

# LA NUEVA LÍNEA DE BULEVARES DEL METROPOLITANO DE MADRID

## DESVIACIÓN DE COLECTORES EN LA PLAZA DE COLÓN

Por MARIANO CALZADA, Ingeniero de Caminos.

*Describe el autor, con el profundo conocimiento que le da su cargo de Subdirector del Metropolitano, algunas particularidades interesantes de la construcción de esta nueva línea, cuya inauguración se celebrará dentro de breves días.*

Una vez más el Metropolitano de Madrid consigue terminar la construcción de un tramo de su red y ponerlo en servicio en los plazos previstos al comenzar la obra. La nueva línea de Bulevares quedará abierta al servicio público pocos días después de la publicación de este número.

La exactitud en el cumplimiento de los planes de obra merecía destacarse en épocas en que los transportes y suministros de materiales no suponían otros problemas que los de organización y económicos, y justifica, en este caso, algún comentario sobre las dificultades vencidas en las actuales circunstancias. Mas siendo muy interesantes los detalles que pudieran ofrecerse, que fácilmente resultarían muy extensos, no descubrirían nada a nuestros compañeros los lectores de la REVISTA, que en sus construcciones han sufrido las mismas dificultades y vencido situaciones análogas.

El comentario que nos proponemos hacer es más modesto y quizá también menos conocido, aunque de una obra como la del Metropolitano, ejecutada en Madrid y cuyas inevitables molestias a todos alcanzan, poco se desconoce.

Es esta obra una de las de más fácil acceso; al tajo más distante se llega en pocos minutos, desde cualquier lugar de Madrid. Y esta facilidad se traduce en que la inspección de la obra no solamente resulta de una eficacia y continuidad extraordinarias por parte de la Inspección del Estado y de los Servicios Municipales, sino que también se realiza prácticamente por todos los habitantes de Madrid. Y es que el madrileño no necesita visitar nuestra obra, porque, a pesar suyo, la encuentra en su camino.

La instalación de pozos de trabajo y auxiliares, los acopios de materiales y transporte de tierras, los trabajos en zanja y los desvíos de servicios, no pueden pasar inadvertidos; originan molestias que obligan, al proyectar, a no adoptar siempre la solución parcial más conveniente, sino la que menos molesta o entorpece el tráfico.

Corresponden las mayores molestias que la obra produce, a los trabajos ejecutados en zanja, por lo cual se procura, en el proyecto, limitar estos tajos a lo estrictamente indispensable, y merece destacarse que en nuestra obra no suele obtenerse con ellos ventaja económica apreciable respecto a los trabajos ejecutados en túnel.

Zonas de obra, que para mayor seguridad y rapidez deberían ejecutarse en zanja, se construyen en túnel, con el sólo objeto de que no afecten al tráfico. Mas llega a resultar impracticable esta norma cuando se encuentran en obra los servicios instalados en el subsuelo. Y entonces algún tramo de túnel, con más frecuencia las galerías de acceso a las estaciones, y siempre las mismas desviaciones de los servicios que se encuentran en el subsuelo, han de ejecutarse a cielo abierto.

Dato indispensable para el proyecto de una línea de Metropolitano, es el conocimiento de todas las instalaciones existentes en el subsuelo, cuyas profundidades medias varían poco para cada servicio. Los cables y tuberías de distribución suelen encontrarse hasta la profundidad de 2 m. Las arterias de alimentación llegan a profundidades de 4 m., situadas corrientemente en galerías. Las alcantarillas alcanzan profundidades de 6, 8 y 10 m., corrientemente. Y los viajes antiguos de conducción de aguas se encuentran, a veces, muy superficiales, y, en otras ocasiones, a profundidades mayores.

Todos los servicios instalados en el subsuelo, que se encuentran dentro del trazado, han de desviarse con anterioridad a la ejecución de la obra, siendo entre ellos el de mayor influencia en el proyecto el de alcantarillado, no sólo por su importancia económica, sino por el plazo de ejecución que requiere su desvío, siempre anterior a la ejecución del tramo de obra correspondiente, y en ocasiones, aun a la instalación del pozo para la ejecución del túnel.

La profundidad media de la red del alcantarillado

parece aconsejar, en principio, la adopción de trazados profundos para el Metropolitano, pasando por debajo de los desagües naturales. Mas lo accidentado del terreno de Madrid, obligaría a situar muchas estaciones a profundidades excesivas.

