

# NOTA SOBRE ENSANCHE DE TÚNELES

## I

Construídas las líneas férreas en España con simple vía, el aumento de tráfico desarrollado ha obligado a las Compañías a adoptar disposiciones para aumentar la capacidad de explotación de estas líneas y, en efecto, se han construído locomotoras cada vez de mayor potencia, estableciendo dobles tracciones por cola en los trenes de mercancías para subir las fuertes rampas, y se han construído apartaderos entre estaciones, que permiten hacer cruzamientos de trenes, aumentando el número de circulaciones posibles; pero muchas veces no han bastado estas soluciones y ha habido necesidad de emprender obras de gran importancia, estableciendo la doble vía.

De las líneas construídas en simple vía, en unas los concesionarios han venido obligados a establecer las obras de fábrica y túneles para doble vía, y en otras son de simple vía todas las obras. En las primeras el proyecto de ensanche de explanación viene obligado por la situación de las obras de fábrica y túneles, quedando el eje de la plataforma de la doble vía a un metro de uno de los carriles de la vía general actual y del lado que esté prolongada la obra de fábrica, y el aumento de desmonte y ensanche de terraplenes se hace generalmente en las mismas condiciones en que se hizo la simple vía, completando con préstamos o caballeros la falta o sobra de tierra de desmonte para la formación de terraplenes, ensanchando la caja de préstamos o aumentando los anteriores caballeros.

Pero el proyectista tiene una mayor libertad cuando las obras de fábrica son de simple vía, pues el eje de la explanación puede ser llevado por la derecha o izquierda, amoldándose en lo posible a las condiciones del terreno, mediante ripados de la actual vía sobre la plataforma ensanchada, pudiendo también de este modo, al mismo tiempo que busca la solución más económica, mejorar las condiciones del trazado en planta de la línea.

En casos de terrenos muy quebrados se suelen encontrar grandes dificultades para el ensanche de la explanación: si la línea se va desarrollando a media ladera en terreno muy abrupto, llevar el ensanche por la parte exterior puede requerir enormes terraplenes o muros de sostenimiento importantísimos, y de ensanchar la plataforma del lado de la montaña, desmontes tan considerables que pasen por su cota de los límites económicos del desmonte y obliguen a establecer nuevos túneles.

A pesar de estos inconvenientes, en muchos casos es forzoso el ensanchar la explanación del lado de la montaña, y como el túnel en la nueva vía tendría que quedar separado lo menos 5 m, entre hastiales, del actual, para no arruinar con los trabajos de apertura de la nueva galería la existente, ello obliga a internar aun más en la ladera la explanación de la segunda vía y a hacer túneles de mayor longitud que los existentes en la simple. Adoptando esta solución se ha construído alguna doble vía en España y ha resultado con más del doble de longitud en túnel la nueva vía que la primitiva.

En la Compañía del Norte hace años hubo que

estudiar la doble vía entre Tarrasa y Manresa, de la línea de Zaragoza a Barcelona, en terreno muy abrupto y en condiciones de trazado a media ladera en la mayor parte de la longitud de aquel trayecto, de características como las indicadas. Las obras de fábrica y túneles eran de simple vía y la solución de establecer el ensanche de la explanación por uno u otro lado de la vía actual resultaba de un coste desproporcionado, por la enorme importancia del muro de sostenimiento o gran longitud de los túneles a hacer, y en estas condiciones se estudió el ensanche de la explanación dejando como eje de la nueva el eje de la simple existente; pero tal solución exigía resolver el problema de ensanchar los túneles de simple vía.

\* \* \*

En los contados casos en que anteriormente se habían ensanchado túneles, bien para instalaciones de doble, bien por deformaciones muy pronunciadas de las bóvedas o secciones insuficientes para un gálibo aumentado de cargamento, ha sido lo primero que ha preocupado a los directores de los trabajos el adoptar un procedimiento mediante el cual se consiga que, en el curso de las obras, ninguna eventualidad de las mismas pueda impedir el libre paso de trenes por el túnel en explotación y que estas circulaciones se hagan sin peligro alguno por las incidencias que puedan ocurrir en el curso de las obras. Siempre se ha recurrido por todos a una misma idea: disponer de una envolvente a modo de túnel interior suficientemente sólida y resistente que separe la vía de circulación del resto del túnel en reparación o ensanche; de este modo un desprendimiento (caso extremo y más comprometido) quedará detenido en el espacio comprendido entre el túnel antiguo y la envolvente construída y no afectará a la circulación.

