es funcional, y una señalización apropiada favorece una fácil circulación dentro del mismo (figs. 26 a 28).



25

24

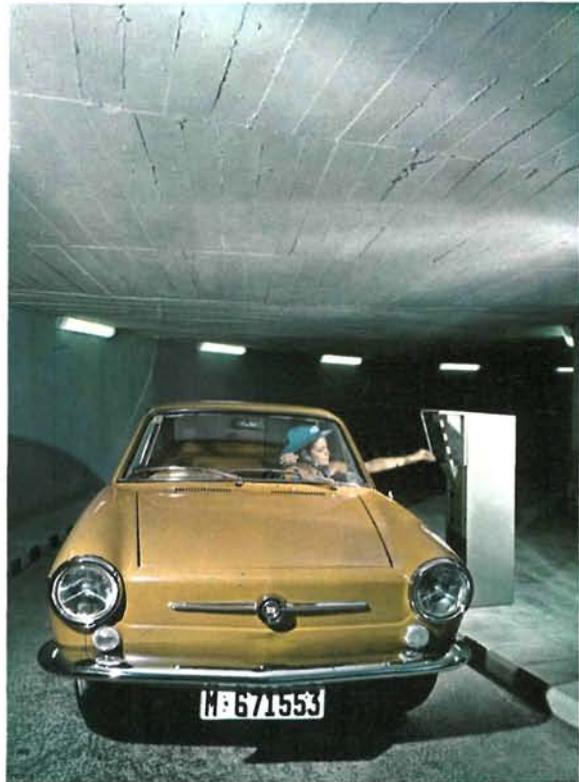


26

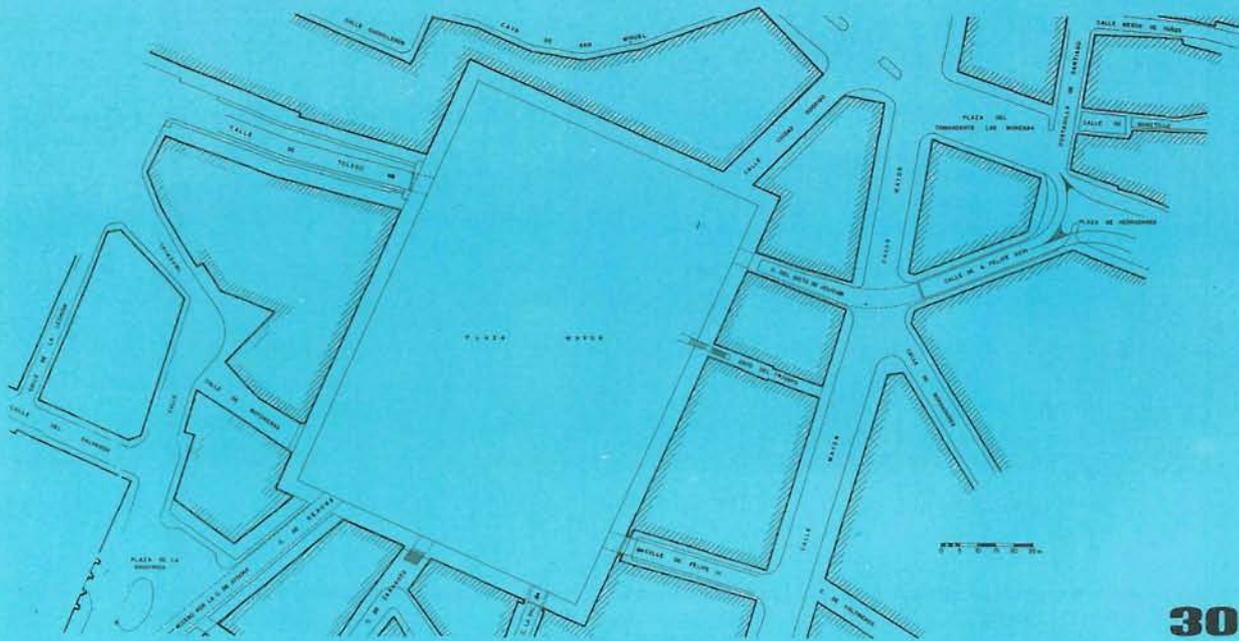
27



28

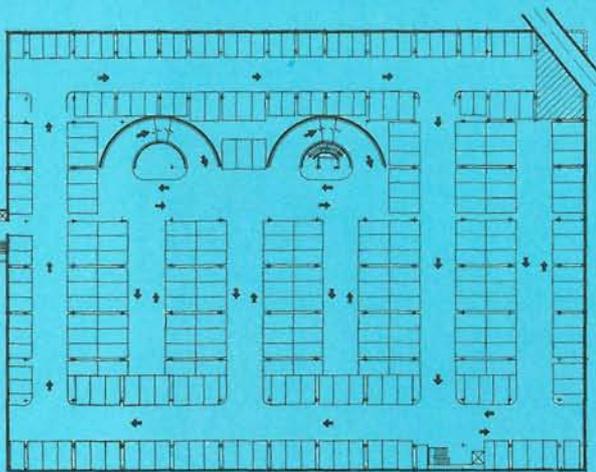


plantas

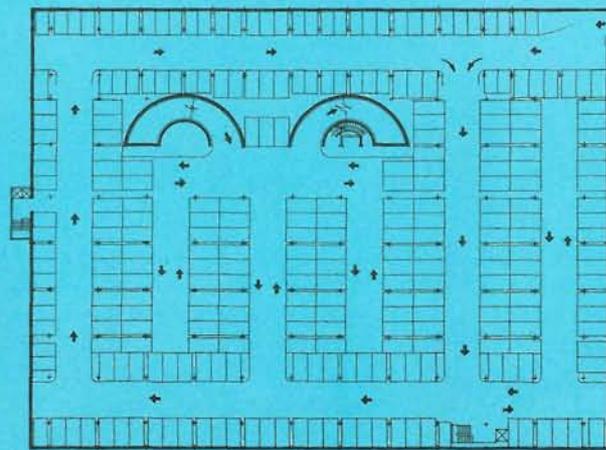


30

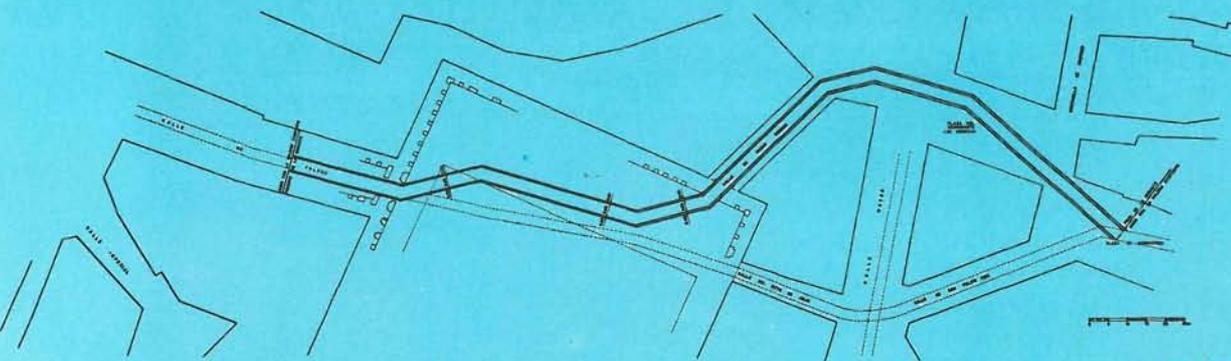
situación



segunda

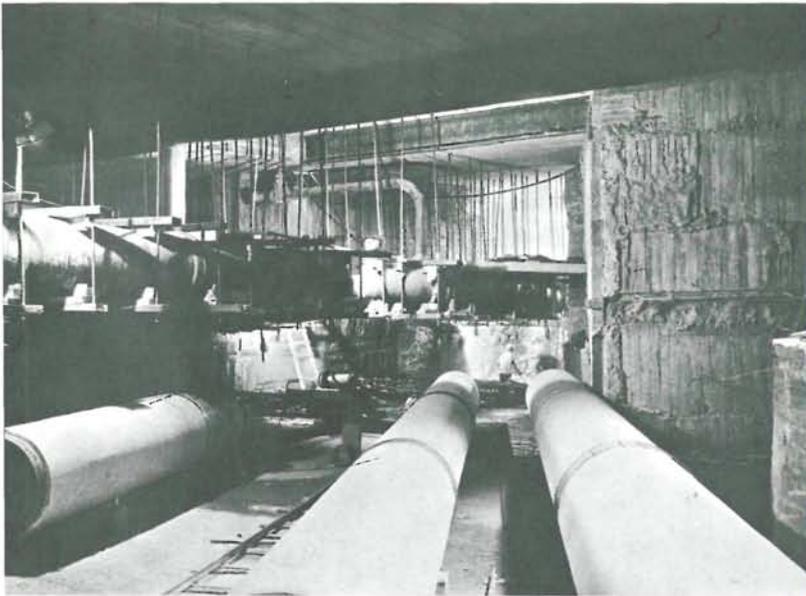


tercera



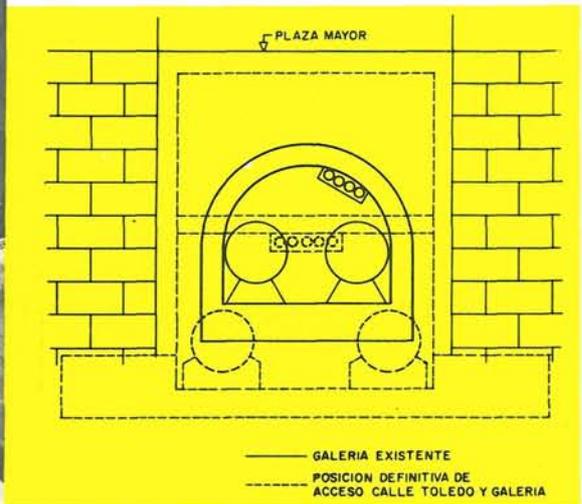
servicios

32



34

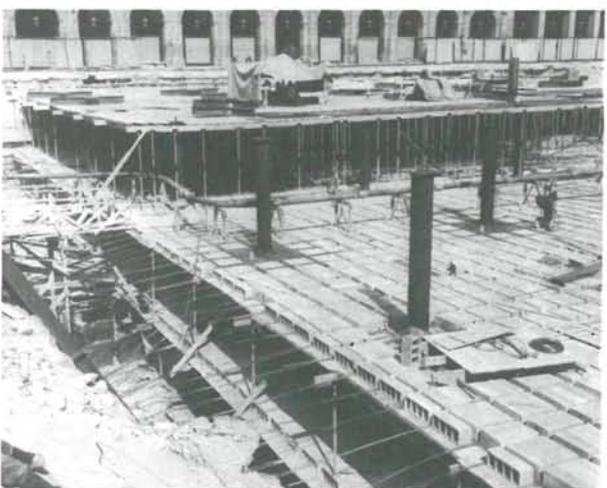
33



Desde la primera planta, que es a la vez de estacionamiento y de galerías comerciales, se llega a las restantes plantas mediante unas rampas helicoidales (figs. 29 b y c) de entrada y salida, así como por una rampa (fig. 29 d) de acceso directo a la tercera planta.

