

ZONAS DE ESTACIONAMIENTO SUBTERRANEO

Por JOAQUÍN PÉREZ BELLOD, Ingeniero de Caminos.

El artículo es un extracto del proyecto de fin de carrera que fué señalado al autor por el profesor de Proyectos de la Escuela de Caminos, y redactado bajo la inspección de éste. Se ha estimado conveniente su publicación por entender que ofrece una posible solución a un problema de tan indiscutible actualidad como es el de crear nuevas zonas de estacionamiento de automóviles en el centro de las poblaciones.

El incremento incesante del tráfico que ha originado el ritmo siempre creciente de la vida moderna, ha hecho que vías abiertas en muchas poblaciones no hace muchos años, hayan quedado insuficientes para absorber el enorme número de vehículos que se concentran especialmente en las arterias más céntricas e importantes de las grandes ciudades.

El problema que este hecho indudable ha planteado es uno de los más difíciles de resolver dentro de la técnica urbanística, y se ha presentado con mayor o menor intensidad y apremio en todas las grandes capitales del mundo. Entre ellas, son las de origen más antiguo las que notan antes el hecho de que sus calles, que fueron delineadas con más o menos arte, resulten estrechas y ahoguen el desarrollo de sus actividades.

Madrid ha entrado de lleno en la serie de ciudades afectadas por el problema de la limitada capacidad de sus calles, y es necesario atacar el problema para que la normalización de su vida rodada, hoy entorpecida por causas de todos conocidas, encuentre sus calles dispuestas con la mayor comodidad y seguridad para el tráfico.

El primer paso para aumentar la capacidad de tráfico de una calle es suprimir las zonas de estacionamiento que en general ocupan una o varias circulaciones de la calzada. Pero esto va unido a la necesidad de disponer de mayores espacios de estacionamiento para el mayor número de coches existentes, ya que, de no hacerse así, la utilidad de la reforma quedaría disminuida, y aun podríamos decir que desaparecería por completo.

Cuantos estudios han hecho algunos Ayuntamientos españoles para ensanchar vías ya existentes o abrir otras nuevas que descongestionen zonas vitales para la ciudad, han resultado tan excesivamente onerosas para la economía municipal que no han podido seguir adelante.

Los intentos de descongestión por medio de zonas de estacionamiento situadas sobre la superficie, han tropezado con la falta total de espacio, ya que debería sustraerse a plazas que embellecen la ciudad,

o se ocuparía un espacio destinado a la edificación en zonas en que la gran demanda de locales hace alcanzar a un solar precios astronómicos, y a los edificios valores tales que impiden en absoluto su expropiación para estos fines urbanísticos.

En Estados Unidos, donde el problema llegó a ser agobiante, se ha recurrido a varias soluciones: calles con arcadas que permiten introducir las aceras en las casas, o bien aceras a la altura de los entre-suelos, con comunicación por medio de pasarelas y sobre la calzada. Posteriormente se ha llegado a calles de varios pisos y a verdaderas calzadas aéreas que comunican directamente por encima de calles y casas centros vitales de la ciudad. Son ejemplos construidos la calle de dos pisos de Chicago y la calzada aérea que sigue la orilla izquierda del Hudson, en Nueva York.

Todas estas soluciones, que resuelven en cierto modo el problema, son enormemente caras, y solamente ciudades como las antes citadas pueden llevarlas a cabo, aparte del efecto estético tan deplorable que tales disposiciones dan a la ciudad, precisamente en las zonas céntricas y más visitadas.

En España no se ha llegado todavía a tales extremos, y creemos conveniente, por su economía y reducida influencia sobre el aspecto estético de la ciudad, la construcción de zonas de estacionamiento subterráneo, cuyo estudio vamos a abordar.

I. - Elección de la solución más conveniente.

a) Características generales.

Vamos a estudiar el proyecto de una zona de estacionamiento subterráneo capaz para cien vehículos, observando que las características del proyecto lo hacen amoldable a un número cualquiera de coches, variando solamente algunas de sus dimensiones, que deben, además, amoldarse al espacio disponible, que es función de la ubicación de las zonas edificadas y de la ocupación del subsuelo por otros servicios.

Para este estudio consideraremos el espacio ocu-

pado por un vehículo definido, en planta, por un rectángulo de 6 por 2,50 m., y altura de 2 m. Radio de giro, 7,50 m., y para rampas de acceso, un máximo del 20 por 100 en longitudes reducidas. Estas características permiten utilizar la zona de estacionamiento para los coches más modernos y mayores dimensiones.

Se debe advertir la necesidad de amoldarse a las Ordenanzas Municipales y cuantas disposiciones existen sobre garajes o edificaciones subterráneas. Es necesario evitar obstáculos al tráfico superior, a causa de las disposiciones de acceso, así como entorpecer lo menos posible la circulación durante la ejecución de las obras. Procuraremos que dichos accesos no perjudiquen el aspecto estético de la calle, siendo preferible la ubicación en las proximidades de edificios públicos y salas de espectáculos donde son muchas las personas que, utilizando su coche, necesitan una zona de estacionamiento próxima hasta la terminación de sus actividades.

La capacidad del estacionamiento se determinará por el conocimiento del tráfico existente y de su probable aumento en el tiempo, así como por la frecuencia y duración de las paradas de los vehículos. Podremos conseguir la capacidad necesaria mediante la superposición o amoldamiento de cuantas zonas tipo análogas a la que estudiamos sean necesarias.