Dentro de esta idea se ha resuelto el problema adoptando disposiciones más o menos ingeniosas. Así, por ejemplo, en la reparación del túnel de «Chèzy», de la línea de París a Estrasburgo (fig. 1.<sup>a</sup>), se creyó necesario nada menos que la construcción de una bóveda provisional de hormigón en masa sobre estribos o hastiales de la misma fábrica, aligerados en forma de arcadas. El túnel era de doble vía y, durante el curso de los trabajos de reparación y aumento de espesor de la bóveda, se estableció una vía única por dentro de la obra provisional de hormigón en masa. Este procedimiento es indudablemente muy costoso, de difícil aplicación por el mucho espacio que ocupa la bóveda provisional, y, si bien con él se evita en absoluto influyan los accidentes de los trabajos en la circulación, ésta queda comprometida en la última fase de las obras, o sea cuando hay que demoler la bóveda protectora.

Más ingeniosa es la solución adoptada, también en Francia, para el ensanche del túnel de «Terre Noire», de la línea de Saint Etienne a Lyon (fig. 2.<sup>a</sup>), y que se ha empleado después en la reparación de algunos túneles de la Compañía P.-L.-M. Consiste en establecer un fuerte tablero a la altura, próxima mente, de los riñones de la nueva bóveda (3,20 m sobre carriles) y separar con este piso las circula-

ciones, que pasan por bajo del mismo, de las obras de ensanche de la bóveda, que se ejecutan utilizando la parte superior del antiguo túnel como galería de avance; una vez construida la nueva bóveda, se levantan los tableros y sólo falta quitar la destroza del lado que se ha ensanchado la bóveda y construir el

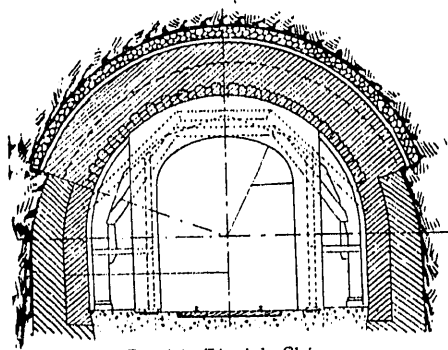


Fig. 1.ª Túnel de Chézy.

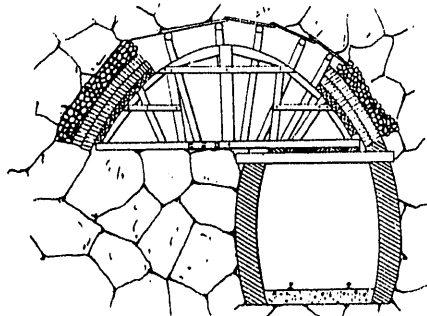


Fig. 2.ª Túnel de Terre Noire.

hastial correspondiente. Como la altura sobre carriles en el curso de los trabajos era muy reducida, se vió la Compañía obligada a no permitir el paso por los túneles de cierta clase de material móvil de mayor altura que 3,20 m y a cortar la parte superior en las chimeneas de las máquinas, no admitiendo las más potentes, que no podían pasar bajo los tableros y, por tanto, perturbando considerablemente la explotación en el curso de las obras. Por otra parte, la solución adoptada pudo aplicarse en aquel caso porque la naturaleza del terreno no exigía entibaciones ni había empujes de tierras de alguna importancia, pues de lo contrario hubieran volcado los hastiales sobre los que se había cortado la bóveda.

Es en Inglaterra donde con alguna mayor frecuencia se han hecho ensanches de túneles, y allí se han empleado en todo caso cimbras metálicas, a veces compuestas de carriles doblados y otras de hierros perfilados. Estas cimbras se han colocado en el interior del túnel, trasladándolas a veces mediante rodillos colocados bajo soportes.

En el ensanche del túnel de «Moncreiffe», cerca de Perth, de la Compañía del Ferrocarril Central de Escocia (fig. 3.ª), cuyo túnel, si bien está construido para doble vía no era suficiente para el doble gálibo

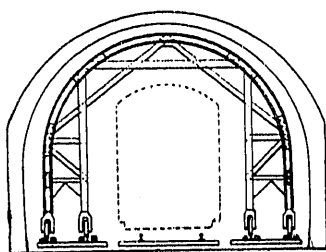


Fig. 3.ª Túnel de Moncreiffe.

