

## BIBLIOGRAFÍA Y REVISTA DE REVISTAS

## REVISTAS

**Método de construcción de un túnel por aire comprimido.**— *Engineering Record*, 30 Enero 1915. — La obra que se va a describir forma parte de una gran cloaca que sirve a dieciocho ciudades, en Passaic Valley, Estados Unidos. La sección en la cual se ha empleado el método de construcción que nos ocupa es la que corresponde a la ciudad de Newark, N. J.; en esta localidad, el terreno está en su mayor parte formado por arena fina, embebida en agua, y, estando la obra situada a una profundidad variable entre 6 y 9 metros debajo del nivel del agua subterránea, ha debido emplearse el aire comprimido en la construcción del túnel. La longitud total de esta obra fué proyectada al principio en 4100 metros, siendo elevada más tarde a cerca de 4800 metros. Solo una doceava parte de esta sección ha sido excavada en terreno consistente, formado por arenisca roja.

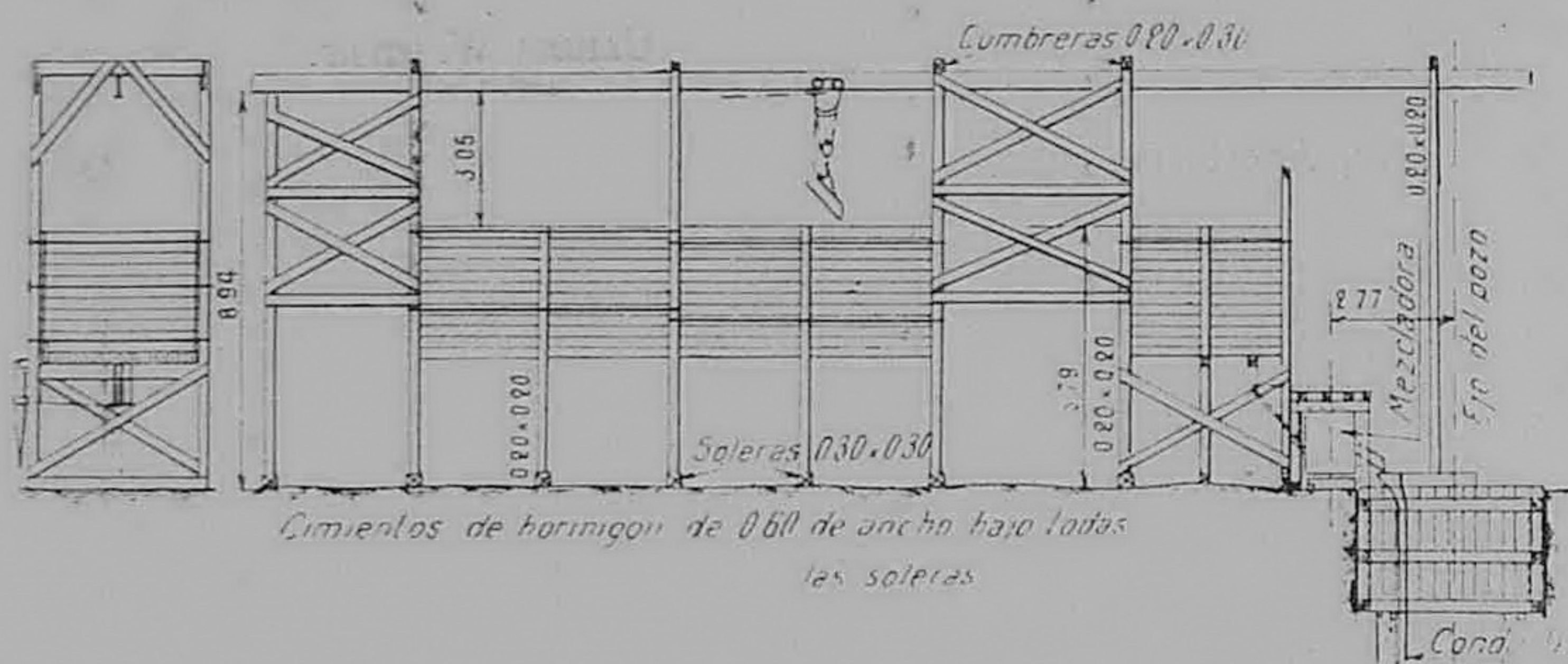


Fig. 1.