El esquema funcional está dividido en dos zonas claramente diferenciadas: la de estacionamiento propiamente dicho de modulación semejante a la de la Plaza del Marqués de Salamanca y la zona de calles cuyo trazado está motivado por razones de vialidad (fig. 31).





El número de servicios públicos que ha sido necesario cambiar ha sido muy grande, de tal forma que ha habido que variar las posiciones iniciales de algunos accesos y de las zonas de ventiladores y transformador para dejar sitio por el que discurren algunos servicios. Baste enunciar que ha habido que modificar: 4 colectores, 7 tuberías de gas, 5 tuberías de agua, gran cantidad de cables eléctricos, cables de teléfono... y, sobre todo, numerosos cables de teléfonos y 2 tuberías del Canal de Isabel II de 850 y 900 mm, respectivamente (figura 32).

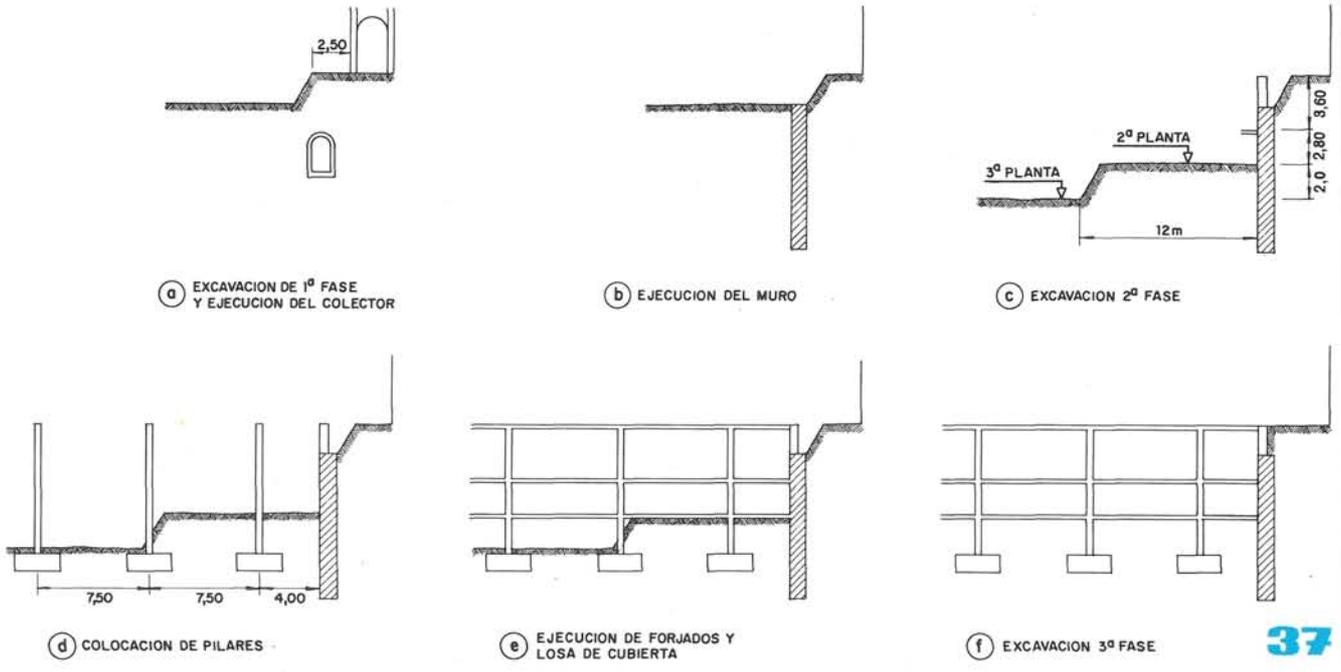
Estas tuberías han supuesto una gran dificultad para las obras, ya que la calle que partiendo de la de Toledo llega a la Plaza de Ferradores, discurre sobre ellas; por ello, la nueva galería (fig. 33) está ubicada bajo dichas tuberías, con la dificultad correspondiente de no poder ejecutar esta estructura sin demoler las instalaciones antiguas y no poder suprimirlas hasta no ejecutar la galería y hacer pasar por ella las nuevas tuberías de agua y dar servicio por ellas.

La solución proyectada y llevada a cabo con éxito fue la de colgar las tuberías de la losa de cubierta construida por el mismo sistema que en el estacionamiento de Calvo Sotelo (fig. 34). El proceso seguido fue, pues, el de excavar pozos de $1,50 \times 1,50$ de la profundidad necesaria, formar las zapatas, hormigonarlas y colocar los pilares. Sobre éstos se colocaron las vigas que habían de soportar la cubierta, construidas a base de placas prefabricadas pretensadas, sistema SPIROL, que dada su gran luz y carga a soportar, llevaba sobre ellas una capa de reparto ejecutada in situ, consiguiéndose la adherencia entre esta capa y las placas a base de pegamento compuesto de resinas epoxi.

35

36



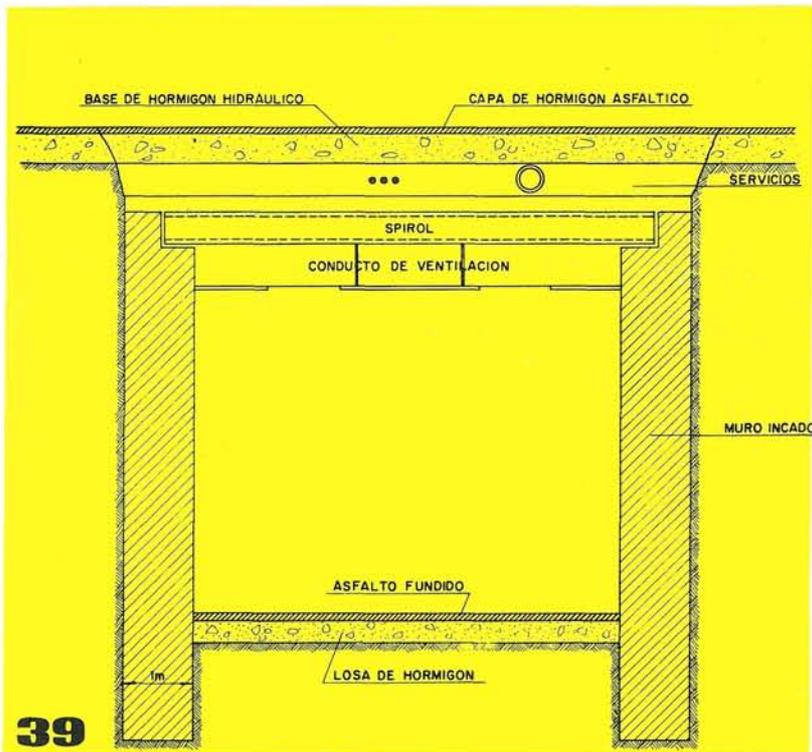


37

El colgado de las tuberías no se pudo efectuar hasta que la nueva galería no estaba prácticamente terminada, en lo que era posible, y las nuevas tuberías habían sido colocadas en ese tramo, para disminuir al mínimo el período de peligro que representaba el tiempo durante el que las tuberías debían permanecer suspendidas.



38



Durante este período había posibilidad de que se produjera alguna fuga, lo cual representaba un gran riesgo, por la presión de estas arterias y el gran volumen que pueden desaguar, añadiéndose a esto que el dejar sin servicio estas tuberías representaba un trabajo difícil por la cantidad de válvulas que es necesario cerrar y el mucho agua que aún queda dentro de las tuberías después de efectuado el corte. Por ello se colocaron, en la zona que afecta al estacionamiento, cuatro llaves (dos a la entrada y dos a la salida) de cierre rápido accionadas por motor eléctrico sumergible, teledirigidas desde la caseta de obra en donde existía un guar-

da permanente, que en caso de avería podía cerrar las compuertas y aislar la zona de tuberías interior al estacionamiento. Durante toda esta fase, la vigilancia de los servicios de ingeniería del Canal de Isabel II fue constante, y su aportación en experiencia y material muy apreciada en todo momento.

El esquema estructural sigue muy de cerca al funcional: en la zona de estacionamiento consiste en pilares metálicos con modulación de $7,80 \times 8,00$ m con forjado plano sin vigas, aligerado mediante piezas de hormigón, en las plantas normales, y mediante una losa plana maciza de 40 cm de espesor, en la cubierta (figs. 35 y 36).

Las zonas de calles han sido tratadas de manera especial, con estructuras a base de vigas y pilares cuando se ha considerado necesario por las grandes luces o por razón de la disposición de los primeros.

Dada la gran superficie del estacionamiento se decidió comenzar por una excavación a cielo abierto, pero tomando ciertas precauciones dada la proximidad de los edificios (entre ellos la Casa de la Panadería) a dos de sus lados; y aunque en los otros dos parecía existir distancia suficiente entre muros de estacionamiento y fachadas, los sondeos indicaron la existencia de la zona más profunda de rellenos en esos dos lados, por lo que los taludes debían ser demasiado suaves si se quería aplicar el sistema de bataches.

Debido a esto, se estudió la construcción de un muro-pantalla a lo largo del perímetro del estacionamiento, ejecutado por medios mecánicos, mediante el empleo de lodos bentoníticos. Estos muros fueron proyectados para ser construidos de la siguiente manera (figs. 37 y 38): En primer lugar, se efectuaba una excavación a cielo abierto de 2,40 m de profundidad, ataluzando las tierras. Con esta altura de excavación no se descalzaban las zapatas de las casas vecinas, por lo que no eran de temer asientos en las mismas.

Inmediatamente se ejecutaban los muros-pantalla desde esa cota hasta la cota $-6,40$. Con posterioridad se debía proceder a la excavación general, dejando un baquetón de 2 m de altura por 8 m de ancho a lo largo de todo el perímetro para estabilizar el muro, que en ese momento trabajaba en voladizo desde la cota $-2,40$ hasta la $-6,40$, con empotramiento en el resto de su altura. Al mismo tiempo se ejecutaba la parte superior del muro de 1,60 m de altura.

Terminada esta fase se procedía a colocar los pilares, incluso aquellos afectados por la banqueta lateral, y a la colocación del primer forjado (techo de la planta tercera) que sirve de arriostramiento a los muros y permite la excavación de la banqueta lateral. Después de colocado el segundo forjado ya se podía rellenar la zona ataluzada de la parte superior del muro.

Al comienzo de los trabajos de excavación del muro con lodos tixotrópicos aparecieron una serie de dificultades, a causa de que el terreno de la Plaza Mayor se encontraba minado por colectores, galerías, antiguos refugios, entradas a los sótanos, etc., que muchas veces quedaban separadas de la excavación de los muros por débiles paredes que el empuje de los lodos hacía saltar, perdiéndose por estas galerías y dejando sin protección la excavación, que se desmoronaba o tenía muy difícil solución, ya que al



40

no estar entibada no permitía la entrada, con un cierto margen de seguridad, del personal necesario para taponar los huecos que se habían formado y que impedían la perforación porque la zanja no retenía los lodos. Por este motivo hubo de desecharse la idea primitiva y se ejecutaron estos muros-pantalla, mediante excavación a mano y entibación de las zanjas, con lo cual, al llegar a una de estas galerías se podían tapar sus bocas y continuar los trabajos normalmente. Mediante este sistema se constituyen el 95 % de los muros del estacionamiento, obteniéndose, en cuanto a rendimiento, una producción diaria igual a la prevista por medios mecánicos.

