

# REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecho.

## Las obras del Metropolitano Alfonso XIII

Otorgada por Real orden de 12 de Enero de 1917 la concesión del ferrocarril Metropolitano de Madrid, se constituyó poco días después la Compañía Metropolitano Alfonso XIII, con capital de 10 millones de pesetas para emprender la construcción de la sección Puerta del Sol á Cuatro Caminos de unos 4 kilómetros de longitud.

Sin perjuicio de que en su día publique la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS con todo detalle la realización de las diversas líneas que la concesión comprende, nos ha parecido de interés dar cuenta del estado actual de las obras ya efectuadas.

### Breve descripción de la línea Sol á Cuatro Caminos.

En muy pocas palabras describiremos esta línea, pues para formarse perfecta idea de ella basta ver el perfil longitudinal y

fundidad puede dividirse la línea en dos trozos perfectamente distintos: el primero desde Puerta del Sol á Glorieta de Bilbao, á una cota media de unos 20 metros bajo la rasante de la calle, fuera, por tanto, de la zona ocupada por los diversos servicios de distribución que la vida moderna acumula en el subsuelo de las grandes ciudades; el segundo desde esta Glorieta hasta los Cuatro Caminos, á pequeñísima profundidad, quedando tan sólo de 1 á 2 metros desde el trasdós de la bóveda hasta el pavimento de la calle.

La línea es de doble vía de 1,445 metros de anchura, la misma de los tranvías de Madrid. La pendiente máxima es de 4 por 100 y la curva de mínimo radio de 90 metros. Las dimensiones transversales del túnel se han calculado para que circulen amplios coches de 2,40 metros de anchura, con toma de corriente eléctrica por pantógrafo é hilo aéreo (figuras 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup>).

Las estaciones tienen todas la misma longitud de 60 metros y los andenes á cada lado son de 3 ó 4 metros de anchura, según su importancia (fig. 1.<sup>a</sup>), quedando cubiertas por una bóveda reves-

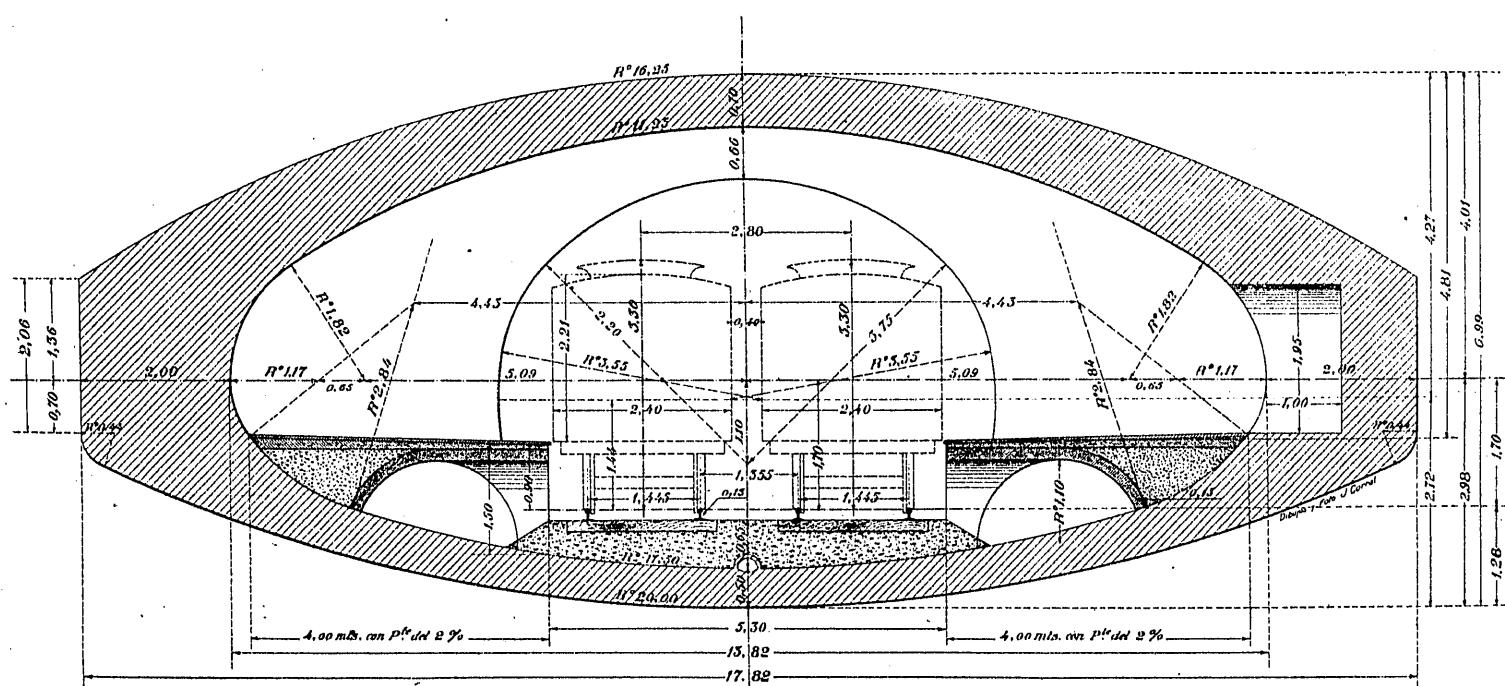


FIG. 1.<sup>a</sup>—Sección de estación con andén de cuatro metros.

planta (lámina I). Nace en la Puerta del Sol y siguiendo el recorrido de las calles de la Montera, Fuencarral, Luchana y Santa Engracia, llega hasta la Glorieta de Cuatro Caminos, ciñéndose su traza sensiblemente al eje de las citadas calles. En cuanto á su pro-

tida de azulejos blancos biselados que, al reflejar la luz de los potentes focos de iluminación eléctrica que se instalen, contribuirán poderosamente á dar un carácter muy alegre á estas estaciones subterráneas. En ellas podrán alojarse trenes compuestos

de cinco coches de 12 metros de largo, capaces de transportar en total 400 viajeros.