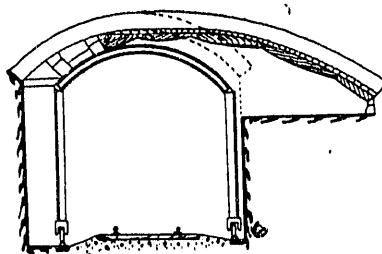


Fig. 4.ª Túneles de Great Western Railway.

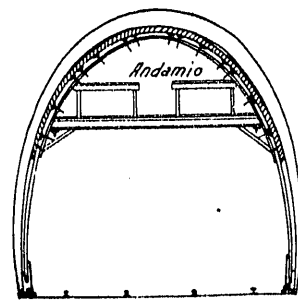


Fig. 5.ª Túneles London North Western Railway.

que posteriormente había establecido la Compañía, se empleó una cimbra metálica (que llaman los ingleses «Steel travelling shield»), de una longitud de 32 pies, con cuchillos distanciados 4 pies y 6 pulgadas, los cuales presentan dos montantes terminados en cojinetes que se apoyan en ruedas que van sobre carriles.

Procedimiento análogo se empleó en el ensanche de cinco túneles de la Compañía Great Western

Railway, en Dawlish, haciendo sólo por un lado el ensanche (fig. 4.ª). La Compañía London & North Western Railway ha empleado con éxito satisfactorio, para la reparación de las bóvedas de los túneles que presentaban grandes deformaciones, un broquel (figura 5.ª) formado con carriles con un piso que servía de andamio; el broquel se empleó primero para el apoyo de la entibación, y después, mediante una ingeniosa disposición, hace el efecto de cimbra para la construcción de la nueva bóveda.

\*\*\*

La Compañía del Norte tuvo que estudiar este procedimiento en el trayecto de 32 km en la doble vía citada. Los túneles de carga son siete, con una longitud

total de 1 317 m, y tenían una sección sensiblemente elíptica con su eje menor en la explanación, con un ancho de 7,80 m, y el semieje mayor vertical con una altura de 6 m; es decir, que los túneles tienen un ancho suficiente para la doble vía en la explanación, pero era necesario su ensanche para permitir el paso de los vehículos. La sección del túnel era de 37,44 m<sup>2</sup>, y la sección libre del túnel necesaria para doble vía de 48,38 m<sup>2</sup>, siendo en total la parte a demoler, ensanchar y reconstruir de 40,84 m<sup>2</sup>.