La novedad del procedimiento empleado consiste en el uso de un revestimiento de las galerías, formado por livianas chapas de acero comprimido, de un peso de 9.200 kilogramos, las cuales eran mantenidas en el lugar correspondiente, durante la construcción, por barras radiales, apoyadas sobre una gran viga central que ocupaba el eje del túnel.

**Pozos construidos por excavación y hundimiento.**— Se proyectó la construcción de siete pozos, en toda la obra, con un diámetro de 2,40 metros, para ser utilizados en la excavación del túnel. Debíase construir cuatro, de los siete pozos, por hundimiento y luego se cavaba el túnel hacia cada lado de los pozos. El diámetro del túnel variaba entre 3,40 metros en la parte superior y 3,90 en la inferior. El diámetro exterior estipulado era 0,75 metros mayor que el interior, aunque esta diferencia se ha hecho en realidad de 0,90 metros para obviar el inconveniente de una no coincidencia entre el eje de la excavación y el del túnel y también para poder embarrar con arcilla las paredes de la excavación, sin disminuir el espesor del hormigón.

Varias dificultades se presentaron en el proyecto de la obra, debidas al peso de los edificios importantes que iba a gravitar sobre la cloaca y a una gran red de cañerías de gas, aguas corrientes, cables eléctricos, así como líneas de ferrocarril y calles con doble línea de tranvías, que debían ser cruzadas o soportadas por la obra. El método usado salvó todos estos inconvenientes.

*Instalación compresora.*—Actualmente funcionan tres instalaciones de aire comprimido: en dos pozos se trabaja con electricidad y en otro con una unidad eléctrica y dos de vapor.