Los forjados, al igual que en la Plaza de Salamanca, han sido a base de losas planas aligeradas (sistema HIPERCESA), con las cuales se obtienen grandes rendimientos, tanto en colocación y hormigonado, como en encofrado, para lo cual se emplean paneles prefabricados (fig. 25), soportados por vigas aligeradas separadas 1,20 y apoyadas en puntales metálicos JJEIP, espaciados en filas de 4 m. Estos paneles sirvieron posteriormente para el encofrado de la losa con sólo aproximar las vigas de apoyo a 60 centímetros.

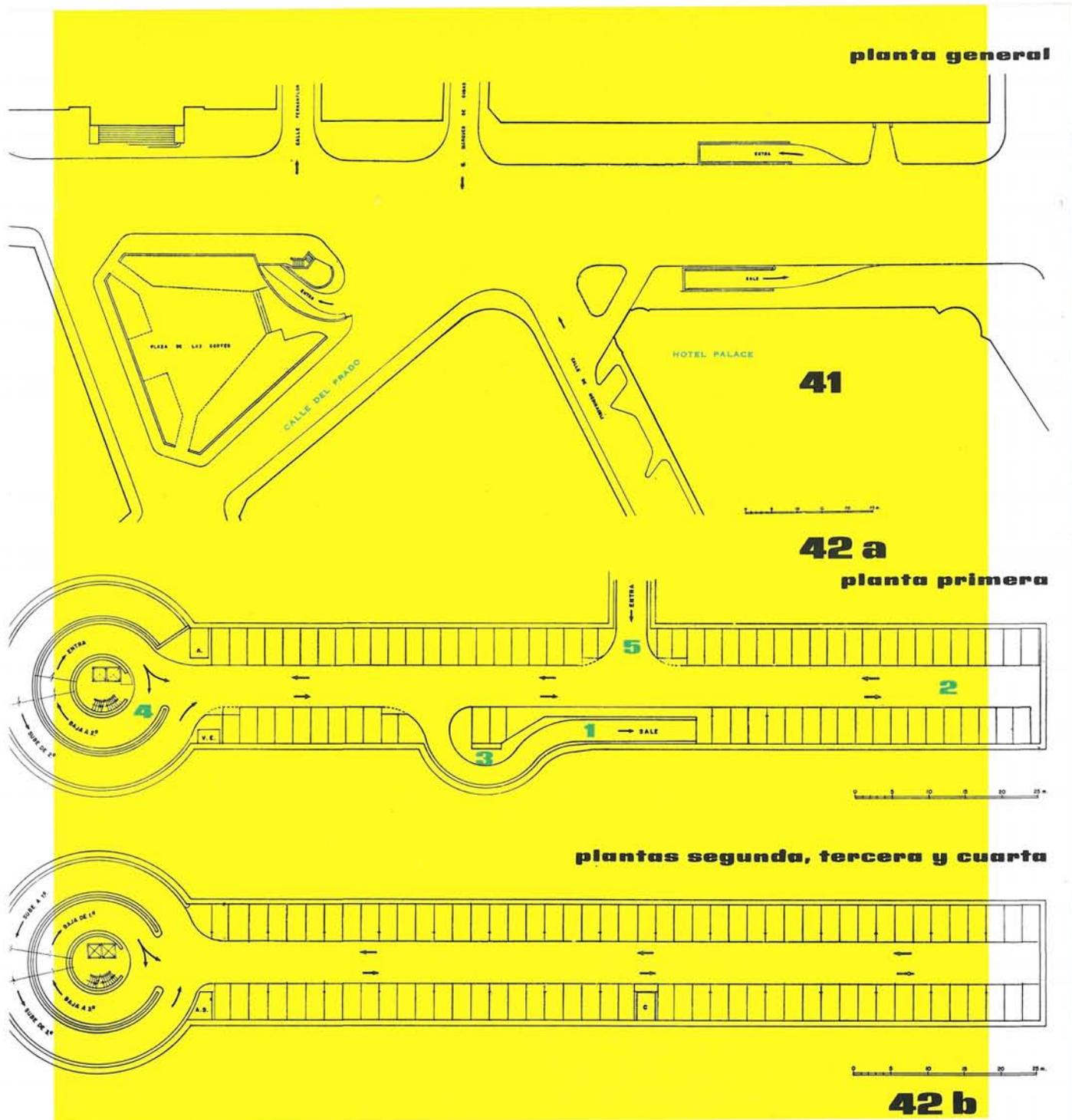
La galería de servicio y los dos accesos subterráneos (entrada desde la calle de Atocha y salida por la Plaza de Ferradores) se han proyectado de forma que interfieran en la menor manera posible al tráfico. Para ello se construían inicialmente los muros por el mismo sistema que los muros-pantalla perimetrales; después se han excavado los 60 cm superiores y se ha colocado a la cubierta, a base de placas prefabricadas pretensadas (fig. 39) y sobre las que era necesario extender una capa de hormigón armado, de reparto. Fraguado este hormigón se extendía el pavimento y se restablecía el tráfico normal.

En cuanto a instalaciones y acabados es similar al resto de los estacionamientos, con la única diferencia de encontrarse reforzada su ventilación en la zona de calles en la que se prevé un tráfico intenso y muy permanente. El nivel de iluminación previsto para la zona de calles es variable de 1.000 lux en la entrada, con posibilidad de reducción a sus dos terceras partes durante la noche, en la cual esa iluminación sería excesiva, a 100 lux en la zona interior de estacionamiento (fig. 40).

estacionamiento de la Plaza de las Cortes

Aunque fue adjudicado al mismo tiempo que los anteriores, sufrió retraso en su iniciación debido a que hubo que modificar el proyecto al imponersele condiciones que no habían sido previstas en el anteproyecto presentado para la adjudicación.

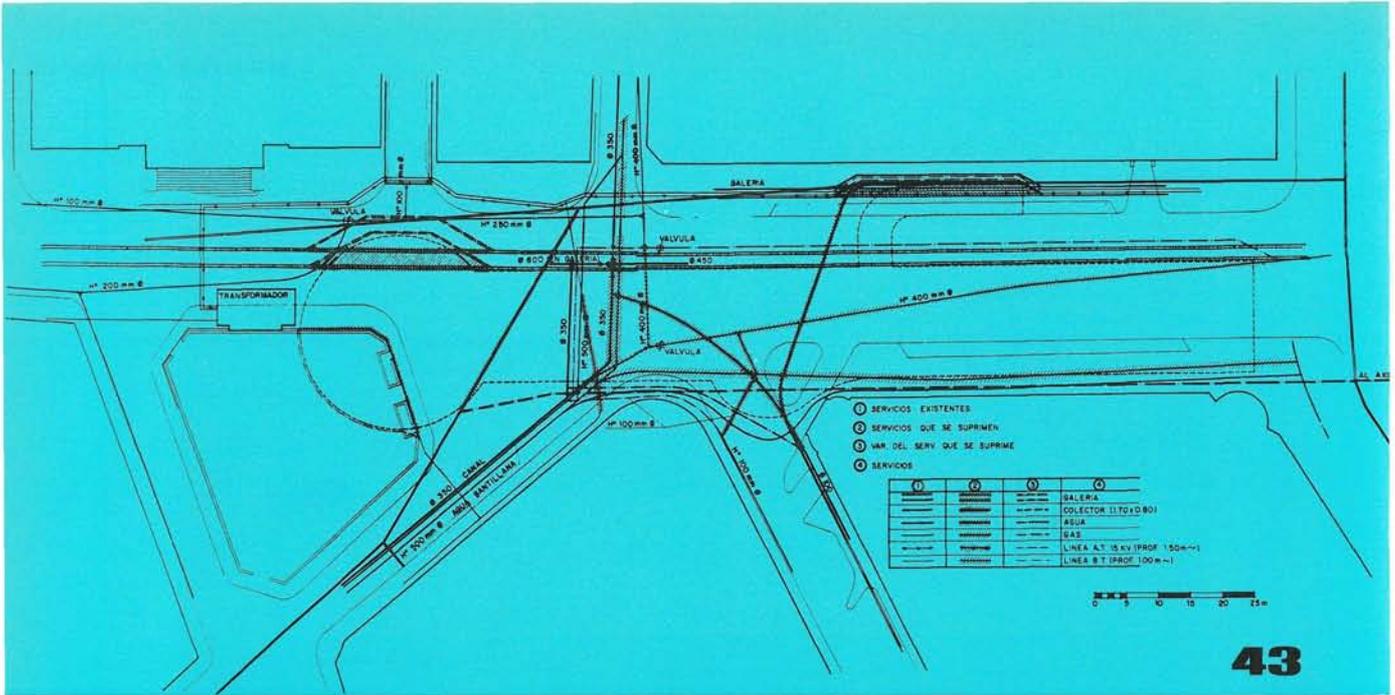
Este estacionamiento estaba proyectado inicialmente ocupando la actual zona de jardines y parte de la prolongación de la Carrera de San Jerónimo, hasta la altura de Marqués de Cubas, aproximada-



mente. La empresa concesionaria había dado garantías de que repondría de nuevo el jardín, pero sin poder salvar los árboles existentes. Vistos estos informes por el Excmo. Ayuntamiento de Madrid, y deseando salvar el arbolado por ser de mucha edad y de gran belleza, impuso una nueva condición al proyecto: la de no afectar a la zona ajardinada.

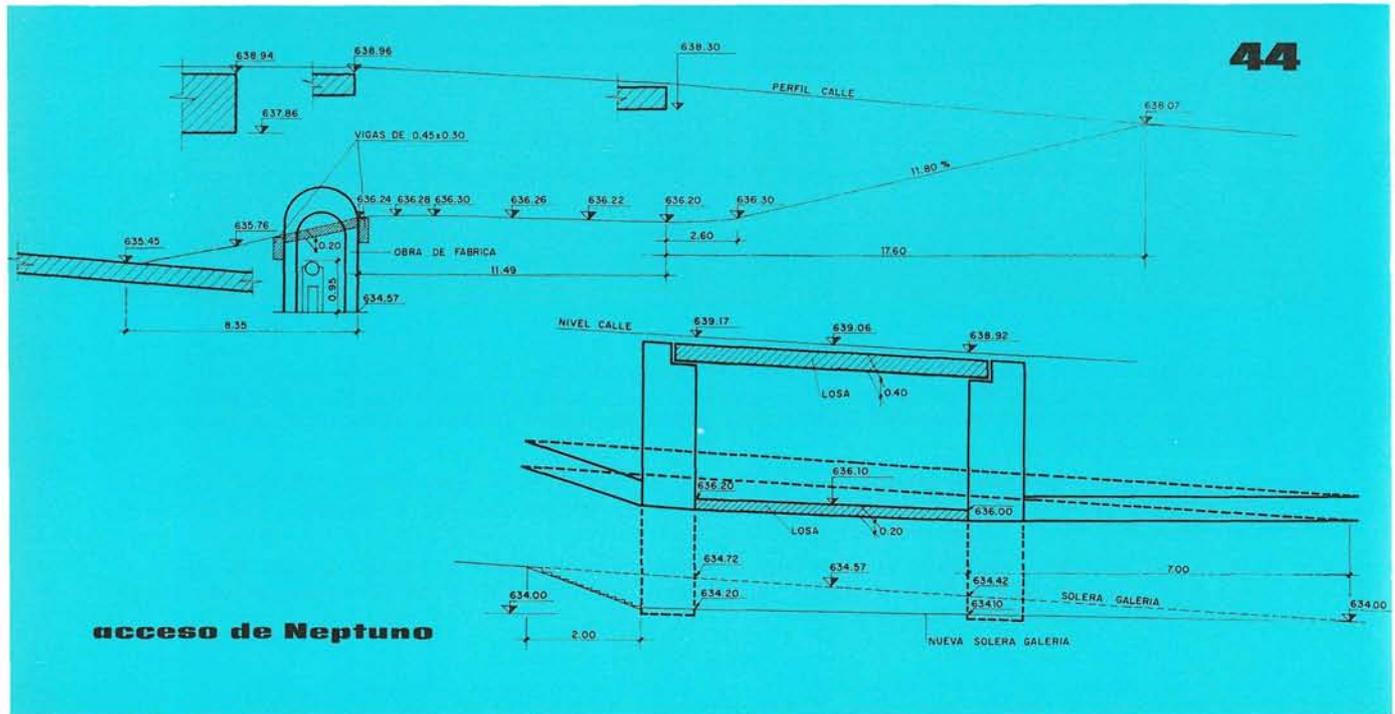
En estas condiciones se estudiaron varias soluciones hasta llegar a la definitiva que ocupa, en longitud, desde los actuales jardines hasta la Plaza de Cánovas del Castillo, y en anchura, los 2/3 de la plaza más próximos al Hotel Palace (fig. 41).