En cuanto al terreno que encontraremos en las excavaciones, podemos asegurar, aprovechando la experiencia de numerosas cimentaciones, que serán, en general, terrenos arenosos o arcillosos bastante consistentes, surcados en algunas zonas por peñuela y con posibilidad de desprendimientos parciales localizados en las vaguadas subterráneas principales u ocasionados por escapes de las construcciones de agua potable.

b) Soluciones posibles.

Para examinar las soluciones posibles, consideraremos el problema respecto a los aspectos siguientes, que estimamos como fundamentales: *accesos, sección y planta*, que nos permiten formar el siguiente cuadro de soluciones:

Respecto a la planta:

Bajo edificios ...	Rectangular...	Dos filas de coches. Cuatro filas de coches. Seis filas de coches.
Bajo plazas	Circular	Una corona de coches. Dos coronas de coches.
Bajo calles		Una fila de coches. Dos filas de coches. Cuatro filas de coches.

Respecto a la sección:

Una galería,	
Dos galerías	Al mismo nivel. En dos planos diferentes.
Cuatro galerías en dos pisos.	

Respecto a los accesos:

Por razones urbanas	Por el centro de la calzada. Por los bordes de la calzada. Por las calles laterales. Por plantas bajas de edificios adyacentes.
Por razones técnicas	Rampa única con circulación en dos sentidos. Entrada y salida independientes. Rampas múltiples Para varios pisos. Para varias galerías.

Respecto a los accesos.

Por *razones urbanas*, el estudio de los accesos es problema particularísimo y está evidentemente sujeto a la ubicación de la zona de estacionamiento en el casco de la ciudad.

Es evidente que, desde el punto de vista urbanístico, aquellas calles que tienen en su centro las farolas del alumbrado, constituyendo el espacio central zonas de estacionamiento, que sirve al mismo tiempo de separación de los dos sentidos de circulación, aceptan como solución muy conveniente el acceso por el centro de la calzada, aprovechando 15 ó 20 metros de esa zona, con la sola pérdida del espacio necesario para el estacionamiento de cuatro o cinco coches. Son ejemplo de estas calles la Gran Vía de José Antonio y la calle Sevilla, de Madrid.

En cambio, aquellas calles con circulación de tranvías por el centro de la calzada, aconsejan el acceso por los bordes contiguos a las aceras o bien por calles laterales cuando su anchura y tráfico no permitan la utilización del espacio que necesitamos.

En calles con calzada central y laterales separadas por jardines, un pequeño espacio de éstos puede proporcionarnos una cómoda entrada transversal. Finalmente, en las calles estrechas, el acceso es forzoso hacerlo por calles o plazas próximas y aun por las plantas bajas de las casas, aprovechando esquinas o soportales, cuidando, en este caso, de proteger convenientemente la circulación de peatones.

Desde el punto de vista *técnico de la circulación*, la existencia de una rampa solamente por cuya única circulación entran y salen los coches, implica, si, como es natural, hay momentos de concentración de vehículos entrantes o salientes, entorpecimiento del tráfico exterior, ya que los coches que quieran entrar deben esperar la salida o entrada de los que ocupan los accesos. Es necesario, pues, colocar señales luminosas que impidan la penetración en el túnel cuando haya otro coche circulando en sentido contrario.

Todas estas razones aconsejan prescindir de la solución anterior, a pesar de su mayor economía de construcción y espacio, siendo preferible la entrada y salida independientes, colocadas en ambos extremos del subterráneo para que, marchando todos los coches en la misma dirección, no haya entorpecimientos ni en la circulación en el interior de la galería ni al ocupar su puesto de estacionamiento correspondiente. Desechamos la entrada y salida juntas, en un mismo extremo de la galería, porque esto implicaría un aumento de espacio destinado a establecer una circulación giratoria en el interior para evitar constantes entorpecimientos.

Las rampas múltiples corresponden también a soluciones de varias galerías, y deben estudiarse en su caso, teniendo cuidado de prohibir siempre que por un punto cualquiera puedan circular coches en dos direcciones opuestas. Por esta razón no admitimos rampas únicas con dos circulaciones si el número de filas de coches no permite establecer en el interior una circulación giratoria.

Respecto a la sección.

Si no queremos construir la galería debajo de edificios, la anchura de la calle determinará, junto con el lugar de emplazamiento, si adoptamos como solución una o dos galerías al mismo nivel o en niveles diferentes, con dos o más pisos.

Desde el punto de vista mecánico, y necesitando poca altura de techo, tanteamos soluciones muy rebajadas que pueden resumirse así:

Forma de la sección	Bóvedas con directriz	Elíptica.
		Parabólica.
		Escarzana.
	Techo plano de hormigón armado.	

El estudio económico aconseja prescindir de la solución de hormigón armado, resultando como más recomendable la directriz elíptica con fuertes estribos, que une a un menor costo dimensiones más reducidas, pues habiendo demostrado la experiencia americana la conveniencia de que los coches entren de frente en los estacionamientos, con lo que parece se obtiene mayor rapidez de acomodación, se aprovecha al máximo el espacio utilizado, ya que la parte delantera, de menor altura, encaja fácilmente en los arranques de la bóveda. La figura 4.^a muestra la forma y dimensiones de la sección.

Respecto a la planta.

Estudiaremos el problema refiriéndonos sucesivamente a la situación respecto al exterior, al número de filas de coches y a la disposición de éstos en las filas, comparando sus ventajas e inconvenientes.

Por la ubicación.

Bajo edificios:

Ventajas:

No se entorpece el tráfico durante la construcción. Se deja libre la subcalzada para metropolitanos y servicios públicos. Los accesos no ocupan parte de la calzada.