El tipo de instalación está constituido por 3 unidades, todas con má-

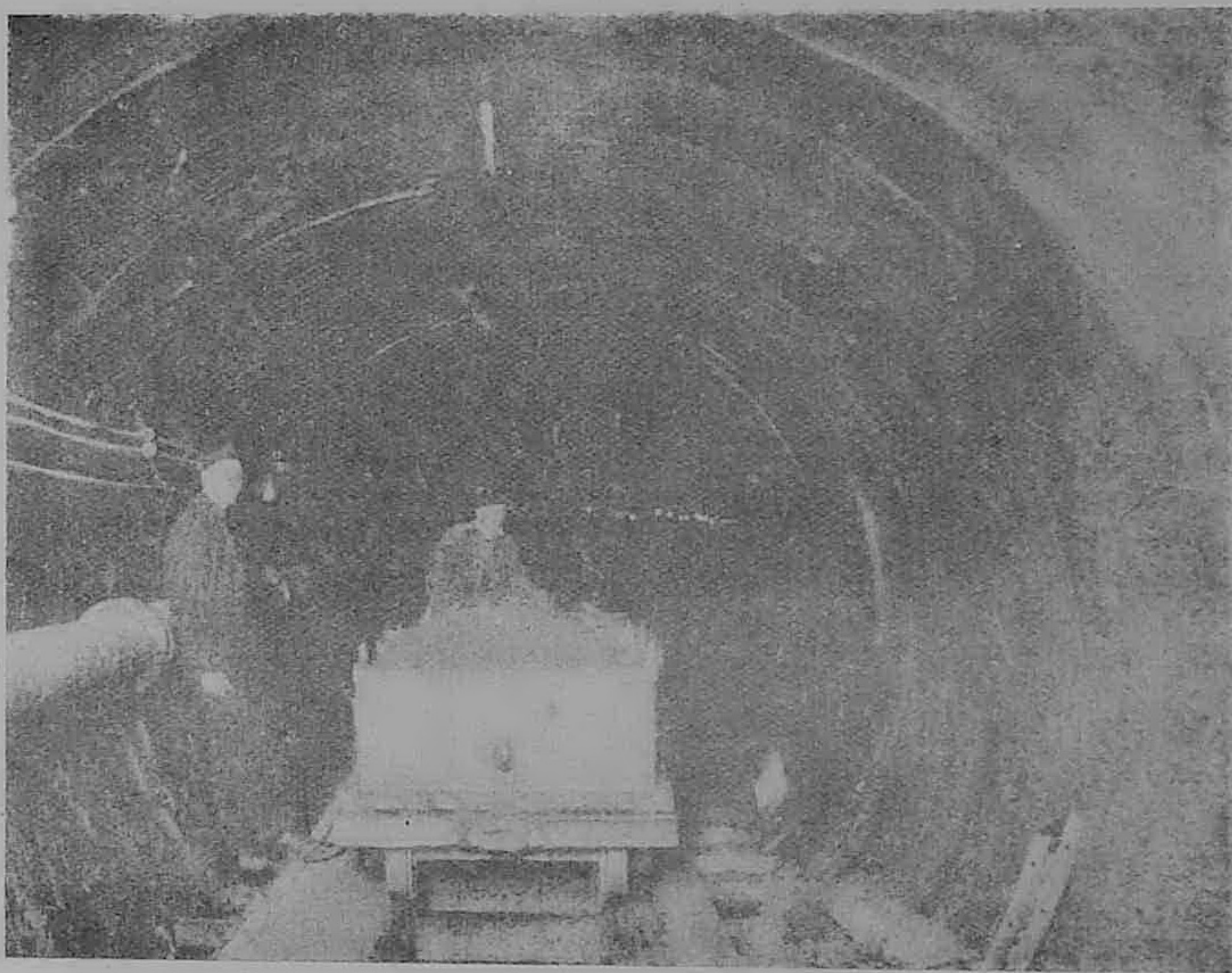


Fig. 2.

quinas a baja presión, de dos cilindros, movidas por motores independientes, y que permiten enviar un total de 165 metros cúbicos de aire, medidos a la presión ordinaria, por minuto. Las máquinas funcionan, ya por corriente continua, ya por alternada, siendo usada habitualmente ésta, y reservándose la continua para casos de interrupción; basta así un minuto para efectuar el cambio y reanudar el trabajo.

El rendimiento del trabajo eléctrico no puede ser modificado por variación de la velocidad, por lo que se trató de variar la potencia de trabajo modificando la abertura de entrada del aire, lo que no dió buen resultado. Se abrió, entonces, agujeros de 3 pulgadas de diámetro en el caño de descarga de cada compresor y el aire al salir por estos orificios era

conducido por tubos, a una caja de madera con tabiques, donde dejaba el aceite que llevaba en suspensión y, sin ruido, salía por otro conducto al exterior. Las máquinas funcionaban con corriente a 2200 V., sin transformación.

*Instalaciones en los pozos.*—Todo el hormigón debía ser manipulado en los pozos y fué necesario hacer una instalación para producir tanto el hormigón, como el barro de arcilla, pues sucedió frecuentemente que en uno de los frentes de la excavación del túnel se colocara el hormigón, mien-