El resto de las condiciones impuestas en su ejecución fueron la de mantener el tráfico, durante las obras, a las calles de Marqués de Cubas, Prado y Duque de Medinaceli, así como una de las direcciones de circulación en prolongación de la Carrera de San Jerónimo.



Esta última premisa obligaba a dejar al menos una calle de 4,00 m a lo largo de la acera situada frente al Hotel Palace para mantener la circulación. La presencia de una galería de servicio, perteneciente al Canal de Isabel II, y que se pretendía modificar en la menor medida posible, hizo que la planta del estacionamiento se desplazara aún más hacia el hotel, llegando a ocupar parte de la acera del mismo (fig. 43).

El esquema funcional del estacionamiento está basado en el módulo de $5,00 \times 2,50$ m, con estacionamiento a 90° en doble fila con pasillo central de 6 m de anchura, para doble circulación, y con ancho de giro entre bordillos de 15,75. La salida únicamente pudo situarse (fig. 42 a) a la altura de la calle del Duque de Medinaceli, en dirección hacia Cánovas del Castillo (1), quedando entonces una zona en fondo de saco (2), con circulación en doble dirección, que no tenía salida por no tener los 15,75 m de anchura necesarios para girar. Fue necesario entonces proyectar un bulbo de salida (3) que permitiera los giros. Los movimientos de planta a planta se efectúan a través de un helicoides en doble rampa con giros en sentidos opuestos, de 30 m de diámetro (4). Las entradas son dos: una a la altura de los jardines, por el helicoides, y otra entre Marqués de Cubas y la Plaza de Cánovas del Castillo (5).





46

47

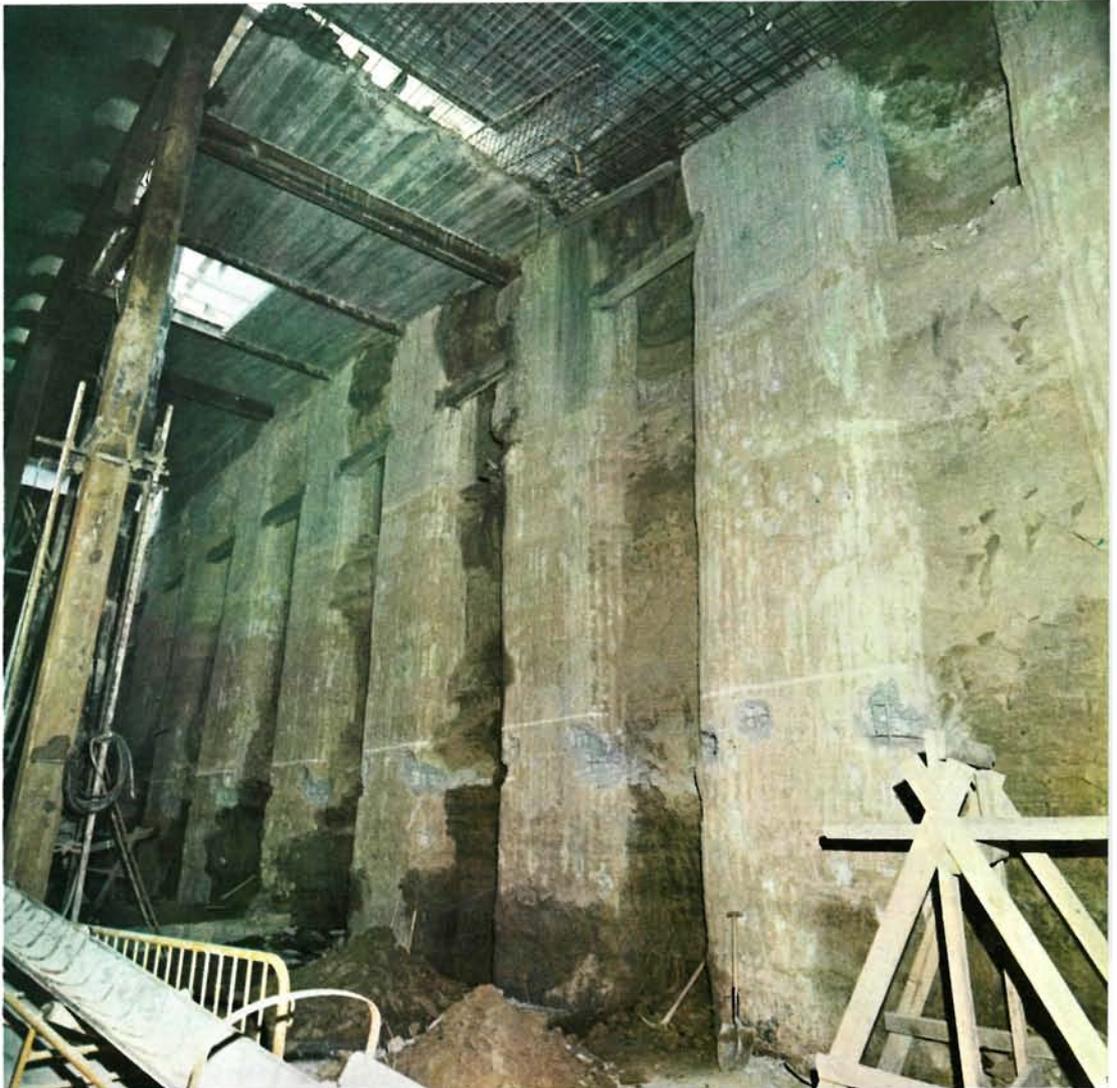
longitudinal y con luces de 4-8,4 m en sentido transversal. La primera planta, sin embargo, está exenta de pilares, debido a que la estructura de cubierta se ha independizado de la estructura interior, cargando sobre los muros «tipo pantalla».

La necesidad de reestablecer con urgencia el tráfico en la plaza de las Cortes, así como la posibilidad de apoyar la cubierta en los muros-pantalla, para así evitar profundidad de empotramiento, exigían construir dicha cubierta antes de proceder a la excavación general, por lo que se proyectó a base de vigas de 16 m de luz apoyadas en los muros laterales.

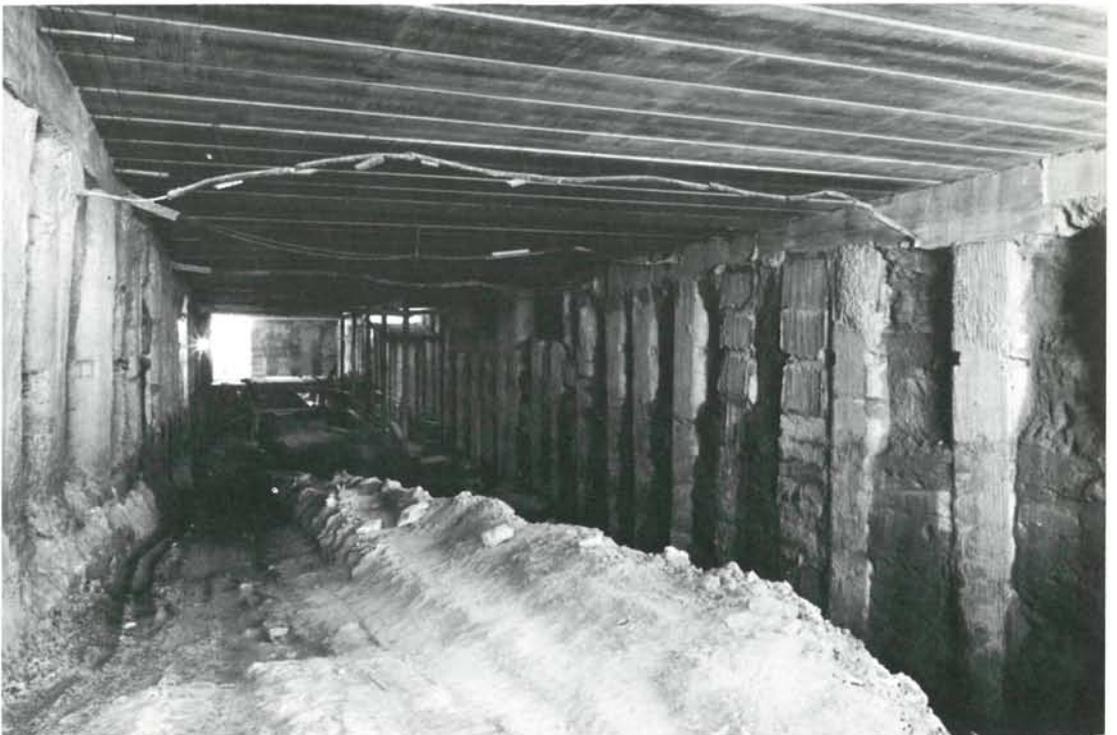
Sin embargo, la existencia de la salida situada sobre el estacionamiento obligó a dejar un hueco en el cual las vigas no llegaban hasta el muro, siendo necesario prever una estructura soporte realizada a base de pozos, de 1,50 x 1,50 m, con ejecución de las zapatas y colocación de pilares metálicos sobre las que apoyaban las vigas metálicas que debían soportar la cubierta (fig. 48).