Inconvenientes:

Mayores secciones en muros y bóvedas para resistir las cargas que mandan los edificios. Imposibilidad de aprovechar los sótanos ya existentes y, por tanto, mayor profundidad y longitud de los accesos.

Bajo plazas:

Mayor espacio utilizado que en las calles. Pueden utilizarse disposiciones especiales muy cómodas y convenientes (figura 1.^a).

Para utilizar bien todo el espacio disponible, necesitamos disposiciones especiales, que serán, por tanto, caras (figura 1.^a). Si se usan otras disposiciones, puede su estudio reducirse al de las galerías bajo calles, pues serán análogas a éstas. Son menos necesarias.

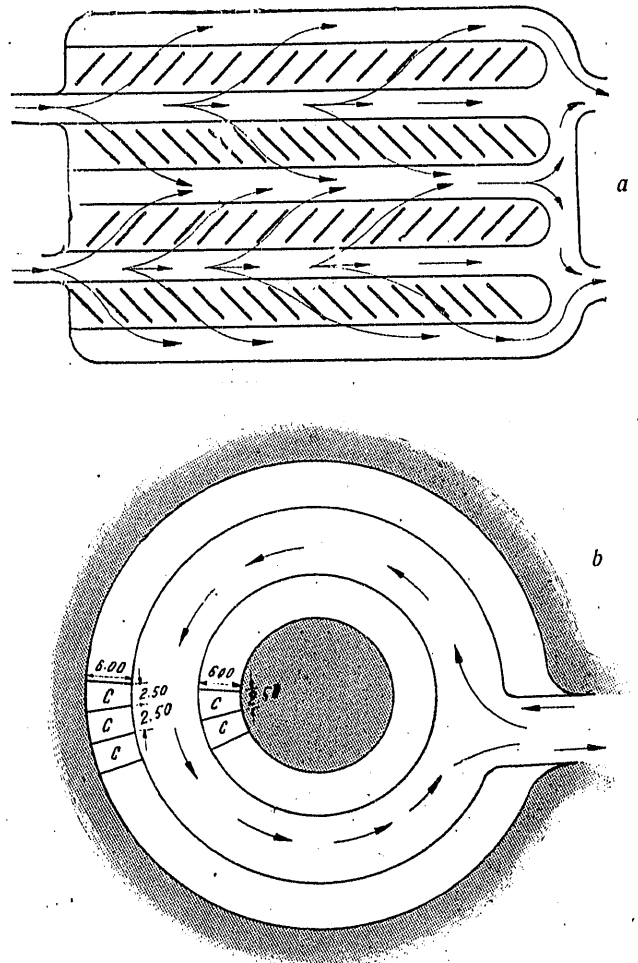


Fig. 1.^a — Ejemplos de disposiciones especiales en planta.

Bajo calles:

Espacio suficiente y dimensiones que fijan disposiciones convenientes.

Las cargas del tráfico se pueden suponer repartidas uniformemente y resistimos con bóvedas de hormigón en masa.

Si la calle es un poco ancha, no son necesarios apeos de edificios y éstos no mandan cargas desfavorables.

Si están a flor de tierra, deberán resistir el tráfico directamente y exigirán, en muchos casos, armaduras.

Por las filas de coches.

Una fila de coches (fig. 2.^a, a).

Ventajas:

Poca luz y entibación y poca utilización de la vía de cimbras económicas.

Inconvenientes:

Poca utilización de la vía de tráfico.

Dos filas de coches (fig. 2.^a, b).

Buena utilización de la vía de tráfico. Costo moderado.

Cuatro filas de coches (fig. 2.^a, c).

Mayor concentración de servicios.

Costes de excavación y cimbras elevados. Dificultad de acomodamiento a calles estrechas.

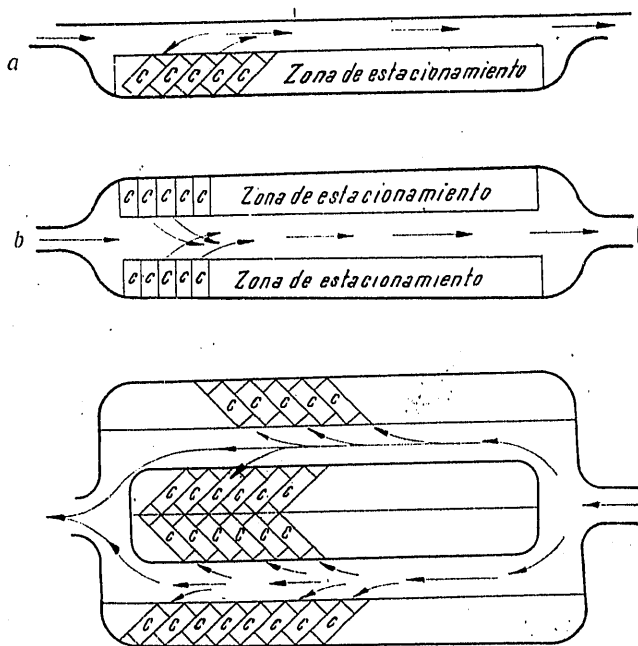


Fig. 2.^a — Diversas soluciones, según el número de filas de coches.

Deducimos como preferible la solución *bajo calles o plazas con disposición de una o varias galerías calculadas para dos filas de coches.*

Por la disposición de los coches.

Los ejes de los coches pueden colocarse respecto al eje de la galería desde paralelos hasta normales, pasando por todas las inclinaciones posibles. La solución más conveniente será la que necesite menor:

Luz de galería.