Dos detalles darán idea clara de los desniveles que se observan. En la misma Puerta del Sol, entre la entrada de la calle de Alcalá y la del Arenal, el desnivel es de más de 4 m. Y en el tramo entre dos estaciones contiguas de la red, las de Ópera y Norte, el desnivel entre carriles es de más de 45 m.

Estas desigualdades del terreno, con trazados iniciales profundos, llevarían a estaciones con profundidades realmente impracticables para los viajeros, a más de obligar a construir la mayor parte de las líneas atravesando las capas de agua, creando dificultades de construcción que rara vez se han encontrado.

Pese a la situación corriente de los servicios en el subsuelo, resulta, pues, natural el trazado superficial de las líneas a la profundidad indispensable para su fácil ejecución en túnel, tratando, en lo posible, de respetar con la galería los servicios de cables y tuberías superficiales, y de salvar, por encima, los desagües naturales de las alcantarillas principales, cosa que, naturalmente, no siempre se consigue.

En la línea de Bulevares, el perfil obligado de algunos tramos determinó la construcción, en zanja, de dos de ellos: uno, en la Glorieta de Bilbao, y el otro, en la Plaza de Colón.

Los cruces, en las Glorietas de Bilbao y San Bernardo, con las líneas núms. I y II del Metropolitano, previstos al construir estas líneas para pasar por encima de ellas la línea de Bulevares (núm. IV), fuerzan a un perfil tan superficial en alguna zona, que ha

