

ALGUNOS DETALLES SOBRE LA CONSTRUCCION DE LA GALERIA DE SERVICIOS Y COLECTOR NORTE DE LA CIUDAD DE BURGOS

Por ARMANDO FERNANDEZ RENAU,

Ingeniero de Caminos.

Nos complace dar a la publicidad un artículo que trata concretamente de presentar a los lectores las soluciones adoptadas en un determinado problema constructivo difícil, y hacemos votos por que otros compañeros nos envíen notas tan interesantes como éstas, que proporcionen información de obras ejecutadas.

La construcción de la galería de servicios y colector general de la zona Norte de la ciudad de Burgos entra ya, cuando redactamos estas notas, en su fase final. Con su terminación verá resuelto el pueblo burgalés uno de sus más apremiantes problemas durante los últimos tiempos.

El proyecto de la obra es parte de uno más amplio redactado por el ilustre Ingeniero de Caminos D. José Paz Maroto, con la colaboración de los Servicios Técnicos del Excmo. Ayuntamiento de Burgos, y que comprendía también el ensanche y reforma interior de la ciudad, así como el abastecimiento de agua a la misma, obra esta última de vital importancia y necesidad urgente para Burgos.

El trazado del colector proyectado enlaza, en las proximidades de la plaza de Castilla, con el actual colector del paseo del Espolón y avenida del Generalísimo, sigue por las calles de Aparicio y Ruiz, Martínez del Campo, Vía de la Catedral, Nuño Rasura, plaza del Rey San Fernando, calles de Paloma y Laín Calvo, plaza de Alonso Martínez y calle del 18 de Julio, para cruzar por debajo del encauzamiento de los ríos Pico y Vena.

Este trazado fué detenidamente estudiado, ya que preocupaba extraordinariamente el paso de la galería por la citada calle de la Paloma, junto al Claustro de la Catedral. El ancho de la zanja necesario frente a lo angosto de la referida calle representaba dejar prácticamente al descubierto las cimentaciones del Claustro y de las casas fronteras, todo ello agravado por la presencia de abundante agua en esa zona.

Por este motivo se tantearon varias soluciones, con las que se pretendía eludir el paso citado, pero hubo que desistir de ellas por razones de cota y de la ubicación del punto donde poder aliviar. De esta forma, fijado como definitivo el trazado en un principio señalado, aparecía como uno de los puntos más delicados de la obra la construcción de la galería al

pie del Claustro de la Catedral, y a ella nos vamos a referir principalmente en este artículo.

Creemos que también puede resultar de algún interés para los lectores de nuestra REVISTA una ligera descripción del sistema de entibación empleado en la ejecución de la zanja para la galería de servicios, con una profundidad de 6,50 m. bajo el nivel de la calzada, a través de calles realmente estrechas y con edificios a sus lados de precaria cimentación.

Dedicaremos unas líneas finalmente a la construcción mecanizada de la bóveda de la galería y al hormigonado de la misma con aplicación de vacío en su intradós.

Construcción de la galería de servicios junto al pie del Claustro de la Catedral.

De acuerdo con el proyecto, se había previsto la ejecución de obras de consolidación y recalce en los cimientos del Claustro de la Catedral, debido no solamente al mal estado y poca profundidad de dicha cimentación en relación con la solera del colector, sino también a la existencia de numerosas grietas verticales en toda la fachada, muy acusadas en la esquina del pináculo, que se hallaba prácticamente suelto del resto de la edificación, según puede apreciarse en las fotografías (figs. 1.^a y 2.^a).

Se había estudiado un recalce por puntos, realizando previamente el apeo del muro externo del Claustro, cegando los arcos apuntados existentes y colocando, tanto interior como exteriormente, un fuerte sistema de acodamientos, destacando, por su importancia, el apeo del pináculo, debido a las circunstancias antes expuestas.

Ejecutados estos trabajos de recalce, podía adoptarse el sistema de entibación previsto para el resto de la obra, que describiremos más adelante.

Iniciados los trabajos, pronto se pudo apreciar que la situación e importancia de la capa freática era muy desfavorable respecto a la prevista, de acuerdo con las calas practicadas durante la redacción del proyecto, debido a la falta de uniformidad del terreno, compuesto por gravas, con zonas de abundante limo, siendo de temer un rápido deslavado y consiguiente descalce, de continuar los agotamientos sin una previa consolidación de los acarrees constituyentes de la calle de la Paloma.

En estas circunstancias y ya con una mayor información del terreno, se procedió conjuntamente, por los Servicios Técnicos del Excmo. Ayuntamiento de Burgos y la Compañía de Construcciones Hidráulicas y Civiles, adjudicataria de la obra, a un detenido estudio del problema. Uno de los procedimientos normalmente aplicados en obras análogas sería la hincas de una doble serie de tablestacas que formarían pantallas de contención de los acarrees debajo

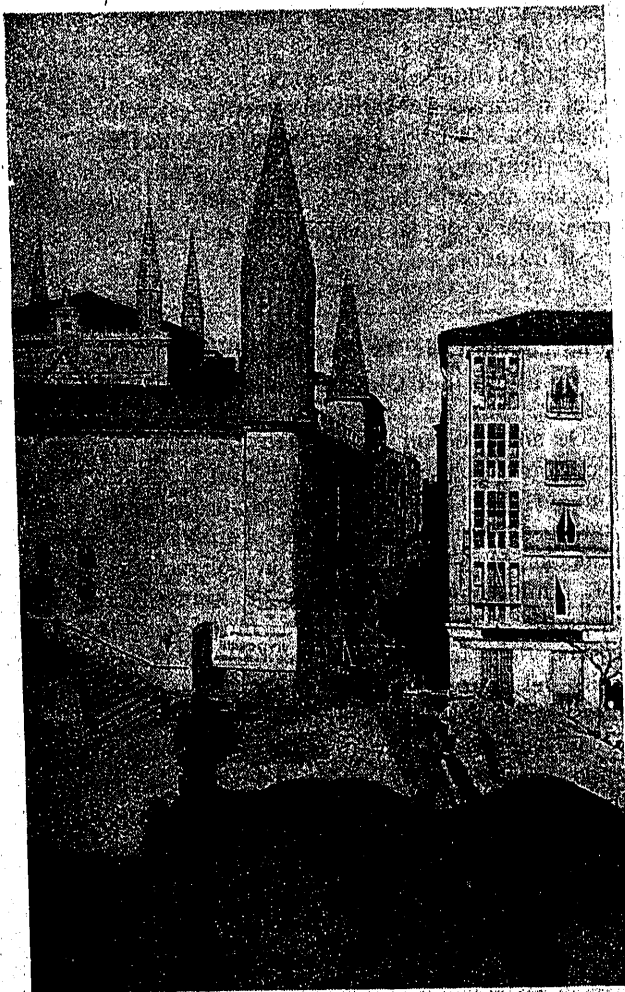


Figura 1.