Las ocho estaciones de la línea Norte-Sur son las siguientes: Puerta del Sol, Red de San Luis, Hospicio, Glorieta de Bilbao, Chamberí, Martínez Campos, Ríos Rosas y Cuatro Caminos.

La distancia media es de 500 metros. Las dos terminales de Sol y Cuatro Caminos, que serán las de tráfico más intenso, tienen andenes de 4 metros de anchura; la línea se prolonga en ellas 100 metros para efectuar la maniobra de retroceso.

Con objeto de que los viajeros jamás crucen á nivel las vías,

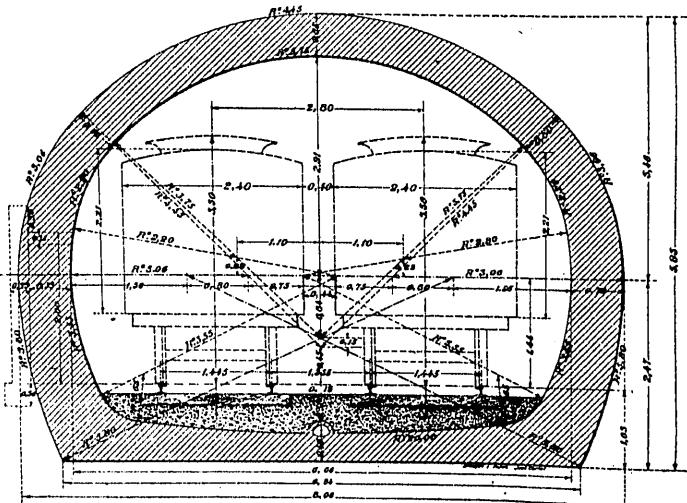


FIG. 2.<sup>a</sup>—Sección de túnel en recta.

se disponen en las estaciones pasaderas á altura suficiente para que por debajo circulen los trenes.

El tiempo que se invertirá en el recorrido Sol á Cuatro Caminos, incluyendo las paradas en todas las estaciones del recorrido, será de diez minutos.

Admitiendo una separación de trenes de dos minutos y medio, ó sea una frecuencia por hora de veinticuatro trenes compuestos de cinco coches y capacidad de 400 viajeros por tren, se llega á una intensidad de tráfico de 9.600 viajeros por hora en cada dirección, cifra muy suficiente para prever el futuro desarrollo de Madrid.

Tal es en esencia el proyecto que se está ejecutando, y cuyas obras dieron comienzo en Julio último. Vamos á ver lo que se ha hecho en estos diez meses.

Trezo Puerta del Sol á Glorieta de Bilbao

A causa de la intensísima circulación de las calles de la Montera y Fuencarral y de la estrechez de éstas, no podía soñarse en construir el túnel del Metropolitano á zanja abierta, y se profundizó la traza situándola debajo de la zona ocupada por los servicios de alcantarillas y distribuciones de agua y luz.

Comenzaron las obras por cinco pozos de ataque provistos de grúas ó monta cargas eléctricos situados en la Puerta del Sol, Red de San Luis, Augusto Figueroa, Hospicio y Glorieta de Bilbao (lámina I); con objeto de activar aún más los trabajos se han abierto últimamente dos nuevos pozos con aparatos mecánicos de elevación en las calles de San Alberto y jardines del Hospicio, y tres más pequeños con sencillos tornos en las calles de Santa Bárbara, Velarde y Divino Pastor, en su encuentro con la de Fuentarral.

TÚNEL CORRIENTE.—Se construye por anillos de 2,50 metros a 5 metros de longitud, según la naturaleza del terreno, empleando el sistema *belaq* que, como es sabido, consiste:

1.º En abrir una galería de avance en calota de 3 metros de alto y 1.60 metros de ancho, perfectamente entibada.

2.º Para construir el anillo se empieza por ensanchar á uno y otro lado la galería recortando en el terreno la curva de trasdós de la bóveda, sujetando las tierras con una entibación en forma de abanico e intercalando las cimbras, espaciadas entre sí 1,25 metros.

3.<sup>o</sup> Comienza la construcción de la bóveda de ladrillo subiendo desde ambos arranques hasta terminar, ó cerrar, en la clave; de modo que á medida que la fábrica avanza se quita la entibación.

4.<sup>º</sup> Construída así la bóveda cuyos arranques descansan sobre el terreno virgen (fig. 4.<sup>a</sup>), las restantes operaciones son sencillísimas, pues se reducen á descimbrar y construir los estribos por puntos, ó sea descalzando un trozo de bóveda de 2 metros de longitud. (En la figura 5.<sup>a</sup> se aprecia con toda claridad el procedimiento: en el estribo derecho del lector, la bóveda no ha sido aún descalzada y apoya sobre el terreno; en el izquierdo hay en primer término un trozo de estribo de 2 metros de longitud de ladrillo, á continuación otro de igual longitud de mampostería y más allá el terreno sin desmontar.)

5.<sup>o</sup> Terminados los estribos viene el vaciado de tierras ó des-  
troza y por último la construcción de la solera.

Se proyectó emplear como único material el hormigón, pero en las circunstancias actuales el hombre propone y los suministradores de materiales disponen, y, ante la dificultad de obtener la cantidad necesaria de cemento y piedra, se recurrió á la mampostería y al ladrillo, y hoy día todas las bóvedas en túnel son de ladrillo, los estribos de mampostería ó ladrillo y el hormigón se reserva para las soleras.