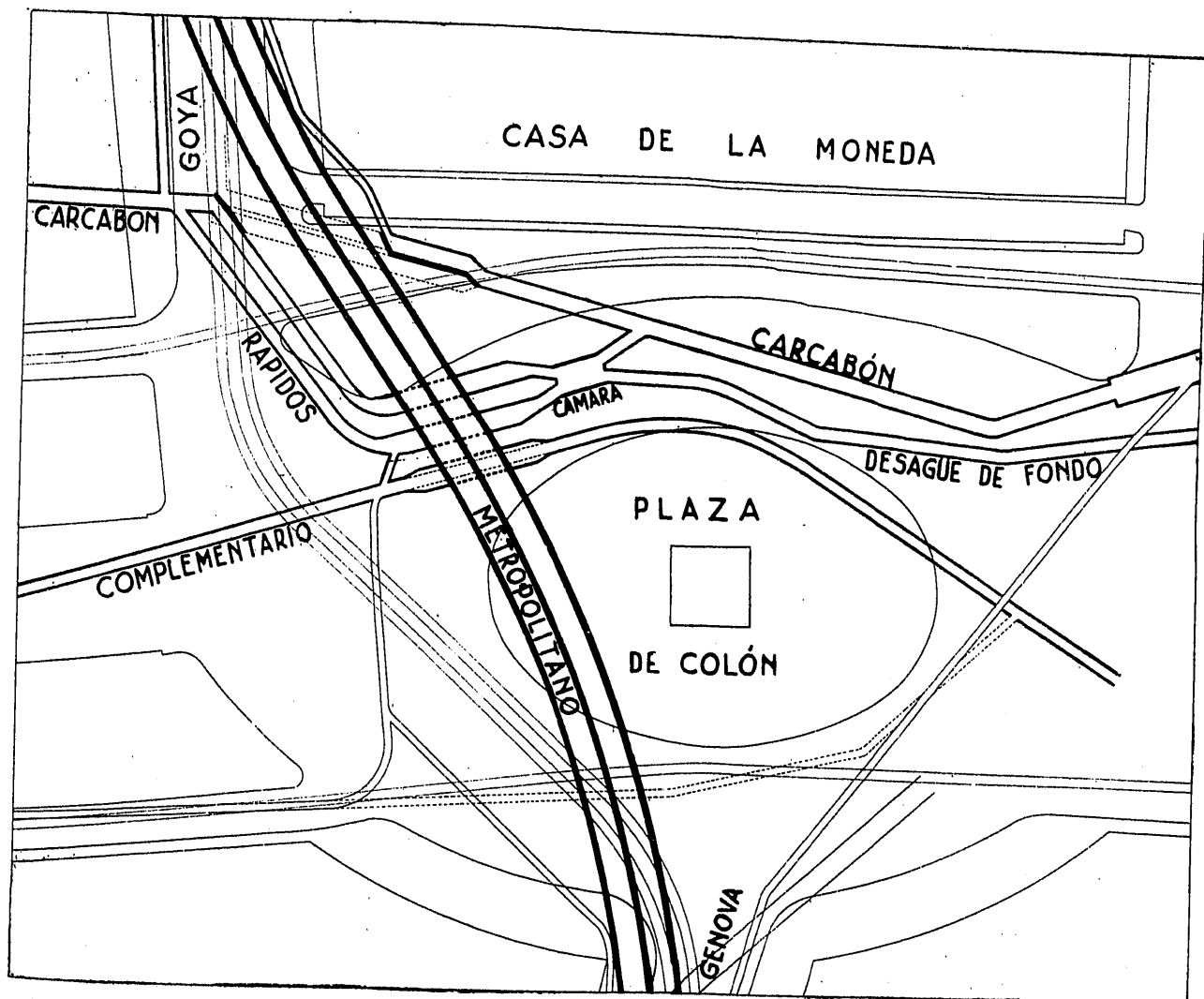


Fig. 1.ª — Desviación de colectores en la Plaza de Colón. Plano general.

obligado a construir, en zanja, la galería en la Glorieta de Bilbao y en la entrada de la calle de Carranza, y a desviar en esta zona todos los servicios superficiales.

El cruce por debajo de las líneas I y II hubiese aumentado en más de 10 m. la profundidad actual de las estaciones de Bilbao y San Bernardo, de la línea de Bulevares.

Los principales obstáculos para el paso de la Plaza de Colón son los colectores de la red general de alcantarillado y la galería (proyectada en esta zona) para el túnel de Enlaces Ferroviarios, sin altura suficiente para el paso del Metropolitano entre ellos. El paso por debajo de la galería de Enlaces y de su alcantarilla de desagüe, que se encuentra a 23 m., hubiese situado al Metropolitano a más de 28 m. de profundidad en un punto bajo de la línea, decidiendo la mayor parte de su perfil y dejando varias de sus estaciones a profundidades impracticables.

Resulta, pues, obligada la solución superficial para el cruce de la Plaza de Colón. Y a fin de elevar todo lo posible la rasante del Metropolitano, con objeto de salvar el desagüe de los colectores, se ha desdoblado la galería normal para doble vía, en dos galerías gemelas de simple vía, que por su escasa luz han podido construirse con un arco tan rebajado que da casi la altura mínima de la galería con techo plano.

Consecuencia natural de este perfil, ha sido el tener que construir en zanja más de doscientos metros lineales en todo el cruce de la Plaza de Colón y entrada de las calles de Génova y Goya. La poca altura del pavimento sobre el trasdós de la galería, ha obligado a hacer la desviación de todos los servicios superficiales en esta zona. Las conducciones de agua del Canal de Isabel II y de Santillana, tuberías del gas, tuberías de series de bocas de riego y de viajes antiguos, cables de distribución de Unión Eléctrica Madrileña, Compañía Electra, Tranvías y Metropolitano, cables de la Red Telefónica Oficial y de la Compañía Telefónica y depósitos de la CAMPSA, han tenido que modificar su trazado desde el cruce de Marqués de la Ensenada hasta la calle de Serrano.

A más de estos desvíos de servicios superficiales, se han hecho algunos otros en servicios de más importancia, como el sifón construido para el Canal de Isabel II en la entrada de la calle de Génova, con galería de tres metros de luz para la arteria de novecientos milímetros de diámetro. Y en otros puntos de la línea se han hecho tres desvíos de arterias análogos al de ésta. También se han modificado dos viajes de agua profundos en la calle de Goya, entre Colón y Serrano.

Y aun habiéndose levantado cuanto ha sido posible la rasante del Metropolitano, han resultado precisas modificaciones de importancia en algún colector de la red general de alcantarillado.