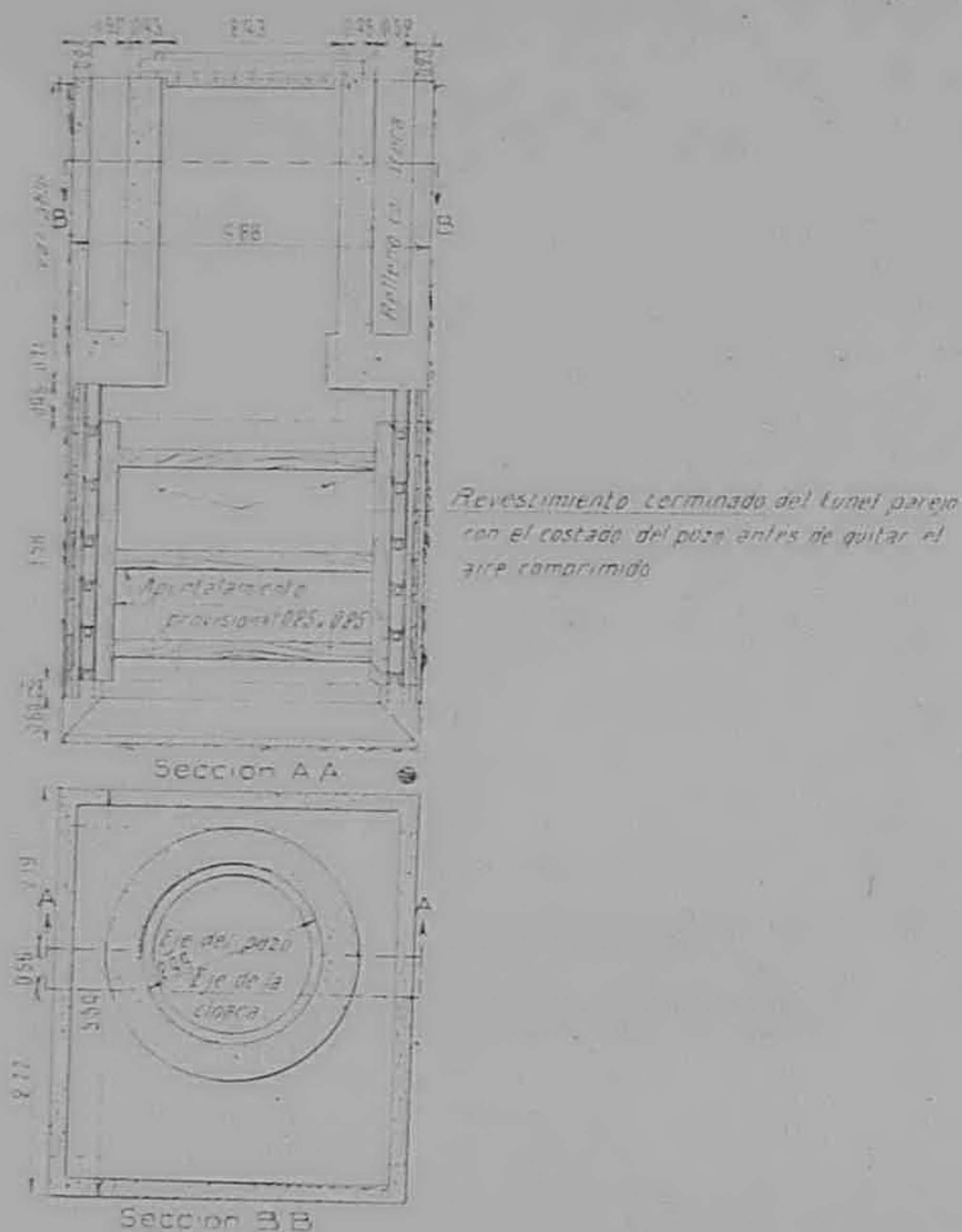


Fig. 3.

tras se revocaba con arcilla el otro frente. Las máquinas hormigoneras estaban situadas en la boca de los pozos y enviaban el hormigón, por un conducto de 8 pulgadas de diámetro, a las vagonetas colocadas en el piso del túnel.

Los carros transportadores de la arena y pedregullo se vaciaban rápidamente en cavidades hechas en la calle y en cuanto el carro se alejaba, unos cangilones se movían suavemente en estos recipientes impeliendo los materiales: pedregullo y arena, hacia unos cajones de 76 metros cúbicos de capacidad para el primero y de 38 para la arena.

Durante el día se llenaba estos cajones; una vez llenos, los materiales por la acción de la gravedad pasaban, por un conducto, a las mezcladoras o máquinas hormigoneras, de donde salía el hormigón, por el caño de 8 pulgadas, e iba a cargar las vagonetas del túnel.

La instalación para la fabricación del barro estaba formada por un hierro I, sobre el cual se desliza un elevador con dos cucharas o tambores, y las tolvas de barro.

Un sistema de cuerdas permitía cargar y descargar las cucharas del elevador, en el momento oportuno.

En la figura 1 puede observarse estas instalaciones, en las cuales se utiliza corriente alternada de 2200 V., transformada a 220 V. para el trabajo al aire libre y la iluminación y a 110 V. para el trabajo subterráneo.

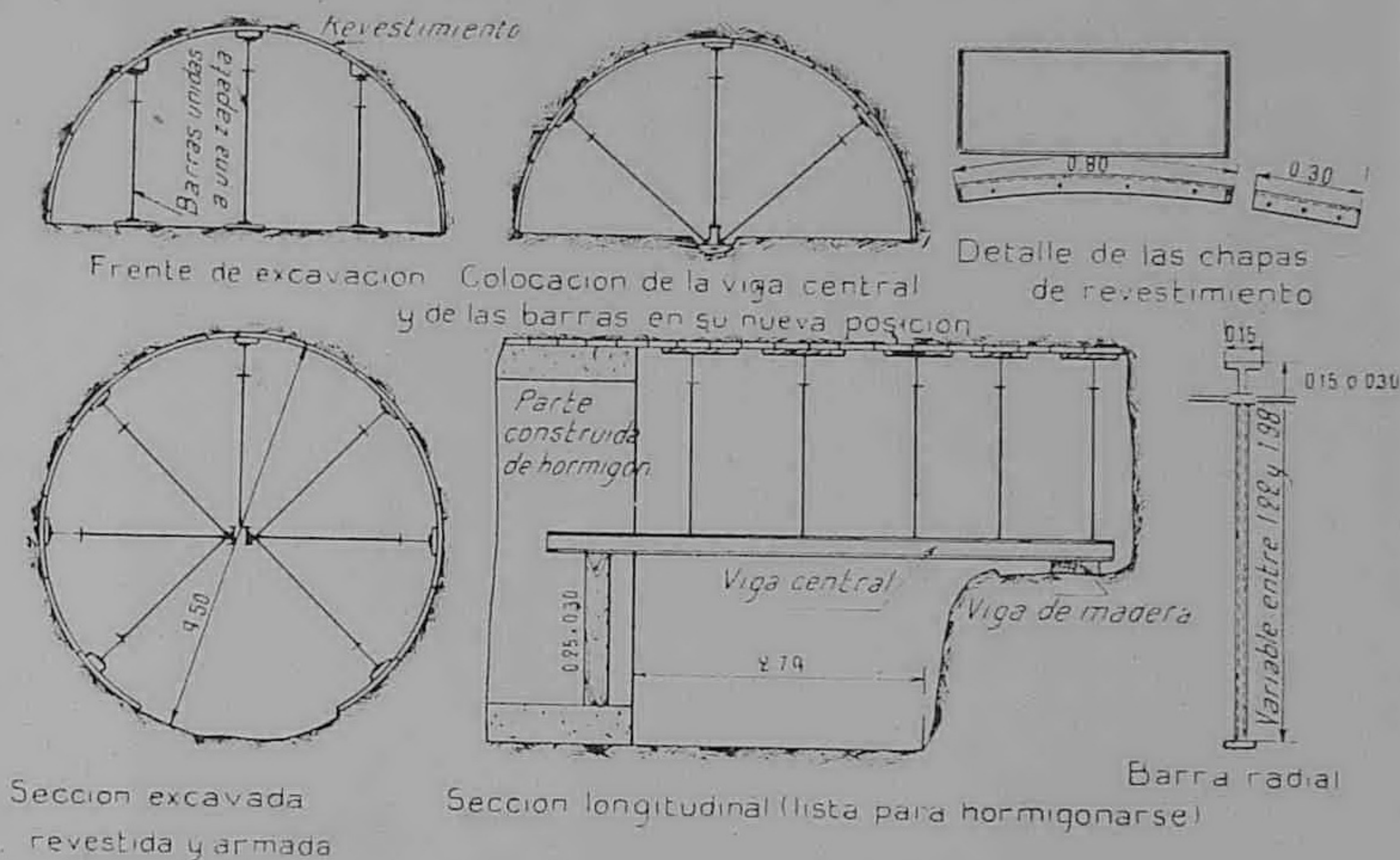


Fig. 1.

*Instalaciones en el túnel.*— Tanto el hormigón como los materiales excavados, eran transportados en cajones de acero de unos 0,70 metros de altura, abiertos por un lado, que se cerraba con una chapa de acero cuando debía llevarse hormigón. Estos cajones cargados sobre una plataforma que corría sobre carriles, eran empujados a mano entre el pozo y el frente de la excavación. En cuanto éste adelantaba de unos 60 a 90 metros desde la cámara de aire, se utilizaba una locomotora industrial, que empujaba dos plataformas a la vez, sin necesidad de enganche ni de unión alguna, pues la pendiente del túnel era casi nula.

Una máquina para rellenar las juntas y una bomba para perforar los terrenos consistentes completaban la instalación.

Las cámaras de aire se formaban construyendo dos tabiques de 0,75 metros de espesor, separados por una distancia de 6 metros, con una puerta de acero de 4 1/2 pies cuadrados, que llevaba una claraboya de 0,10 m., en cada tabique.

Desde una cámara de aire puede realizarse de 210 a 600 metros de túnel antes de que las filtraciones alcancen a 28 metros cúbicos por minuto. Desde este momento debe construirse una nueva cámara y demolerse la anterior.

*Construcción.*—La primera operación consiste en hundir los cajones en los cuatro pozos elegidos para comenzar la obra. No presenta este trabajo ninguna novedad y en la figura 3 puede verse el corte y planta de la obra. Llegados al nivel del túnel, se quitaba el entablonado en los lados opuestos correspondientes y se comenzaba la excavación en ambas direcciones; a los 15 metros se construía dos cámaras y ya no se comprimía el aire en el pozo.

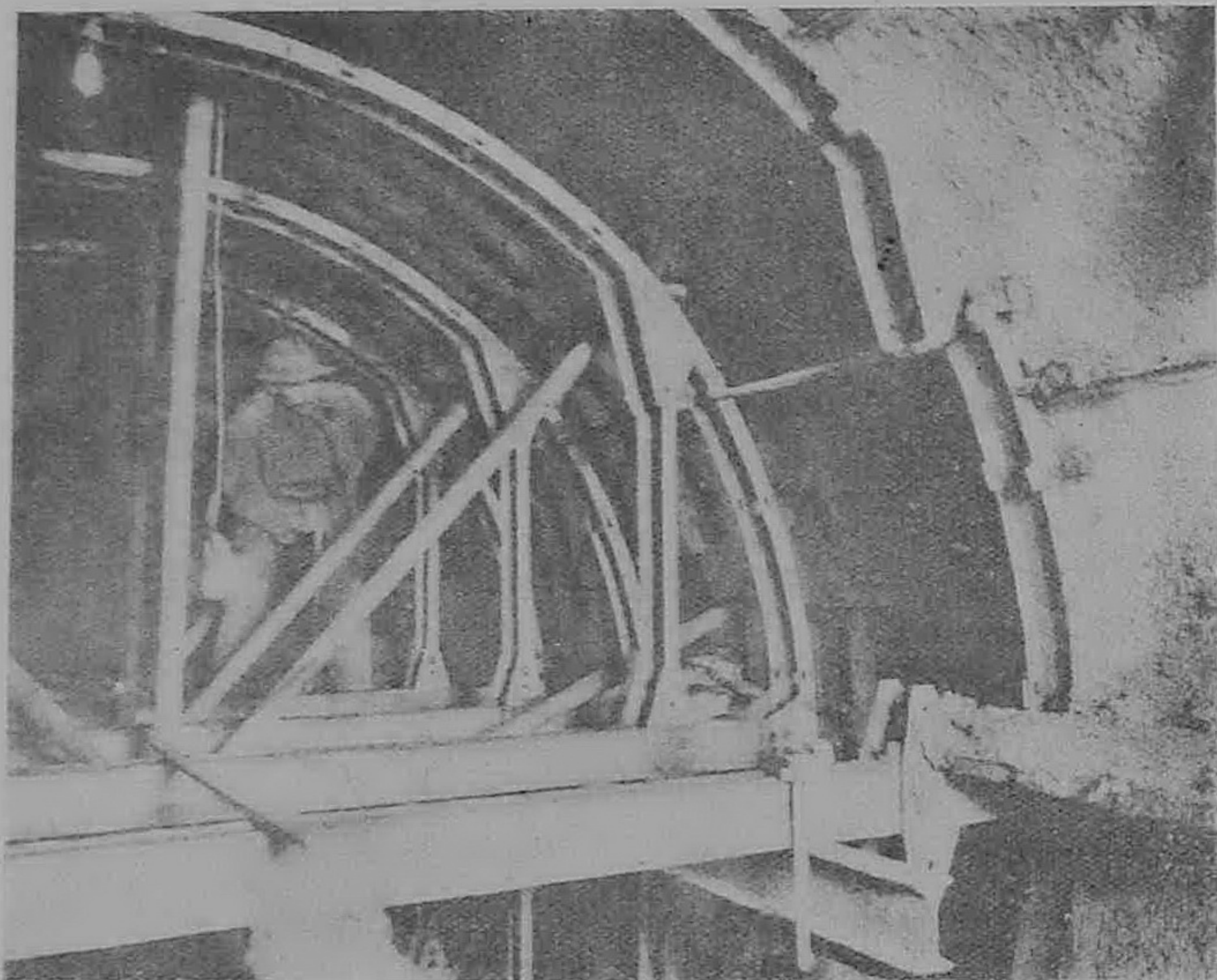


Fig. 5.

El revestimiento usado en la cloaca metropolitana de Boston formado por chapas y hierros ángulos era más costoso y de más difícil ejecución que el utilizado en Newark, formado por chapas de acero comprimido, como se ve en la figura 4. Una de las características de las chapas usadas en la obra es la de haber sido construídas para un diámetro de excavación de 3,50 metros; pero sirvieron para los otros dos diámetros usados, bastando darles unos golpeitos con un martillo, para ajustarlas en todos los casos.

Su resistencia y baratura han sido sumamente convenientes.

El método de trabajo está indicado en la figura 4. A veces no era necesario colocar todas las barras indicadas. La viga central, de 5 metros

de largo, era colocada en su lugar, y soportaba directamente el esqueleto de las barras radiales, de modo que la construcción no necesitaba de ningún otro trabajo accesorio para quedar bien centrada.

El hormigón se colocaba por secciones de longitud normal de 2,70 metros; pero variable entre 1,80 y 3,60 metros, como límites extremos.

En ciertos puntos de la obra, se encontró arena muy porosa y blanda que dejaba escapar el aire comprimido y que sólo pudo salvarse, impermeabilizando un tanto las paredes con arcilla o cemento e impidiendo así un escape de aire que hubiera traído graves consecuencias. En estos casos se procedía a colocar chapa por chapa del revestimiento, después de revocar con arcilla las paredes de la excavación y quitando el tabique de madera sólo por pedazos de poca superficie.

En la parte inferior del túnel no fué necesario ningún revestimiento.

*Moldeo.*—Cuando la excavación estaba lista y revestida, se enviaba el hormigón al frente y se descargaba en la parte inferior del túnel hasta el espesor necesario; se cubría luego con chapas esta parte y se proseguía echando hormigón a los costados y cubriéndolo con chapas hasta llegar a la altura del centro del túnel. Luego se colocaba las formas para la parte superior del túnel y se llenaba el espacio entre las formas y el revestimiento.

Las barras radiales se quitaban inmediatamente antes de colocarse las formas; de este modo, sólo una fila de chapas quedaba, sin sostenimiento directo, a la vez.

*Revoque.*—En cada frente, uno o dos hombres estaban ocupados en buscar las fugas de aire y revocarlas con mortero de cemento; además, un conducto de 5 centímetros de diámetro, colocado de 9 en 9 metros, inyectaba, bajo presión, una lechada de cemento en el lecho del túnel. Como se pudo comprobar, esta inyección de cemento fué tan eficaz que llenó todos los vacíos entre el hormigón y el revestimiento y aun pasó a través de las juntas de éste, formando una delgada capa impermeable en contacto con el terreno natural. Estas medidas, previstas en el contrato, eran no sólo beneficiosas para el buen resultado de la obra, sino que, también, redundaban en provecho del contratista, evitándole la construcción de un cierto número de cámaras de aire. Se obtuvo así que las filtraciones fueran despreciables.

Las figuras 2 y 5 dan una idea clara del transporte de los materiales en el túnel y de la formación del molde para colocar el hormigón en sus paredes.

JUAN L. ALBERTONI.