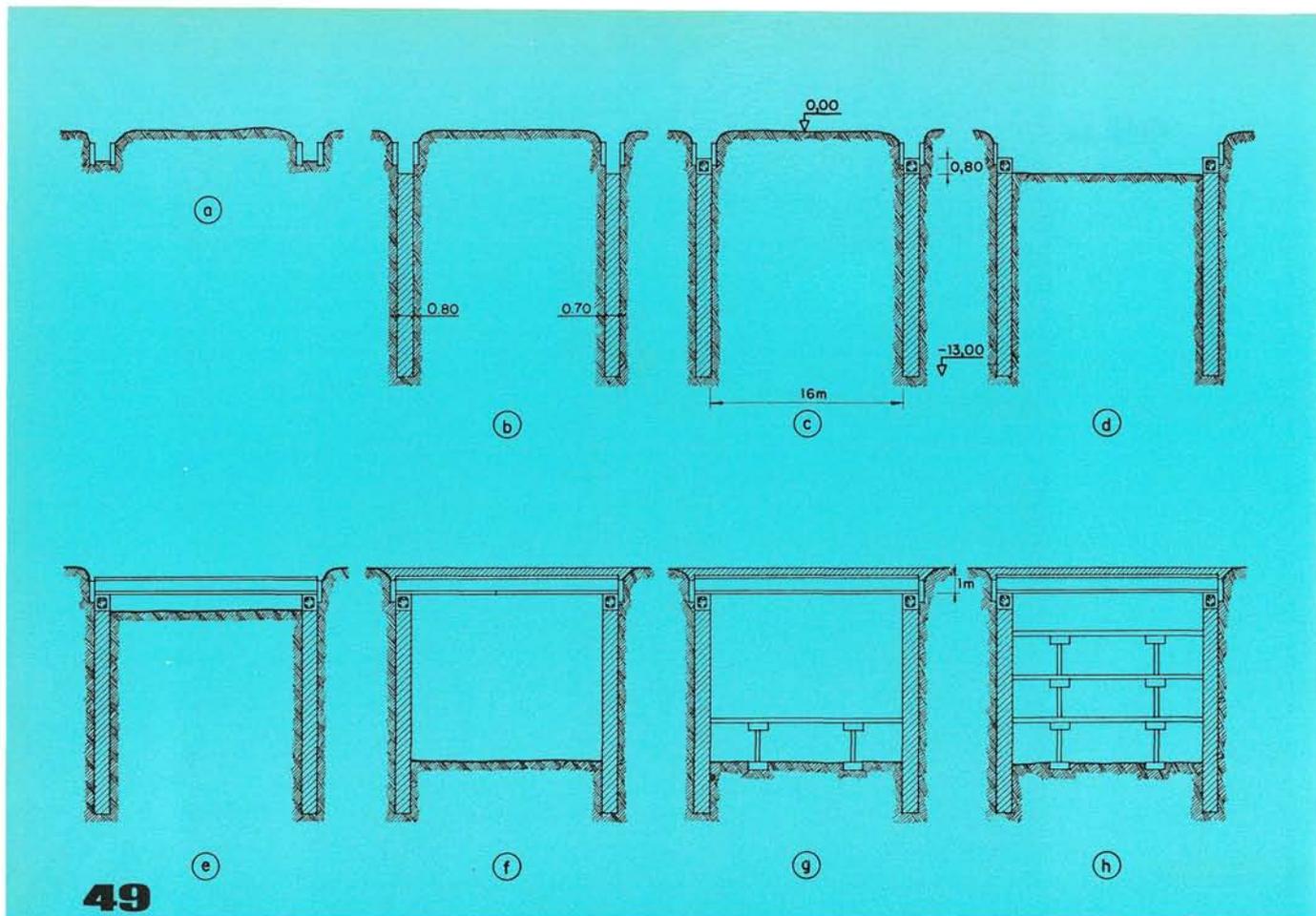


48 a



48 b





49

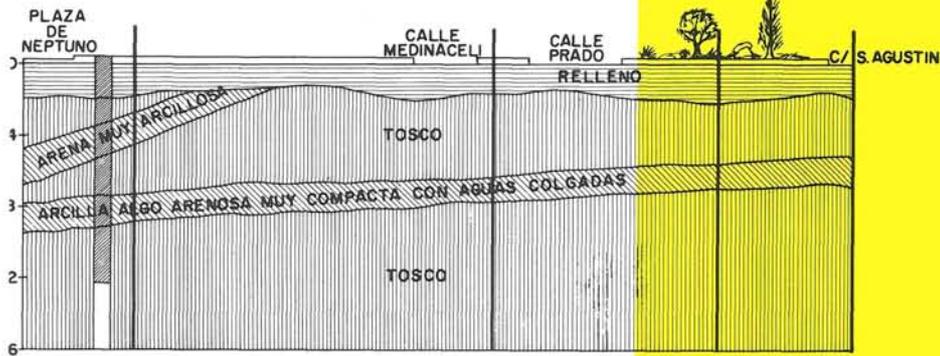
Partiendo, pues, de todas las condiciones especificadas, el sistema constructivo se planteó de la siguiente forma:

- a) En primer lugar, y sin ninguna modificación del terreno, se construyeron los muros-guía y la antezanja de las pantallas, ejecutados por el procedimiento RODIO (fig. 49 a). Al mismo tiempo que se excavaban los pozos para los pilares se hormigonaban las zapatas y se colocaban los pilares metálicos.
- b) Ejecución del muro-pantalla, que se prolongó también a los muros interior y exterior del helicoide.
- c) Ejecución de la viga zuncho y colocación de los angulares de apoyo de las vigas de cubierta.
- d) Excavación de los dos primeros metros del estacionamiento.
- e) Colocación de las vigas de cubierta.
- f) Excavación del interior del estacionamiento en una sola fase.
- g) Excavación y ejecución de las zapatas y los pilares de la planta cuarta.
- h) Ejecución de los forjados de abajo a arriba.

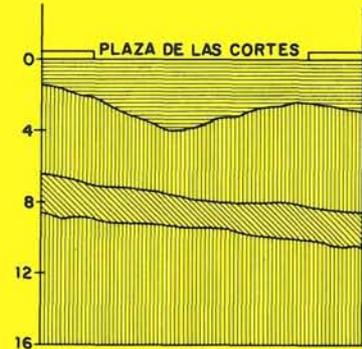
Desde el punto de vista estructural se han planteado, en este estacionamiento, soluciones aconsejadas por la experiencia adquirida en los anteriores.

Los sondeos efectuados indicaban que el terreno (fig. 50), con excepción de los dos primeros metros de relleno, era un «tosco» muy duro, es decir, una arcilla sobreconsolidada, con mayor o menor proporción de arena, apareciendo aguas colgadas en las vetas más arenosas. Sin embargo, este agua colgada no estaba alimentada por la zona del Hotel Palace, sino más bien provenía de la Carrera de San Jerónimo. Al mismo tiempo se realizaron unos pozos de $1,50 \times 1,50$ m en los que se hicieron pruebas de agotamientos, las cuales indicaron que la cantidad de agua era muy pequeña y su alimentación lenta por ser el terreno muy impermeable.

Al mismo tiempo la proximidad del Hotel Palace a las excavaciones hacía aconsejable la construcción de un muro-pantalla que evitara movimientos del terreno a pesar de la gran carga que soporta.



SECCION LONGITUDINAL



SECCION TRANSVERSAL

50

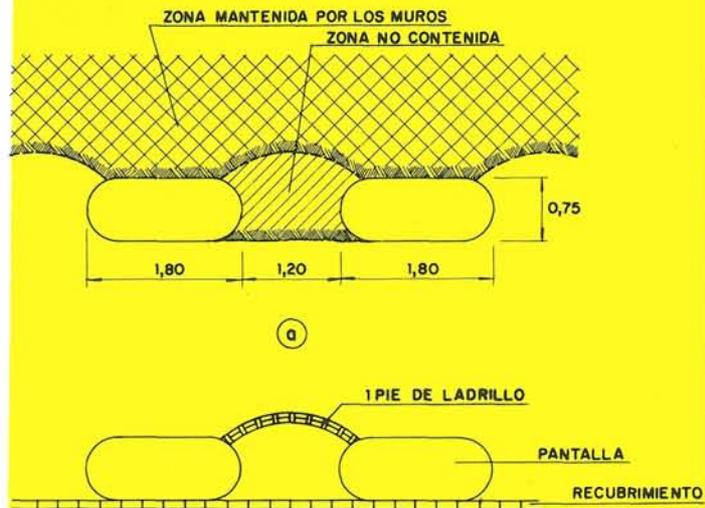
Decidida ya la construcción de un muro-pantalla, éste debía ser ejecutado por medios mecánicos, debido a la gran dureza del terreno y a la existencia de agua; pero, al ser un terreno de gran cohesión, hizo pensar en una solución intermedia y, por ello, teniendo en cuenta los valores de la cohesión y del ángulo de rozamiento interno del terreno se estudió un muro discontinuo, con paneles de 1,80 m de longitud separados entre sí 1,20 m (fig. 51). El terreno, por efecto arco, transmite los esfuerzos a los paneles, descargando las zonas no protegidas, en las que se produce una descompresión, que no afecta a la estabilidad de las tierras entre paneles dada la gran cohesión de las mismas (figura 52).

Los muros-pantalla se calcularon para poder ejecutar la excavación en una sola fase, lo que dio lugar a muros de 0,75 m de espesor en la zona de edificios, y de 0,60 m en la zona de calles, y en los muros de los helicoides, en los cuales se tuvo en cuenta el efecto arco como reductor de tensiones de flexión en el muro.

La cubierta se proyectó a base de vigas prefabricadas de 16,80 m de longitud total (fig. 54), de sección en doble T y cuyas alas se colocaban en contacto, con lo cual formaban en su parte inferior un techo plano, y en la parte superior constituían el encofrado de la capa de compresión de 10 cm de espesor que trabajaba como losa de reparto para evitar fisuraciones en la capa de compresión.

Estas vigas se apoyan sobre un zuncho corrido que enlaza las cabezas de los paneles del muro-pantalla, en el cual va embebido un angular corrido sobre el que apoya la placa metálica de las vigas prefabricadas.

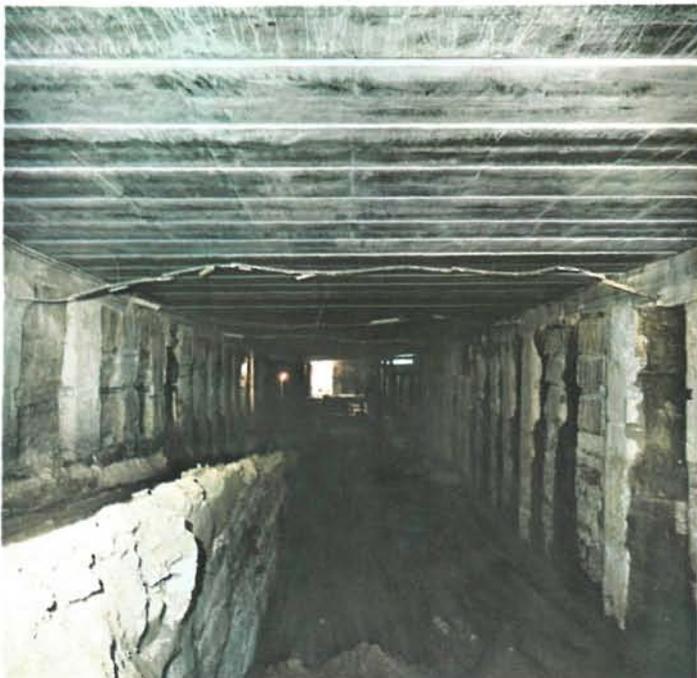
La prefabricación se realizó en taller, por CADE, pretensándose por adherencia con alambres de 4,2 mm. El ritmo de prefa-