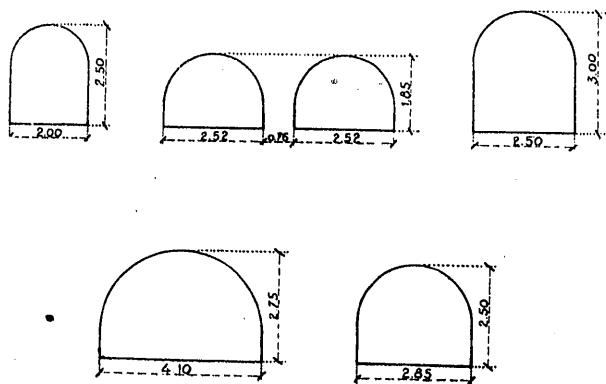
Es, concretamente, la modificación del Colector del Carcabón la que, como un detalle de la obra, vamos a ofrecer, después de haber expuesto la importancia que, para la construcción de una línea del Metropolitano, tiene la desviación de los servicios que se encuentran en el subsuelo.

Los tres colectores de la red general de alcantarillado que siguen la vaguada de la Castellana, atraviesan el túnel a distintas alturas en la Plaza de Colón.

Son estos colectores: el Colector Oeste, que sigue por este lado de la Castellana, con sección de alcantarilla corriente y bastante caudal para esta sección; el Colector Complementario, que sigue por el centro del Paseo, el más moderno de los tres, de sección amplia y bien concebida, con andén visitable, y el Colector del Carcabón, que sigue por el Este de la Castellana, antiguo, y de secciones muy amplias pero con solera plana enlosada en algunos tramos.

En la misma situación continuaban estos tres colectores por el Paseo de Recoletos hasta cruzar la Plaza de la Cibeles, donde, ante el Banco de España, en la entrada del Paseo del Prado, desagua el Colector Oeste en el Colector Complementario, y a

### Secciones Actuales.



### Secciones Construidas.

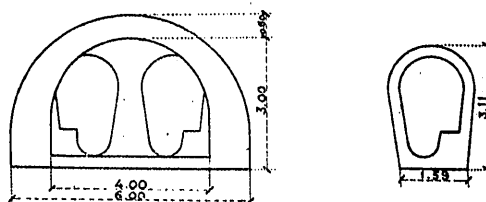


Fig. 2.<sup>a</sup> — Secciones transversales existentes y que se construyen en el desvío del Colector del Carcabón.

poca distancia vierte éste en otro colector antiguo, el de Trajineros, de secciones análogas a las del Carcabón.

Y a lo largo del Paseo del Prado corren solamente los dos colectores antiguos del Carcabón y Trajineros.

Todos estos colectores son bien conocidos, por los sucesivos cruces del Metropolitano: en Atocha, con la línea número I; en Cibeles, con la línea número II, y en Colón, con la línea número IV. La toma de datos, imprescindible para proyectar las modificaciones necesarias en los cruces, se ha efectuado, en muchos casos, con verdadero peligro, por no ser, de todos ellos, visitable más que el Colector Complementario.

La unión del Colector Oeste y del Complementario, que antiguamente existía a la entrada del Paseo del Prado, se había adelantado antes de terminarse el estudio de la línea de Bulevares, hasta la

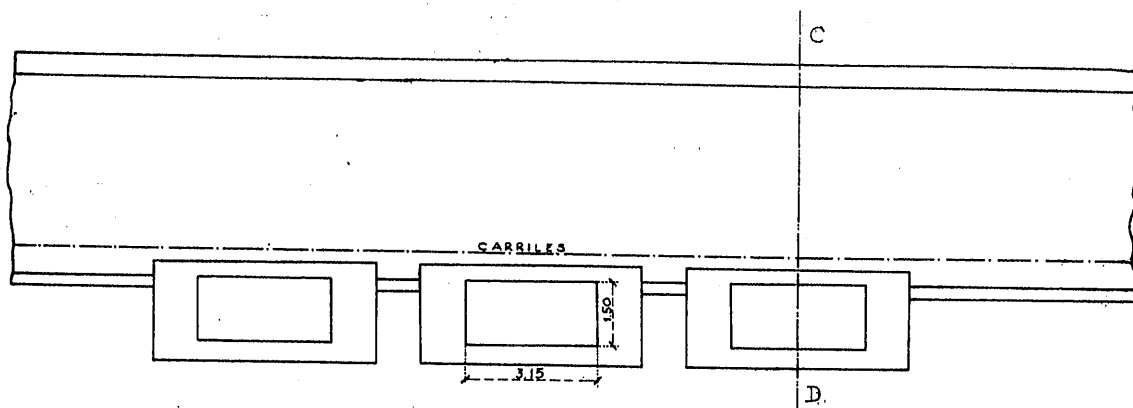
Plaza de Colón, a la entrada del Paseo de Recoletos. El cruce del Colector Oeste se ha resuelto, naturalmente, sin más que adelantar aún más su injerito al Complementario en la misma Plaza de Colón, aguas arriba del cruce con la línea de Bulevares.