Superficie en planta.

Sección.

Influye especialmente en el costo de cimbras y entibaciones.

Influye en la longitud del túnel, volumen a excavar y afirmado.

Influye en el volumen a excavar y en los gastos de maderaje auxiliar.

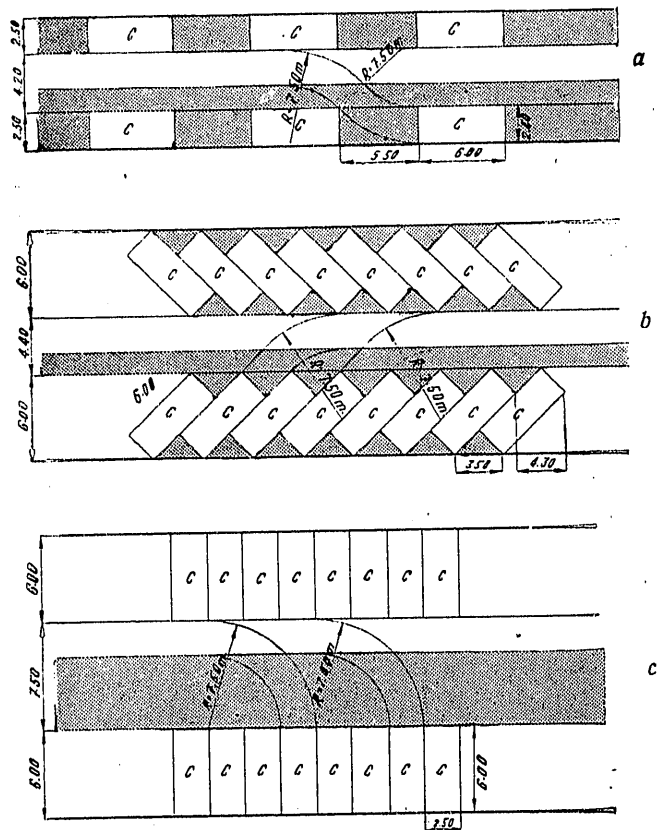


Fig. 3.^a — Espacio perdido al variar la colocación de los coches en las filas.

Los tres factores intervienen en mayor o menor grado en el costo del revestimiento de la galería.

Estudiamos a continuación las tres disposiciones con coches paralelos a la galería, normales a ella e inclinados 45°. La inclinación más conveniente para

que no quede superficie perdida no es exactamente 45° , pero tomamos ésta aproximadamente porque no es posible inclinar los coches con minutos y segundos. l , luz; s , superficie; ve , volumen excavación; vh , volumen hormigón.

II. - Descripción de la solución adoptada.

Para fijar la indeterminación que la ubicación de la zona de estacionamiento representa en muchas de las características de la obra, la estudiaremos concre-

Dimensiones 100 coches.	Ventajas.	Inconvenientes.
Filas paralelas (figura 3.^a, a): $l = 9,20$ m. $s = 5,290$ m.² $ve = 56,5$ m.³/m. l. $vh = 22$ m.³/m. l.	Luz mínima y mínimo costo de cimbras y entibación.	Necesitan una longitud adicional para entrar y salir de la fila de 5,50 m., ocupando entonces cada coche 11,50 m. Para colocarse los coches, deben tomar curva y contracurva, muy difíciles al salir hacia atrás. Superficie perdida muy grande.
Inclinados 45° (figura 3.^a, b): $l = 16,40$ m. $s = 2,952$ m.² $ve = 97,5$ m.³/m. l. $vh = 42$ m.³/m. l.	Máxima utilización de la zona central de tráfico. Circulación y colocación de los coches, muy cómoda. Mínima superficie perdida.	Mayor luz y costo de cimbras, pero relativamente moderado. Se pierde superficie en la colocación de los coches. Longitud necesaria por coche, 3,50 m., más 4,30 m. por el último coche.
Normales (figura 3.^a, c): $l = 19,50$ m. $s = 2,437,5$ m.² $ve = 128$ m.³/m. l. $vh = 52$ m.³/m. l.	Superficie perdida, utilizable en la zona central para aumentar la capacidad de circulación.	Luz muy grande y costo de cimbras y entibaciones, elevados. Menor comodidad de circulación que en la disposición anterior. Mayor dificultad para entrar en el sitio de la fila.

A la vista de este cuadro el estudio económico da como a menos costosa la segunda solución, lo que, unido a sus positivas ventajas de circulación, nos hacen considerarla como la más conveniente.

Elegimos, pues, como solución, galerías para dos filas de coches colocados a 45° y con sección de directriz elíptica.

tamente en la Gran Vía de José Antonio, en el trozo comprendido entre la Plaza del Callao y la Red de San Luis. Las particularidades de esta calle en el sitio elegido, su anchura y distribución del tráfico, aconsejan la solución de una sola galería con entrada y salida por la zona central de la calzada.