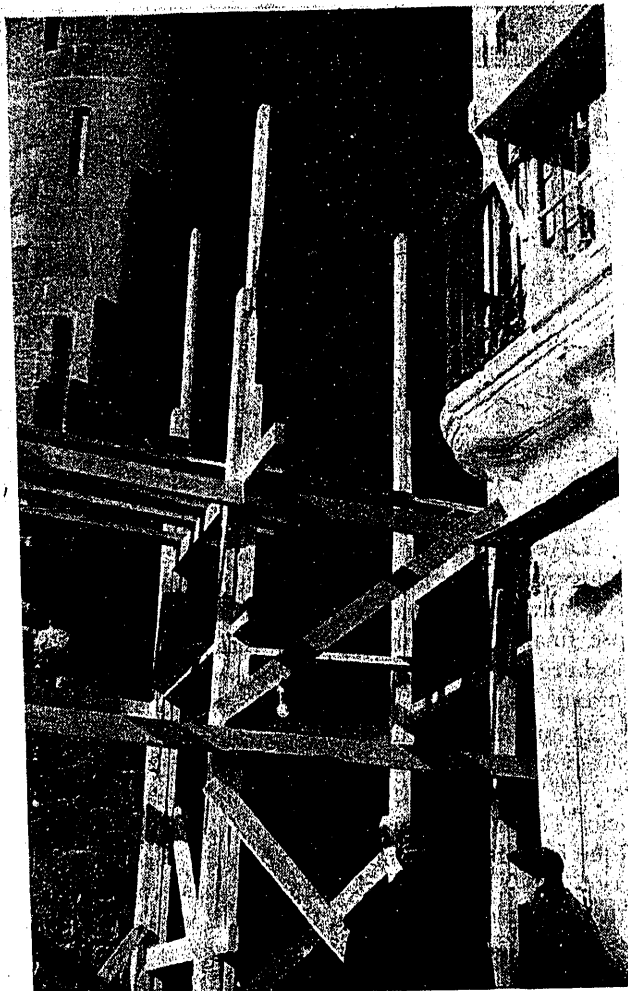


Figura 2.

de los cimientos. Pero había que rechazar esta posible solución por la existencia de bolos en los acarrees y la violenta trepidación que podía producir la hincas en la Catedral y casas próximas, cuyos efectos serían especialmente sensibles en aquella, por la abundancia de grietas. Por este motivo, se encontró como más conveniente la solución de la ejecución de la galería por medio de cajones indios yuxtapuestos con la sección interior del colector, y que hincados en forma alternativa sustituirían, con menos riesgos, al recalce por puntos en un principio proyectado. Con este sistema, si bien no eran de temer los efectos del empuje lateral del terreno, resultaba peligrosa la posible socavación provocada por una elevación del gradiente hidráulico, como consecuencia del achique necesario para realizar la excavación. Era, pues, necesario complementar dicho procedimiento con otro que evitara, o al menos redujera en lo posible, los riesgos apuntados.