El Colector Complementario, que tiene más de dos metros y medio de altura libre, queda en el cruce, con su solera a poco más de dos metros bajo la rasante de carriles. Se ha conservado la rasante de su solera, modificando la sección en el cruce, que se deja rectangular, de tres metros de anchura por metro y medio de altura libre.

El Colector del Carcabón, que es, de los tres, el de mayor capacidad de desagüe, es, también, el que se cruza en peores condiciones, pues toda su sección atraviesa la galería del Metropolitano a media altura.

La multiplicidad de cambios de sección, que actualmente parecen injustificados, y la misma forma de estas secciones, todas ellas con solera plana, dan

## SECCIÓN POR A-B



## SECCIÓN POR C-D.

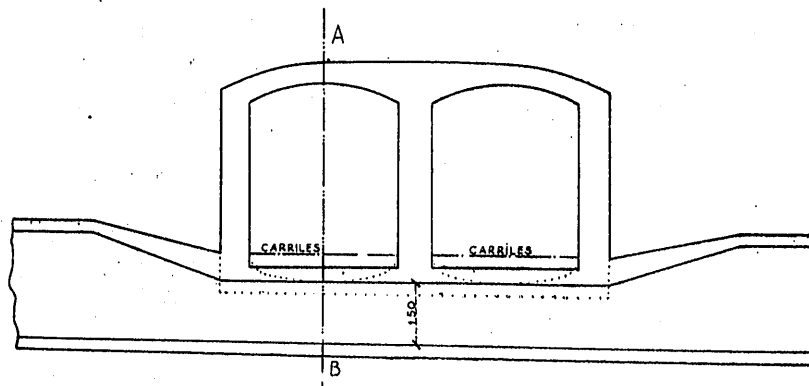


Fig. 3.ª — Cortes longitudinales del cruce del Carcabón con el Metropolitano.



Fig. 4.ª — Secciones antiguas del Colector del Carcabón, y presa para el desvío provisional del servicio durante la construcción de los injertos.

idea de la antigüedad de este colector. Probablemente resultarían interesantes los datos que, sobre la época y circunstancias de su construcción, pudieran obtenerse investigando en el Archivo Municipal. Mas, lo que desde luego puede afirmarse, es su buena ejecución, por la calidad de materiales y fábricas y ausencia de huecos en trasdós, que atestiguan los rompimientos efectuados.

Un sifón en el colector, con desagüe natural de fondo, es la solución definitiva adoptada para el cruce. Esta solución encontró, en principio, la natural resistencia por parte del Servicio municipal correspondiente, que, en defensa de los intereses que representa, trataba de evitar la ejecución de un sifón en los colectores; y reforzaba esta resistencia, el resultado, poco satisfactorio, del único sifón existente en Madrid entre los colectores de las dos márgenes del Manzanares, aunque las circunstancias de ambos fuesen tan diferentes.

Finalmente, los Técnicos Municipales, no sólo aceptaron la solución sino dieron también facilidades, que se han traducido en mejoras de la disposición proyectada. Y da idea de haberse considerado no solamente viable, sino conveniente, el hecho de citarse en el libro sobre alcantarillado, de nuestro compañero Paz Maroto, esta obra de cruce, al lado de otras análogas en Metropolitanos extranjeros, de

las que destaca por la ventaja indiscutible de disponer de un desagüe natural de fondo.

La disposición adoptada se ve claramente en el plano general. Se ha desdoblado el colector en dos galerías desde el origen hasta el punto bajo del sifón, aguas abajo del cruce con el Metropolitano. Y estas dos galerías se unen inmediatamente en una gran cámara, de la que arrancan el desagüe de fondo y la rama ascendente del sifón.

El desagüe de fondo se hace a través del antiguo Colector Complementario, que está fuera de servicio como consecuencia de las desviaciones necesarias para la construcción del túnel de Enlaces Ferroviarios, y que resulta utilizable en una zona de ciento ochenta metros lineales hasta la altura de la calle de Villanueva. Y en este punto se lleva el desagüe de fondo a injertar nuevamente en el Colector del Carcabón, a menos de metro y medio por debajo de la solera actual, ganándose este desnivel con un rebaje central en la solera del Carcabón, que, con pendiente de cinco milésimas, alcanza la rasante actual del colector a la altura de la calle de Recoletos.