Las figuras 4.^a a 6.^a dan idea clara de la obra, que

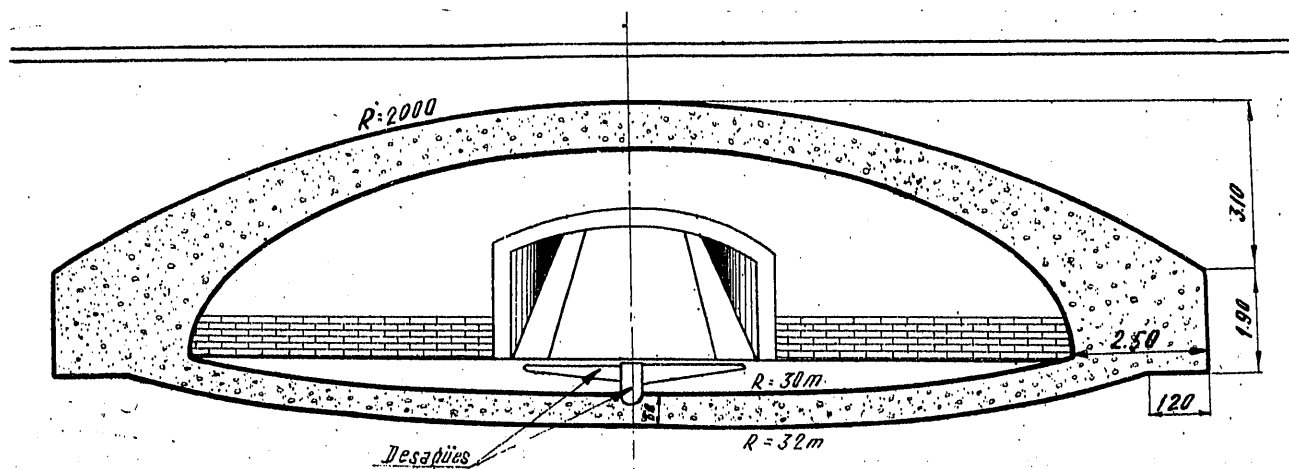
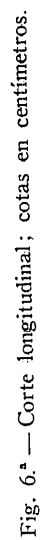
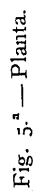


Fig. 4.^a — Sección I-I'.



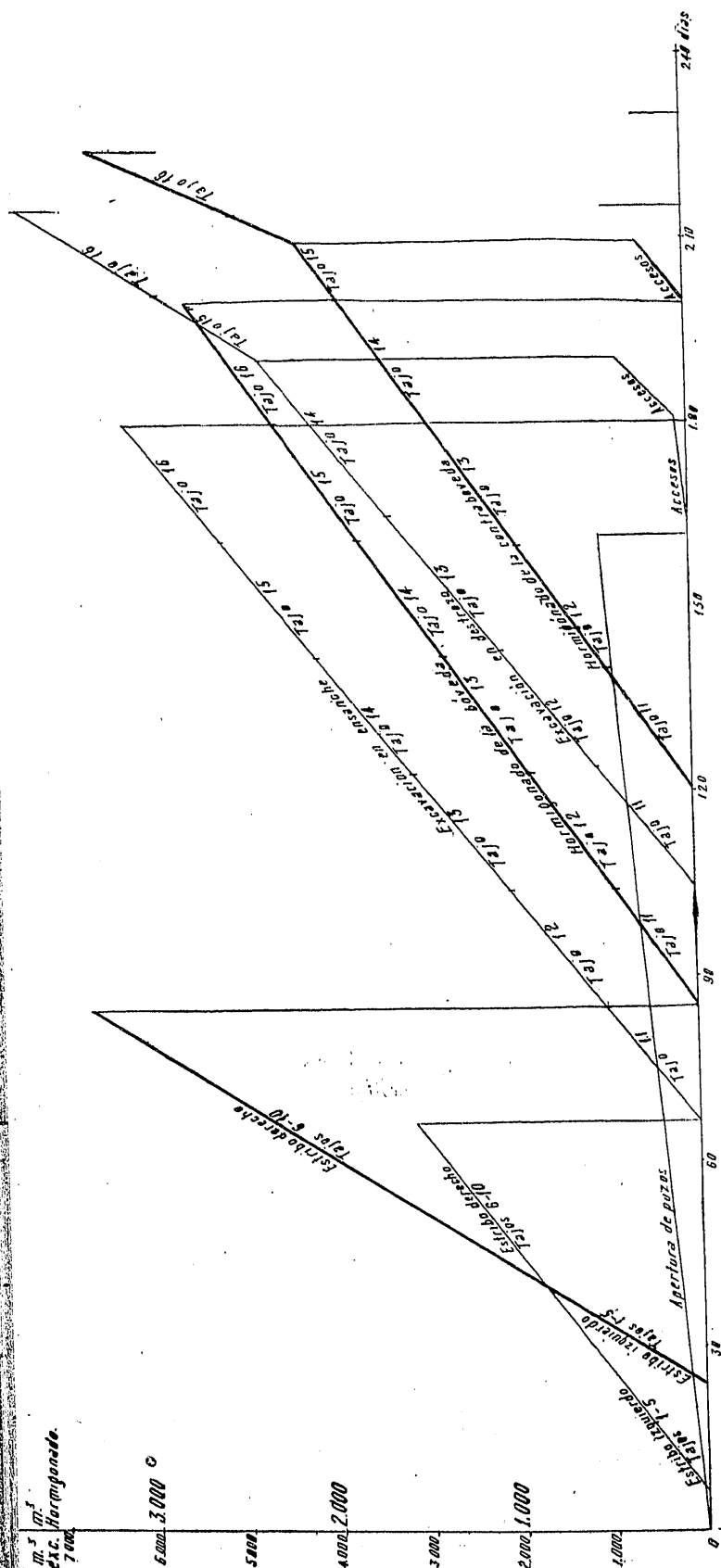


Fig. 7.^a—Gráfico de marcha de la obra.

está formada por una galería de 183 m. de longitud y sección de intradós elíptico con luz de 16,50 m. y flecha de 4 m., y trasdós circular de 20 m. de radio. Con una hipótesis de cálculo, pesimista, resulta un espesor de la bóveda, en la clave, de 85 cm., y la distancia entre la superficie libre y la superior del trasdós, de 1,15 cm., espesor que, actuando de relleno, permite considerar las cargas del tráfico como uniformemente repartidas. El espesor de los estribos es de 2,50 m.