Se estimó necesario realizar nuevos sondeos, la-

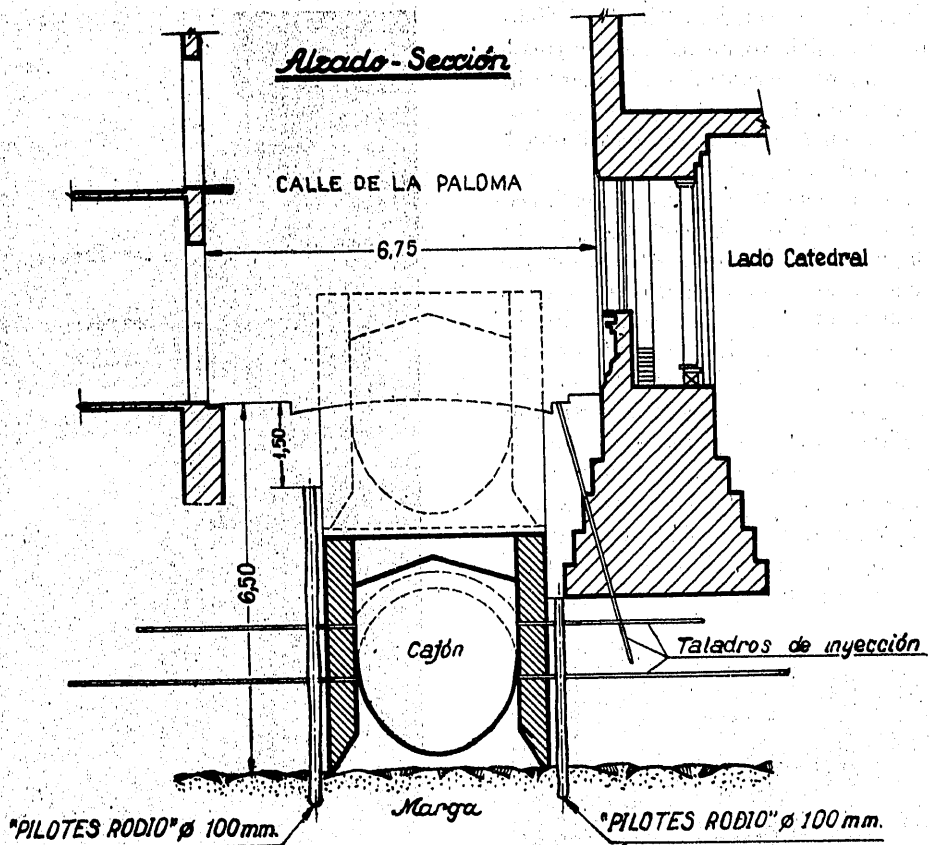


Figura 3.ª

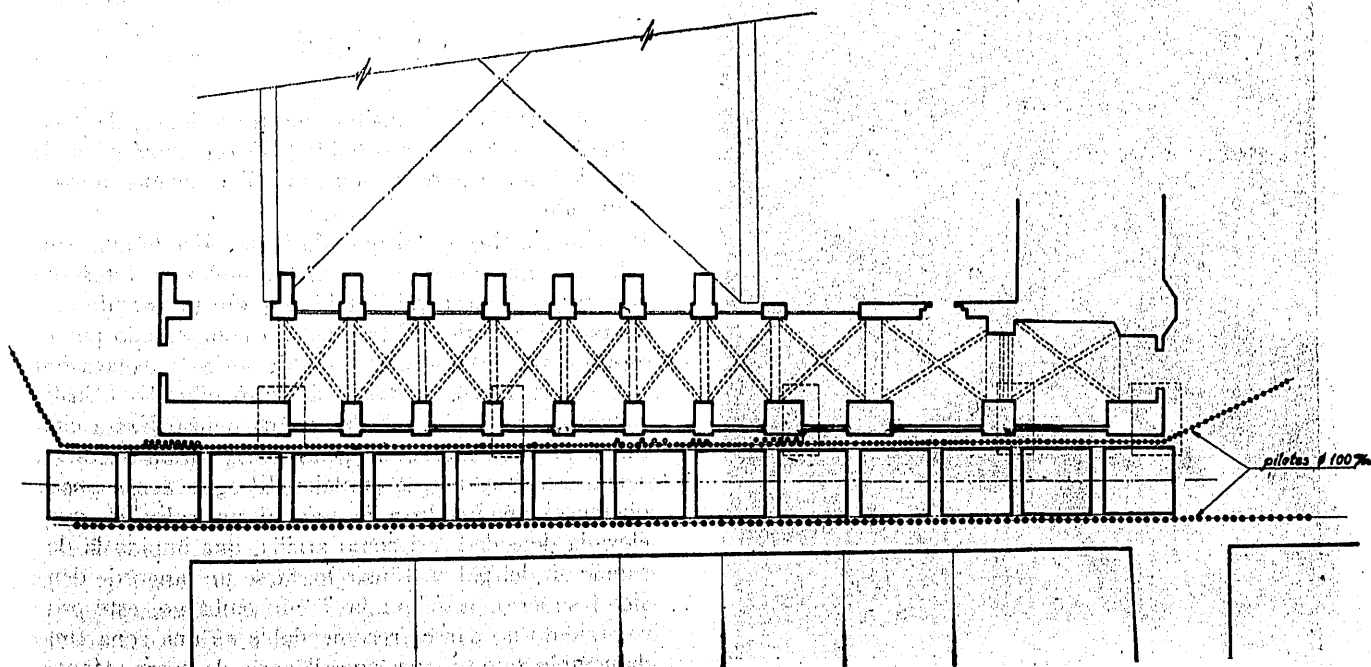


Figura 4.ª

bor que se encomendó a la Empresa "Rodio". Estos sondeos pusieron de manifiesto un subsuelo formado alternativamente por capas permeables fácilmente inyectables y otras constituídas por arenas finas y residuos de alcantarilla, en las cuales se imposibilita la inyección aun con productos químicos.

Por consiguiente, podría obtenerse con las inyecciones una impermeabilización del conjunto del terreno, pero no la consolidación de todas las capas, necesaria para reducir el empuje lateral al efectuar la excavación y evitar el peligro de socavación. Es cierto que el riesgo de este accidente podía ser reducido, pues las inyecciones disminuyen el gradiente hidráulico, dando a la pantalla inyectada suficiente espesor y profundidad, pero esto requería realizar numerosos taladros y trabajar desde el interior del Claustro, circunstancias que hicieron desistir de este procedimiento. Se realizaron, no obstante, algunas pruebas de inyección, habiéndose limitado su efecto a la cementación de pequeños núcleos de acarrees.