Las dos ramas descendentes del sifón tienen rápidos de setenta y cuatro y cien milésimas, respectivamente. Y la rama ascendente del sifón es un rápido de quinientas milésimas.

Como no se trata de fijar la sección de un nuevo

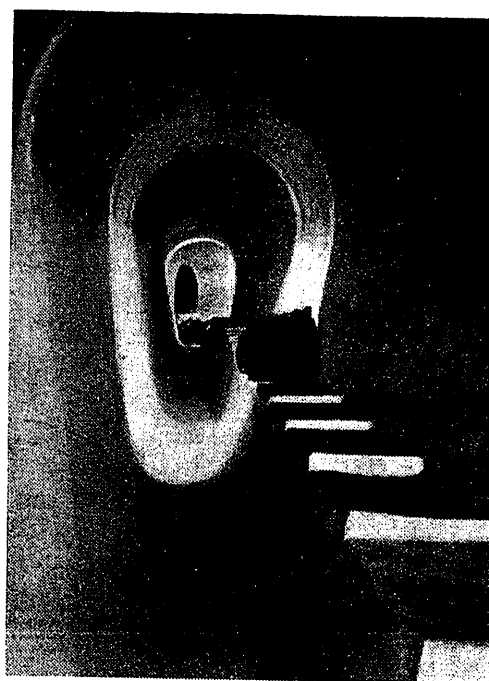


Fig. 5.ª — Desviación del Colector del Carcabón. Sección construida en los rápidos. Al fondo, su injerto y el de la alcantarilla de Goya en el colector.

colector por el caudal de su cuenca, teniendo en cuenta los coeficientes de retraso correspondientes, se han nivelado más de doscientos cincuenta metros lineales del Carcabón inmediatamente aguas arriba de la obra de cruce, y se ha determinado, con su sección y pendiente media, la capacidad de desagüe del colector a sección llena.

Las secciones de cruce se han construido con una capacidad de desagüe superior en un veinticinco por ciento al del colector actual. Y el desagüe de fondo, con pendiente de cinco milésimas en toda su longitud, tiene, al funcionar el sifón, una capacidad de desagüe igual a la mitad del de el colector.

La solución adoptada es, pues, la de un colector ordinario para aguas normales, y solamente en avenidas extraordinarias funcionará el sifón, con una carga de tres metros y medio, cuando el colector, aguas arriba, vaya a sección llena.

Se indican en la figura las múltiples secciones distintas del Colector del Carcabón en la zona afectada por la obra de cruce y las secciones construidas para esta obra. Se ha adoptado como sección normal la del actual Colector Complementario, excesiva en varios tramos, pero fácilmente visitable aun con fuerte servicio.

Las secciones en el cruce con la galería del Metropolitano son rectangulares, de tres metros de anchura por metro y medio de altura libre. Y el paso de estas secciones a la normal, se hace lo mismo aguas arriba que aguas abajo del cruce, con un doble abocinamiento de unión en una sección intermedia de medio punto, de igual luz que la sección de cruce y altura análoga a la de la sección normal.

La construcción de estas secciones rectangulares se ha hecho en forma de cajón invertido. Las vigas-



Fig. 6. — Entrada de la cámara construida en el punto bajo del sifón. En segundo término, los abocinamientos de unión con las secciones de cruce bajo el túnel, que se ven al fondo.

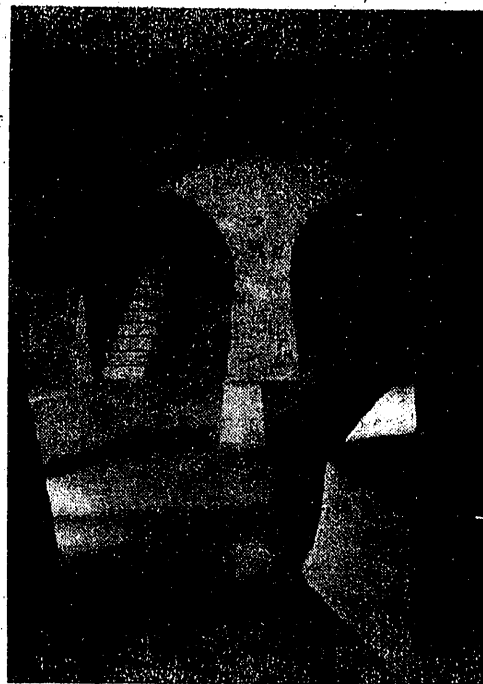


Fig. 7. — Detalle de la cámara. Al fondo, a la izquierda, la rama ascendente del sifón, y a la derecha, el desagüe de fondo.