La contrabóveda está formada por dos arcos circulares de 57 y 60 m. de radio en intradós y trasdós, respectivamente, con un espesor en su parte central de 60 cm. El firme está al nivel del eje mayor de la elipse, con pendiente transversal hacia el centro de 2 por 100, construyéndose de hormigón en masa con dos capas de 10 y 5 cm., y cubierta esta última por un enlucido de mortero de cemento. Este firme es suficiente, dada la finalidad a que se destina la zona de estacionamiento.

El espacio comprendido entre el firme y la contrabóveda lo rellenamos con piedra partida, análoga a la utilizada para la fabricación del hormigón, ya que si rellenásemos con hormigón desvirtuaríamos la función resistente de la contrabóveda, al par que se encarecería la obra.

Evacuación especial el sistema de drenaje y evacuación del agua procedente de la limpieza del local, o la de lluvia introducida por las bocas de acceso. Está formado por un colector central de hormigón de 25 cm. de radio en su sección semicircular, que continúa después con paredes rectas hasta la superficie, de la que le separa una serie de placas de hormigón armado de 50 por 50 cm. y 10 cm. de espesor, cubiertas de agujeros de 2 cm. de diámetro colocados a tresbolillo. Estas placas, alternan con otras macizas de longitud doble, y análogas, las demás características. Completan el sistema los drenes del pavimento y relleno, así como otros dos transversales que recogen a su llegada el agua que pudiera penetrar por los accesos, desaguando todos en el colector central, que va a su vez directamente a la alcantarilla. Finalmente, y con independencia de los anteriores colocamos dos colectores en la superficie, en las bocas de los accesos, para evitar que las aguas de lluvia o riego penetren en el interior.

Los accesos se abren en el centro de los muros de cierre de la galería principal; están formados de dos partes: la primera, de 4,50 m. de luz, con calzada central de 3 m. y aceras de 0,75 m., tiene una longitud de 20 m. y una pendiente del 15 por 100; la segunda, ya a cielo abierto, con longitud horizontal de 15 m. y pendiente del 20 por 100, tiene una anchura de 2,80 m. El aumento de pendiente y la disminución de la anchura tiene por finalidad ocupar el menor espacio posible de la calzada superior. En esta segunda parte, y para proteger la circulación del per-

sonal afecto a los coches, se han dispuesto nichos de 1 m. por 60 cm., colocados cada dos metros y a ambos lados de la calzada.

Hemos proyectado en cada uno de los extremos de la galería dos cabinas de 25 m.² cada una, que tienen por finalidad albergar las personas encargadas de la portería y vigilancia, o del cobro de un canon por vehículo y tiempo de permanencia, si esto se estimase conveniente para la amortización de la obra o para cubrir los gastos de vigilancia y conservación. En ellas pueden también instalarse salas de espera para chóferes, lo que, unido a un buen servicio telefónico, haría el servicio muy cómodo y seguro. Dichas cabinas las construimos de carpintería metálica con grandes cristales, que permiten una buena vigilancia, y ocupan rincones que, de no ser por esto, serían espacio perdido. Junto a ellas se instalarán hinchaneumáticos móviles, pero queda prohibido, de acuerdo con la legislación a este respecto, la instalación de columnas de abastecimiento de combustible.

Tanto con fines decorativos como higiénicos, se ha colocado un zócalo de 80 cm., de azulejo blanco, en todos los muros de galería y accesos, y rebordes del mismo material en las intersecciones de los accesos con los muros de cierre de la galería central.

Finalmente, colocamos a la entrada de la zona de estacionamiento una señal que lo indique, y que permita advertir que no hay sitio disponible cuando aquella esté completamente llena. Proponemos para la primera, una corona circular roja cruzada por una barra inclinada 45° de derecha a izquierda, sobre fondo blanco, y para la segunda, dos luces, verde y roja, instaladas en la señal anterior, que servirán de indicación, manejadas desde la cabina de vigilancia.

III. - Plan de obras.

Lo dividimos, para su estudio, en dos partes: la primera, detalla el procedimiento constructivo, y la segunda, comprende el estudio del plazo de ejecución, los rendimientos y organización de los diversos medios de producción.

a) Procedimiento constructivo.

Teniendo en cuenta los fuertes empujes que manda la bóveda a los estribos, resulta conveniente la utilización de un método parecido al llamado "método alemán" para la construcción del túnel, construyendo primero los estribos y después la bóveda, cuando ya aquéllos pueden soportarla. De este modo queda la obra dividida en tres partes diferenciadas, que construiremos sucesivamente, cumpliendo así nuestro propósito de utilizar el menor espacio posible de la calle, pero que, caso de conseguir la oportuna autorización municipal, pueden simultanearse con la consiguiente disminución en el plazo de ejecución.