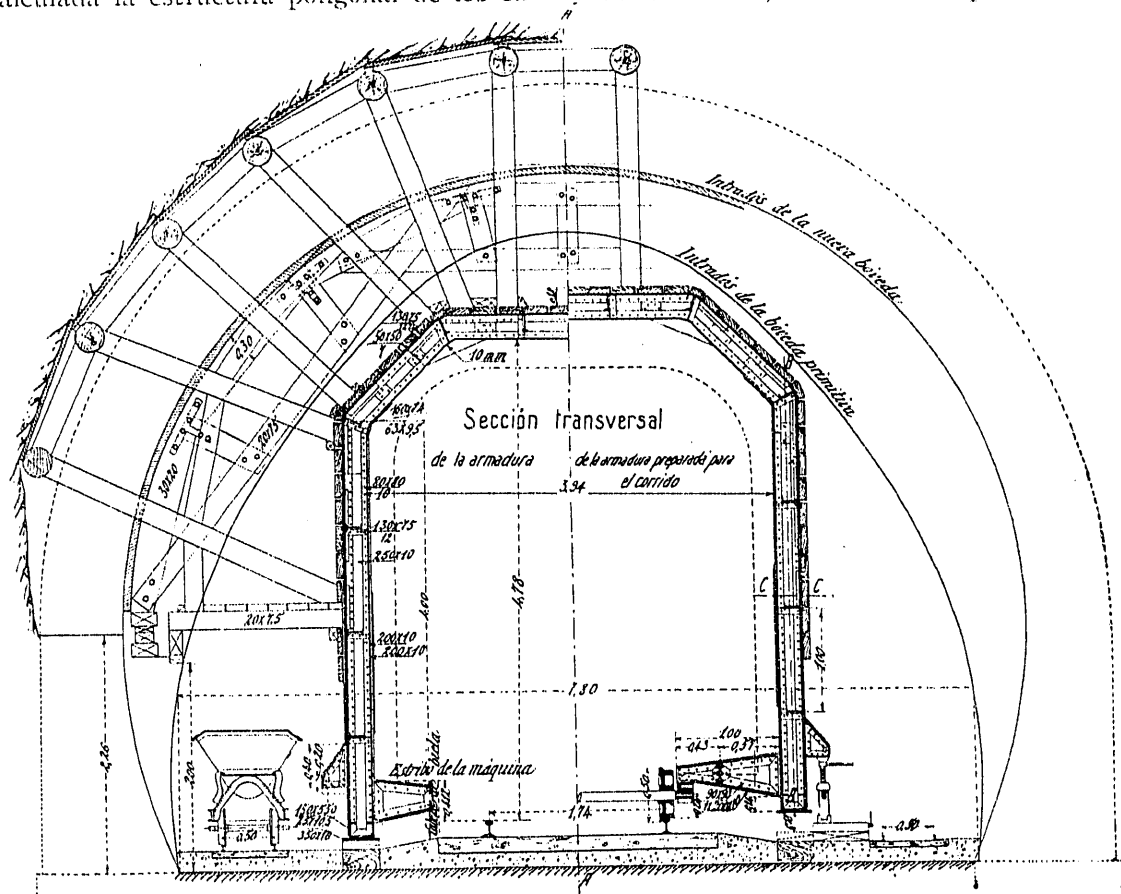
Para efectuar este trabajo se construyó una armadura metálica (figuras 6.ª, 7.ª, 8.ª y 9.ª), con una longitud de 10 m, compuesta de nueve cuchillos, distanciados 1,25 m, unidos entre sí por medio de correas y cruces de San Andrés, también metálicas. Los cuchillos tenían un contorno poligonal compuesto de dos partes verticales o pies derechos de 4 m de altura, dos inclinados a 45° con 1,25 m de longitud y una parte superior horizontal de 2,40 m. En su interior cabe perfectamente el gálibo de cargamento de la Compañía del Norte, que tiene 3,50 m de ancho y 4,30 m de altura, unidas las verticales del gálibo con la horizontal superior por cuartas partes de circunferencia de 1 m de radio.

La armadura o túnel metálico descrito reúne las condiciones de servir de andamio y apoyo para la entibación y de asegurar las circulaciones de los trenes con independencia de los trabajos, aun en el caso de un desprendimiento que rellenasen con productos del mismo la parte comprendida entre el intradós del túnel y la armadura metálica, pero que, gracias a ésta, no ocuparía el interior de la misma, garantizando de este modo la circulación. La cinta

armadura va forrada al exterior con tablonos de 10 cm de espesor.

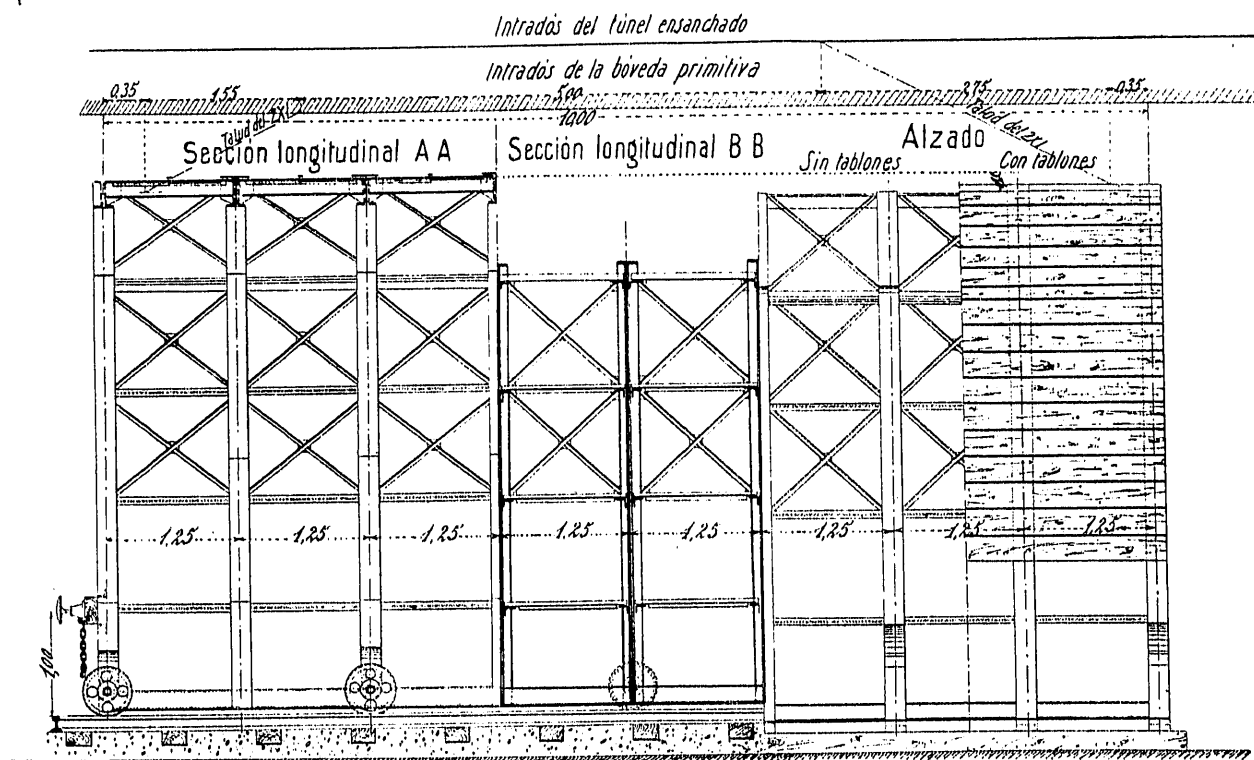
Está calculada la estructura poligonal de los cu-