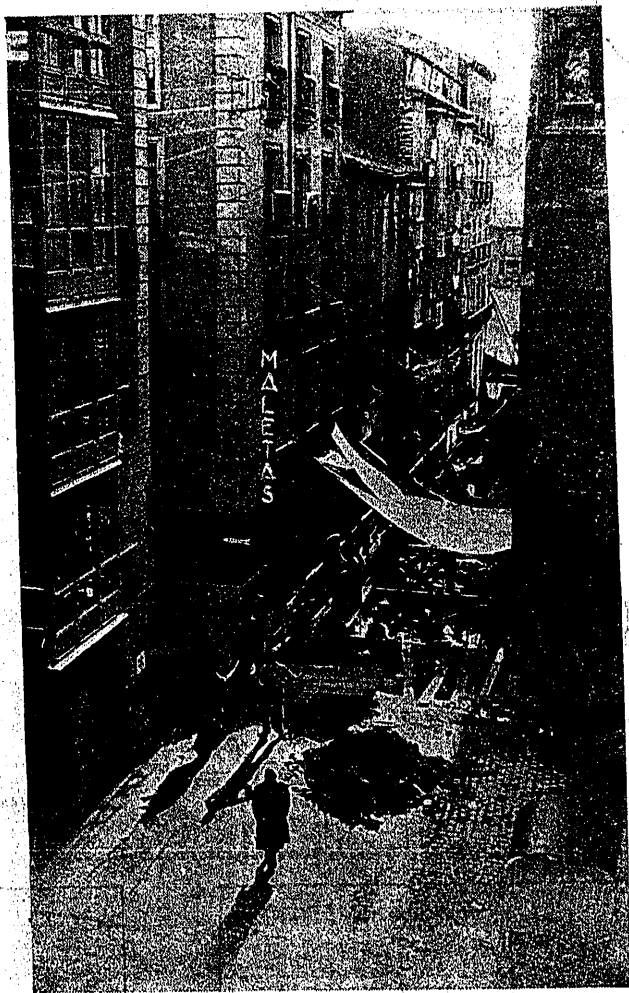


Figura 5.ª

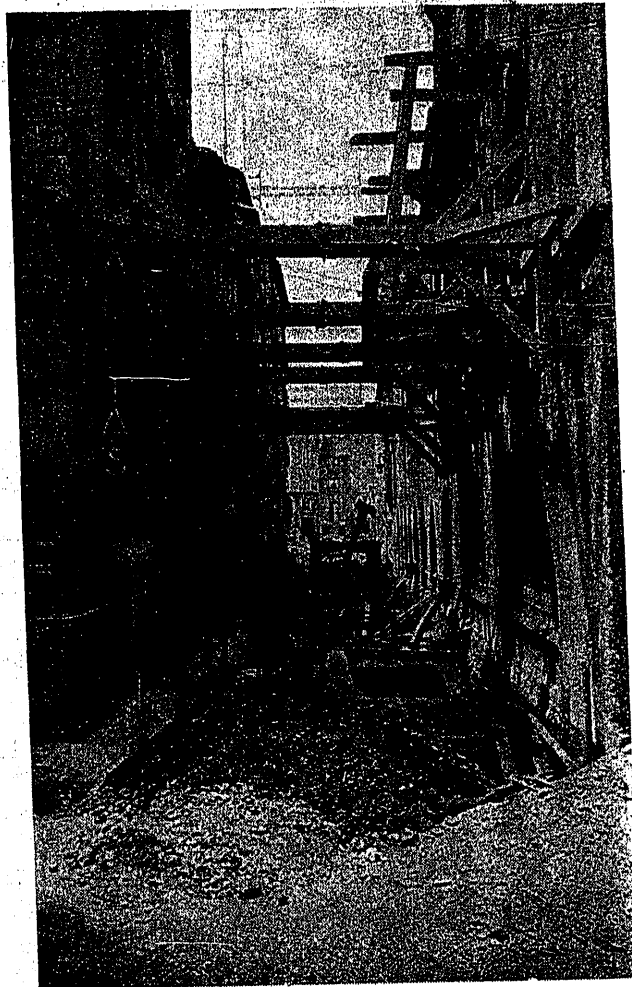


Figura 6.ª

Descartada la solución de inyecciones, la casa "Rodio" señaló la posibilidad de otros métodos de trabajo, que vamos a comentar ligeramente a continuación.

Uno de ellos consiste en la formación de una pantalla de agua densa, es decir, reemplazar el terreno por un fango de igual densidad o aún mayor, de modo que el empuje del terreno sea compensado por el agua densa. La marcha a seguir sería la excavación con sonda y tubo metálico de gran diámetro. Sustitución del agua del tubo por agua densa. Extracción del tubo. Aplicando este proceso en forma sucesiva, se va constituyendo la pantalla. El agua densa puede obtenerse añadiendo a la normal un polvo de muy elevada densidad, así como arcilla, que impida la decantación del polvo. Puede lograrse un fango de densidad superior a 2 Tm./m.³. Sin embargo, este procedimiento no parece recomendable en una zona fundamentalmente urbana, pues llenaría de barro y fango las calles adyacentes. Por otra parte, los productos

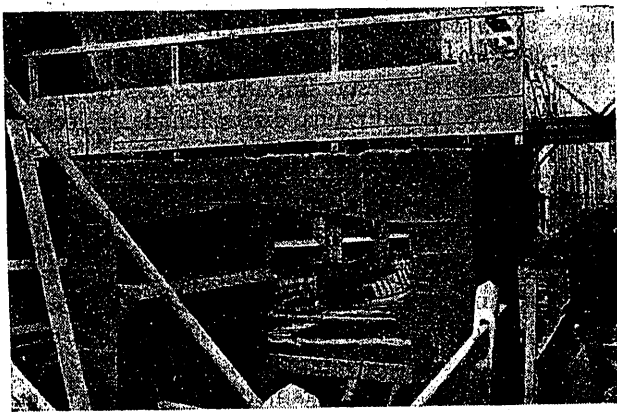


Figura 7.ª

necesarios para la formación del agua densa no se encuentran fácilmente en las proporciones necesarias. Y lo que es más importante, al faltarle al cajón el terreno de apoyo, tendría que efectuarse su descenso por medios mecánicos.

Otro procedimiento de uso muy frecuente en el extranjero es el de la congelación del terreno. Se emplean para ello aparatos de congelación basados en el frío, que se obtiene por la descompresión de los gases, en especial del gas carbónico. El gas, sometido a presión mediante un compresor, circula en los tubos congeladores, esparciéndose y creando fríos intensos. Vuelve después de nuevo al compresor, enfriado previamente por circulación de agua. Éste es el fundamento de la patente "Rodio-Dehottay". Sin embargo, este procedimiento, como otros análogos, exige un sistema de aparatos delicados y costosos, de los cuales no se dispone en España, por lo que su aplicación no resulta fácil y ha sido citado solamente como una posible solución.

Se pensó también en sustituir la hinca de cajones de hormigón armado por una doble pantalla de pilotes de gran diámetro, del orden de los 600 mm., haciendo frente de esta forma a las subpresiones y empuje del terreno. La pantalla de pilotes debería estar en contacto con los cimientos de la Catedral, permaneciendo los tubos siempre en el terreno no excavado, o sea más abajo del nivel alcanzado por la sonda. Pero esto requeriría una hinca enérgica que hubiera podido causar derrumbamientos del terreno, con grave perjuicio para el edificio.

Eliminadas por distintos motivos las soluciones anteriormente esbozadas, se llegó al procedimiento seguido después, con ligeras variantes, y consistente fundamentalmente, como puede verse en el croquis (fig. 3.ª), en una doble pantalla de pilotes de diámetro 100 mm. La vibración que podía producir la hinca de estos pilotes no parecía ofrecer peligro alguno para los edificios, y afortunadamente así ha sido con-

firmado por la realidad. En el plano de conjunto se refleja claramente el trabajo realizado (fig. 4.ª).

Se efectuó previamente un rebaje de la rasante hasta la cota — 1,50, y a continuación, en forma intensiva, la ejecución de pilotes, como se aprecia en la fotografía (fig. 5.ª). Las cabezas de los pilotes han sido unidas por vigas de encepamiento, que en el lado de la Catedral ha servido para completar sus viejos cimientos, en los cuales se fué realizando una labor de saneamiento a medida que se iban descubriendo. Los pilotes elaborados con cemento fundido han sido ligeramente armados con hierros longitudinales de diámetro 8, zunchados con diámetro 5 mm., con paso de 50 cm.