El orden a seguir será: estribo derecho, estribo izquierdo y bóveda central, realizándose la excavación por medio de una serie de pozos convenientemente agrupados, de modo que formen la serie de tajos que pueden verse numerados en la figura 8.^a. Los pozos, en las zonas de los estribos, están separados 18 m. y agrupados dos a dos dentro de una valla que rodea un recinto de 20 por 3 m. (fig. 9.^a), y que ocupa la zona de estacionamiento actualmente situada

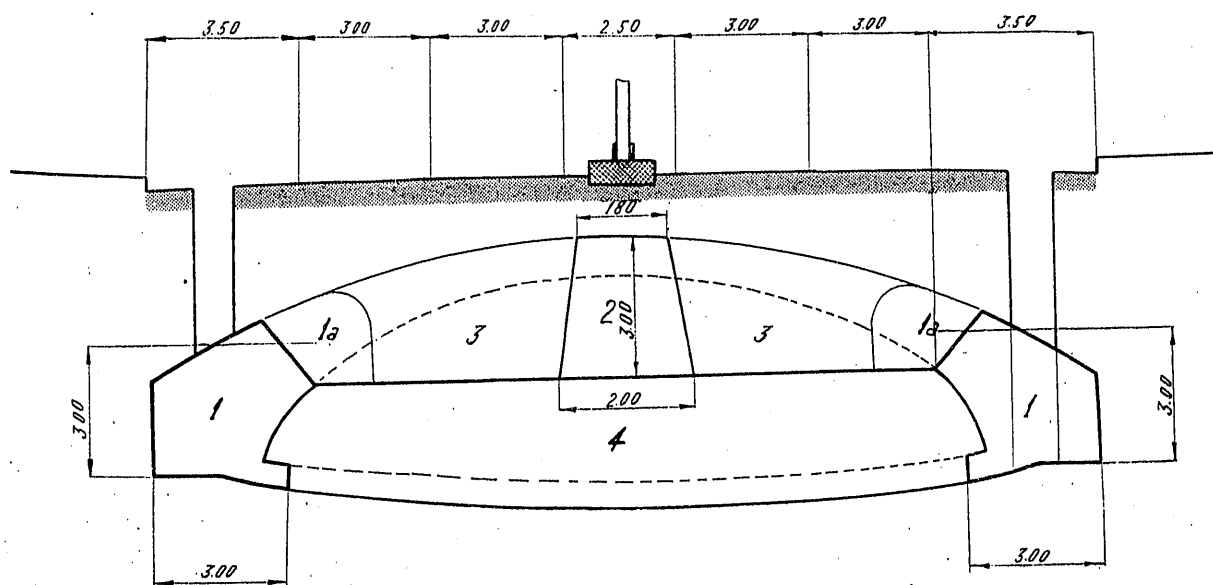


Fig. 8.^a — Situación relativa de la sección respecto a la calzada y orden de excavación: 1, estribos; 1a, galerías auxiliares para el hormigonado de los estribos; 2, avance central; 3, ensanche; 4, destroza.

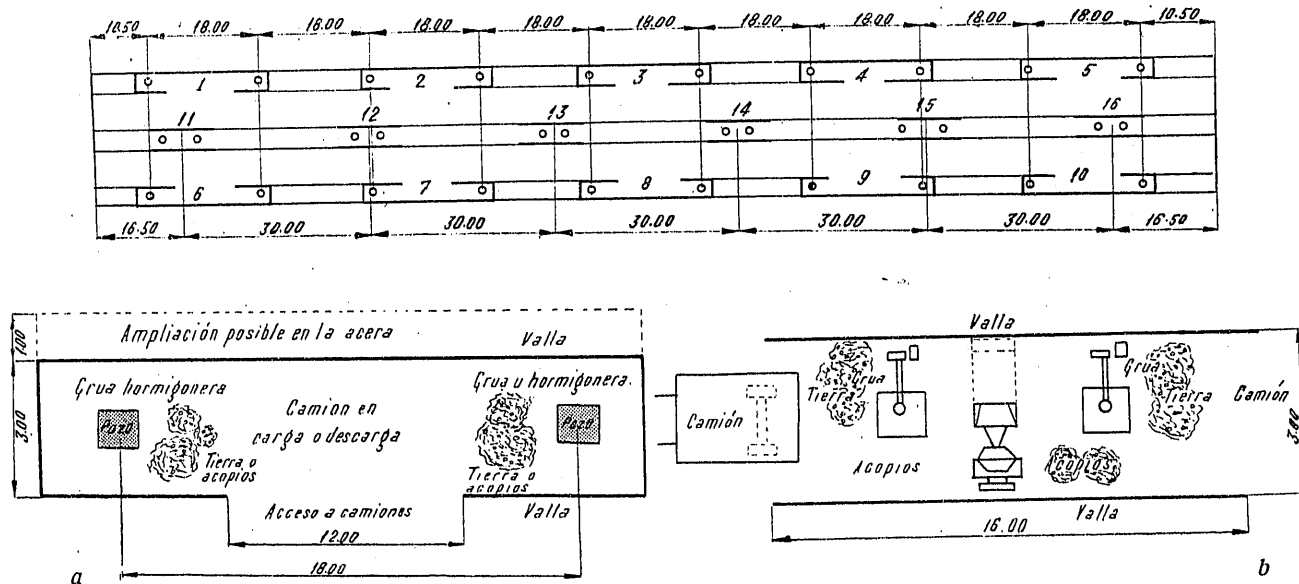


Fig. 9.ª — Disposición de los tajos y modelos de las dos clases de recintos que los forman.

junto a las aceras. Esta zona es susceptible de ampliación hacia dichas aceras, y permiten la introducción en su interior de los camiones encargados del transporte a vertedero de los productos de la excavación, de modo que éstos queden retenidos por la valla, que impide su salida al exterior y el posible estorbo a los usuarios de la calle.