51

(b) SITUACION DEFINITIVA DEL MURO

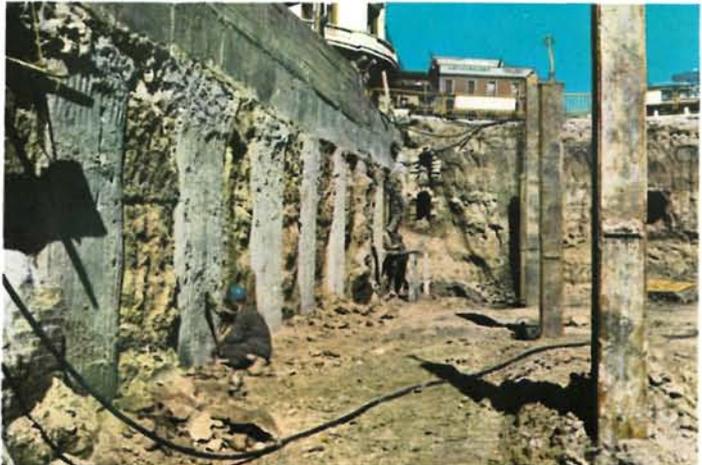
52



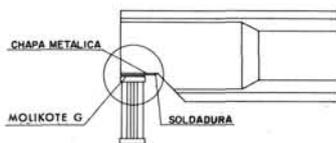
71



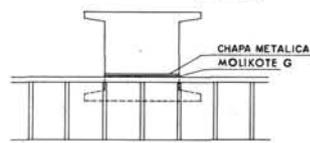
54



53



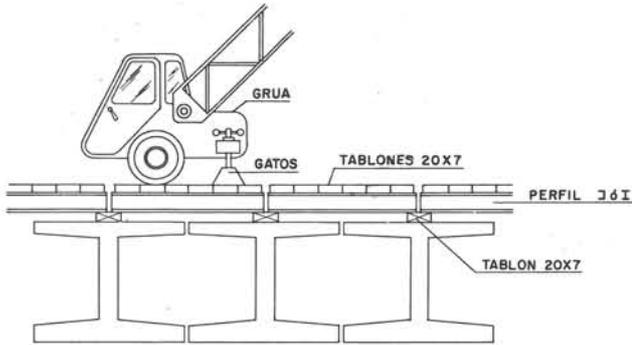
55



56



57



58



59

bricación alcanzó las cuatro vigas cada 26 horas. El endurecimiento del hormigón se aceleró mediante calefacción por resistencias eléctricas.

Las hipótesis de cálculo son tremendamente desfavorables, ya que cada viga se supone cargada con 9 ruedas de 6,5 Mp, procedentes cada dos de ellas de un tren de cargas, número 1 ó número 2, situados paralelamente uno junto a otro. Para tener en cuenta el posible reparto entre vigas, se calculó la cubierta como emparrillado plano, mediante computador electrónico.

La colocación de las vigas se efectuó con una grúa de 40 Mp, a razón de tres vigas desde cada posición de la grúa (fig. 57). La grúa y el trailer que transportaba la viga se movían sobre las vigas colocadas, apoyando en planchadas fabricadas a base de perfiles metálicos y piso de madera que descansaban sobre las almas de las vigas (figs. 58 y 59). Este sistema permitió la colocación de las vigas a un ritmo medio de 2 vigas por hora, a pesar de las dificultades inherentes a la falta de experiencia en el manejo —dentro de Madrid— de estas vigas de 19 Mp de peso cada una.

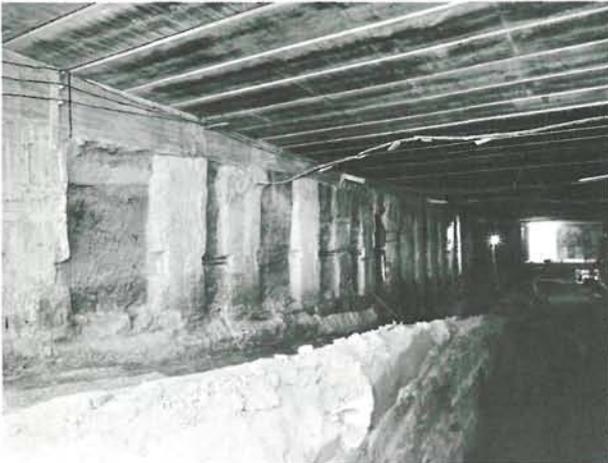
En la zona de accesos existían zonas en las cuales la posibilidad de ejecutar vigas sobre las que apoyara la cubierta estaba limitada en canto, con objeto de poder mantener el gálibo de 2,10 m exigido para el estacionamiento. Para poder ganar altura para estos cargaderos se practicó en las vigas de cubierta un rebaje de 30 cm (fig. 56), macizándose el alma en una longitud de 1 m para que pudiera soportar los esfuerzos cortantes. Estas vigas coincidían al mismo tiempo en aquellas zonas en las que debía quedar el hueco para la salida del estacionamiento, por lo que los empujes de uno de los muros no podían ser contrarrestados por el otro, sino que iban a incidir sobre los cargaderos sometiéndoles a una flexión transversal peligrosa; debido a esto se han efectuado apoyos especiales (fig. 56 a), que consisten en pulimentar cuidadosamente el ala de la viga metálica, lubricarla a base de MOLIKOTE G, y colocar sobre ella otra placa metálica que sirve de apoyo directo a la viga de hormigón y que se suelda a la chapa metálica embebida en ella. De esta manera se reduce el empuje horizontal transmitido al cargadero a 2 Mp por viga, carga que éste soporta con facilidad.

Una gran dificultad en el proyecto de la cubierta la presentaron tres tuberías: una de gas de 500 mm y dos de agua de 350 y 250 mm, pertenecientes al Canal de Isabel II y a Hidráulica de Santillana, respectivamente. Estas tuberías (fig. 43) atravesaban el estacionamiento desde la calle del Prado hasta Marqués de Cubas o Cánovas del Castillo. La única solución viable para su modificación, tras múltiples tanteos, fue la de atravesar el estacionamiento por el espacio que dejaba libre la cubierta (1 m máximo), para lo que se habilitaron dos soluciones (fig. 60). Las tuberías de agua se situaron en una galería accesible, de 1,80 m de anchura por 0,80 m de alto, que se ejecutó separando 80 cm dos de las dobles T que forman la cubierta, mientras que la de gas se alojó en una viga en U, constituida por dos vigas metálicas armadas con un fondo de palastro, con lo que formaba un cajón impermeable en la dirección del



60

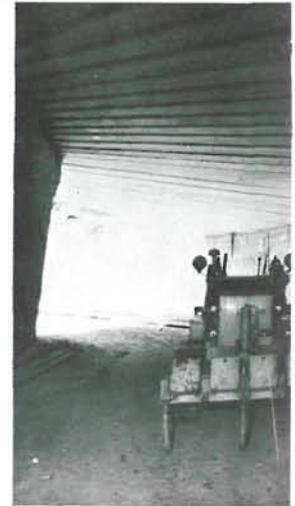
73



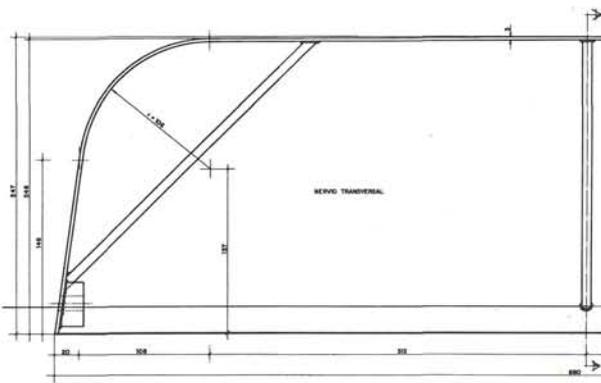
61



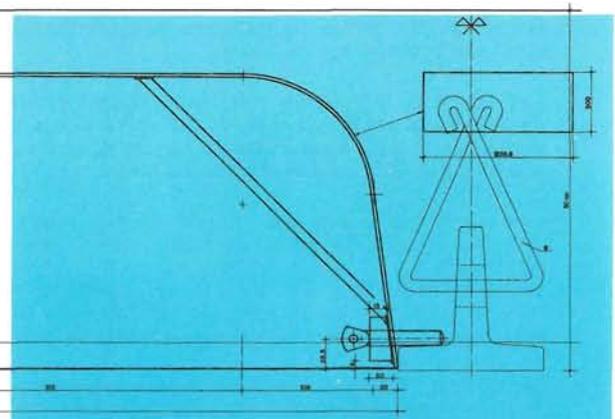
62 a



62 b

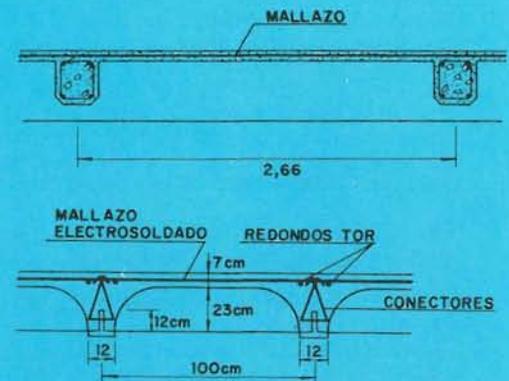


63



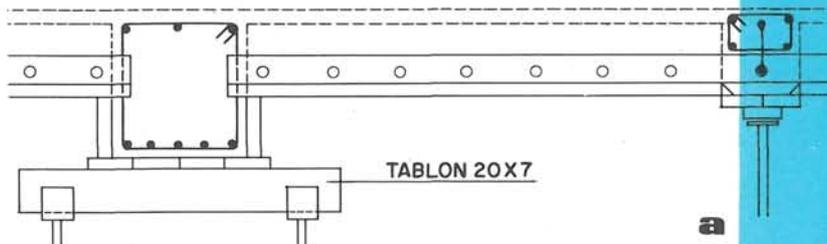
estacionamiento y en el cual una vez situada se rodeó de arena para evitar que una fuga pudiera producir una explosión por acumulación del gas en un hueco. Debido a la flexibilidad de las vigas, las tuberías deben ejecutarse con juntas de goma o especialmente cuidadas, ya que los movimientos de las vigas en que van apoyadas pueden debilitar las juntas y producir fugas (fig. 60).

Colocadas las vigas se comenzó la excavación —que se hizo como ya hemos dicho— en toda la altura (fig. 61), trabajando entonces los muros como apoyados en los dos extremos (figura 53). Los trabajos se efectuaron mediante una pala Car-



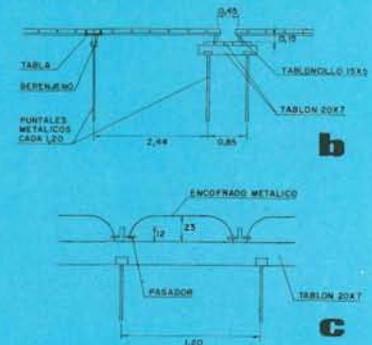
64

SECCION TRANSVERSAL



65

a



b

c



terpillar 977, y los camiones necesarios, aprovechándose, para su acceso a la zona interior, una rampa que seguía el desarrollo exterior del helicoide de acceso.

Una vez en la cota final se procedió a la excavación de la rampa mediante una pala 955 que transportaba la tierra hasta un punto, desde el cual elevada al exterior y cargada a los camiones mediante una grúa Kinos provista de una cuchara bivalva (fig. 62). Con estos elementos se obtuvieron unos rendimientos medios de 900 m³/día en la primera fase y de 320 m³/día en la segunda.