dura. Con la longitud adoptada se ensancha en cada posición de la misma una longitud de 5 m de túnel, y de este modo, en caso de desprendimiento, y ad-



chillos con la condición de que resistan en condiciones normales de trabajo el peso de un completo desprendimiento con altura de 20 m sobre la arma-

mitiendo para el talud del mismo suave pendiente, queda suficientemente protegida la vía. La armadura así construída tiene un peso total de 12 toneladas



y no sería práctico el desmontarla para trasladarla de un túnel a otro, y resultaría también difícil el correrla 5 m para cada anillo a reconstruir.

El establecer vía sobre largueros y rodillos bajo

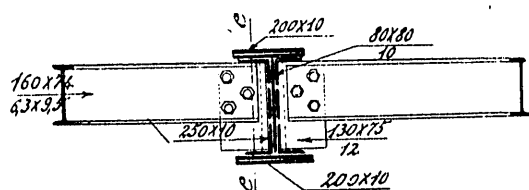


Fig. 8.ª Corte por c c.

los pies derechos para el corrimiento de las cimbras representaba un gasto considerable, y se ha resuelto esta dificultad mediante la colocación, para el transporte, de cinco ejes que se montan sobre la vía general,

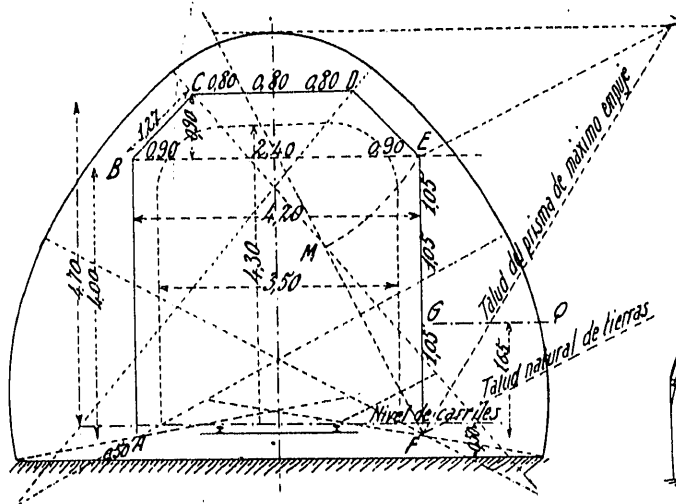


Fig. 9.ª

levantando la armadura por medio de diez gatos de tornillo, colocados alternativamente en ménsulas exteriores, instaladas *ad hoc* en los cuchillos correspondientes. Levantada así la armadura se colocan las piezas especiales que llevan en sus extremos los cojinetes de apoyo sobre los ejes y queda dispuesta para el traslado, colocando, cuando esto hay que hacerlo a máquina (de un túnel a otro), una traviesa delantera con topes y ganchos de tracción. Las maniobras de levantar la armadura con los gatos, armar las piezas de cojinete, descenderla sobre los ejes, trasladarla después 5 m y hacer operaciones inversas para volver a colocarla en el nuevo emplazamiento, sobre largueros de madera, resulta tan sencilla que llegó a hacerse, cuando el personal estuvo adiestrado, en intervalos muy reducidos entre dos circulaciones distanciadas unos quince minutos.