Los tajos utilizados para los trabajos de la bóveda central están situados a 30 m. unos de otros, y cada tajo formado (fig. 9.ª, b) por el conjunto de dos pozos contiguos de las mismas características que los utilizados para los estribos, y una abertura central entre ellos, destinada a permitir el rápido transporte del hormigón. También estos recintos almacenan los productos de la excavación durante el tiempo en que el excesivo tráfico impide su retirada, penetrando en su interior los camiones encargados del transporte a vertedero y de los acopios para el hormigonado. Las dimensiones de estos recintos son 16 por 3 m., y ocupan la zona central de la calzada de 2,50 m., que servía para el estacionamiento, más 0,25 m. a cada lado, con lo que todavía quedan libres tres circulaciones en cada dirección.

Estos recintos que forman los tajos sucesivos están ajustados a la obra, de modo que, cuando más, sean tres los que simultáneamente ocupen la calzada. Su disposición puede verse en las figuras 8.ª y 9.ª, conteniendo además esta última el orden de ejecución de los trabajos. Una brigada de obreros que precede a la excavación, realiza la apertura de los pozos y su unión por medio de galerías de avance que fijan cuidadosamente las alineaciones.

Al excavar los estribos aumentamos su sección con una galería lateral que permite la terminación

cómoda de su hormigonado, que resultaba muy difícil con la sola ayuda de los pozos. Estas galerías no suponen pérdida alguna, pues forman parte de la excavación necesaria para la galería central de la bóveda. Después tiene lugar la excavación de la parte superior de esta galería y su entibación con abanicos cada 1,25 m. Estas entibaciones y las de los estribos se realizan con rollizos de 10 a 20 cm. de diámetro, con disposición radial, y dejando un hueco central que permita el paso de los medios de transporte.

El hormigonado lo hacemos por anillos de 2,50 metros, utilizando cimbras metálicas separadas 1,25 metros, que se adaptan al intradós elíptico de la bóveda y están constituidas por una doble T, número 25/10 del Catálogo de Altos Hornos. Estas cimbras tienen un peso aproximado de 1 400 Kg. y están divididas en tres trozos para facilitar su manejo. Después del hormigonado de la bóveda tiene lugar la excavación en destroza de la parte inferior de la galería, el hormigonado de la contrabóveda, el relleno y la ejecución del firme.

b) Rendimientos y organización en el tiempo.

La reducida capacidad de los recintos obliga a emplear métodos de rendimiento limitado, y así la marcha de la obra queda fijada por las grúas de 500 kilogramos que extraen los productos de la excavación, siendo la capacidad del caldero 200 litros y, dada la poca profundidad de extracción, el rendimiento de 10 viajes por hora, incluida carga y descarga. Utilizando dos turnos de ocho horas, conseguimos un rendimiento diario de 32 m.³ por grúa.

Los tajos están compuestos de dos grúas con sus pozos y dos frentes de ataque en cada uno de ellos, de manera que el campo de acción de cada pozo es de 9 m. a cada lado. Siendo el volumen a excavar, por estribo, de $8,56 \text{ m}^3/\text{m. l.}$, descontada la galería de avance, y con un coeficiente de expansión del 20 por 100 para la tierra arcillosa, el volumen total a extraer por cada pozo será de $8,56 \cdot 1,20 \cdot 18 = 185 \text{ m}^3$. Con el rendimiento antes deducido puede realizarse el tajo en $185/32 = 5$ días y 12,5 horas, pudiendo tomarse seis días para tener en cuenta el tiempo necesario para el traslado de herramientas y la disminución del rendimiento al comienzo de los tajos.

La velocidad de hormigonado la calculamos de modo que dure lo mismo que la excavación, pasando sucesivamente los equipos de un tajo a otro, con lo que sólo estarán ocupados dos de ellos, y un tercero, en el que actúa la brigada de apertura de pozos que precede a la excavación. El volumen de hormigón a colocar es de $8,9 \text{ m}^3/\text{m. l.}$, y por pozo, $160,2 \text{ m}^3$, que deben realizarse en 92,5 horas, lo que exige un rendimiento de $1,75 \text{ m}^3/\text{hora}$, que conseguimos con una hormigonera de 150 litros.

Los tajos constan en la zona central de dos pozos contiguos y solo dos frentes de ataque, siendo 4 m^3 por hora el rendimiento de las dos grúas, y $33,97 \cdot 30 \cdot 1,20 = 1224 \text{ m}^3$ el volumen total a excavar, que, con los dos turnos establecidos, puede terminarse en $1224/4 \cdot 16 = 19$ días. Debiendo colocarse $1480,20 - 1167 \text{ m}^3$ de hormigón será preciso,

de la figura 7.^a, donde puede verse que el plazo de ejecución es de 225 días, e incluyendo la construcción del afirmado y decoración, 240 días.

El personal necesario para las diversas operaciones de cada tajo depende del rendimiento de las cuadrillas, a las que puede exigirse un rendimiento elevado, pues las disposiciones oficiales han establecido la jornada de seis horas en trabajos subterráneos, y siendo éste poco molesto, estará seguramente muy solicitado. Como ejemplo de la constitución de las cuadrillas, indicamos la composición de la encargada de la excavación de la galería central con dos frentes de ataque:

- 1 capataz.
- 2 entibadores (uno por cada ataque)
- 2 ayudantes de entibador.
- 4 piquetas (dos por cada ataque).
- 4 peones para llenar vagonetas.
- 4 peones para transportar vagonetas.
- 4 peones para cargar los calderos.

A este personal debe agregársele los encargados del manejo de las grúas, su descarga y la carga de los camiones con los productos de excavación para su transporte a vertederos.

IV. - Presupuestos.

Finalmente, y para dar por terminado este tra-