La existencia de agua a partir de la cota —8,50 hace necesaria la ejecución de un drenaje que se ha efectuado de la forma siguiente:

Se ha dado a la solera una pendiente del 2 % hacia los lados del estacionamiento, en los que se ha excavado una zanja donde se ha colocado un tubo porosit, rodeado de arena, y bajo él un colector al que desaguan cada 40 m, aproximadamente, mediante arquetas de 50 × 50. Sobre el terreno natural se extendió una capa de terreno filtrante, que llegaba hasta las zanjas de drenaje, y sobre ella se hormigonó la solera de 10 cm de espesor. En los muros se construyó como cerramiento entre paneles, una bóveda de ladrillo que se trasdosó de arena que se hacía llegar hasta la capa drenante de la solera. En la zona en que aparecía mayor cantidad de agua se colocó en esta capa de arena un tubo porosit de 100 milímetros de diámetro, que se hacía desaguar al colector perimetral.



El forjado está constituido de viguetas de hormigón pretensado tipo SAHE, de 12 cm de canto, entre las cuales se colocaban bovedillas metálicas que se recuperaban una vez hormigonada la capa de compresión (fig. 63). El forjado así construido tenía 30 cm de espesor (fig. 64). La estructura se ejecutó a base de vigas y pilares de hormigón, siendo éstos de 30 cm de espesor por 40 ó 45 de profundidad y aquéllas de 45 × 45, lo cual favorecía sobremanera el sistema de encofrado (fig. 65).

Las terminaciones, como en todos los demás estacionamientos, ha sido sobria aunque cuidada en los detalles; por ello, la elección de este tipo de forjado se hizo por la posibilidad de dejarlo visto, junto a la facilidad que representan los huecos dejados por las bovedillas para la colocación de la iluminación.

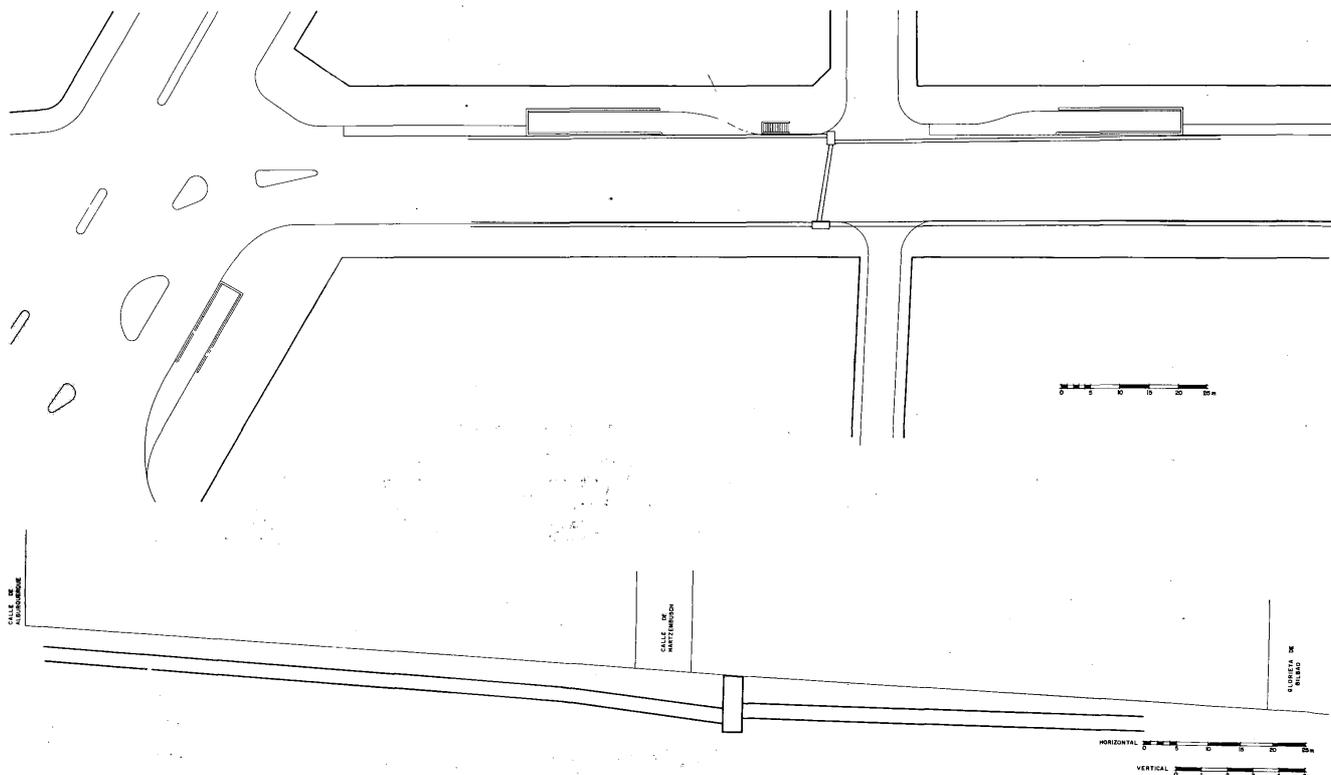
Los muros se chaparon con bloques de hormigón visto. El suelo se trató con una pintura antipolvo de color claro para favorecer la luminosidad del estacionamiento, y los pilares metálicos se trataron contra el fuego a base de un mortero de cemento y vermiculita, salvo en aquellas zonas en que se hormigonaron para imitar a la estructura general.

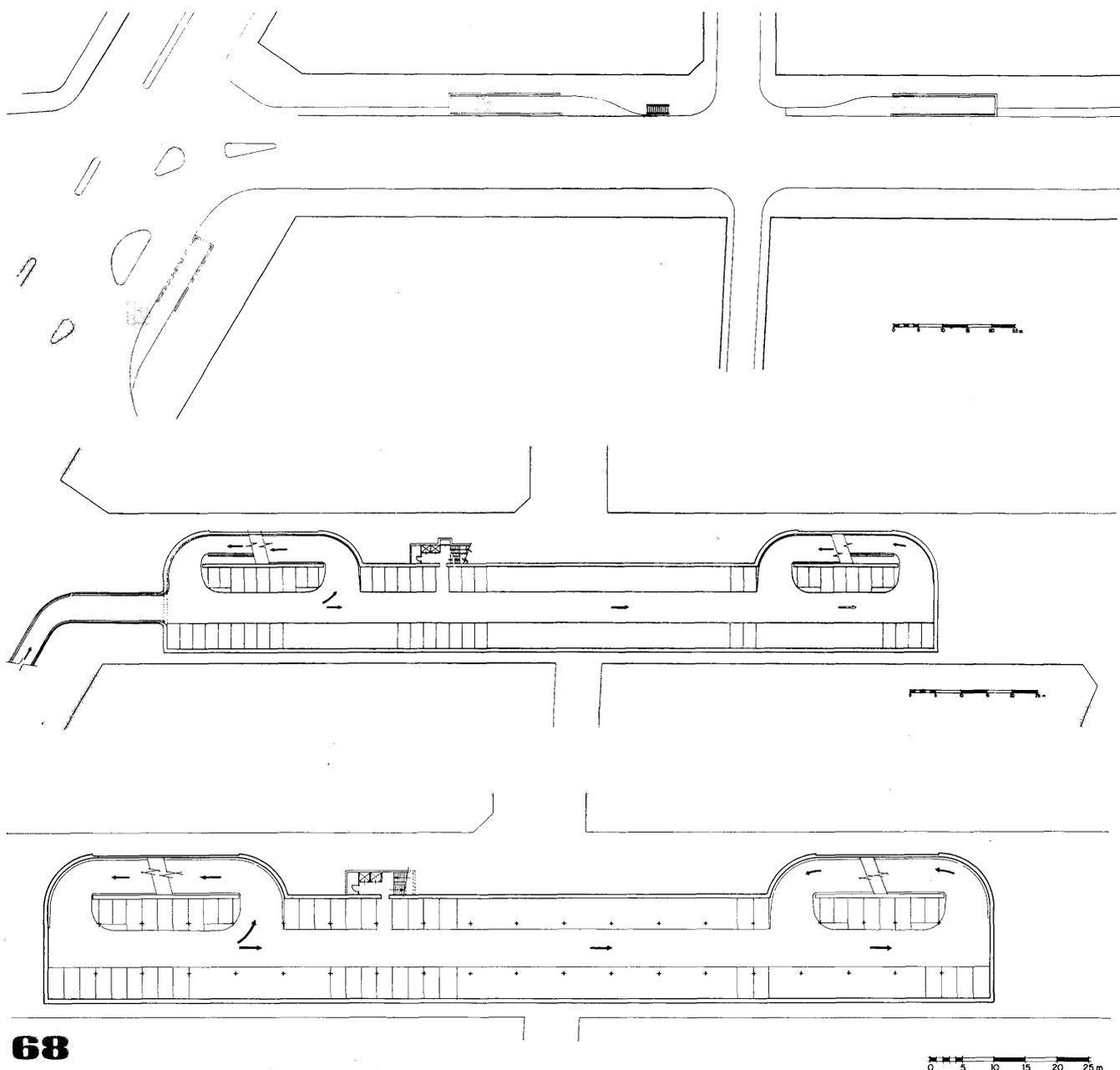
Las instalaciones y servicios han sido proyectados con idéntico criterio que en los restantes estacionamientos.

estacionamiento de Fuencarral

Está situado en la calle de Fuencarral, entre las Glorietas de Bilbao y de Quevedo.

Las primeras dificultades aparecieron cuando se intentó modificar el actual colector, que quedaba afectado por la tercera planta del estacionamiento, ya que resultó imposible bajarlo de su cota por no tener desagüe a ninguno de los colectores vecinos. Esto exigía la ejecución de dos colectores laterales, que recogieran las aportaciones de las fincas de ambos lados de la calle, situados más altos que la solera del estacionamiento, obligando a efectuar la evacuación de aguas mediante bombeo, con las dificultades correspondientes de instalación, mantenimiento, etc. La solución parecía estar en reducir a dos las plantas del estacionamiento, pero,



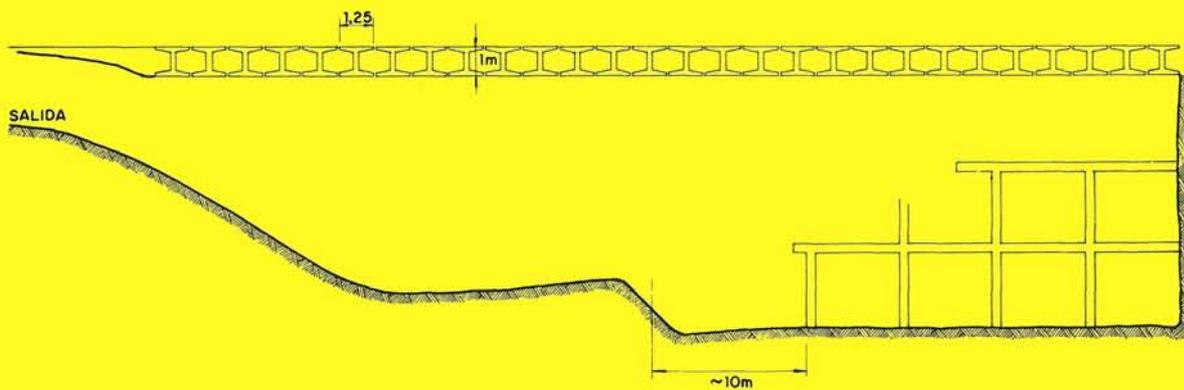
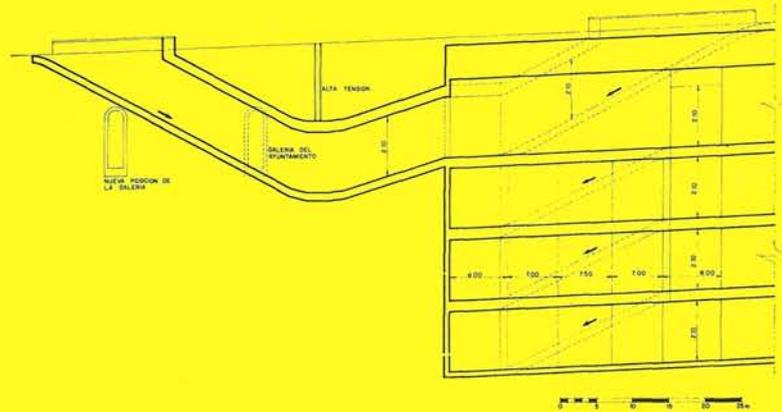


68

Las dificultades se agravaban aún más debido a que el gran número de servicios que era necesario modificar apenas tenía espacio disponible en la zona que dejaba libre el estacionamiento.