En esta forma han sido construidos desde cada uno de los cinco pozos de ataque abiertos en Julio último, los trozos indicados en el perfil longitudinal; añadiendo los avances efectuados desde los pozos auxiliares últimamente abiertos, resulta que en la actualidad está ya hecha más de la mitad de la galería del trozo

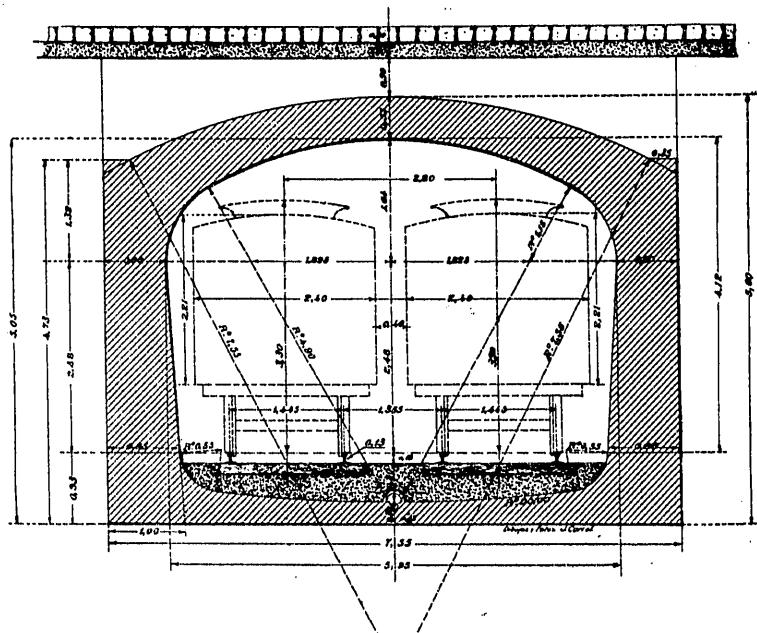


FIG. 3.<sup>a</sup>—Sección de la galería en zanja.

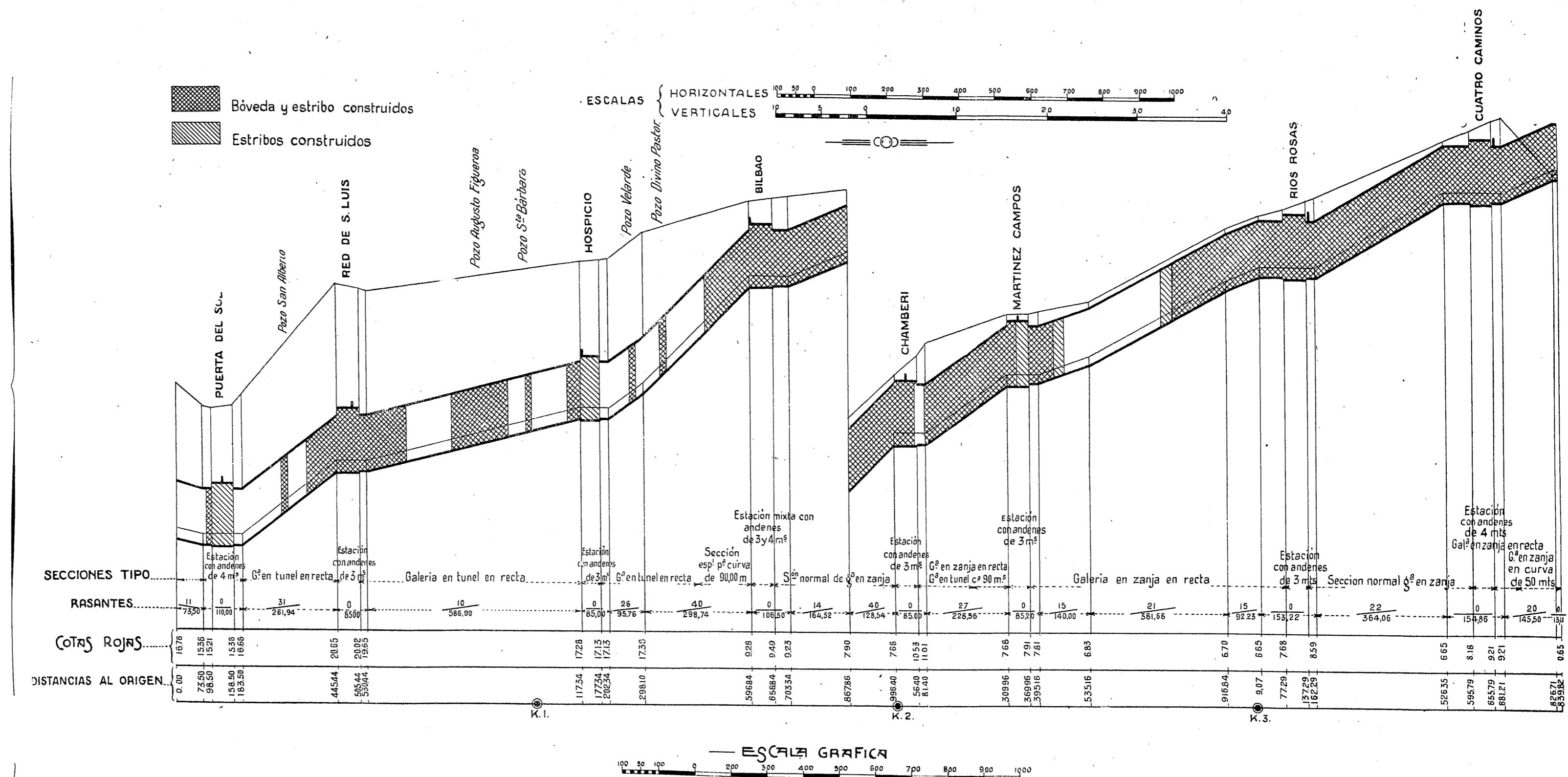
Sol á Glorieta de Bilbao. El avance mensual es de 30 á 40 metros en cada pozo, de modo que continuando con esta marcha quedará ultimado para fines del corriente año.

