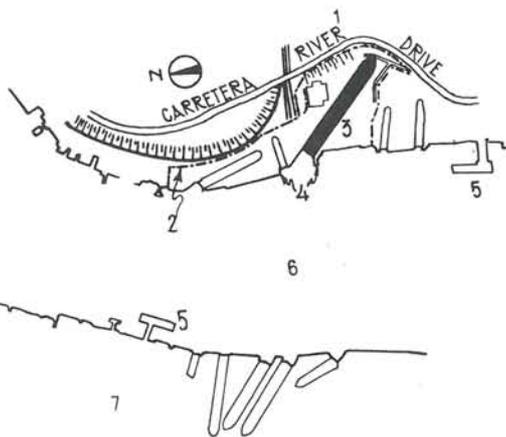
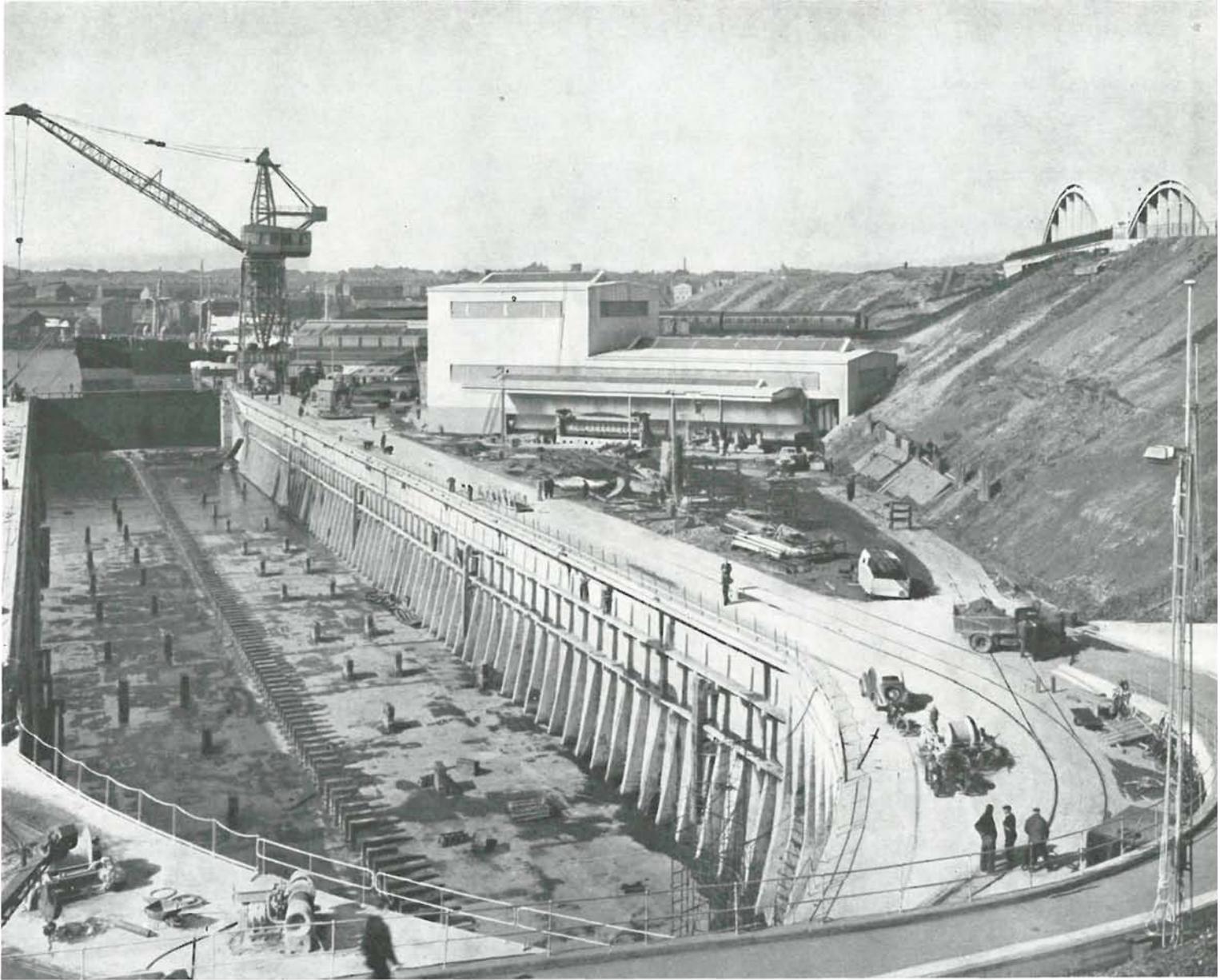


dique seco



en South Shields

PETER FRANK STOTT y LANES MORTON RAMAGE, ingenieros

553 - 6

SINOPSIS

La conocida empresa Brigham & Cowan Ltd, de South Shields (Inglaterra), acaba de construir un dique de carena en la desembocadura del río Tyne, destinado a la reparación de tanques y cargas de gran tonelaje y de relativamente poco calado. El vaso tiene 217 m de longitud, 29 de anchura mínima en la entrada, 6,40 de altura de agua sobre el umbral de entrada y una compuerta metálica rebatible hacia adelante. En este trabajo se describen las partes que mejor caracterizan esta importante obra.

1. South Shields.—2. Límite del terreno del dique.—
3. Nuevo dique.—4. Nuevo muelle.—5. Muelle del trans-
bordador.—6. Río Tyne.—7. North Shields.

Para hacer frente a la creciente flota de tanques dedicados al transporte de petróleo bruto y las reparaciones que éstos necesitan, la empresa privada Brigham & Cowan Ltd, dedicada a la reparación de barcos, se decidió a la construcción de un dique de carena con capacidad para tanques de hasta 38.000 toneladas. Este tipo de embarcaciones, como las cargas en general, tienen un calado relativamente poco profundo, causa que motiva una importante diferenciación entre este tipo de vaso y el que requieren los diques secos para naves dedicadas al pasaje, donde la profundidad es sensiblemente mayor.

Después de un estudio preliminar se llegó a las dimensiones generales del dique, tipo, clase de instalaciones y obras complementarias a este gran proyecto, que ha exigido una inversión del orden de 1.000 millones de libras esterlinas para su realización.

Ubicación de la obra

El dique se halla situado en la ciudad de South Shields, sobre la desembocadura del río Tyne, y a unos tres kilómetros del mar abierto.

En la zona prevista se realizaron una serie de sondeos previos, con objeto de reconocer el terreno y estudiar las posibilidades de sacar el mejor partido posible de las condiciones locales. Todo esto dió por resultado dar al eje del dique una orientación a 45° con la margen frontal del río. La cota elegida para la coronación de los muros cajereros es de 4,57 m. Sus dimensiones generales son: 217 m de longitud, 29 de anchura mínima y 6,40 de calado.