Con objeto de reducir la duración de estos trabajos, a medida que se disponía de pantalla por ambos lados, se iniciaba la construcción de los cajones de hormigón armado, efectuada con cemento fundido para acortar el plazo de desencofrado, y posterior-

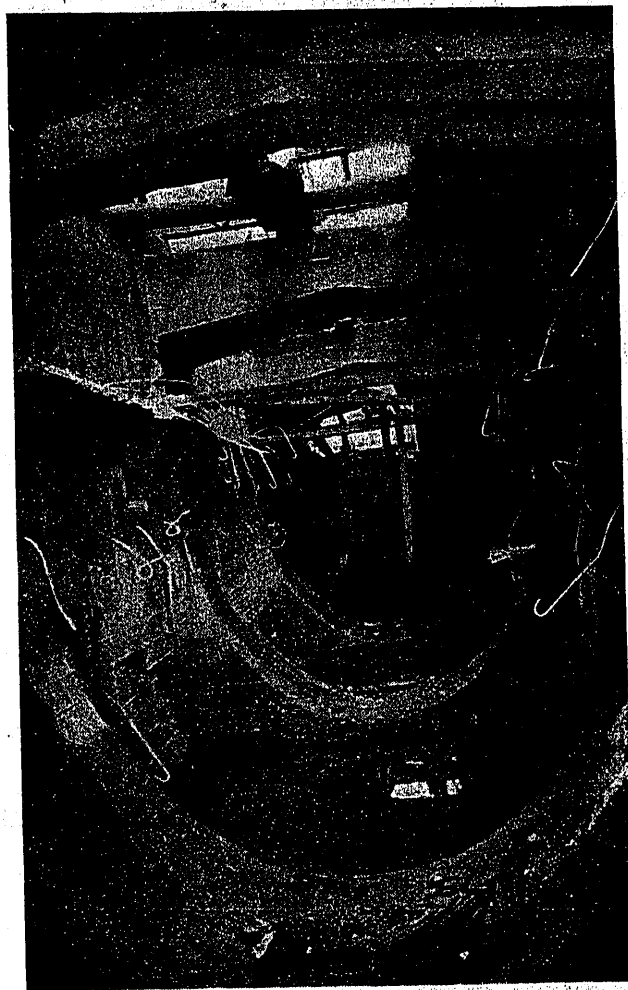


Figura 8.ª

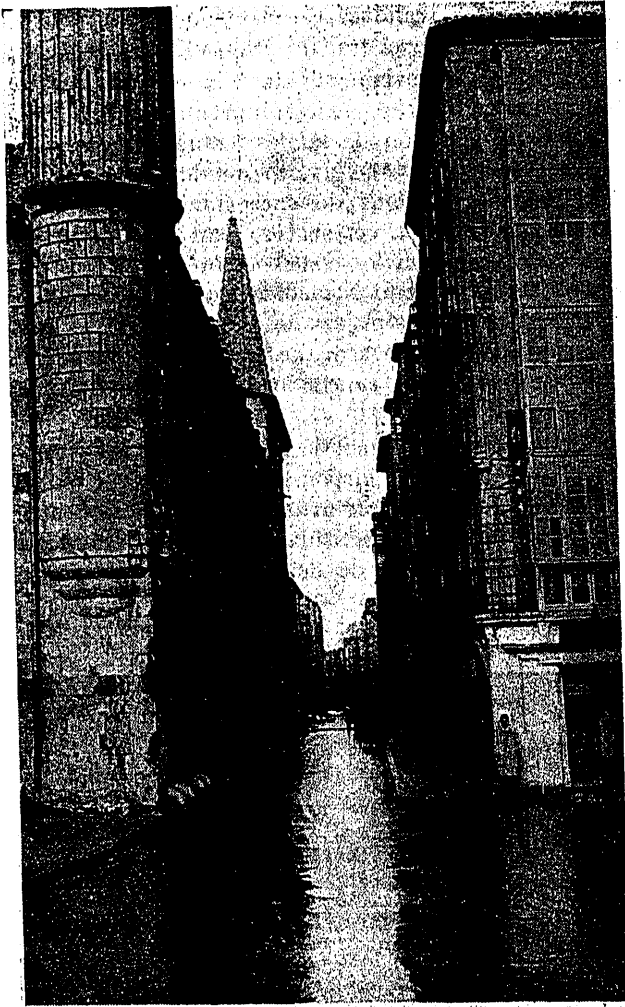


Figura 10.

mente su hinca, llevándose ésta en forma alternada, no efectuándose las inyecciones de cosido o soldadura en cada cajón hasta estar hincados los dos contiguos, con objeto de impedir una dispersión de la lechada que pudiera perturbar la hinca posterior de los dos adyacentes. Finalmente se ejecutaba la unión de los cajones contiguos. Este trabajo ha sido realizado con la mayor prudencia.

La hinca de los catorce cajones en un terreno con abundante agua y con la frecuente aparición de bolos y muros bajo los cuchillos de los citados cajones, ha sido realmente dura. En las diversas fotografías que acompañan estas notas se aprecian diversas fases de estos trabajos, donde el espacio reducido, principal dificultad de toda la obra, ha sido nuestro mayor enemigo (figs. 6.^a, 7.^a y 8.^a).

En la esquina del Claustro con la plaza del Rey San Fernando se alza el pináculo al que en un principio nos hemos referido. En las fotografías se aprecian claramente las grietas que lo independizaban del resto de la construcción. El temor a que estas grietas tomaran mayores proporciones al efectuar la hinca