ESTACIONES.—Las tres estaciones de este trozo son las de Puerta del Sol, Red de San Luis y Hospicio. El sistema de construcción es el mismo antes explicado, con la sola diferencia de que primeramente se construyen los estribos, siguiendo luego el

# Las obras del Metropolitano Alfonso XIII.

## **Sección Puerta del Sol á Cuatro Caminos.**

Lámina 1



## PLANO GENERAL

mismo orden de galería de avance, ensanche, fábrica de la bóveda, destroza y solera.

En las estaciones de Puerta del Sol y Hospicio se han construido los estribos, y en esta última hay ya varios anillos de bó-

rápido, económico y que reduce al mínimo los riesgos durante su ejecución.

Consiste en abrir en la calle dos filas de pozos que, enlazados entre sí, forman dos estrechas zanjas, de 0,95 metros de anchura, paralelas y separadas 6 metros, dibujando el vaciado ó molde del estribo izquierdo y derecho de la futura galería del Metropolitano; se maciza de hormigón y quedan construidos los dos estribos. A continuación, levantando el pavimento de la calle se abre una zanja entre dichos estribos, cuyo fondo dibuje exactamente el intrados de la bóveda, y sobre esta cimbra de tierra, previamente alisada y revestida de yeso, se echa el hormigón, construyéndose la bóveda por anillos de 4 ó 6 metros de longitud. La zanja es terraplenada, y pasados dos ó tres meses, para que la fábrica enterrada fragüe, se hace en túnel la destroza y solera de la galería.

En esta forma han sido construidos ya los 340 metros de la calle de Luchana, están á punto de ultimarse los 250 metros de enlace de Chamberí y Martínez Campos (una mitad de este trozo se ha efectuado por el procedimiento en túnel



FIG. 4.<sup>a</sup>—Túnel en la Glorieta de Bilbao, hacia Fuencarral (2 de Febrero de 1918).

veda hechos; la de la Red de San Luis está terminada, á falta únicamente de parte de la destroza y solera.

Los accesos á estas estaciones aun no se han empezado á construir. En la lámina II aparece la disposición que tendrá el de la Red de San Luis: una artística marquesina en el centro de la plaza y un pozo, dentro del cual se desarrolla una escalera bordeando su contorno, con un ascensor en su parte central.

Los viajeros, desde la calle, bajarán así hasta la altura de la pasadera, y una vez allí descienden á uno ú otro andén, bien directamente ó cruzando la pasadera. Están estudiadas las circulaciones para que en ningún punto se crucen los viajeros que suben y los que bajan.

La disposición de la Puerta del Sol será análoga, únicamente que la marquesina y pozo son más amplios, pues albergarán dos ascensores.

Para juzgar del efecto estético de estos accesos es preciso imaginarse los pozos profusamente iluminados, con sus paredes detonidad clara, sus escaleras de hierro voladas, diáfanas, por las que circularán los viajeros, y como complemento de esta nota de movimiento, de actividad, característica de los Metropolitanos, los espaciosos ascensores, de capacidad de 40 personas cada uno, elevándose ó descendiendo con velocidad de un metro por segundo.

#### Trozo Glorieta de Bilbao á Cuatro Caminos.

**GALERÍA CORRIENTE.**—Dada la gran amplitud de las calles de Luchana y Santa Engracia, el túnel del Metropolitano va en este trozo á zanja abierta, y las buenas condiciones del terreno han permitido emplear un sistema de construcción

á causa de ser su cota más profunda), y, por último, han quedado construidos 1.100 metros, de los 1.470 metros que hay desde Martínez Campos hasta los talleres de Cuatro Caminos. El único material empleado es el hormigón.

**ESTACIONES.**—Son cinco las de este trozo, á saber: Glorieta de Bilbao, Chamberí, Martínez Campos, Ríos Rosas y Cuatro Caminos; de ellas están ya construidas cuatro, y de la quinta, la de Martínez Campos, además de los estribos totalmente terminados, hay una mitad de los anillos de bóveda fabricados.

El sistema de construcción es idéntico al indicado para la galería corriente. La figura 6.<sup>a</sup> es la cimbra de tierra de un anillo de cuatro metros de longitud de la estación de Chamberí, preparado para que sobre ella se vierta el hormigón; en esta fotografía se aprecian perfectamente las inmejorables condiciones del subsuelo de Madrid, que permite ser cortado á plomo, sin que sea