El terreno

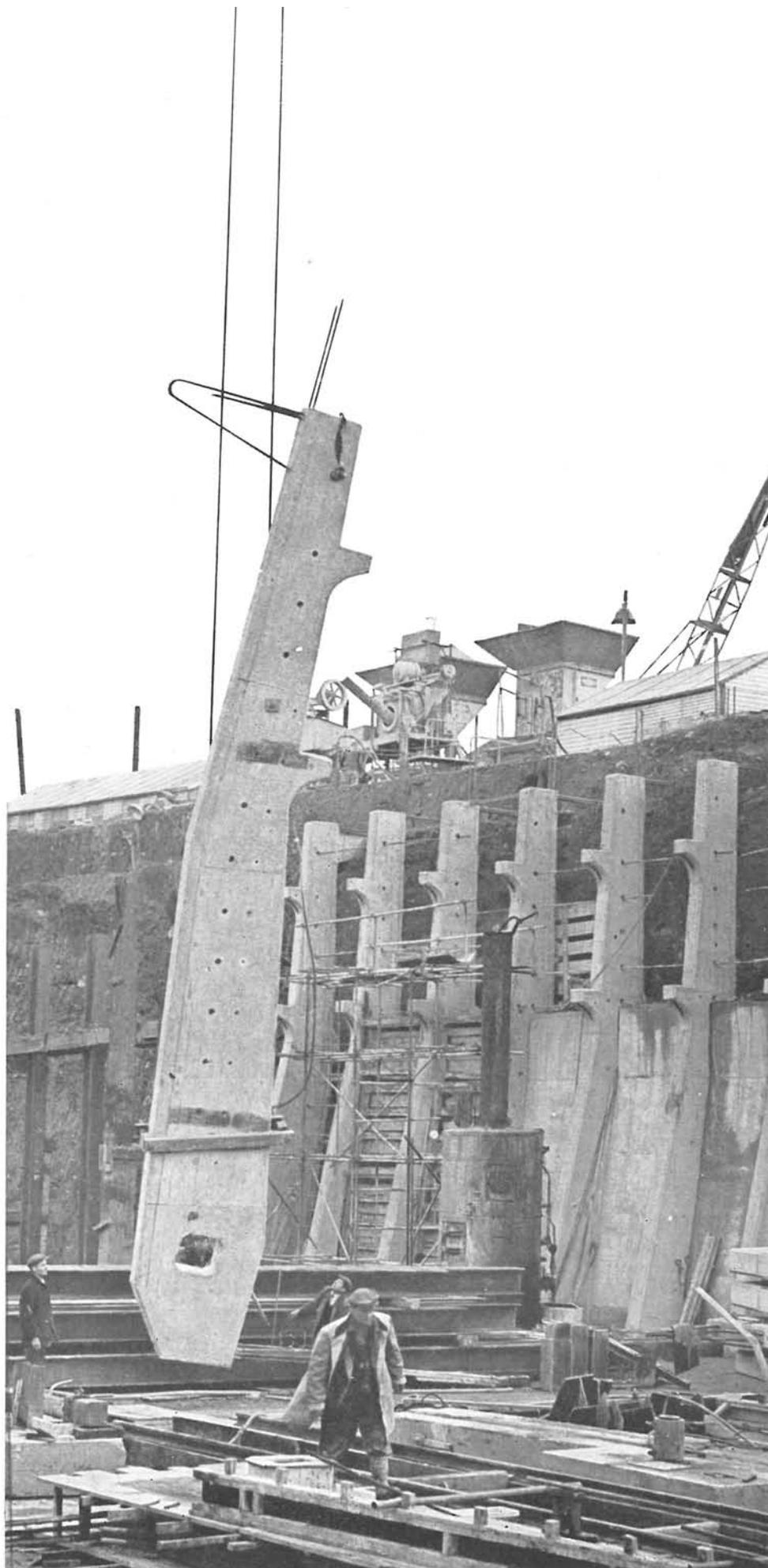
De los sondeos de reconocimiento se pudo deducir que el suelo de apoyo de la obra no era de gran calidad; pero que teniendo una capacidad mediana de sustentación, ésta se podía mejorar convenientemente con ayuda de pilotes. La formación geológica es una capa arcillosa, de unos 6 m de potencia media en esta zona donde abundan cantos sueltos de grandes dimensiones, y que se apoya sobre otra más profunda y potente de arena fina, en la que el río hace sentir su influencia infiltrante. Una capa de escasa potencia de gravas y arenas aparece en sólo un limitado espacio de la parte superior.