cajón son de hormigón armado, estando calculada la losa para resistir la carga de la superestructura y del paso de los trenes con su efecto de impacto, y en sentido ascendente para resistir, por el peso propio de las vigas (estribos de los colectores) empotradas en los estribos del túnel, la subpresión del colector puesto en carga hasta la rasante de la calle. Estas cargas, cuya mayor importancia corresponde, desde luego, a las de sentido ascendente, han determinado un armado extraordinariamente fuerte de las vigas-cajón, a cuyos estribos se ha dado, a la vez, una gran masa. Y la misma sección que en los dos cruces del Colector del Carcabón, se ha empleado en el cruce del Colector Complementario, que se encuentra en análogas condiciones, construyéndose también en éste los doble abocinamientos de paso a la sección normal, a uno y otro lado del cruce.

La cámara en que se unen las dos galerías en que se ha desdoblado el colector, y de la que arrancan el desagüe de fondo y la rama ascendente del sifón, es una amplia sección de cuatro metros de luz y cerca de tres metros de altura libre, con andenes a los lados que la hacen fácilmente visitable desde el rápido de la rama ascendente, excepto en avenidas extraordinarias.

Aparte de la cámara y las secciones de cruce con sus abocinamientos, todas las secciones son como la normal, que se indica en la figura, idéntica a la sec-

ción actual del Colector Complementario. Solamente en el tramo que del Complementario antiguo se utiliza para el desagüe de fondo, se ha hecho un recrecimiento progresivo de su solera hasta llegar al final a la altura máxima del borde del andén, para dar a la nueva solera la pendiente de cinco milésimas.

Las fotografías que se incluyen dan clara idea de las secciones construidas, y entre ellas, la de la cámara que constituye el punto bajo del sifón.

Afecta la obra de cruce a la zona del Colector del Carcabón comprendida entre la calle de Goya y la calle de Recoletos, en una longitud de cuatrocientos treinta metros lineales.

Comenzó esta obra con la construcción de la cámara y su enlace con el tramo que se utiliza del Complementario antiguo, zona que, aparte de exigir el traslado del depósito de gasolina de la CAMPSA, por llegar a impedir el trabajo las emanaciones del terreno, se construyó con relativa facilidad, por encontrarse terreno fuerte en toda la sección y aparecer el agua solamente en base de solera. A este respecto merece destacarse que, desde los sondeos efectuados algunos años antes de comenzar las obras, a los ejecutados al principio de éstas, se observó un descenso de la capa de agua de más de metro y medio de altura, debido, indudablemente, al drenaje producido por los trabajos efectuados en ese tiempo para los Enlaces Ferroviarios.

A continuación de la inundación registrada en Cibeles con ocasión de las lluvias extraordinarias de

fin de verano de 1942, comenzaron los trabajos de desvío provisional del servicio del Carcabón, para la ejecución del rebaje central de la solera del colector entre las calles de Villanueva y Recoletos. Antes de terminar el cierre de la presa para el desvío, sobrevino la segunda lluvia extraordinaria, y durante ella se puso en carga el tramo de Complementario que se utiliza para desagüe de fondo, en la misma forma que habrá de hacerlo en avenidas extraordinarias cuando esta obra funcione como sifón.

El rebaje central de la solera en este tramo del Carcabón resultó lento y penoso, no sólo por la dificultad del trabajo dentro de esta sección y los rompimientos necesarios, sino también por la imposibilidad de desviar totalmente el servicio durante la obra, como consecuencia de las aportaciones aguas abajo de la presa provisional.

Esta ocasión, única, de encontrarse el Carcabón fuera de servicio, fué oportunamente aprovechada por el Servicio Municipal correspondiente, que reconstruyó un tramo de solera averiado, y llevó a cabo una mejora importante al construir un andén que hace visitable este tramo del colector hasta Cibeles.