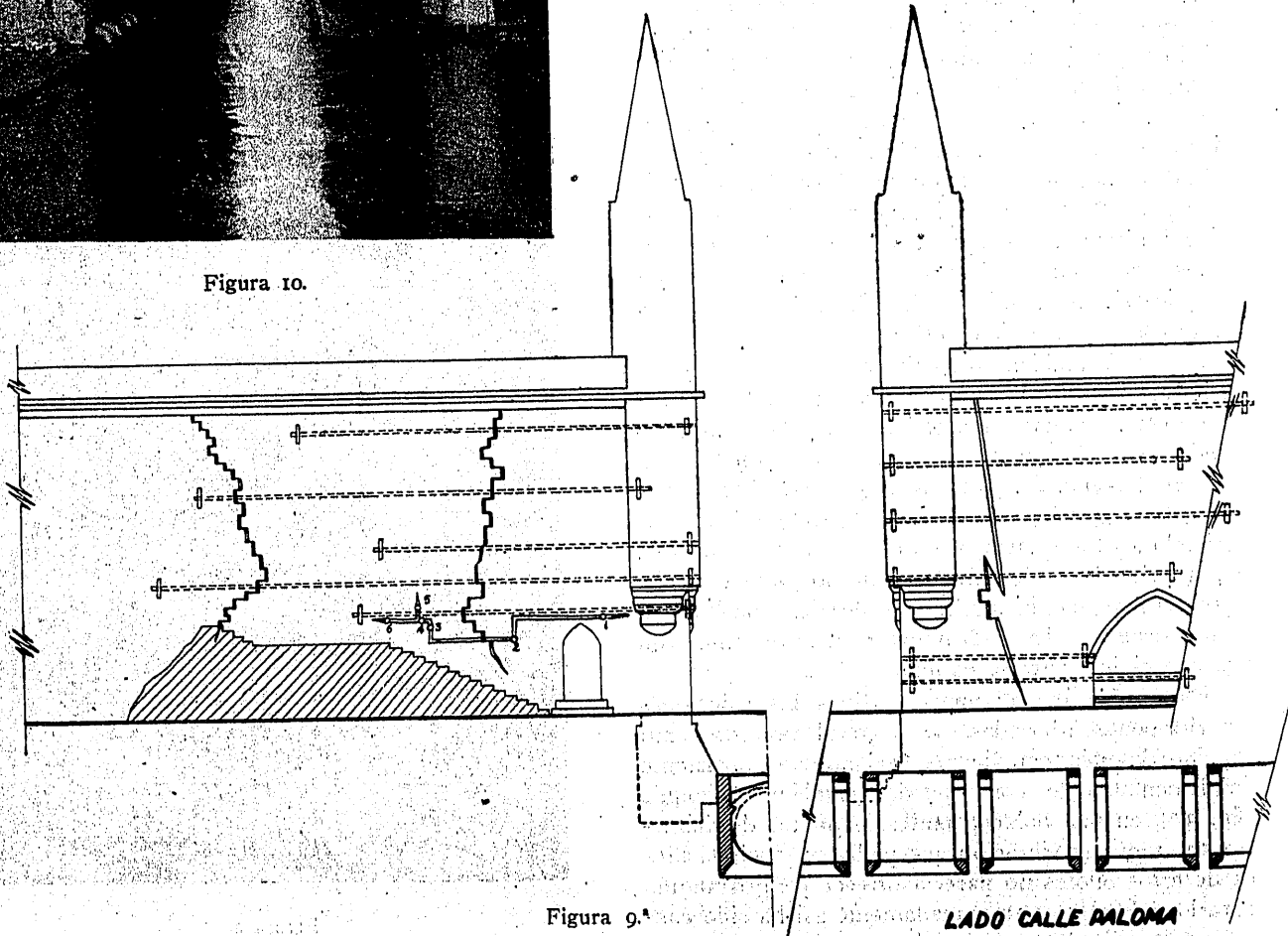


Figura 9.^a

LADO CALLE PALOMA

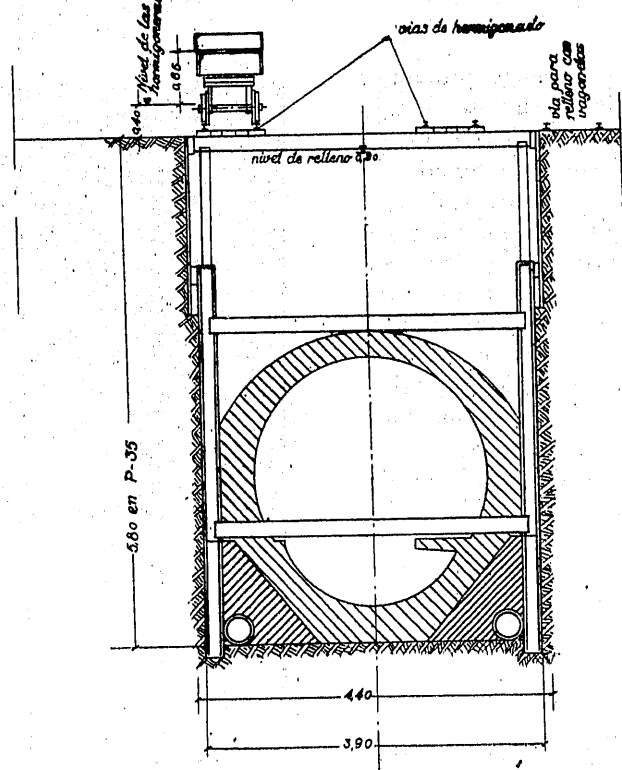


Figura 11.

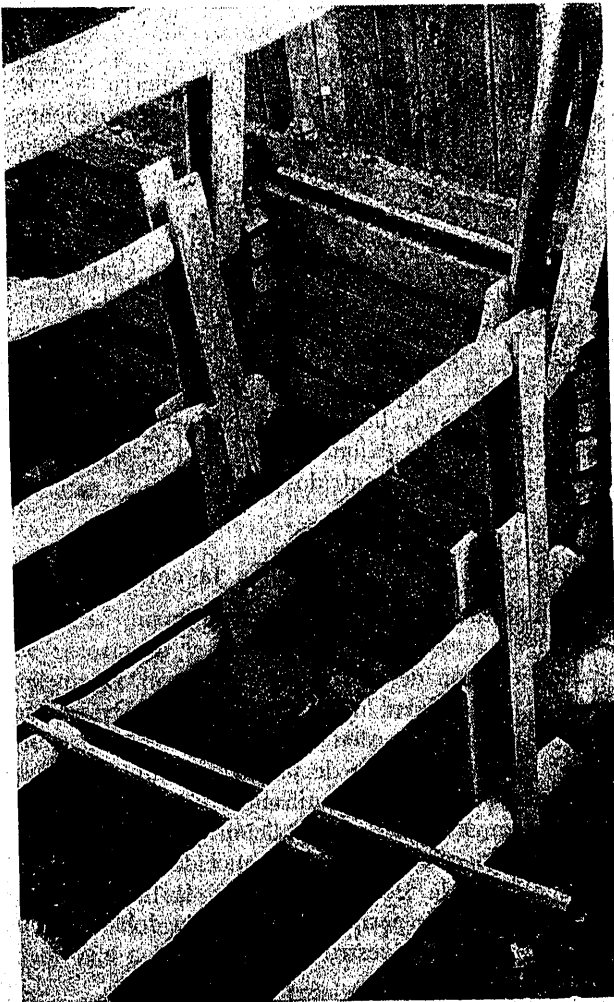


Figura 12.



Figura 13.

de los pilotes y cajones inmediatamente próximos, aconsejaba su apuntalado previo, y en este sentido la dirección facultativa había proyectado un importante apeo. Presentaba éste el inconveniente, además de su coste elevado, de dificultar los trabajos de ejecución de los cajones de hormigón armado, y además hacía temer que, si realmente entraba en trabajo por un movimiento de la cimentación se acusaran más las grietas al proceder a retirarlo. Por estas razones fué sustituido por una labor que no dudamos en calificar como mucho más eficaz y que ha sido el cosido previo de las grietas con la ejecución de un auténtico encadenado. De esta forma, la inversión hecha como medida preventiva durante la fase de trabajo queda en beneficio de los viejos muros, cuya vida se ha prolongado.