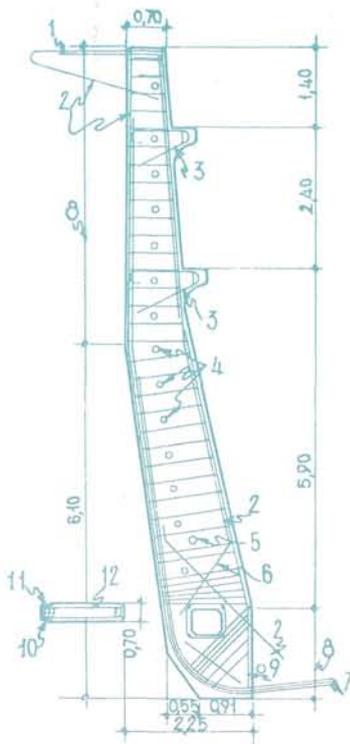
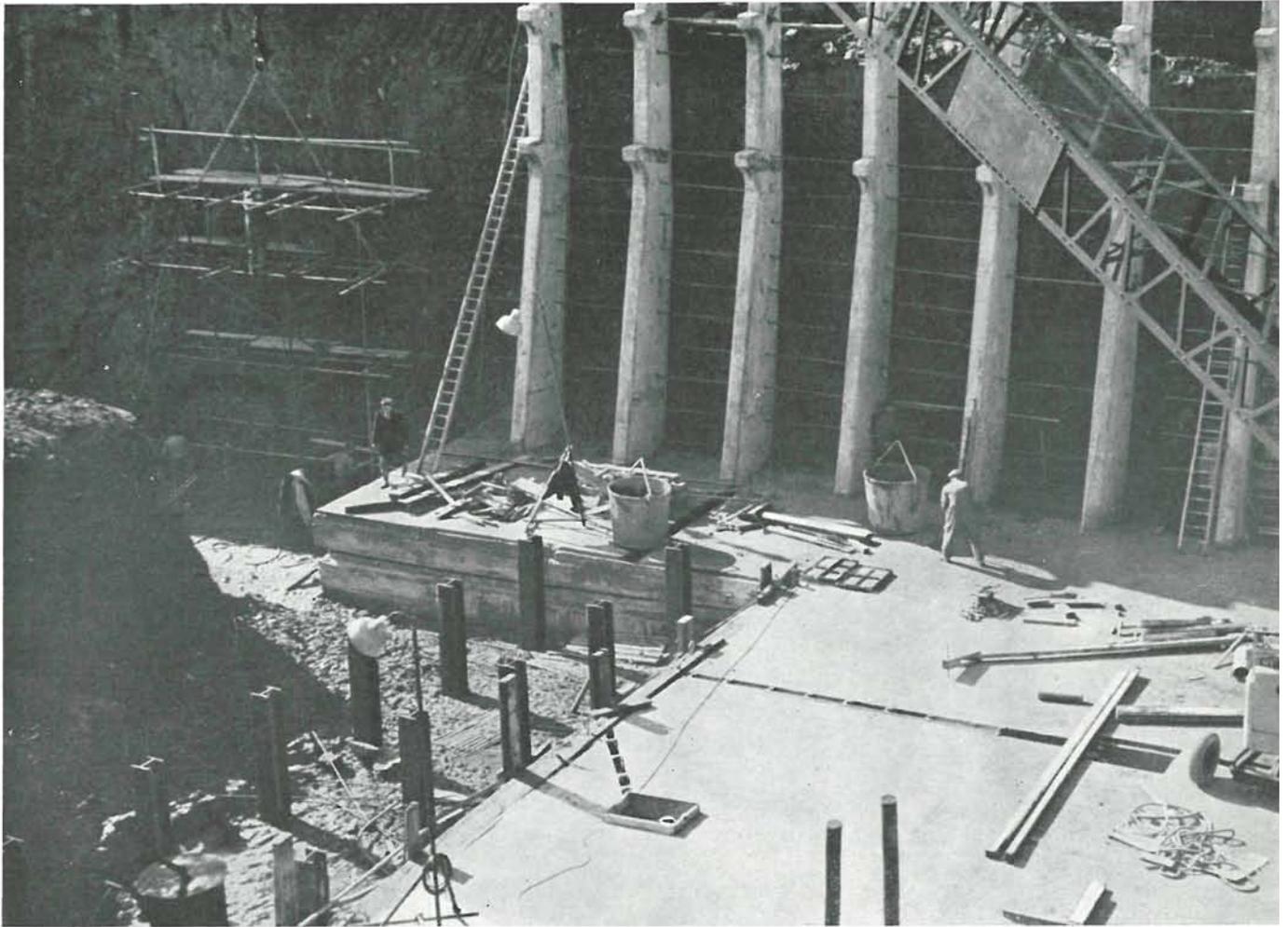
En los ensayos de laboratorio se obtuvieron resistencias de 7.300 a 30.700 kg/m² al esfuerzo cortante.

Consideración general del proyecto

La idea general que hasta hoy se hacía sentir en este tipo de obras era la profundidad. Actualmente, las cosas giran sobre una rabiosa utilidad racional, en la que se dispone de una gran variedad de materiales y métodos, pero que de poco servirían de no coordinarlos al objeto perseguido: la obra. Magníficos materiales con métodos de realización costosa es una mala resultante, y espacios o instalaciones de escaso aprovechamiento es una inversión poco aconsejable. Todas estas consideraciones tenidas en cuenta han dado por resultado un dique moderno, práctico y de frescas innovaciones sancionadas por la experiencia hasta hoy adquirida en esta materia.

De acuerdo con las posibilidades que ofrecía el terreno, todo se encaminó hacia una excavación directa y sin entibación, rápida para no exponer demasiado las arcillas a los agentes atmosféricos, ganar tiempo en la construcción y economía en la obra. Por ello, un proceso constructivo en el que interviniesen los procedimientos de prefabricación tenía amplia cabida.





1. 2 \varnothing 28 milímetros.—2. 2 \varnothing 32 milímetros.—3. 2 \varnothing 28 milímetros.—4. Taladros \varnothing 76 mm para armaduras.—5. Taladros \varnothing 15 centímetros.—6. 3 \varnothing 32 milímetros.—7. 8 \varnothing 32 milímetros.—8. Variable.—9. 1 \varnothing 28 milímetros.—10. Llaves para el andén.—11. Recubrimiento de 50 milímetros.—12. Estribos \varnothing 9 mm cada 30 centímetros.

Muros cajeros

Formados por montantes prefabricados de hormigón armado, que obran como contrafuertes, provistos de dos ménsulas en la parte superior para la formación de dos altares a distinto nivel, ha sido una buena solución. Estos contrafuertes se han espaciado a 1,50 y 2,30 m, según la capacidad del terreno; se apoyan en un zócalo de hormigón, constituyendo solera del dique, y entre ellos, convenientemente armados, se cierra el espacio libre con una pared de paneles de losas de 0,60 m de espesor.

En la parte superior de estos contrafuertes se ha construido una viga hueca de hormigón armado, que desempeña una doble función: la de servir de arriostriero y repartición de esfuerzos, y de conducto para el paso de las canalizaciones de agua y electricidad para los servicios. Este conducto o viga cajón tiene suficientes huecos o ventanas, que dan al dique para las tomas y derivaciones de las canalizaciones de servicio al dique. Como se dijo anteriormente, las ménsulas de estos contrafuertes permiten formar dos altares a distinto nivel, colocando tablonés de madera entre las ménsulas. La parte superior del borde de coronación constituiría un tercer altar.

Para el análisis de las distintas partes estructurales de la obra se han admitido las siguientes hipótesis:

1) Una resistencia de 1,2 kg/cm² al esfuerzo cortante y una sobrecarga de 2.700 kg/m² sobre la plataforma del dique.

2) El relleno sobre la arcilla será drenado con mechinales que vierten sobre el dique, pero se puede saturar de agua hasta 1,20 m por encima del nivel de la capa de arcilla y, finalmente, un esfuerzo longitudinal de 800 kg/m en dirección normal a las paredes del dique. La estabilidad, teniendo en cuenta el par de vuelco, se calculó con un coeficiente 1,50 de seguridad.



La solera del dique

El terreno que sirve de apoyo a la solera del dique presenta dos zonas de características distintas: la de la parte hacia el río, que no presentó dificultad, y la del lado de tierra, es decir, al fondo de la primera, donde existían capas de arena y grava propicias a la acumulación de agua y subpresión.

El espesor varía de 1 m en la parte central a 1,50 en los lados, al pie de los contrafuertes. Para drenar el suelo se le dió a la solera una pendiente de 1/400 en el sentido longitudinal y una caída de nivel de 0,15 m a cada uno de los pies de los muros laterales. En la parte central, bajo los bloques de quilla, se han colocado raíles viejos para repartir lo más uniformemente sobre el terreno la carga del barco dentro del dique en seco.