Dos vías Decauville colocadas por el exterior de la armadura tuvieron una excelente utilización en el curso de los trabajos, estando una de ellas dedicada exclusivamente al transporte a vertedero de los productos de demolición en ensanche, y la otra, además, para la conducción a la obra de los materiales, herramientas, maderas de apeo, etc.

En el ensanche de los túneles se emplearon tres armaduras. Se empezó por el túnel de Torrella, que es el más importante, con una longitud de 609,35 m; en terreno arcilloso, muy flojo y con gran cantidad

de agua, requiriendo los trabajos una entibación de importancia. En este túnel se colocaron las tres armaduras, dos en las bocas lado Barcelona y Zaragoza, y la otra al comienzo del tercio de la longitud del túnel, lado Barcelona. Se empezó a trabajar con la primera en 1.º de mayo de 1911, y se continuaron las obras sin incidencias notables, teniendo siempre que entibar con cuidado, pues el terreno empujaba mucho, y llegó a tener la entibación gran importancia en los anillos 26, 27 y 28 (fig. 10), por haber encontrado un desprendimiento antiguo sobre la bóveda, con una caverna por encima que continuaba desprendiendo; fué necesario entibar rápidamente, y se procedió después al relleno de la caverna con piedra en seco y mediante la construcción de tres arcos de descarga. También hubo que hacer trabajos especiales al cortar la bóveda antigua en dos puntos que correspondían a dos pozos de la primitiva construc-

Corte por A B

Corte por C D

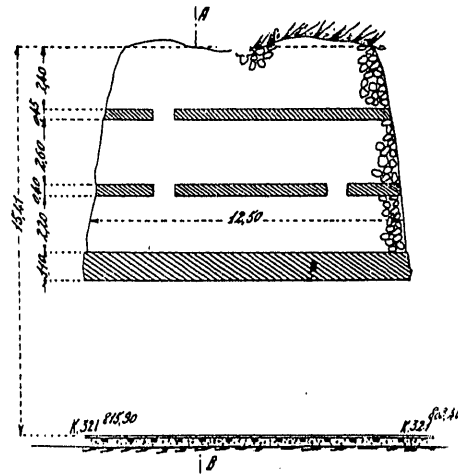
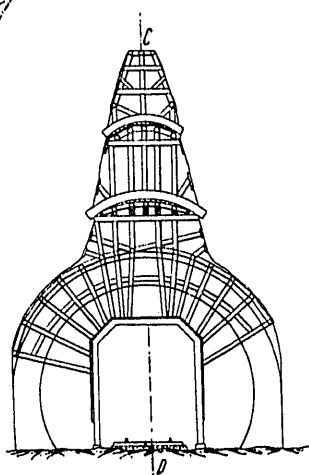


Fig. 10. Relleno de una caverna.

ción que no habían sido convenientemente rellenados.

Para la construcción de la bóveda se empleó una cimbra de madera desmontable, compuesta de cinco cerchas que correspondían en su colocación a los puntos medios entre cuchillos de la armadura metálica. Es de tener en cuenta que la entibación en abanico se colocó coincidiendo con los ejes de los cuchillos de la armadura metálica.

Para el hormigonado se empleó una hormigonera (colocada en el interior del túnel) movida por un motor de gasolina y un elevador para verter directamente el hormigón sobre la cimbra de madera. La hormigonera iba montada sobre un carro especial que permite por bajo el paso de las vagonetas de 1,20 m de altura y 1,10 m de ancho, que circulaban por las vías laterales del túnel. Iba provista de depósito de agua, elevador para materiales y motor de seis caballos montado en el mismo carro. La producción de hormigón era de 12 m³ por hora.

El hormigonado se hizo por capas convenientemente apisonadas; el espesor de la bóveda varía entre 0,60 y 1 m en relación con la naturaleza del terreno atravesado, acusada por la importancia de la entibación.

La segunda armadura metálica, colocada en la boca lado Zaragoza, se montó en 10 de mayo del mismo año, encontrando un terreno sumamente flojo

y removido, y hubo que emplear una fuerte y escrupulosa entibación, por cuya causa esta armadura avanzó menos que la primera.