Con un andamiaje adecuado se realizó la labor de perforación con sondas horizontales, ejecutándose taladros cuyo alcance se refleja claramente en el

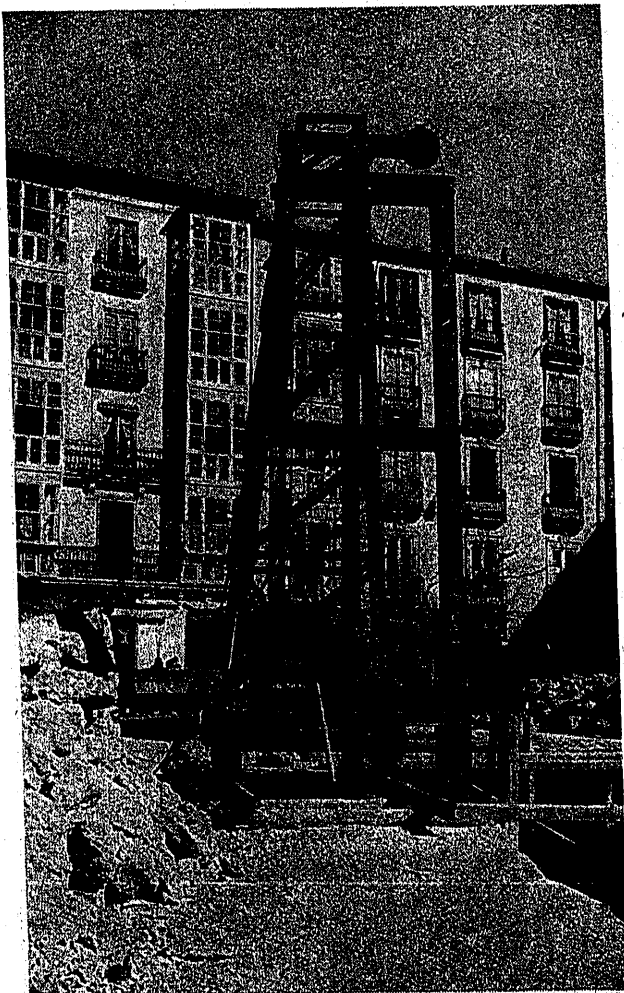


Figura 14.

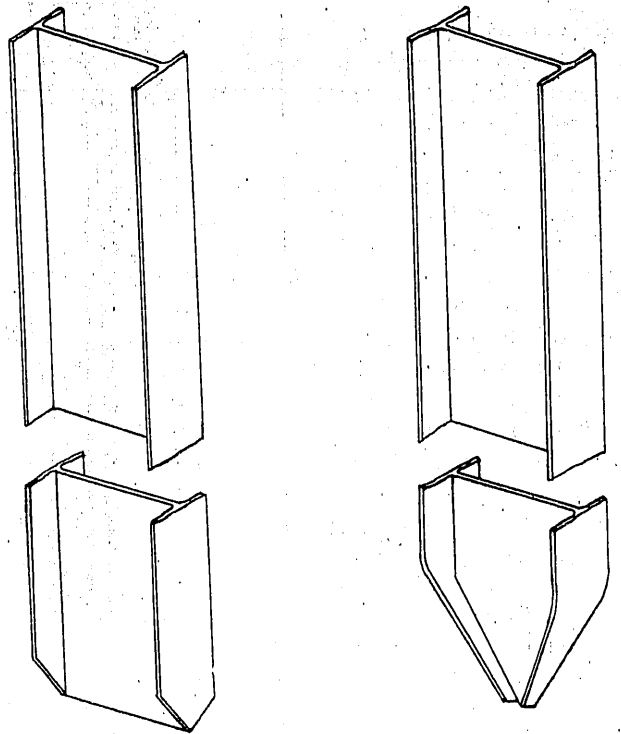


Figura 15.

plano. Posteriormente se introducía hierro redondo de diámetro 40, con sus anclajes correspondientes, para repartir los esfuerzos sobre los sillares, y finalmente se inyectaba con mortero de cemento fundido para conseguir una mejor colaboración del encadenado con la fábrica adyacente (fig. 9.^a).

Todos estos trabajos realizados en el Claustro de la Catedral y planteados por la ejecución de la galería de servicios, han merecido la plena aprobación del Arquitecto Comisario General del Patronato Artístico Nacional. En la fotografía (fig. 10) aparece la calle pavimentada, libre ya de la pesadilla que la hincas de pilotes y cajones de hormigón armado ha constituido para sus sufridos vecinos.

Entibación de la zanja para la construcción de la galería de servicios.

La ejecución de una zanja de 4,30 m. de ancho, con una profundidad media de 6,50 m. a través de calles estrechas del orden de los 8,00 m. y con edificios viejos a sus lados, de precaria y superficial cimentación, requería una entibación que pudiera ofrecer la máxima seguridad, condición que se ha encontrado en el sistema seguido, conocido por el "del Metropolitano de Berlín"; es decir, la hincas previa a la excavación de perfiles metálicos en doble T, con separación fija (en nuestro caso, PN-I-20 a 2,20 m.),

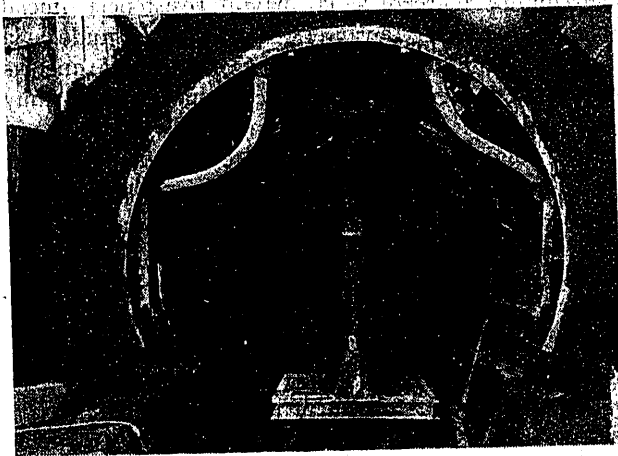


Figura 16.

que permite ir calando tablonos sobre sus alas a medida que avanza la excavación, constituyéndose de esta forma una pantalla que posteriormente puede retirarse de abajo hacia arriba, o sea, una vez que el relleno se va efectuando. Los perfiles metálicos citados se acodalan convenientemente con rollizos, en la forma que claramente se refleja en los croquis y fotografías que adjuntamos (figs. 11, 12 y 13).