En la parte afectada por arenas y gravas, de fácil penetración del agua, se armó la solera y, además, para hacer frente a la subpresión de un salto hidrostático de 6,7 m, se ancló la solera al terreno por medio de pilotes metálicos, de sección en forma de H: de 25×25 cm y 13,70 m de longitud, espaciados a 2,25 m y con una capacidad a tracción de 32 toneladas cada uno. En las pruebas de arranque se necesitó un esfuerzo de 100 t para sacar un pilote. Estos elementos cumplen una doble función: actuar de anclajes en el caso de la subpresión y como amplificadores de la capacidad de sustentación cuando el dique está seco. Las cabezas se armaron para fijarlos mejor al hormigón.

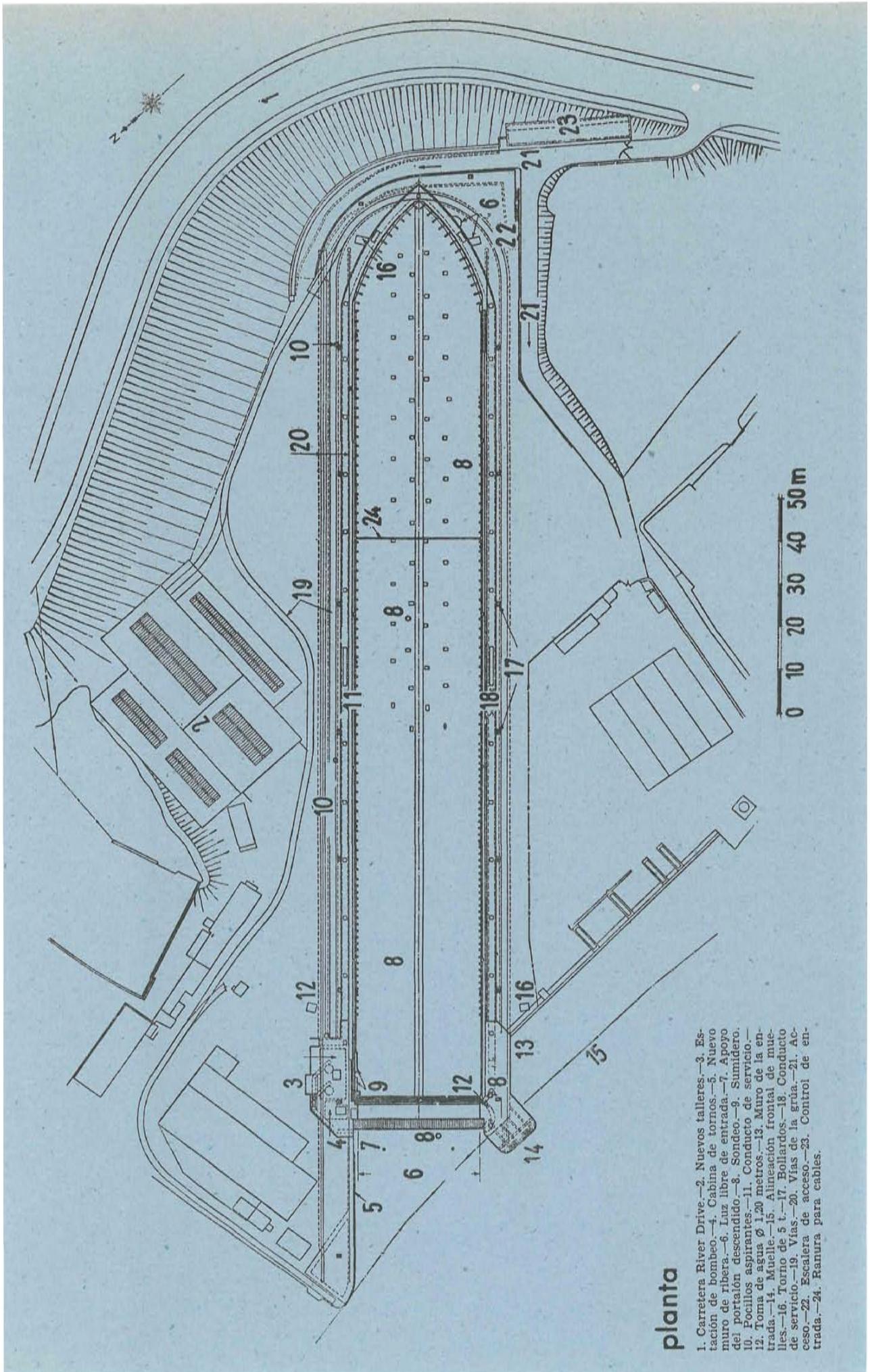
Como medida de precaución se han perforado unos pocillos entubados, de 20 cm de diámetro, los cuales, dispuestos lateralmente a lo largo de los muros cajeros, permiten dar salida al agua subyacente, que da lugar a la subpresión. Estos pocillos llevan un filtro para evitar el arrastre de materiales al salir el agua a presión y una válvula de bola que evita la inversión de la corriente.

Disposición para llenar y vaciar el dique

El dique se cierra con una compuerta metálica rebatible hacia adelante, girando sobre muñones que se apoyan en el umbral. Esta compuerta de cierre tiene otras seis, que tienen por misión el ganar tiempo al llenar el dique.

La toma de agua se hace a partir del muro sur y por medio de un tubo de 1,20 m de diámetro, a unos 2,10 por debajo del nivel medio de aguas; la descarga se realiza a un nivel próximo a la solera, pero desviando la vena unos 30° respecto al eje del dique para evitar choques con el chorro entrante. Entre esta loma y las seis compuertas de 68 cm del portal de cierre, el dique se puede llenar en una hora y media.

Para el agotamiento del dique se ha construido una estación de bombeo, equipada con dos bombas centrífugas de eje vertical, que impulsan el agua a dos tuberías independientes de hormigón armado, una para cada bomba, de 0,90 m de diámetro. Además, se han instalado otras dos bombas, de menor capacidad, cuya tubería de impulsión tiene 25 cm de diámetro. Estas bombas tienen por objeto el mantener el dique seco y poder alimentar de agua en caso necesario.



planta

1. Carretera River Drive.—2. Nuevos talleres.—3. Escalación de bombeo.—4. Cabina de tornos.—5. Nuevo muro de ribera.—6. Luz libre de entrada.—7. Apoyo del portalón descendido.—8. Pocillos aspirantes.—9. Sumidero.—10. Conducho de servicio.—11. Toma de agua Ø 1.20 metros.—12. Muro de la entrada.—13. Muelle.—14. Alineación frontal de muelles.—15. Torno de 5 t.—16. Bollardos.—17. Vías de la grúa.—18. Conducho de servicio.—19. Vías.—20. Vías de la grúa.—21. Acceso.—22. Escalera de acceso.—23. Control de entrada.—24. Ranura para cables.

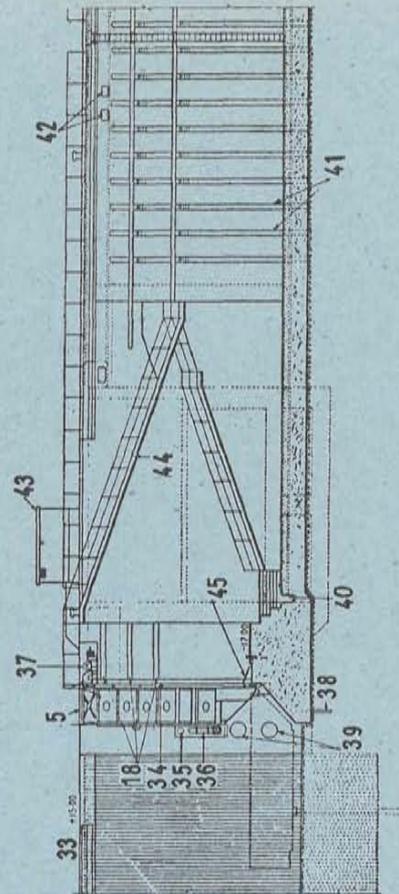
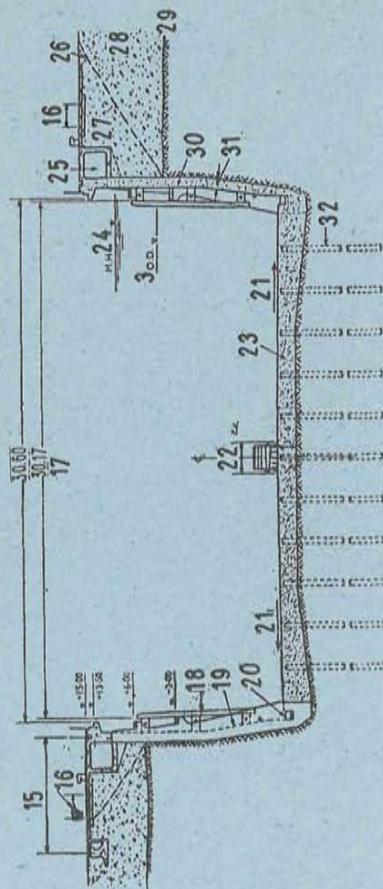
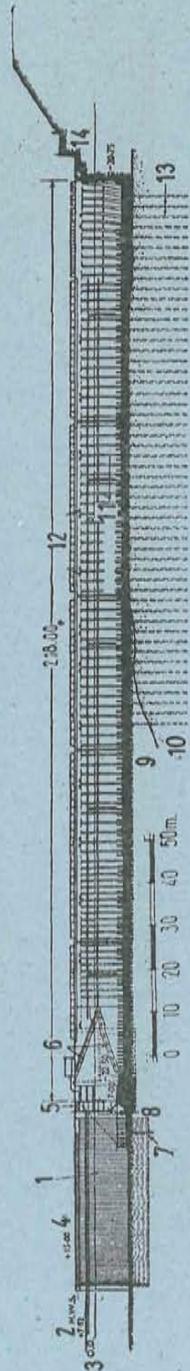
detalles constructivos

1. Empalizada de tabiestacas. — 2. Aguas medias, + 2,31 metros. — 3. 0,00 de la nivelación nacional. — 4. Cota de la plataforma, 4,57 metros. — 5. Portón celular de cierre. — 6. Rampa de acceso. — 7. Soporte para el portón abatido. — 8. Expulsión de bombas. — 9. Arcilla con cantos. — 10. Arena. — 11. Pendiente en solera, 1/400. — 12. Ventanas al conducto de servicio. — 13. Pilotes

de acero. — 14. Conducto de servicio. — 15. Troche de la vía de la grúa, 6,7 metros. — 16. Vía de servicio de 1,40 metros. — 17. Entre alturas, 30,17 metros. — 18. Defensas de madera. — 19. Contrafuertes. — 20. Dren de 0,53 metros. — 21. 15 cm de caída. — 22. Horizontal, 1,83 metros. — 23. Solera ligeramente armada y con ralles en la parte central para repartir el peso del barco. — 24. Aguas

medias. — 25. Conducto de servicio. — 26. Límite de la excavación. — 27. Relleno seleccionado. — 28. Relleno. — 29. Nivel variable de la arcilla. — 30. Pared entre contrafuertes. — 31. Mínimo, 0,60 metros. — 32. Pilotes en la zona húmeda. — 33. Montante de la plataforma, 4,57 metros. — 34. Montante de madera. — 35. Descarga del dren. — 36. Toma de agua de lastre. — 37. Poleas guías para los

cables del torno. — 38. Fila de pilotes. — 39. Expulsión de las bombas. — 40. Dren transversal. — 41. Estribos espaciados a 1,50 metros. — 42. Ventanas al conducto de servicio. — 43. Acceso a la estación de bombeo. — 44. Rampa de acceso al fondo del dique. — 45. Protección contra cuerpos extraños en los muelles.



Una particularidad de las dos bombas principales consiste en el sifón que forman sus respectivas tuberías de impulsión, una de las cuales restituye el agua al río en la cota $-4,60$, y la otra a $-6,40$ m, mientras que la cota de la ventosa o codo del sifón se halla a la cota $3,80$ m. El objeto de esta ventosa, que opera automáticamente, es el de evitar la inversión en el momento que deja de funcionar la bomba, pues se crea el vacío y la circulación se invierte. Al dejar de operar la bomba se abre la ventosa, la presión aumenta y se destruye toda posibilidad de efecto inverso de sifón. Esta y otros dispositivos mecánicos del equipo del dique son de concepción moderna y francamente ventajosos.

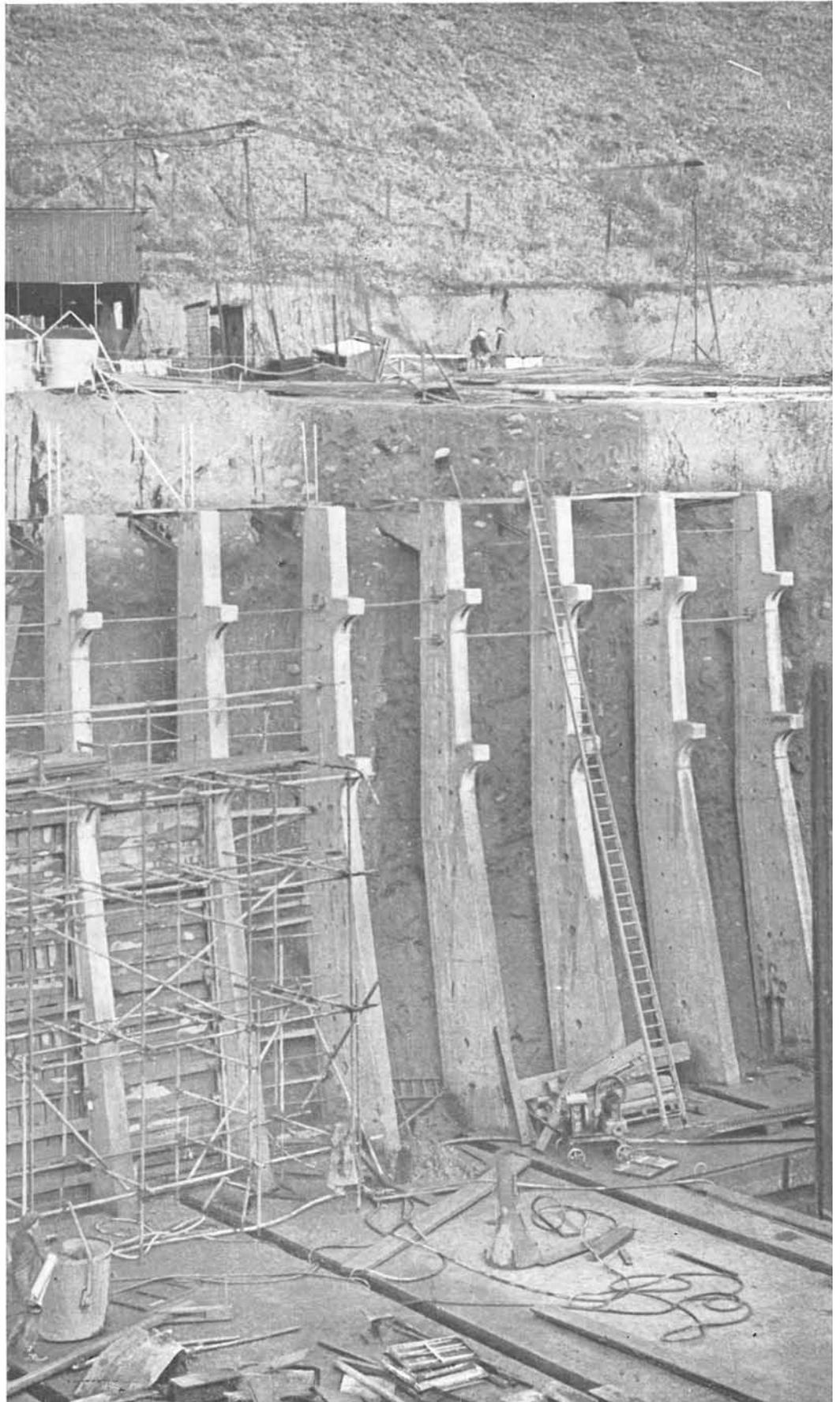
La central de bombeo, junto con la cámara para la instalación del torno y mecanismos para abrir y cerrar la compuerta basculante de entrada al dique, constituyen una estructura adosada al muro cajero norte del dique. En la parte superior hacia el río se ha construido una sala para el torno, y adosada a ella una central de bombeo, de hormigón armado, muros consistentes, forjado para una plataforma de bombas de $0,90$ m de espesor, capaz de absorber el efecto de impacto que las bombas pueden crear, se ha instalado una grúa auxiliar de cinco toneladas de potencia, y al fondo, en la parte inferior, se ha construido el aljibe colector de aguas para la aspiración de las bombas.

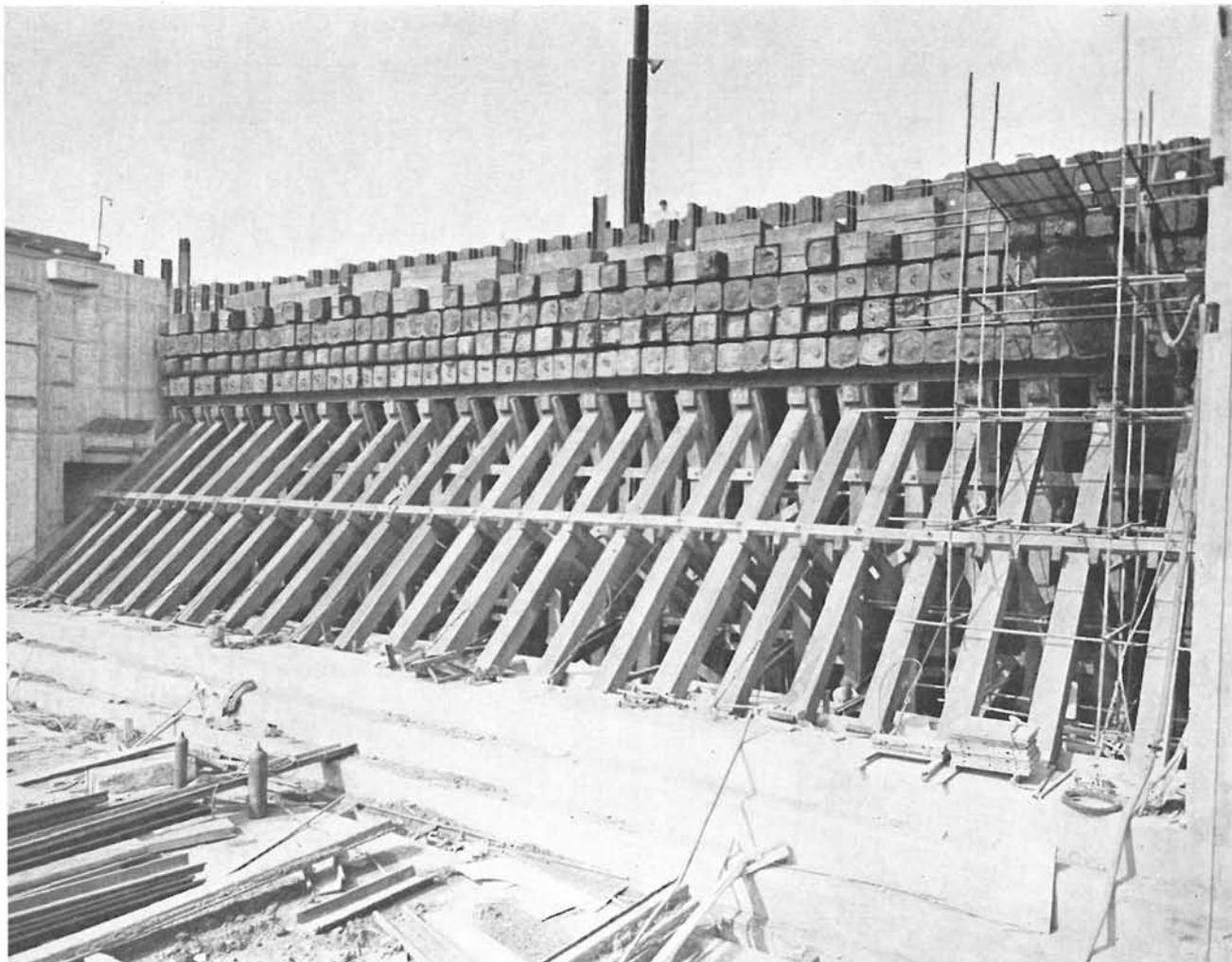
La parte de la central que se proyecta al exterior, se ha cubierto con una losa de hormigón, de $0,45$ m de espesor, en la que se ha dejado un hueco para el paso de piezas, materiales o cambios de alguno de los elementos que forman el equipo de bombas. Todos los accesos de la central y plantas se efectúan por medio de escaleras. Las grandes tuberías de las bombas, se han embebido en el interior del hormigón de los muros de la central. A la altura de la central, y en el muro norte del dique, se ha montado una escalera en voladizo que da acceso al fondo del vaso.

Portaón basculante de cierre

El dique seco se cierra con un gran portaón metálico, de tipo celular, es decir, formando compartimientos de chapas de acero dulce, provisto de un dispositivo que inunda los compartimientos al descender, y lo llena de aire, para elevarse para cerrar. Este procedimiento permite disminuir el esfuerzo de los cables del torno durante la maniobra de elevación o descenso, ya que en este último caso el agua sirve de lastre; y en el de elevación, como flotador.

La compuerta se apoya sobre cuatro muñones que se han fijado en el umbral. La unión de la compuerta con los muñones no constituye un collarín completo, pero sí una fijación, por gravedad, que asegura suficientemente la estabilidad en la maniobra y facilita el movimiento basculante. Para evitar el posible acceso de cuerpos extraños entre las paredes de la parte fija y móvil, los muñones se ha protegido esta unión con una especie de visera metálica para impedir que cuerpo alguno se aproxime a esta zona en ninguna posición de la compuerta.





La impermeabilización entre el contacto del umbral con la parte inferior del portalón se ha colocado una pieza de madera para transmitir el empuje del agua al umbral, y entre esta pieza de madera y la parte de contacto con aquél, se ha intercalado una placa de caucho que impermeabiliza el referido contacto.

Las maniobras del portalón se realizan con ayuda de cables tirados por el torno. De estos cables, uno se une directamente del torno a un lado de la compuerta y el otro pasa al lado opuesto a través del dique en el umbral, para lo cual se utiliza un sistema de poleas guías y de retorno. Para evitar las molestias de espera a que el dique se llene para abrir, esta operación puede realizarse valiéndose de un émbolo, el cual empuja al portalón para iniciar su descenso cuando aún faltan 0,15 m de desnivel para llenar el dique, ya que este último desnivel tarda mucho tiempo en cubrirse, porque la diferencia de presiones es muy pequeña.

Obras complementarias

Al cuerpo general de la obra del dique le siguieron otras que la complementan. La primera consiste en la reacomodación de un muelle de atraque ya existente, de madera, poca profundidad y longitud. El nuevo muelle de atraque tiene suficiente calado y longitud para amarrar los barcos en espera para entrar en el dique.

Su estructura está constituida por una serie de pilotes metálicos avanzando sobre la línea frontal del existente, en una zona dragada previamente para darla mayor profundidad. Como el muelle original tenía ya recubierta la margen arcillosa con una cortina de maderos, no fué preciso contar con un nuevo revestimiento.

Al seguir las nuevas direcciones actuales en este tipo de obras, también se aplicó el principio a las obras complementarias. Así ocurrió al construir los edificios anexos para talleres, ya que a éstos se les dió amplitud y altura suficiente para poder pre-fabricar ciertas partes que componen la reparación antes de que el barco entre en carena. Estos elementos pueden ser compartimientos estancos de peso inferior a 30 t, en cuya soldadura y manipulación requieren gran altura para la grúa que los ha de manejar y poner en posición para soldarlos. La altura libre del gancho de amarre de la grúa es de 12,20 metros.

Un pequeño dique seco que ya existía, se aprovechó para transformarlo en tres depósitos independientes para aceites y petróleos. Al cubrir estos nuevos depósitos se logró la gran ventaja de ampliar las superficies disponibles de la plataforma de trabajo del dique.



Construcción y métodos

En el proyecto de construcción ya se habían previsto los procedimientos generales que debían emplearse en la ejecución de la obra, pero se daba cabida a las ideas frescas que pudieran sugerir los licitantes en el concurso para la adjudicación de la obra.

Las labores más importantes de la obra se subdividieron en dos partes que, aparentemente independientes, debían coordinarse entre sí: una, la construcción de la entrada; otra, la del dique propiamente dicho.

A finales de 1953 se empezó demoliendo todas aquellas construcciones que cubrían la zona de trabajos. Poco después se emprendió la modificación del trazado de una carretera próxima, con objeto de poder ganar unos 16,80 m de espacio para el nuevo dique.

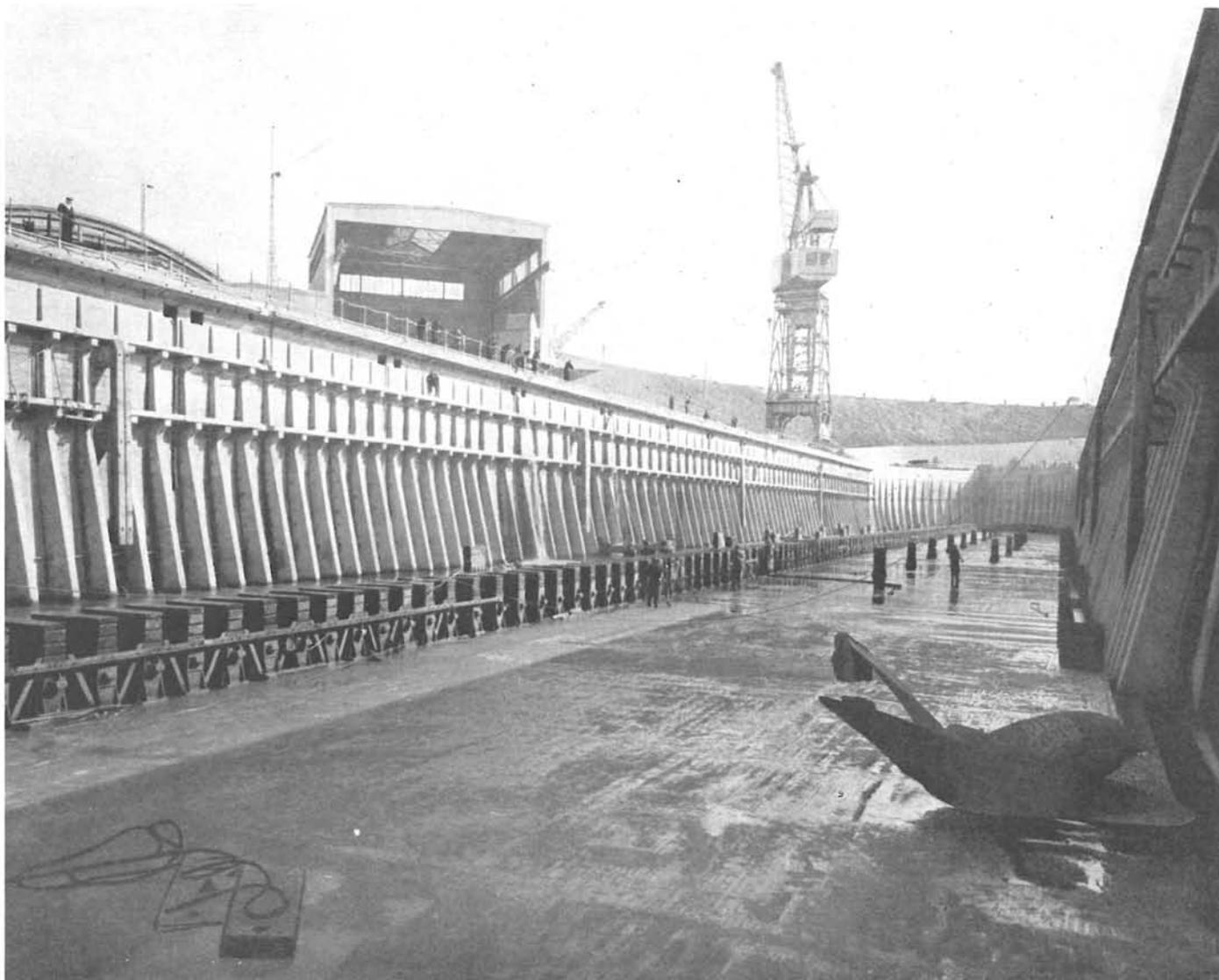
Los trabajos en el dique se protegieron en la parte frontal al río con una atagüa de tablestacas que se componía de tres células: una para el umbral y muros próximos a la entrada; otra para la estación de bombeo, y una tercera para cubrir el muro del lado del río en la entrada. Entre esta zona y la que se previó para empezar la excavación, se dejó unos 50 m de terreno para la grúa y mayor seguridad en el hueco del dique. Las fugas de las atagüas fueron tan pequeñas que no se sintió molestia de consideración, ya que si aparecieron algunos aflujos de agua, se taponaron y la obra se siguió sin mayor inconveniente.

El terreno, de acuerdo con las previsiones, era bueno, pero como la arcilla correspondiente a la parte sur de la atagüa principal era algo blanda, se hicieron ensayos de ella y, como consecuencia de ello, y como medidas de precaución, la parte de muros se reforzó hincando algunos pilotes metálicos de 30×30 centímetros.

Contra lo previsto inicialmente, la compuerta o portalón de cierre del dique, que debía prepararse «in situ», se decidió, por causa del fabricante, que se montase en el taller; se llevase a la obra en un pontón, y de éste se trasladase a su posición final. Esto motivó tener que modificar el plan general de atagüas.

La introducción de esta última variante motivó la necesidad de reforzar la atagüa exterior, operación que consistió en colocar un entramado adicional de cerchas, en forma de A, cuyos montantes se apoyaban en el umbral del dique. Uno de estos montantes o lados de la A tenía una posición vertical, y el otro, oblicuo, se apoyaba por la parte superior de dicho umbral, encajando en un hueco y obrando como tornapunta. Para aumentar la componente vertical del esfuerzo resultante del entramado de refuerzo de la atagüa, este entramado se cargó con lingote de fundición a razón de unas 27 toneladas/metro.

El número total de cerchas en forma de A que se emplearon para reforzar la atagüa fué de 24, agrupándolas en conjuntos de tres para facilitar la operación de quitarlas por medio de una grúa lo más rápidamente posible. Esta última maniobra se realizó en dos días.



Asientos en el muro sur

En la parte del muro sur correspondiente a la entrada se comprobó un asiento cuando las obras estaban ya terminando. Inmediatamente se procedió a hincar pilotes metálicos huecos en la parte interna del pie del muro, hormigonando su interior y fijando sus cabezas al muro. Ulteriores investigaciones pusieron de relieve que la causa del asiento obedecía a que una capa del terreno, de mayor plasticidad que las otras, se estaba consolidando en su deformación. Después de la hincada de pilotes, el asiento dejó de continuar.

Excavaciones, muros y solera

La excavación del cuerpo del dique se hizo partiendo de tres bancos sucesivos de vaciado: el primero hasta una cota de 0,30 m; el segundo, de hasta -3,00 m, y el tercero, de este nivel hasta el fondo. Desde cada uno de los bancos se procedió a recortar los taludes, y, antes de proceder a colocar los contrafuertes, se iba preparando el terreno por trozos, con lo que se evitaba que los taludes permaneciesen expuestos a la intemperie mucho tiempo antes de proceder a su revestimiento.

Preparado el primer trozo se colocaban los contrafuertes, y se hormigonaba un zócalo de base en el pie para fijarlos. Después se procedía a la colocación de las armaduras de arriostramiento entre los contrafuertes, y para terminar en este trozo se hormigonó la losa que se extiende formando pared entre los contrafuertes.

A medida que progresaban estos trabajos se perforaron dos series de pocillos entubados, de 0,15 m de diámetro, a los lados de cada uno de los dos muros laterales. Estos pocillos, provistos de bombas de vacío en cabeza, servían para dar salida al agua que se halla en la capa acuática, de -19,80 m de cota, que da lugar a la subpresión. Seis de estos pocillos, situados al lado del muro norte, dieron un caudal total de 1.100 litros por hora, y tres correspondientes al muro sur que dieron 330 l/h. Los pocillos, colocados formando dos filas, permitían que las bombas se quitaran de los muros y se colocaran en los otros a medida que el hormigonado de la solera iba avanzando.

Al llegar a la zona húmeda, el funcionamiento de estos pocillos permitió trabajar en seco y sin subpresión. En esta zona húmeda la excavación del último banco, es decir, el más profundo, se empezaba abriendo una zanja de unos 6 m de anchura al pie de cada muro, y de poca longitud, pues en esta zona se tenía una falta de consistencia del terreno y no se empleó entibación alguna. Acto seguido se retocaban los taludes, se hincaban pilotes metálicos, de 25x25 cm de sección, se colocaban los contrafuertes y se procedía a hormigonar una banda de la solera en el pie de estos elementos. Después se hormigonaba la pared entre contrafuertes y se hacía otro tanto en la parte correspondiente del otro muro.

El terreno que quedaba sin excavar en esta zona se quitaba después, se hincaban pilotes como los anteriores, espaciados a 2,45 m, y se hormigonaba finalmente esta zona de solera.

Al terminar la primera parte de la solera y muros del dique, la grúa que se utilizó para el taller de prefabricación en obra se desmontó y se llevó al fondo del dique, donde se empleó para la colocación de contrafuertes, hincada de pilotes y hormigonado. Cuando se terminó la solera y muros, esta grúa fue utilizada para los trabajos finales del portalón de entrada al dique. Al trasladar la grúa al fondo del dique, la prefabricación de contrafuertes, de 10 t de peso cada uno, se continuó sobre la solera del dique.

J. J. U.

Fotos:
TURNERS, LTD.