Otro tajo de obra, el de construcción de los dos rápidos en que se desdobra el colector aguas arriba del cruce, exigió agotamientos de importancia, que disminuyeron notablemente al observar y arreglar la rotura existente, a bastante distancia, de una tubería de distribución de agua.

Se hicieron, por último, los abocinamientos de unión y las secciones de cruce del Complementario y del Carcabón, y este fué el tajo más interesante de la desviación de colectores.

Al construir en zanja las dos galerías de simple vía en esta zona, se llevó el hormigón de estribos hasta la fábrica de las secciones antiguas del Carcabón en servicio, y se dejaron en la zona de cruce de las nuevas secciones unos nichos con las luces correspondientes y la altura suficiente para permitir después el trabajo en las secciones de cruce desde la zona de destrozas de nuestro túnel.

Cuando el avance de las excavaciones en destroza del túnel lo permitió, se comenzó la construcción de los abocinamientos, trabajo que, a pesar de las dificultades que presentaba para su ejecución en túnel, pudo llevarse a cabo satisfactoriamente por las buenas condiciones del terreno. Esta fase del trabajo desde nuestro túnel, es la que acertadamente recoge la acuarela de nuestro compañero Angel del Campo, que reproducimos.

También desde el túnel se construyeron los estribos de las vigas-cajón para las secciones de cruce del Complementario y del Carcabón. Y una vez terminados los abocinamientos, se hicieron las tres losas de las secciones de cruce.

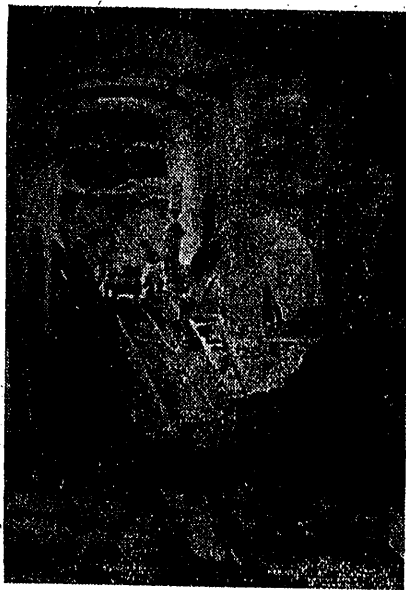


Fig. 8.ª.— Construcción, desde el túnel, de los abocinamientos y secciones de cruce del Carcabón. Acuarela por Ángel del Campo.

Avanzó después la excavación en destroza del túnel hasta el colector antiguo en servicio, y con acceso directo por un pozo en esta zona del túnel, se terminaron los rompimientos de unión de la obra nueva con la antigua y, finalmente, se hicieron los muros de cierre de los tramos del Carcabón que han de quedar sin servicio.

Se comenzó la obra de desviación del Colector del Carcabón al iniciarse los trabajos preparatorios para la construcción de la línea de Bulevares, en mayo de 1941, y terminado el desvío, ha sido puesto en servicio a primeros de febrero de 1944.

Los detalles expuestos muestran claramente la importancia de la desviación de este colector, que es, no obstante, un detalle más en la construcción de la línea del Metropolitano. Los desvíos de toda clase de servicios han dado tajo constante durante la ejecución de la obra. Y también próxima la fecha de la inauguración de la línea, en febrero de 1944, se han hecho modificaciones en dos arterias principales del Canal de Isabel II; modificaciones ejecutadas

tan a última hora porque, a más del desvío de innumerables tuberías de distribución, se hicieron, durante el curso de la obra, tres grandes sifones en galería y un desvío de importancia en las arterias principales, a más de la construcción de ciento cuarenta metros de galería para colocar en ella una arteria que estaba enterrada.

Las circunstancias actuales, que dieron lugar a momentos difíciles para la continuación de una obra tan preparada como la de nuestra línea, puede suponerse lo que habrán influido en las desviaciones de servicios, que para algunas Empresas suponen un volumen de obra apreciable dentro de sus trabajos ordinarios de conservación.

Los plazos de ejecución de obra previstos, han podido cumplirse una vez más. Y el Metropolitano de Madrid, que durante el año 1943 transportó más de 281 millones de viajeros, abrirá al servicio público, pocos días después de la publicación de este número de la REVISTA, la nueva línea de los Bulevares.