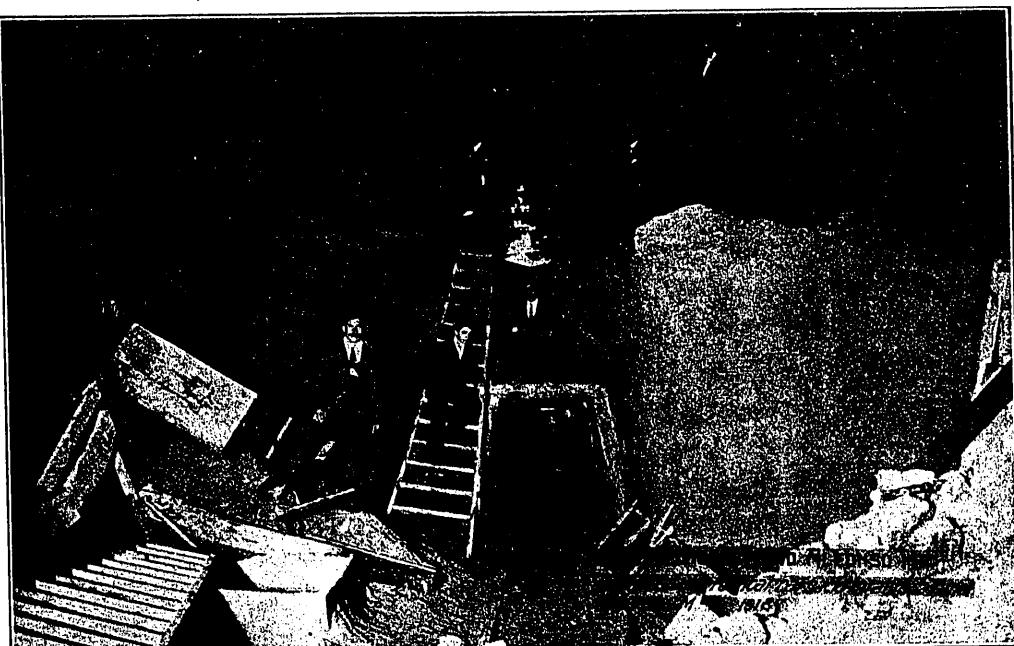


FIG. 5.<sup>a</sup>—Túnel en la calle de la Montera, hacia Infantas (3 de Marzo de 1918).

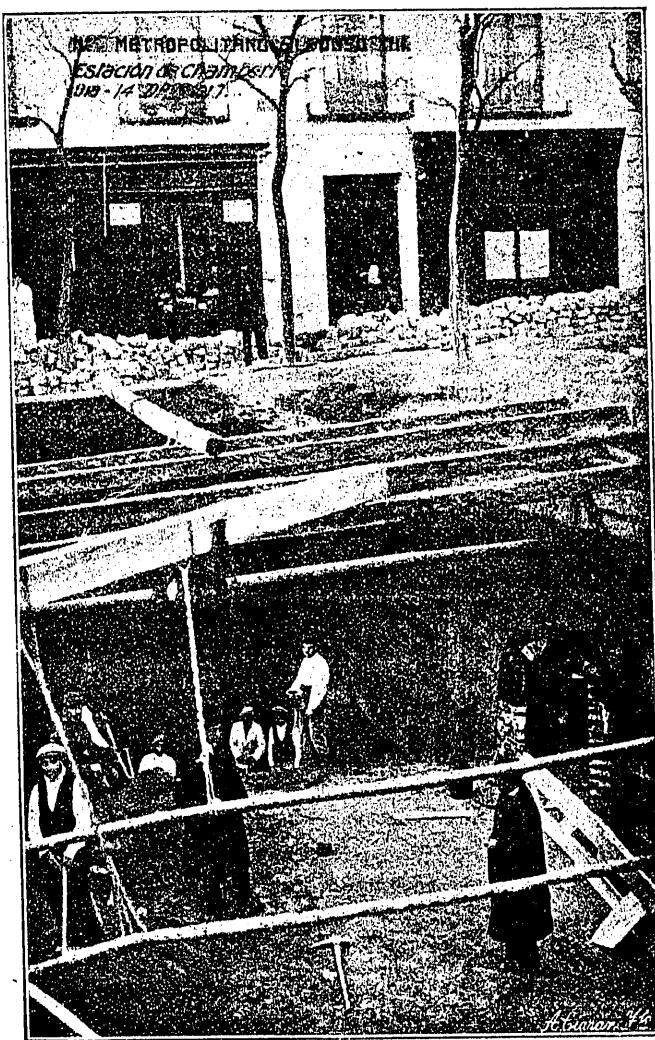


FIG. 6.<sup>a</sup>—Estación de Chamberí (14 de Diciembre de 1917).

preciso colocar una sola madera como entibación de los grandes tímpanos que encuadran el anillo en construcción. Las figuras 7.<sup>a</sup> y 8.<sup>a</sup> corresponden á las estaciones de Glorieta de Bilbao y Cuatro Caminos, y la figura 11 á la salida del túnel á los talleres de la Compañía.

Los accesos á las estaciones en este segundo trozo son completamente distintos á los antes descritos; su poca profundidad hace innecesarios los ascensores y las marquesinas. Sobre la calle, al exterior, aparecerá únicamente una escalera de bajada (figura 9.<sup>a</sup>), que conducirá á los viajeros á un vestíbulo subterráneo, y desde él descenderán al andén de un lado, ó cruzando la pasadera al andén del otro.

Se hallan hoy en construcción los accesos de todas las estaciones de este trozo, y aprovechando la excelente naturaleza del terreno se sigue análogo procedimiento al empleado en la galería; es decir, se vacían los muros de contorno, macizándolos después de hormigón, construyéndose á continuación la bóveda sobre cimbra de tierra. La figura 10 representa la cimbra de tierra del vestíbulo de Glorieta de Bilbao, enlucida de yeso y preparada para recibir el hormigón; á la derecha se destaca el puente metálico para el servicio del tranvía.

Los trabajos en este segundo trozo van, pues, aún más adelantados que los

del primero, y para Agosto próximo estarán ultimados, á falta únicamente de destroza y solera, cuyas operaciones se terminarán á fines del corriente año.

#### Obras accesorias.

De todos es sabido que las mayores dificultades en la construcción de los Metropolitanos radican en los múltiples obstáculos que se oponen al libre desarrollo del trazado; no son sólo los servicios de alcantarillas, distribuciones de agua, gas y electricidad, cuyo emplazamiento se conoce previamente, sino los innumerables pozos, galerías abandonadas, conducciones antiguas de agua, etc., que surgen á medida que la obra avanza. A los servicios situados en el subsuelo hay que añadir los establecidos en la superficie de las calles, y como unos y otros son indispensables para la vida de la población, es necesario modificarlos sin interrumpirlos.

En esta forma ha sido preciso rehacer todas las alcantarillas de la calle de Luchana desde Trafalgar hasta la Glorieta de Bilbao, las de esta Glorieta y calle de Fuencarral hasta más abajo del Hospicio, las de la Puerta del Sol, etc., con sus acometidas correspondientes.