La solución hubo de plantearse en dos campos: por un lado, se acortó el estacionamiento, conservando su capacidad total a base de aumentar una planta más, con lo que se libraban parte de los servicios telefónicos y uno de los cables de 50 kV; por otro lado, ejecutando un proyecto cuidadosamente estudiado en cuanto a cotas y dimensiones, basándose en un replanteo muy detallado de cuantos servicios existían en la zona.

Para salvar la tubería de agua de 850 mm en la primera fase de construcción, el estacionamiento se corrió hacia la acera de los pares; de esta forma se salvaban también parte de los servicios de Telefónica que discurrían por la acera de los impares. Desgraciadamente, en más de la mitad del estacionamiento las entubacio-

69**70**

nes de Telefónica iban por la calzada, lo que obligó a correr aún más el estacionamiento, ocupando parte de la acera y dejando apenas 1,50 m entre el muro perimetral y las fachadas.

Al mismo tiempo, la primera planta del estacionamiento se bajó 60 cm para introducir bajo la cubierta del mismo las conducciones telefónicas; de este modo, los servicios existentes se modificaron como indican las figuras 66 y 67.

El tráfico también impuso condiciones al proyecto, ya que al no poder interrumpirle a lo largo de la calle de Fuencarral, más que durante el mes de agosto, era necesario hacer desaparecer las rampas helicoidales de acceso, variándose el esquema funcional.

Como consecuencia de todo esto, dicho esquema hubo de estudiarse detalladamente, dando lugar a un estacionamiento (fig. 68) con dársenas de $5,00 \times 2,50$ m, en doble fila y a 90° , con un pasillo de circulación única de 5,50 m, lo que permite un ancho total de 15,50 m entre muros, muy interesante en este caso por dejar mayor espacio libre en planta para la introducción de los servicios.

Los accesos quedan situados de la siguiente forma: Dos entradas, una para la circulación que procede de Quevedo (fig. 68 a) y otra desde la Glorieta de Bilbao (68 b), y una salida en dirección de la citada Glorieta de Bilbao (68 c).

Los cambios de servicios a ejecutar ya han sido mencionados al hablar del esquema funcional. El cambio se ha reducido, en general, a un problema de precisión, tanto en proyecto para conseguir una adecuada posición de los mismos como, sobre todo, en ejecución, ya que la gran cantidad de servicios existentes provocaba interferencias que solamente con un exquisito cuidado en los replanteos ha podido evitarse.

Nos faltó, sin embargo, hacer referencia a una serie de servicios que afectan al acceso desde la Glorieta de Bilbao (fig. 69), y que son: un cable de 50 kV, en galería, y una galería del Excmo. Ayuntamiento, construida cuando se realizaron las modificaciones de los bulevares, y que servía a teléfonos, electricidad y agua.

excavación



71

El proyecto de entrada se encontraba con el pie forzado del cable de 50 kV, que se pretendió por todos los medios dejar en su posición, dadas las dificultades que encierra su modificación. Por este motivo, y debido a la posición de la galería de servicio, no hubo más remedio que modificar ésta, con lo que se plantearon de nuevo problemas de precisión al tener una sola solución: pasar entre unos urinarios y un transformador subterráneo, y por debajo de las escaleras de este último. El proyecto exigió un replanteo muy cuidadoso, que posteriormente ha dado sus frutos al evitar problemas en la construcción.

72





Desde el punto de vista estructural, el sistema elegido es muy semejante al de la Plaza de las Cortes; y el sistema constructivo es el mismo, con ligeras variaciones, a las que haremos referencia al hablar de muros y excavación.

La proximidad de los edificios hacía aconsejable la construcción de muros-pantalla, que debían ser arriostrados en cabeza para evitar una hinca excesiva, lo cual era a su vez obligado por la necesidad de colocar la cubierta antes de comenzar la excavación, debido al poco tiempo de que se disponía para cortar el tráfico en la calle de Fuencarral.

La ejecución de los muros-pantalla por métodos mecánicos presentaba problemas de espacio, por el tamaño de las máquinas y la necesidad, al mismo tiempo, de tenerlos que realizar con tráfico a lo largo de la calle. Por esta razón se estudió la posibilidad de efectuar la excavación de estos muros manualmente, mediante entibación clásica. Para ello se realizaron sondeos, que dieron como resultado la existencia en toda la zona, a partir de los 2,80 m de profundidad, de una capa de arena bastante uniforme en la que a 10 m, aproximadamente, aparecía una capa de aguas colgadas que, sin embargo, se demostró no estaba alimentada de forma permanente. La existencia de un terreno blando y sin agua hacía posible la excavación manual de las zanjas, por lo que fue ésta la solución elegida.

La excavación se hacía por paneles alternados de 5 m de longitud, y una vez hormigonados se pasaba a ejecutar los paneles intermedios. Estos paneles no estaban calculados para soportar la excavación de las cuatro plantas en una sola fase, por lo que la excavación se efectuó llevando un desfase de 10 m

entre la excavación de los 3 últimos metros y la ejecución del forjado de tercera planta, que servía de arriostramiento a los muros (fig. 70).

La cubierta es idéntica a la de la Plaza de las Cortes, y en su construcción se siguieron los mismos pasos que en el anterior estacionamiento. En éste la experiencia adquirida hizo que la media de colocación llegara a ser de casi tres vigas por hora.

La excavación se hizo en dos fases: la primera, hasta la cota $-8,90$, se ejecutó mediante una pala Caterpillar 955 K, con un rendimiento de $900 \text{ m}^3/\text{día}$, con extracción de tierras por rampa a través del acceso de la Glorieta de Bilbao; la segunda fase consistía en excavar la parte de rampa que quedaba en el interior del estacionamiento, y en llegar hasta la cota $-11,50$, y se hizo mediante dos palas FIAT que transportaban la tierra hasta el acceso de la Glorieta de Bilbao. Con este sistema se obtuvieron rendimientos medios de $450 \text{ m}^3/\text{día}$ (fig. 71).

Los forjados ejecutados fueron tipo HIPERCESA de 25 cm de espesor, lo que permitió dar una altura de 2,16 m libres a las diversas plantas.

Las instalaciones han seguido criterios idénticos a los de estacionamientos anteriores, creando ciertas dificultades en el proyecto de ventilación el acceso desde la Glorieta de Bilbao y la imposibilidad de ocupar espacio fuera del estacionamiento para los ventiladores, por lo cual ha sido necesario ocupar plazas de vehículos para los cuartos de ventilación.



Parkings souterrains à Madrid

José Manuel López Sáiz, ingénieur des Ponts et Chaussées A.M.A.S.C.E.

En septembre 1967 ont été commencés les travaux d'exécution de cinq parkings souterrains à Madrid, adjugés, à titre de concession, par le Conseil municipal à «Estacionamientos Subterráneos, S. A.».

L'élaboration du projet de génie et de construction a été confiée à «Viales y Estacionamientos, S. A. (VIE-SA)» et l'exécution des travaux à «Huarte y Cía, S. A.», par contrat.

Les parkings dont la réalisation est ici commentée sont situés: Paseo de Calvo Sotelo, Plaza del Marqués de Salamanca, Plaza Mayor, Plaza de las Cortes, Calle de Fuencarral, de la capitale espagnole.

Il nous semble très intéressant d'exposer ces réalisations, dans lesquelles on peut constater une claire évolution du schéma structural et le rapport de celui-ci avec le schéma fonctionnel, qui ont mieux facilité l'exécution des travaux, évitant d'ailleurs, autant que possible, la perturbation de la circulation automobile et le passage des piétons. Dans cet article, nous rappelons les caractéristiques de ces cinq parkings par ordre de commencement de leur exécution, qui a coïncidé avec l'ordre d'élaboration des projets de construction.

Underground parking sites in Madrid

Jose Manuel López Sáiz, Civil engineer, AMASCE

Work on five underground parking sites in Madrid was initiated in September 1967. These parking sites were rented by the Madrid Town Council to the firm Estacionamientos Subterráneos, S. A.

The engineering, design, and traffic and construction planning of these parking sites was allocated to Viales y Estacionamientos, S. A., whilst the actual construction was carried out by the firm Huarte y Cía., S. A.

The five parking sites were located at the Paseo Calvo Sotelo, Plaza del Marqués de Salamanca, Plaza Mayor, Plaza de las Cortes and at Calle de Fuencarral, all within the centre of Madrid.

These projects are of special interest, since each design represents an advance with respect to the earlier ones in regard to their structural and functional arrangements, with a view to achieving easier construction and less interference with road and pedestrian traffic. In the present article a description is given of each the five parking sites, following the sequence of their construction, which corresponds to the order in which they were design and planned.

Unterirdische Parkanlagen in Madrid/Spainien

José Manuel López Saiz, Hoch- und Tiefbauingenieur A.M.A.S.C.

Im September 1967 begannen die Arbeiten für die Erstellung dieser fünf Tiefparkanlagen, welche die Firma Estacionamientos Subterráneos, S.A. als Konzessionärin der Stadt Madrid betreiben wird.

Die Firma VIESA (= Viales y Estacionamientos, S.A.) übernahm Entwurf und Konstruktion sowie die Lösung der verkehrsmässigen Probleme, während die Bauarbeiten von der Firma Huarte y Cía., S.A. durchgeführt wurden.

Und hier die Lage der in diesem Aufsatz beschriebenen Parkmöglichkeiten: Paseo de Calvo Sotelo, Plaza del Marqués de Salamanca, Plaza Mayor, Plaza de las Cortes, Calle de Fuencarral.

Ihre klarlinige, mit dem Betriebsschema engverbundene Konstruktion, trug dazu bei, die Durchführung der Bauarbeiten zu erleichtern und die Behinderung des Auto- und Fussgängerverkehrs auf ein Minimum zu beschränken. Daher halten wir es für interessant, über diese Ausführungen zu berichten. Indem wir uns nach dem Beginn der Bauarbeiten richten, welcher nach der gleichen Reihenfolge wie die Fertigstellung der Entwürfe erfolgte, werden wir der Reihe nach die Charakteristiken der fünf Parkmöglichkeiten auslegen.