Una ligera exposición de este sistema se encuentra en el libro de W. E. Schulze, *Fundaciones* (Labor, 1949), y una mayor información en "Organ für Fortschritte des Eisenbahnwesens" (C.II-1941). La hinca de los perfiles precisaba unos martinetes de dimensiones reducidas, dado el espacio escaso que queda entre la zanja y las casas próximas, y en este sentido proyectamos especialmente para esta obra las máquinas que pueden verse en las fotografías, cuyo comportamiento ha sido muy satisfactorio (fig. 14). La presencia de bolos en el terreno ha obligado muchas veces a una perforación previa con máquinas de percusión.

Aseguramos un perfecto guiado en la hinca por medio de unos tacos de madera colocados en las guías aprisionando el perfil, y que se iban retirando a medida que aquélla se producía. Quizás sea interesante destacar que en un principio, y para facilitar la hinca, se recortaron las viguetas en la forma del croquis (fig. 15); posteriormente, y con el deseo de mejorarlo, se adoptó el dibujado al lado, que refuerza la punta. Si bien de esta forma la hinca se realiza perfectamente, tiene el inconveniente de que dificulta extraordinariamente la recuperación del perfil, pues actúa como un arpón al acumularse materiales en la caja formada. Esto obligó a perder algún perfil, volviéndose al sistema primitivo.

Con objeto de proteger el perfil durante el hormigonado de la bóveda, se rodea de elementos de

hormigón prefabricados, rellenando los huecos con arcilla, que actúa como lubricante durante la extracción, procedimiento que nos ha dado buen resultado.

La extracción de los perfiles, imprescindible para que el sistema de entibación sea económicamente factible, se ha realizado adosando a la cabeza del perfil un elemento de contrabatida, efectuándose por percusión, en forma análoga a la empleada para la extracción de los tubos de fabricación de pilotes *in situ*.

El sistema expuesto puede, en general, considerarse eficaz, y sin duda mucho más en terrenos libres de las sorpresas que depara el subsuelo de una vieja ciudad como Burgos.

Ejecución mecanizada de la bóveda de la galería de servicios, con aplicación de vacío al hormigón.

En las fotografías (figs. 16 y 17) se aprecia el molde metálico sobre carretón, en dos posiciones, y que ha sido empleado en forma satisfactoria en la ejecución de la bóveda de la galería de servicios. El encofrado y desencofrado se realiza con toda facilidad, y su acoplamiento al carretón indicado simplifica extraordinariamente su transporte, por lo que no dudamos en recomendarlo para obras análogas.

Complemento eficaz de este dispositivo ha sido la adaptación de dichos moldes para el tratamiento por vacío del hormigón. A este efecto, la Compañía de Construcciones Hidráulicas y Civiles, S. A., consiguió de la Sociedad "Vaco, S. A.", concesionaria exclusiva para España y Portugal de las patentes Billner, de Filadelfia, el derecho a utilizar su procedimiento en nuestra obra. Se obtiene, como es sabido,

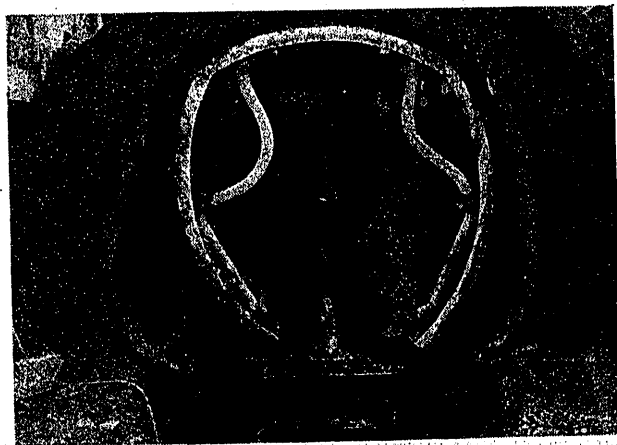


Figura 17.

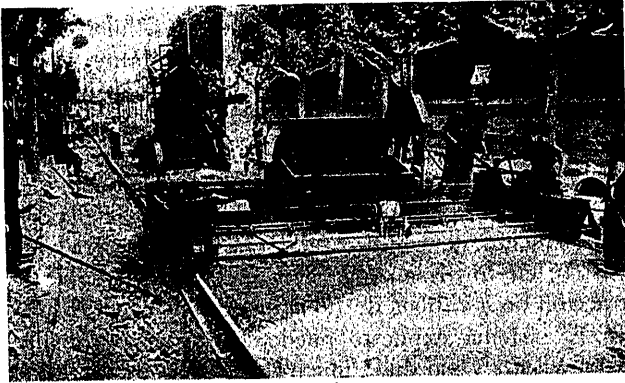


Figura 18.

una reducción del factor agua-cemento, con las ventajas consiguientes. El acabado de la superficie es francamente bueno y el sistema posee indudables ventajas respecto a un rápido desencofrado. Estas no han sido aprovechadas totalmente por el menor ritmo de avance que imponía la excavación, ejecutada siempre con gran prudencia. No obstante, en muchas ocasiones se ha realizado un avance diario de 5 m. l. de galería completamente terminada. Se ha

conseguido, merced a la mayor resistencia inicial obtenida, el poder llevar el relleno muy seguido a la fase de hormigonado, con lo cual el tiempo que las zanjas permanecen abiertas se reduce, factor muy importante en obras como la nuestra.

Consolidados convenientemente los rellenos, se ha realizado como última fase de la obra la pavimentación de las calles afectadas por el trazado del colector. Hemos empleado en su hormigonado el equipo formado por una hormigonera Ransome provista de brazo y carretón para la puesta en obra del hormigón, y la pavimentadora que se aprecia en la fotografía (fig. 18).

Como decíamos en un principio, con el millar de metros lineales de galería ya construídos, y atravesada la zona urbana de mayores dificultades, la obra está próxima a terminarse. De esta forma, en breve plazo Burgos contará con un moderno sistema de saneamiento, que ha sido posible gracias al esfuerzo y entusiasmo que, como Ingeniero, siempre dedicó a esta obra desde los días del proyecto el excelentísimo Sr. D. Florentino Díaz Reig, Alcalde de Burgos, y en quien siempre encontramos un decidido apoyo para vencer dificultades que nunca faltan en obras como la que hemos comentado en estas notas.