Se han modificado las tuberías del Canal de Isabel II, de la Hidráulica Santillana, las de conducción del gas, los cables subterráneos de luz, telefónicos y sus registros respectivos, en aquellos puntos en que impedían la construcción del Metropolitano.

La cota profunda de la estación de la Puerta del Sol, punto más bajo del trazado, obliga á construir por la calle del Arenal una alcantarilla de 700 metros de longitud, para llegar en la plaza de Isabel II á encontrar un desagüe natural para el Metropolitano. Mientras se construye dicha alcantarilla hay instaladas dos bombas centrífugas en el pozo de la Puerta del Sol.

El arbolado de las calles de Santa Engracia y Luchana, situado en la zona de los trabajos, se trasplanta cuidadosamente y vuelve á ser colocado en época oportuna; para no interrumpir la circulación de los tranvías se montan puentes metálicos que pueden salvar hasta luces de 10 metros; las columnas de sujeción del hilo aéreo de estos tranvías, los postes telefónicos, faroles de

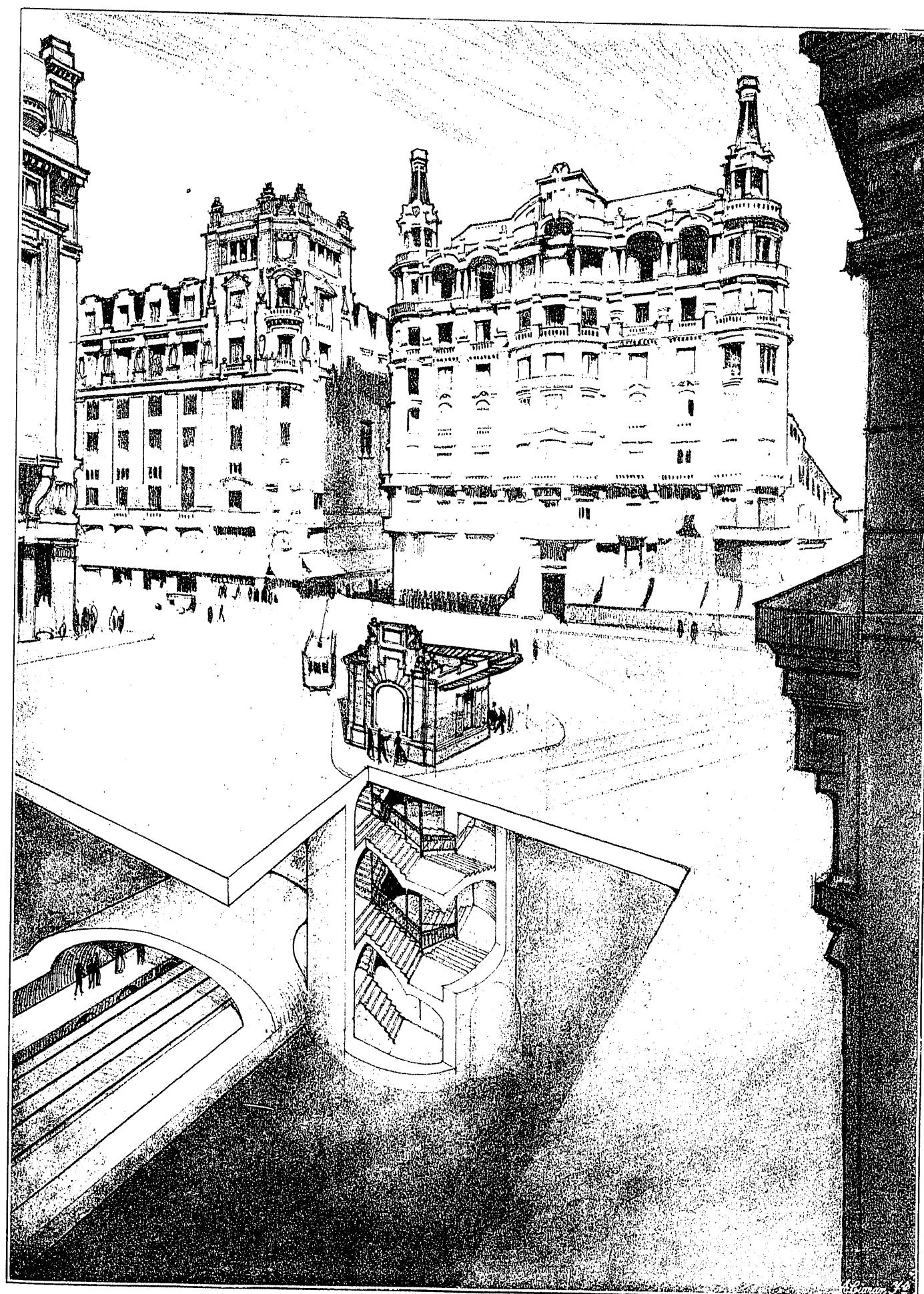


FIG. 7.<sup>a</sup>—Estación de la Glorieta de Bilbao (30 de Abril de 1918).

Se ven á un lado y otro los accesos á los andenes y en el centro la sección corriente de túnel cruzada por la pasadera de comunicación.

# Las obras del Metropolitano Alfonso XIII.

Lámina II.



ACCESO Á LA ESTACIÓN DE LA RED DE SAN LUIS

alumbrado público, etc., qué entorpecen las obras, son también oportunamente trasladados.

#### Terminación de las obras.

Nada cabe más sencillo, desde un punto de vista teórico que las obras que se han descrito, y, sin embargo, su ejecución práctica ya no es tan sencilla, pues afectan, como acabamos de indicar, á diferentes Centros oficiales, Corporaciones, Empresas, Compañías, que exigen, naturalmente, se justifique la necesidad de que sus actuales instalaciones sean modificadas, para dejar el paso libre al Metropolitano; cada una de estas entidades hace resaltar la importancia excepcional del servicio que presta, con el mismo tesón que un buen profesor sostiene que su asignatura es la más importante de la carrera.

A estos *esfuerzos resistentes* por mantener el *statu quo*, nobles y desinteresados, únanse otros de carácter ya un poco egoísta aunque muy humano; el vecino que protesta de la proximidad de un monte cargas, de las molestias que le causan las zanjas, las vallas, los carros; el industrial quejoso de qué los depósitos de tierras y materiales le ahuyentan la parroquia, etc. Añádanse, además, la escasez de materiales de construcción, nacidas de las actuales circunstancias, y como complemento de esta suma de dificultades que entorpecen la marcha rápida de los trabajos, la Administración, con su complicado engranaje de informes, dictámenes y prescripciones, con su expediente inacabable en el que se paralizan las voluntades más firmes, y los mejores deseos de actividad de su personal técnico.

Teniendo á la vista este cuadro, copia fiel de la realidad y en el que se ha huído de recargar las tintas, es como puede juzgarse la intensa labor que la Compañía del Metropolitano ha desarrollado en estos diez meses. Continuando los trabajos con la actividad actual, estará á fin del presente año terminada la galería á falta de pequeños detalles, y para cumplir el programa fijado desde el primer día, de inaugurar la línea Puerta del Sol á Cuatro Caminos en Octubre de 1919, quedarán los nueve primeros meses del próximo año para ultimar los accesos á las estacio-

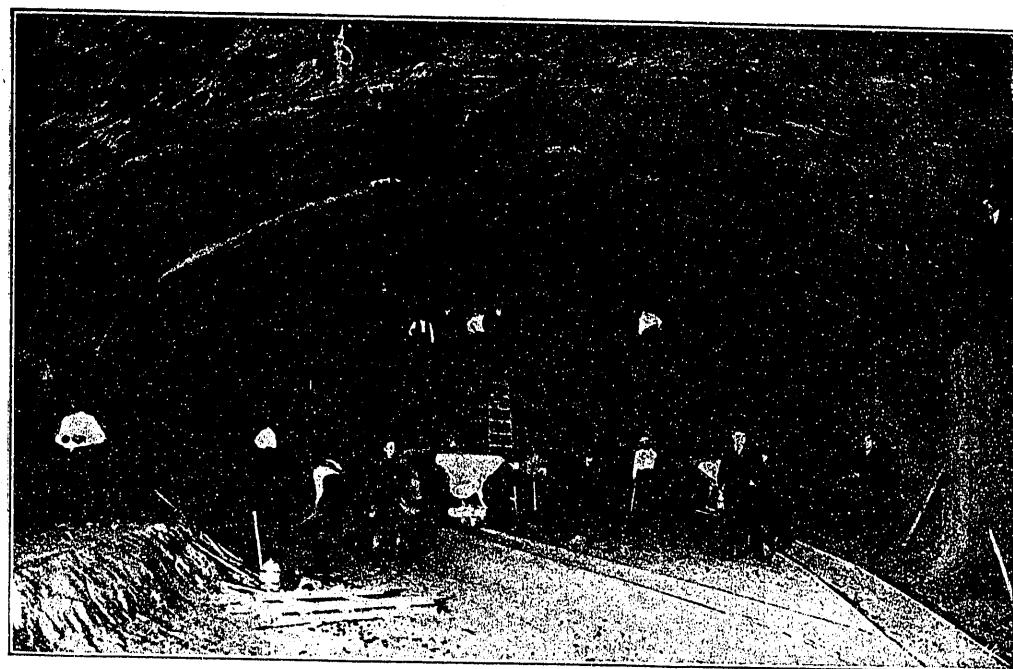


FIG. 8.<sup>a</sup>—ESTACIÓN DE CUATRO CAMINOS (20 de Marzo de 1918).

Terminada la construcción de los estribos y bóveda de hormigón se procede á hacer el vaciado de tierra ó destroza.

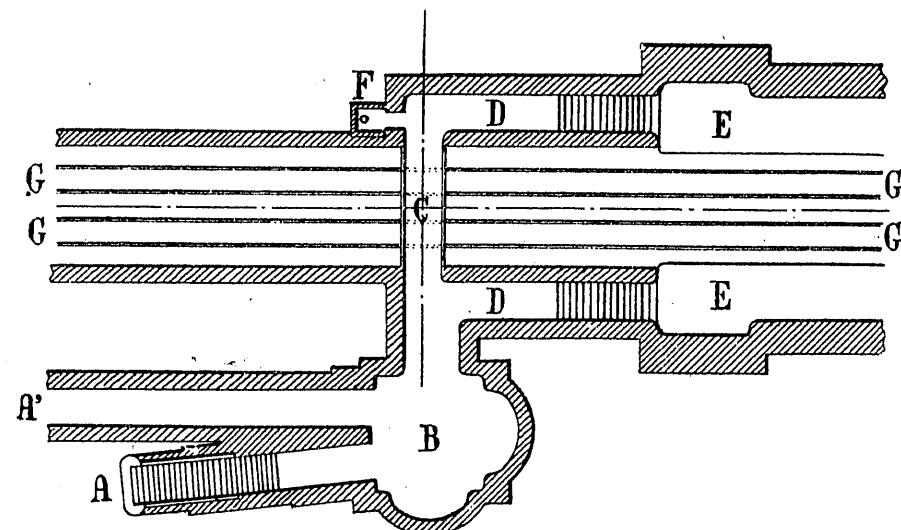


FIG. 9.<sup>a</sup>—PLANTA DE LOS ACCESOS DE LAS ESTACIONES.

A, entrada á la estación; A', entrada suplementaria; B, vestíbulo; C, pasadera; D D, pasillos de acceso; E E, andenes; F, retrete exclusivo para empleados, y G G, vías.



FIG. 10.—VESTÍBULO DE LA ESTACIÓN DE LA GLORIETA DE BILBAO (30 de Abril de 1918).

Se ha recortado en el terreno la cimbra de la bóveda que cubrirá el vestíbulo.

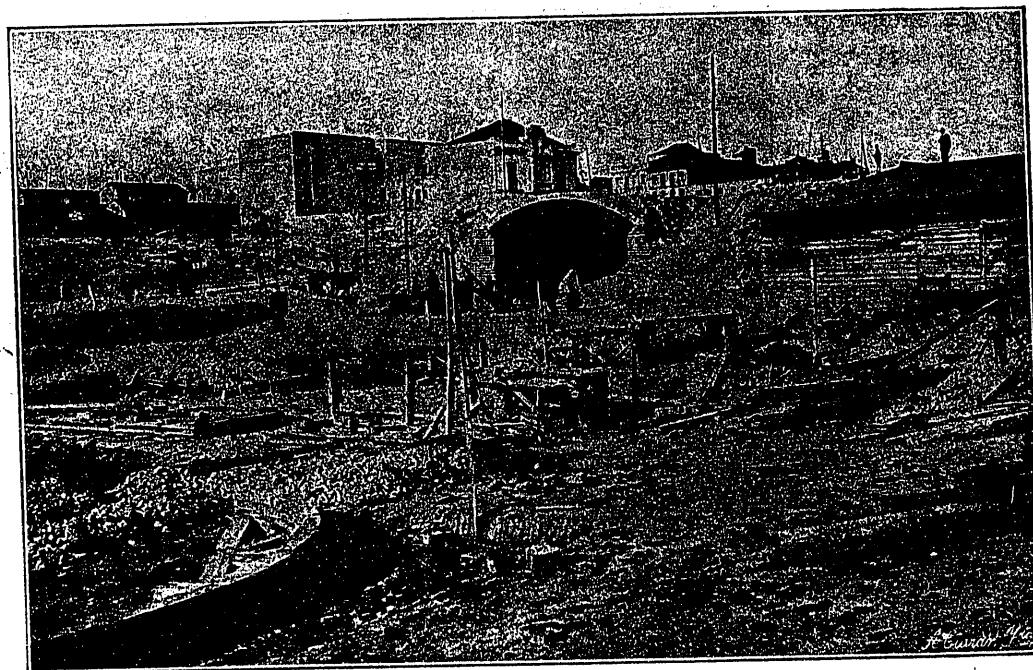


FIG. 11.—Salida del túnel á los talleres del Pasco de Ronda (30 de Abril de 1918).

nes, tendido de vías, electrificación y pruebas del material móvil.

Un detalle final que interesará á los lectores de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS; todo el capital es español, y tanto los tres Ingenieros iniciadores y fundadores de la Compañía, como los

Ingenieros auxiliares, pertenecen al Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos y los Ayudantes son de Obras públicas.

MIGUEL OTAMENDI,  
Ingeniero de Caminos.

## El II Congreso nacional de Riegos.

### INFORMACIÓN

El Congreso de Riegos celebrado en Sevilla ha sido digno sucesor del de Zaragoza, se han estudiado á fondo los problemas y las discusiones se han mantenido á gran altura; ha sido realmente un éxito. Reciban nuestro sincero aplauso sus organizadores, en especial nuestro distinguido compañero el ilustrísimo Sr. D. Luis Moliní, Vicepresidente de la Comisión local, que ha puesto, como siempre, en cuanto acomete, todo su interés y su cariño, secundado con todo interés por los Ingenieros-Jefes de Obras públicas y de la División hidráulica Sr. González Quijano y Sr. Hernández Bayarri entre los nuestros; los ponentes de los temas, que fueron muy felicitados, y cuantos intervinieron con gran competencia en las discusiones; y asimismo cuantos demostraron el interés que sienten por tales asuntos asistiendo á las sesiones, los cuales podrán extender á su vez por toda España las doctrinas debatidas y dar cuenta del ansia que hay de facilitar, de ayudar á los pueblos que claman por los riegos, intensificando la solución del problema para ahorrar tiempo en el logro de tal beneficio.

En lo que se refiere á nuestro Cuerpo, la representación ha sido brillante y su intervención en las tareas del Congreso, que detallaremos más adelante, muy acertada; con satisfacción lo consignamos, así como nuestra gratitud por ello. Al notable polemista é ilustrado Ingeniero D. Pedro M. González Quijano, un abrazo cordial por su meritísima labor, desarrollada sin fatiga,

acudiendo á todos lados y demostrando siempre sus vastos conocimientos de la materia que trata.

Sin perjuicio de ampliarla en determinados puntos, continuamos hoy la información de los trabajos del Congreso.

#### Administración de los regadíos.

El primer tema que se discutió fué «Administración de los regadíos», sobre el que presenta las conclusiones que luego reproducimos el ponente de la sección Sr. D. Luis Jordana y Pugas, Catedrático de Derecho administrativo en la Universidad de Valencia.

La Sección la constituyen: D. José Nicolau, Presidente; los Sres. Campo Pulido y Zurita Calafat, Vicepresidentes; Ponente, el Sr. Jordana, y los Sres. Arias y Bas, Secretarios.

Comienza el Sr. Jordana saludando á las Comisiones permanente y local del actual Congreso, complaciéndose de la buena acogida que se les ha dispensado y expresando la más viva gratitud, tanto de su parte como por la de las entidades y Sindicatos de Aragón, cuya representación trae.

Explica su actuación en el I Congreso verificado en Zaragoza, se complace del resurgimiento de éstos y expone la gran importancia que para los intereses de la Nación tienen.

Seguidamente entra en la lectura de su interesante ponencia, redactada en correcto estilo, en la que se hace un concienzudo estudio de nues-tra Legislación de Aguas, empezando por sus más