Dos meses después se colocó la tercera armadura central, en cuyo trabajo no hubo incidencias notables, encontrándose un terreno bastante flojo, con agua.

El 26 de febrero de 1912 quedó completamente terminado el trabajo de ensanche en este túnel, incluido el de demolición y reconstrucción de hastiales, que se hacía sin protección alguna, llevándolo siempre a una distancia de 50 m retrasada con relación al ensanche del túnel.

La armadura metálica dispuesta para el traslado. (Túnel de Torrella.)

Se extrajeron en total 4 300 m<sup>3</sup> de fábrica de ladrillo, 8 100 m<sup>3</sup> de piedra arenisca y 11 600 de arcilla, o sea un cubo de productos de 23 000 m<sup>3</sup>, con un promedio de 51,50 m<sup>3</sup> por día. Descontando

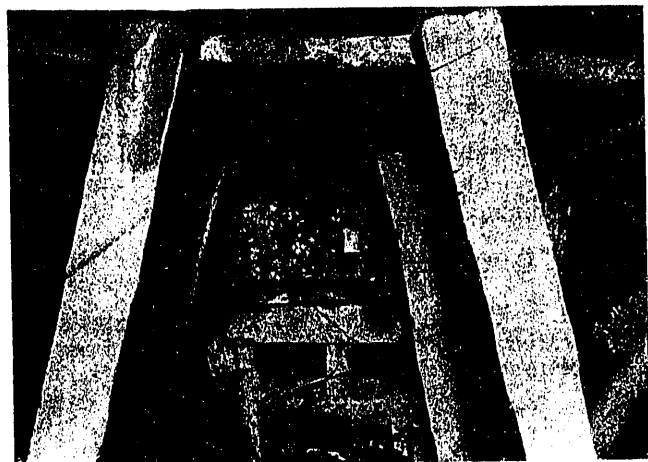
después para otros trabajos y las tiene la Compañía como indispensable útil de trabajo para la reparación de túneles), han importado 533 000 pesetas que, dividiendo por los 609,35 m de longitud, dan un promedio por metro lineal de túnel ensanchado de 874,84 pesetas.

Se procedió después a hacer el ensanche en los seis túneles restantes, en los cuales, bien por la práctica adquirida, bien porque el terreno no ofrecía tan malas condiciones, se llevó la obra con más actividad, con un promedio de 2,15 m diarios de avance y con sólo un gasto medio de 590 pesetas por metro lineal de ensanche; es

de tener en cuenta que en este último precio no está incluida la amortización de la armadura, por haber sido amortizada en el ensanche del túnel de Torrella.



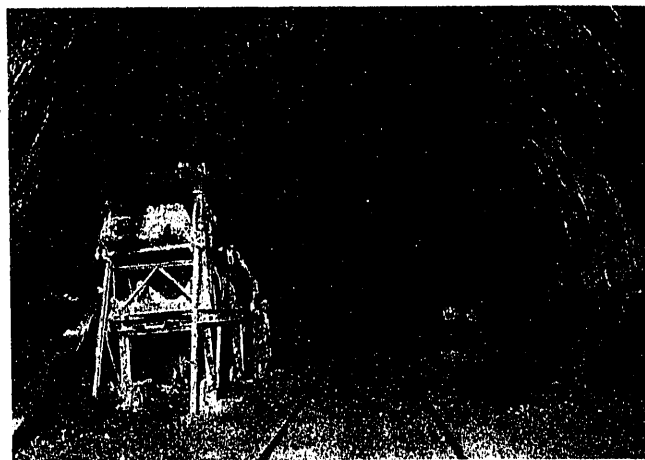
Anillo hormigonado sobre la cimbra de madera. La armadura metálica en trabajo de ensanche.



Detalle de la entibación sobre la armadura metálica

los días de fiesta y otras circunstancias por las que se dejó de trabajar, el promedio de avance fué de 1,56 m diarios.

Los gastos de esta obra, incluido el coste de las armaduras metálicas y cimbras (que han servido



Vista de los trabajos de ensanche. En primer término, la hormigonera

Los accidentes ocurridos en el curso de los trabajos no tuvieron importancia, pues no hubo que lamentar ninguna defunción y sólo se dieron sesenta y cuatro partes por accidente, correspondiendo en su mayor parte a contusiones, erosiones y esguinces.

Francisco CASTELLÓN  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos