

EL NUEVO MUELLE UNIFICADO DE LINARES RIVAS Y SANTA LUCIA EN EL PUERTO DE LA CORUÑA(*)

Por FELIX CALDERON GAZTELU
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Se trata de la descripción de las obras en el puerto de La Coruña, en los muelles que indica el título, en los que se aplicó una técnica de prefabricación no corriente en esta clase de obras, y que venía a resolver satisfactoriamente las condiciones que habían de cumplirse en este caso. En los primeros párrafos se hace constar la originalidad del sistema, que fue proyectado por el Ingeniero de Caminos D. José Luis López Páramo, actual director del puerto de Melilla.

Dentro de las obras a realizar en el Puerto de La Coruña, comprendidas en el Plan General de Puertos de 1964 y con anualidades para el cuatrienio 1964-67, figuraba la reconstrucción de los muelles de Linares Rivas y Santa Lucía, que por ser de los primitivos del Puerto de La Coruña se encontraban en condiciones muy precarias de conservación, adoptándose la solución de unificar las dos alineaciones de los muelles citados, con lo que se ganaba una superficie al mar, indispensable para su buena utilización, ya que anteriormente su zona de servicio disponía de una anchura insuficiente. Del estudio del Proyecto de este muelle unificado quedó encargado el Ingeniero de Caminos D. José Luis López Páramo, afecto entonces a la plantilla de la Dirección Facultativa del Puerto de La Coruña (hoy Director del Puerto de Melilla) quien en todo momento había dado pruebas constantes de su competencia, originalidad y capacidad de trabajo.

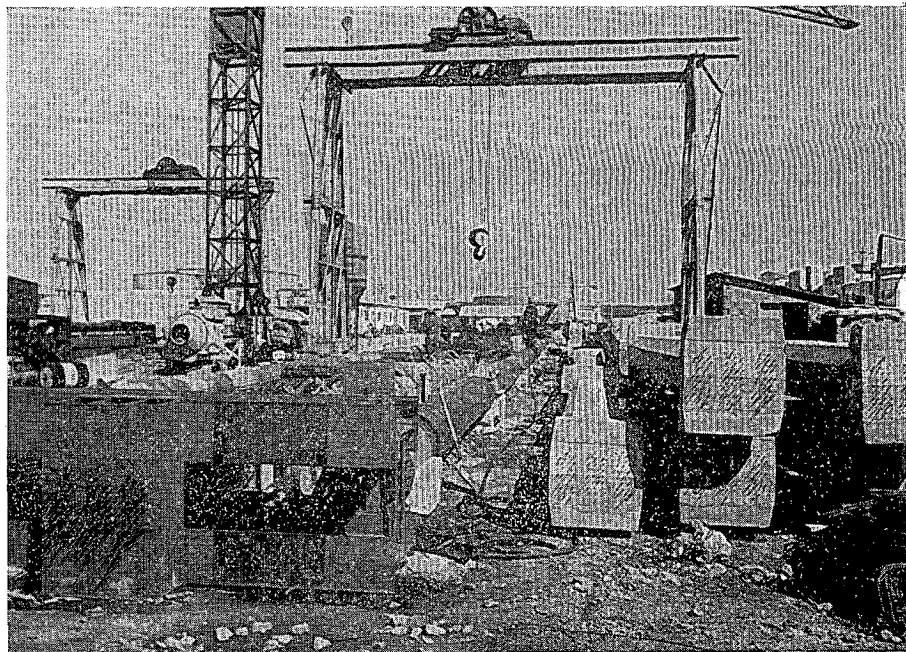
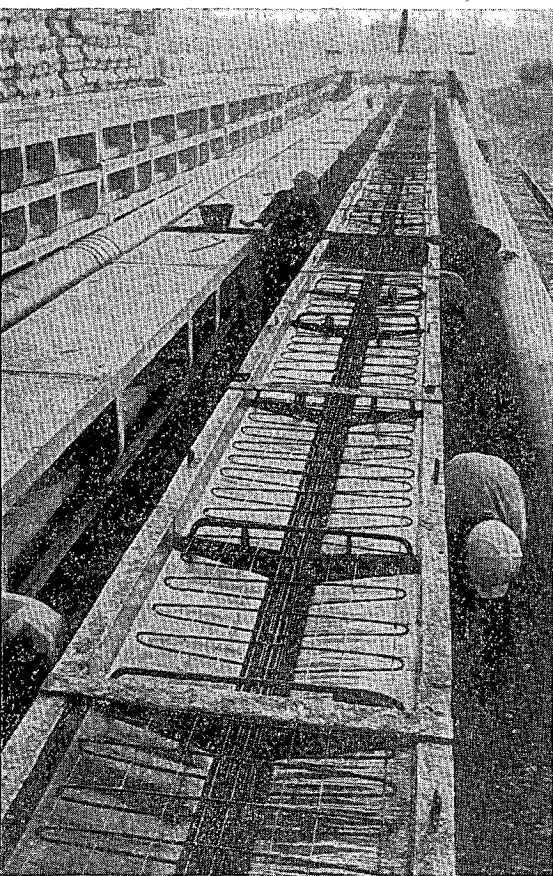
(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista, hasta el 31 de mayo de 1970.

Con la solución a adoptar, además de perseguirse la mayor economía posible en su construcción, había que tener en cuenta las características del terreno de cimentación, la escasez de terrenos para instalaciones auxiliares (talleres de bloques, etc.), la conveniencia de no requerirse para la obra medios auxiliares importantes, y la necesidad de que los muelles antiguos quedasen fuera de servicio lo más tarde posible, es decir, que fuese corto el período de construcción del muelle propiamente dicho.

La longitud del muelle unificado resultó ser de unos 470 m. con calado de $(-8,0)$ en B.M. V.E., carrera de marea de 4,50 m. y rasante en la coronación a la cota $(+6,0)$.

El terreno de cimentación está formado en las proximidades de la cota $(-8,0)$ por jabre de bastante compacidad procedente de la meteorización del granito subyacente, alternando en algunas zonas con arcillas duras, constituyendo un terreno muy adecuado para cimentar sobre él estructuras de gravedad.

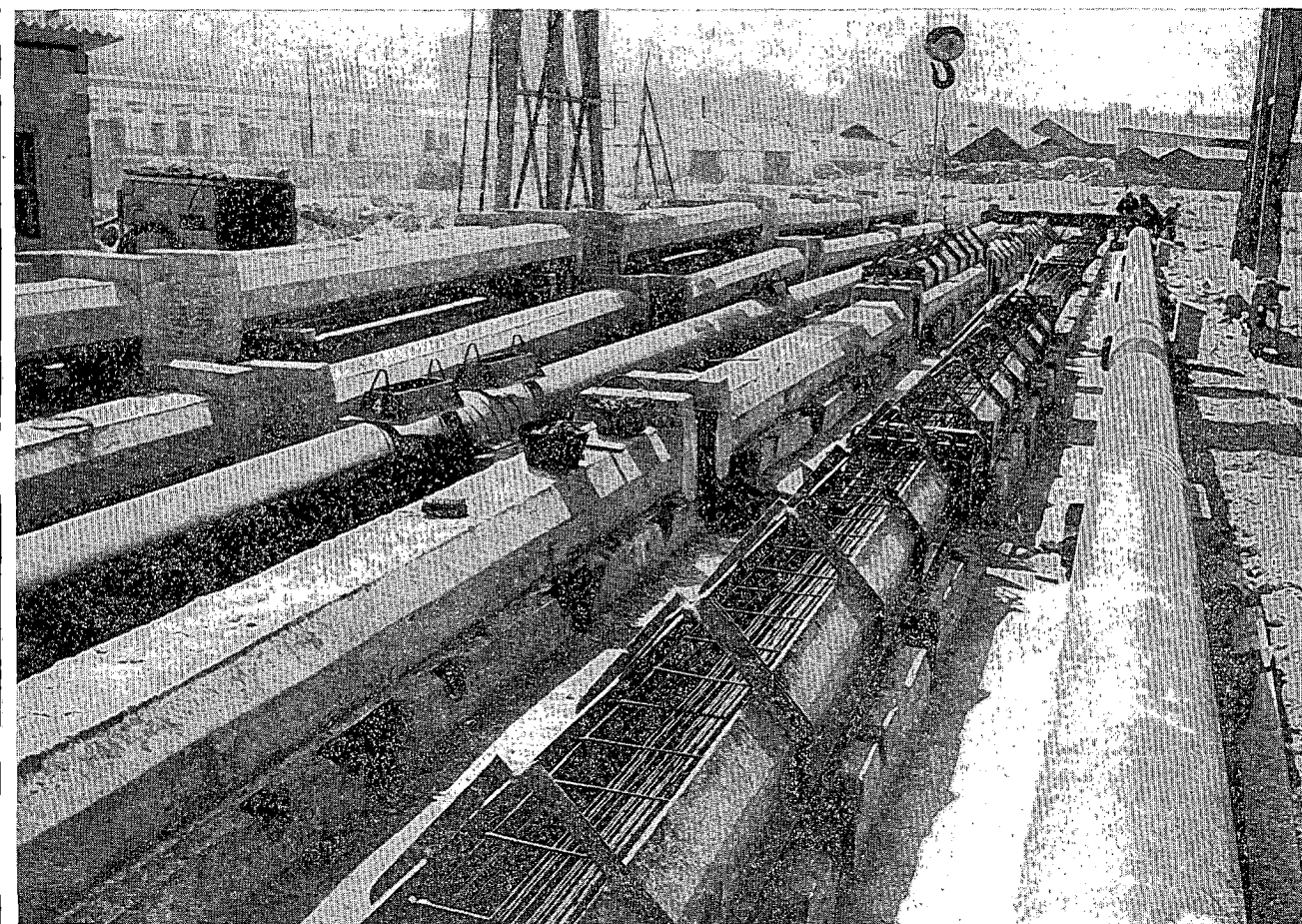
Así como para la construcción de los muelles últimamente realizados en este Puerto se había



Taller de vigas prefabricadas.

Taller de vigas prefabricadas. (Encofrado de una viga de paramento).

Taller de vigas prefabricadas.



dispuesto de unas zonas amplias para la fabricación de grandes bloques de hormigón ciclópeo, su almacenamiento y transporte hasta ser embarcados en las barcazas de donde los artefactos adecuados los tomarían para situarlos en su posición definitiva, en el momento de redactarse este Proyecto no se podía contar con superficies similares libres, por lo que no era posible adoptar esa solución convencional, debiendo recurrirse a algún sistema de piezas prefabricadas ligeras, de fácil transporte, para cuyo taller de fabricación no fuese necesario recurrir a extensiones considerables y que podía estar situado incluso en terrenos alejados del Puerto.

Esta consideración venía, además, reforzada por la conveniencia de que para la construcción no fuese necesario disponer de medios auxiliares importantes, ya que podía considerarse probable que dado el presupuesto de esta obra, relativamente pequeño, no fuese fácil encontrar contratistas que pudieran traer a este Puerto esos artefactos, de no tenerlos dispuestos en puertos cercanos o mediar alguna otra circunstancia favorable.

Finalmente, dado el servicio que para la explotación comercial y pesquera venían prestando los muelles antiguos de Linares Rivas y Santa Lucía, era imprescindible que la inutilización de dichos muelles fuese por el menor tiempo posible, siendo para ello conveniente que teniendo dispuestos todos los elementos prefabricados, su colocación fuese rápida y de este modo fuese corto el período real de construcción del nuevo muelle.

Partiendo de estas consideraciones, el señor López Páramo propuso adoptar como tipo de muelle un sistema similar a la técnica de los muros de entramado que se emplea para muros de contención de taludes, y que se construyen ensamblando elementos prefabricados, normalmente en hormigón armado o pretensado, constituyendo una especie de cajones o gaviones yuxtapuestos, que se rellenan de grava o escollera, a la cual está confiada la estabilidad de la construcción. Las piezas prefabricadas son de dos tipos: vigas de paramento interior y exterior que forman el gavión propiamente dicho, y tirantes cuya misión es mantener constante la separación entre las vigas de paramento, resistiendo el empuje que la escollera de relleno ejerce sobre éstas. Este sistema no creemos que se haya em-

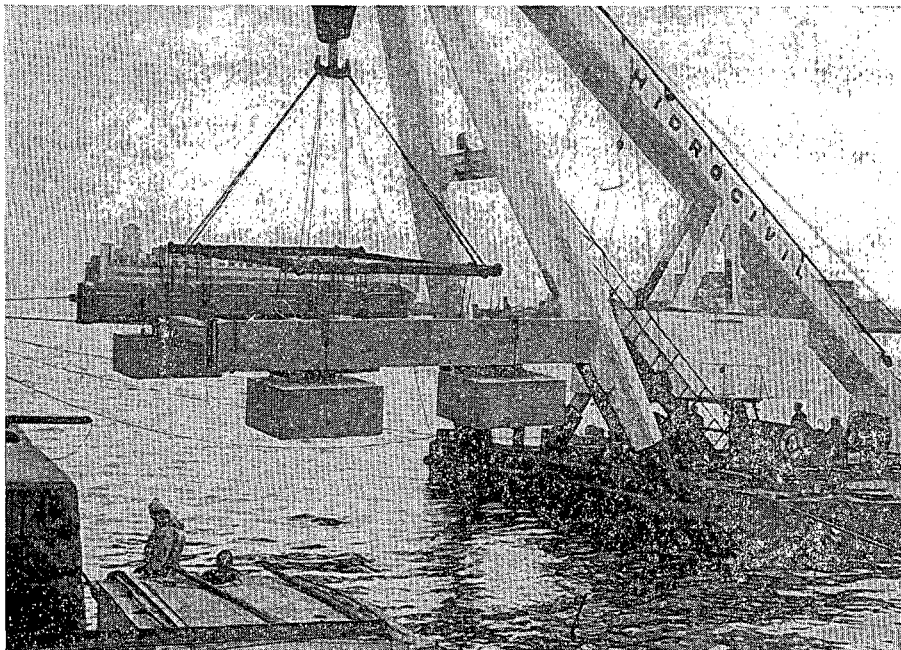
pleado nunca en obras marítimas, pues solamente tienen cierta semejanza los "cribs-works" utilizados desde hace muchos años en el Canadá y otros países del Norte del Globo, donde la madera es muy abundante y hay profusión de morrenas glaciales, solución que consiste, esencialmente, en cajones de madera contruidos en tierra, llevados por flotación al lugar de su empleo y fondeados rellenándolos con piedras procedentes de las morrenas.

Aceptada la idea propuesta por el Sr. López Páramo, se hicieron unos ensayos con algunos elementos prefabricados de hormigón armado para ver las dificultades que podía encerrar su colocación y ensamblaje bajo el agua, labor que habría de ser realizada por buzos. Comprobada con estas pruebas que la operación era factible y no demasiado complicada, continuó el señor López Páramo el estudio del Proyecto, que quedó ultimado en 15 de septiembre de 1964 y fue aprobado por la Dirección General de Puertos en 24 de junio de 1965, después de haber pasado por el informe del Consejo de Obras Públicas que reconoció la originalidad de la idea, encontrándola de gran interés por su economía y por la posibilidad de ejecutar la obra sin necesidad de ocupar grandes espacios en las proximidades del lugar del emplazamiento del muelle.

En el momento actual, las obras están prácticamente terminadas y visto el satisfactorio resultado obtenido en la construcción, consideramos interesante publicar las presentes notas, para dar a conocer esta solución que creemos puede ser de aplicación en muchos casos similares al que se presentó en el puerto de La Coruña.

DESCRIPCION DE LAS OBRAS

La sección transversal del muelle es la que se representa en la figura 1. En ella, la cimentación del muelle está señalada como ejecutada sobre hormigón en sacos, solución que se ha adoptado dada la poca profundidad a que ha quedado el terreno firme, pero que primitivamente se había previsto fuese sobre escollera y así se ha ejecutado en una zona en que ya el espesor del cimientó rebasaba los 2,00 m. sin que se haya notado ninguna anormalidad.



Cabria transportando un primer conjunto formado por 4 dados-zapata, 2 vigas tirante y 2 de paramento.

Conjuntos de vigas prefabricadas acopiadas en el muelle de Calvo Sotelo, preparadas para su transporte con Cabria.



SECCION TIPO

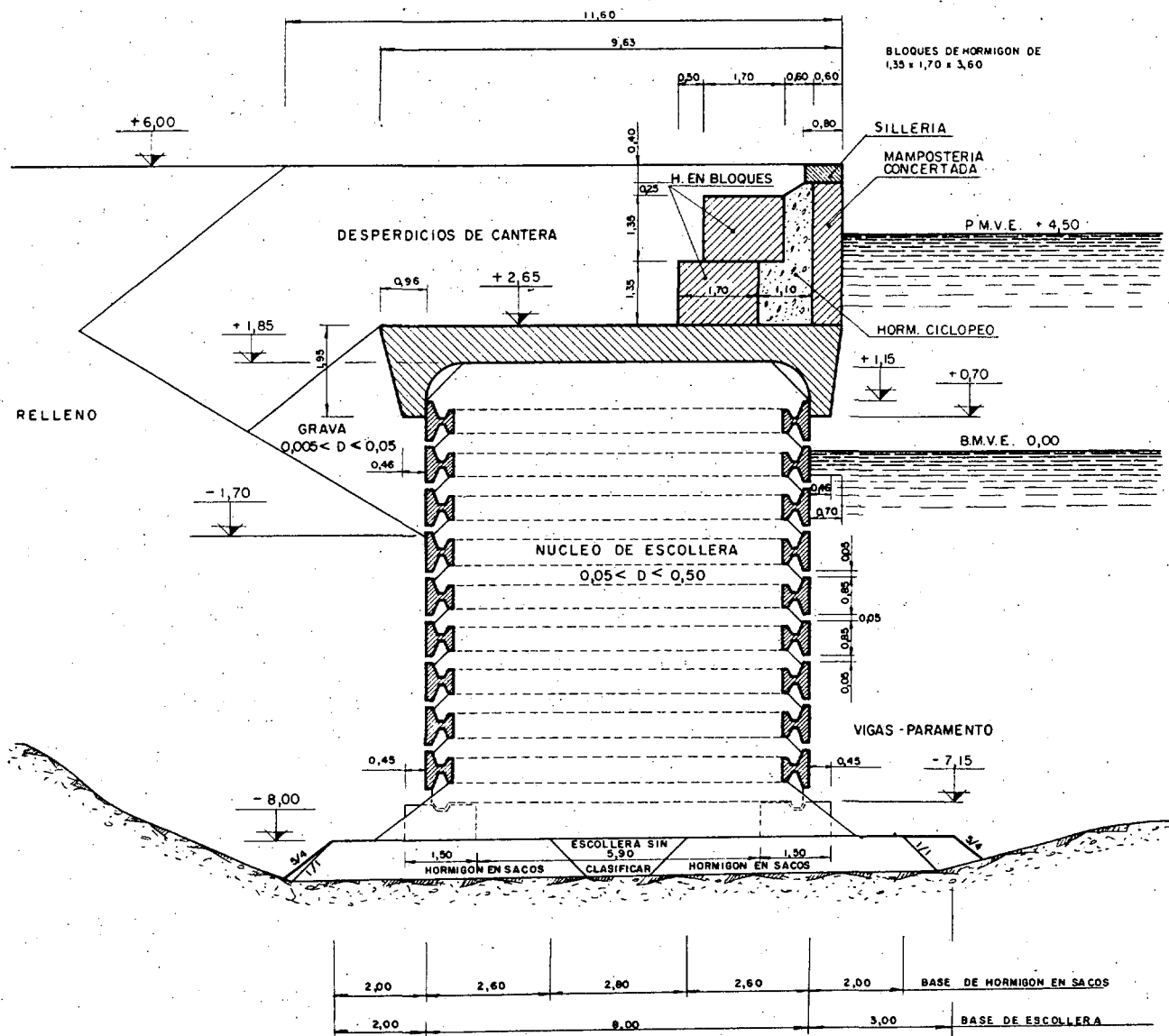
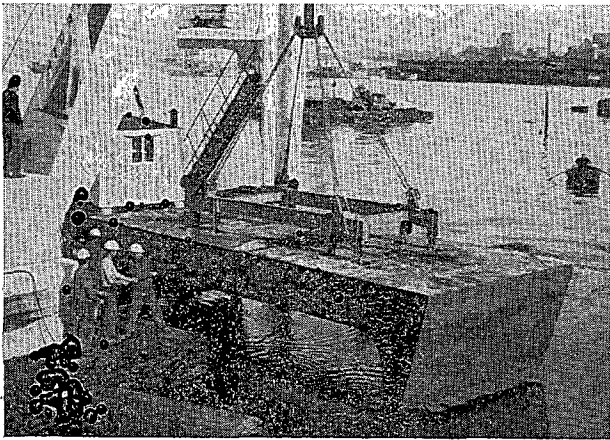


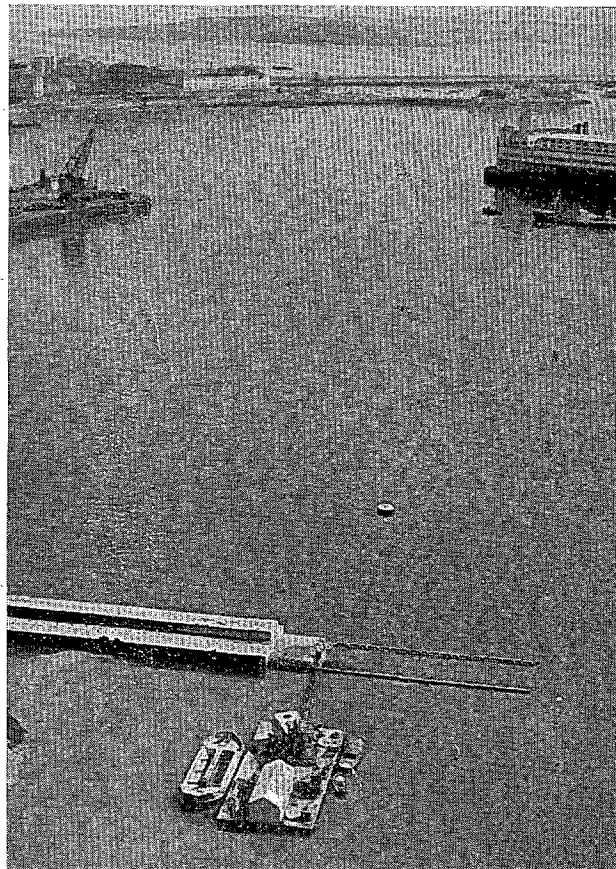
Figura 1

Los gaviones formados por nueve vigas cada uno de los paramentos interior y exterior, tienen una longitud de 8,00 m. y están mantenidas en su posición por dos vigas tirantes entre cada dos vigas de paramentos opuestos, ensamblados con ellas en puntos situados a dos metros de distancia de los extremos de las vigas paramento y a cuatro metros de distancia entre sí. Consta, por tanto, cada gavión, de 9 vigas de paramento en cada uno de ellos y 18 vigas tirantes, terminando

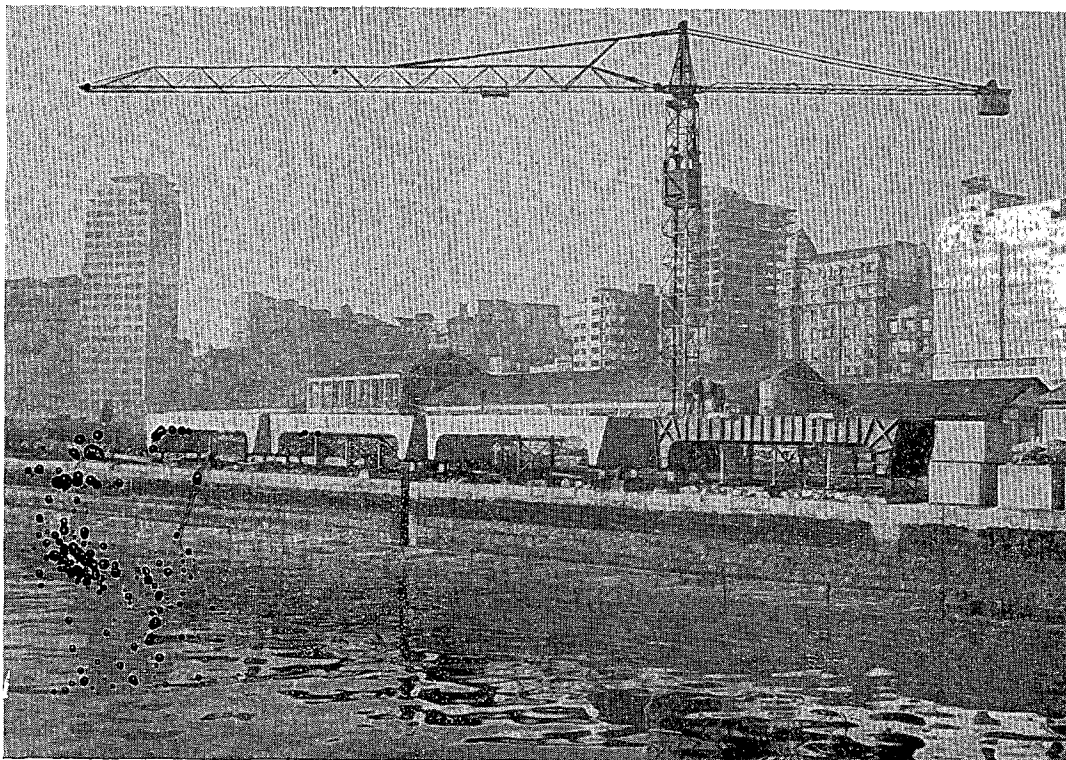
en su parte superior a la cota (+ 0,70). Las cabezas de las vigas tirantes llevan ensanchamientos, tanto superior como inferiormente, de forma que los inferiores encajan en los huecos que en forma de artesa que entre cada dos costillas de rigidez presentan las vigas-paramento inferiores, y las superiores se introducen en los huecos simétricos que presentan las vigas de paramento superiores en su cara inferior. De esta forma, no sólo se consigue que cada gavión pueda mon-



Colocación de la primera losa de coronación.



Avance del muelle, donde se ven las vigas de paramento, las de tirante y un enrase preparado para la colocación de una losa de coronación.



Taller de losas de coronación sobre la superestructura del muelle ya terminado.

tarse con independencia total del contiguo, sino que se obtiene una distribución de momentos del mismo signo en las vigas paramento, lo que es interesante desde el punto de vista del pretensado que han de sufrir las vigas y, además, el valor absoluto de estos momentos se disminuye considerablemente.

En las vigas tirantes no es posible llegar a esta compensación de momentos, por lo que han

la introducción de las cabezas de las vigas tirantes (Fig. 2).

El relleno del núcleo de los gaviones es a base de escollera de la que se separa la grava de tamaño inferior a 5 cm., y superiormente se limita su tamaño a 50 cm., con tolerancia de admitir algunos cantos hasta de 70 cm. El conjunto que presenta la parte inferior de un gavión es el de la figura 3, continuándose en la misma forma

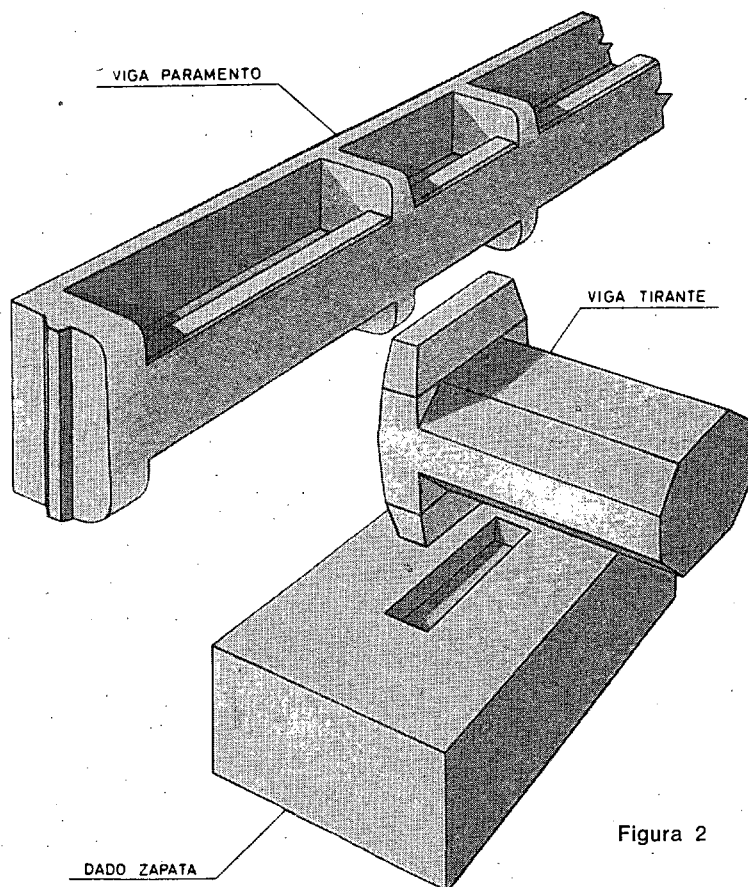


Figura 2

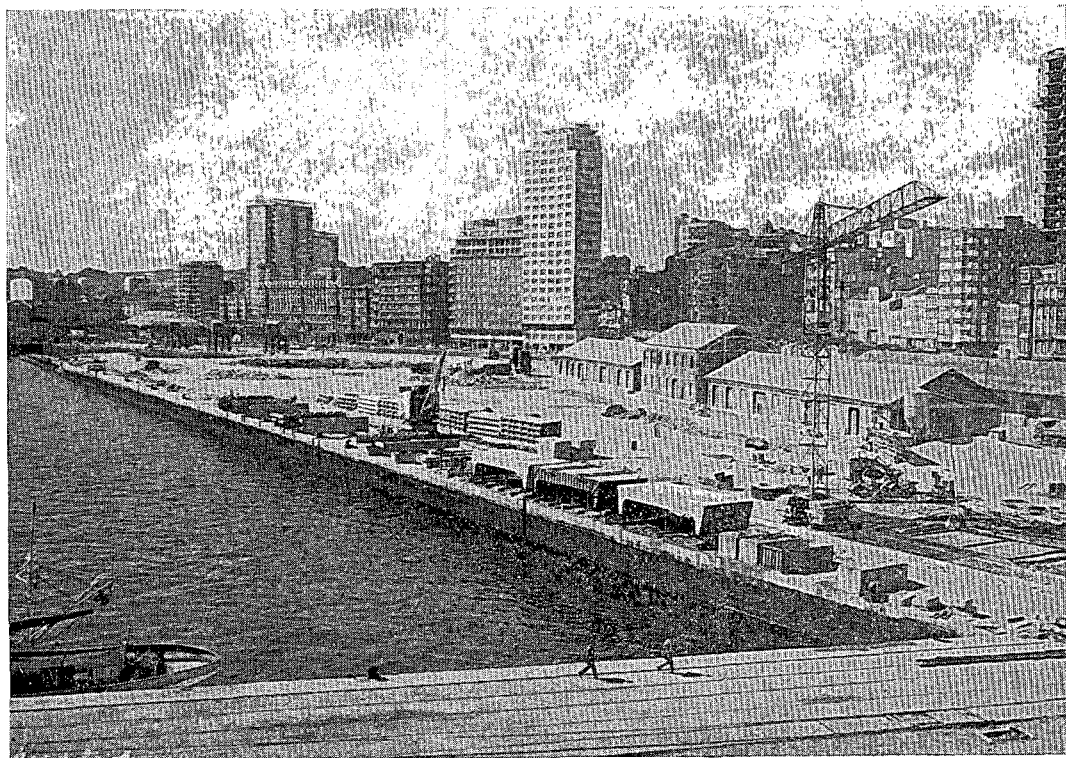
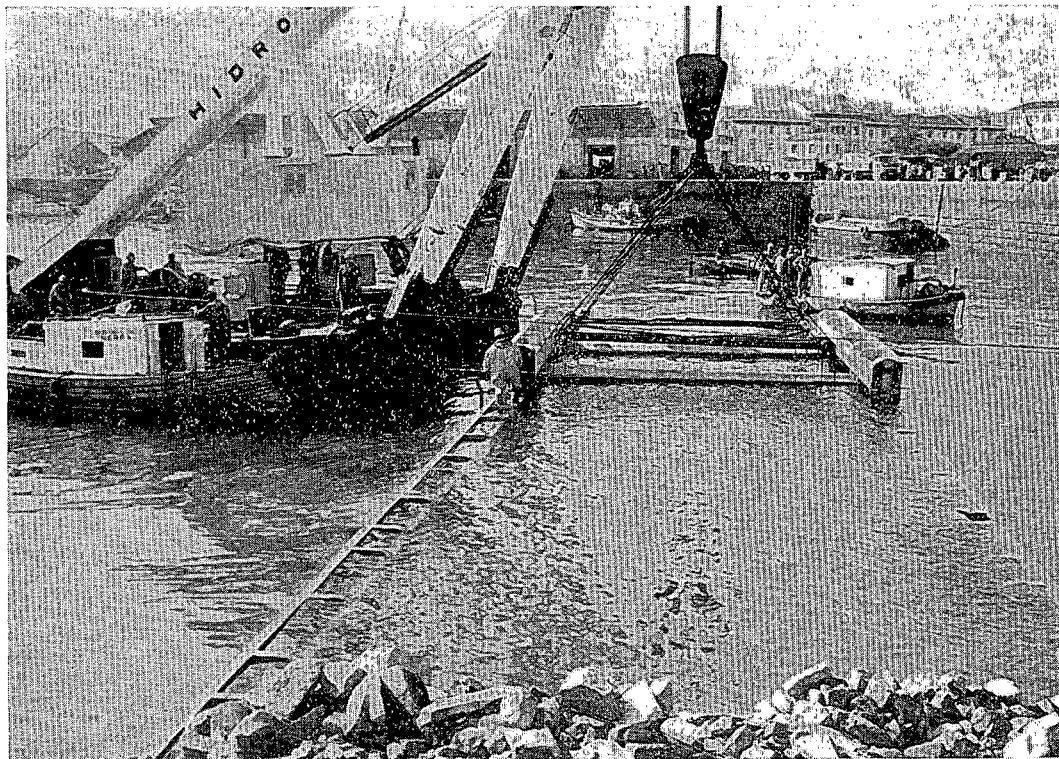
de hacer frente a mayores tensiones, siendo por esto sus dimensiones y armaduras más robustas comparativamente, llevando, incluso en sus arranques, un exceso de armaduras sobre lo que requeriría el cálculo estricto, y esto con vistas a hacer frente a posibles aumentos de momentos como consecuencia de asientos diferenciales en el gavión.

El apoyo sobre la banqueta de escollera o sobre los sacos de hormigón que constituyen el cimientó, se efectúa a través de unos dados-zapata de $2,00 \times 1,50$ m. de base y de 0,85 m. de altura, con sus correspondientes alveolos para

por la yuxtaposición de vigas de paramento y vigas tirantes, hasta alcanzar la altura requerida. El relleno del núcleo de escollera se continúa, rebasándose el canto superior de las vigas de paramento, hasta la cota (+ 1,15). De esta manera la losa que remata el gavión insiste sobre la escollera, con lo que los paramentos solamente resisten al empuje que la escollera del interior ejerce sobre ellos.

Siguiendo las directrices apuntadas de evitar el empleo de piezas de gran peso, esta losa superior estaba proyectada para ser construida en tres partes, constituidas dos de ellas por los fal-

Cabria colocando
el último conjunto
de vigas de un ga-
vión.



Aspecto del mue-
lle en el mes de
agosto actual.

done laterales y enlazándose por medio de la parte central que se hormigonaba *in situ*. Al disponer la Contrata de una cabria flotante de 100 toneladas, se ha estimado preferible construir la losa en una sola pieza, con 4,00 m. de longitud y 90 Tm. de peso que prefabricada sobre el muelle ya construido se coloca sobre la escollera de relleno del gavión previamente enrasada a la cota precisa. Los faldones de la losa sobresalen 70 cm. sobre el paramento del gavión, consiguiéndose así que éste quede protegido contra posibles golpes que pudieran producirse por las embarcaciones atracadas.

mientos de marea y para un mejor drenaje de las aguas de lluvia que viertan sobre los terraplenes, se trasdosa el muro con desperdicios de cantera, separados de la escollera del gavión por un prisma de grava de tamaño máximo de 5 cm. y que cuenta con los tamaños intermedios convenientemente mezclados.

Las vigas del paramento del gavión se han dimensionado en sección y armaduras todas iguales, aunque pueden trabajar algunas de distinta manera y estar más sobrecargadas las de la parte inferior del gavión, pero así se simplifica grandemente la construcción. Estas vigas

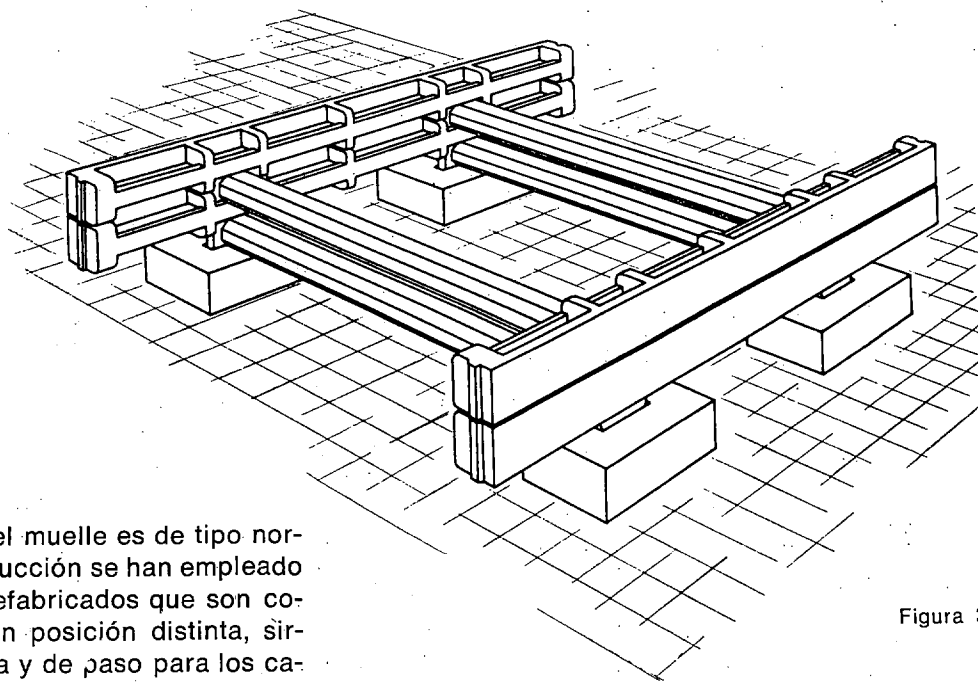


Figura 3

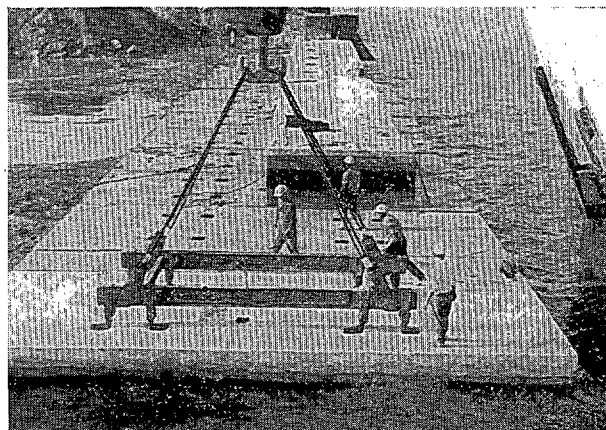
La superestructura del muelle es de tipo normal, aunque en su construcción se han empleado una serie de bloques prefabricados que son colocados primeramente en posición distinta, sirviendo así de sobrecarga y de paso para los camiones que aportan la escollera del relleno de gaviones, pasando luego a ocupar la posición que se indica en la sección tipo. El paramento es de mampostería concertada, rematándose el muelle con una coronación de sillería aplastillada.

Como material de relleno del trasdós del muro se utiliza jabre, pues está comprobado en este Puerto que éste es el material ideal cuando se trata de trasdosar la escollera, ya que presenta una gran compacidad y una perfecta estabilidad frente a los arrastres de material fino a través de la escollera. Esta última cualidad nos exime de la utilización de un filtro intermedio entre la escollera del gavión y el material del relleno de los terraplenes. Superiormente y para permitir la libre entrada y salida de las aguas en sus movi-

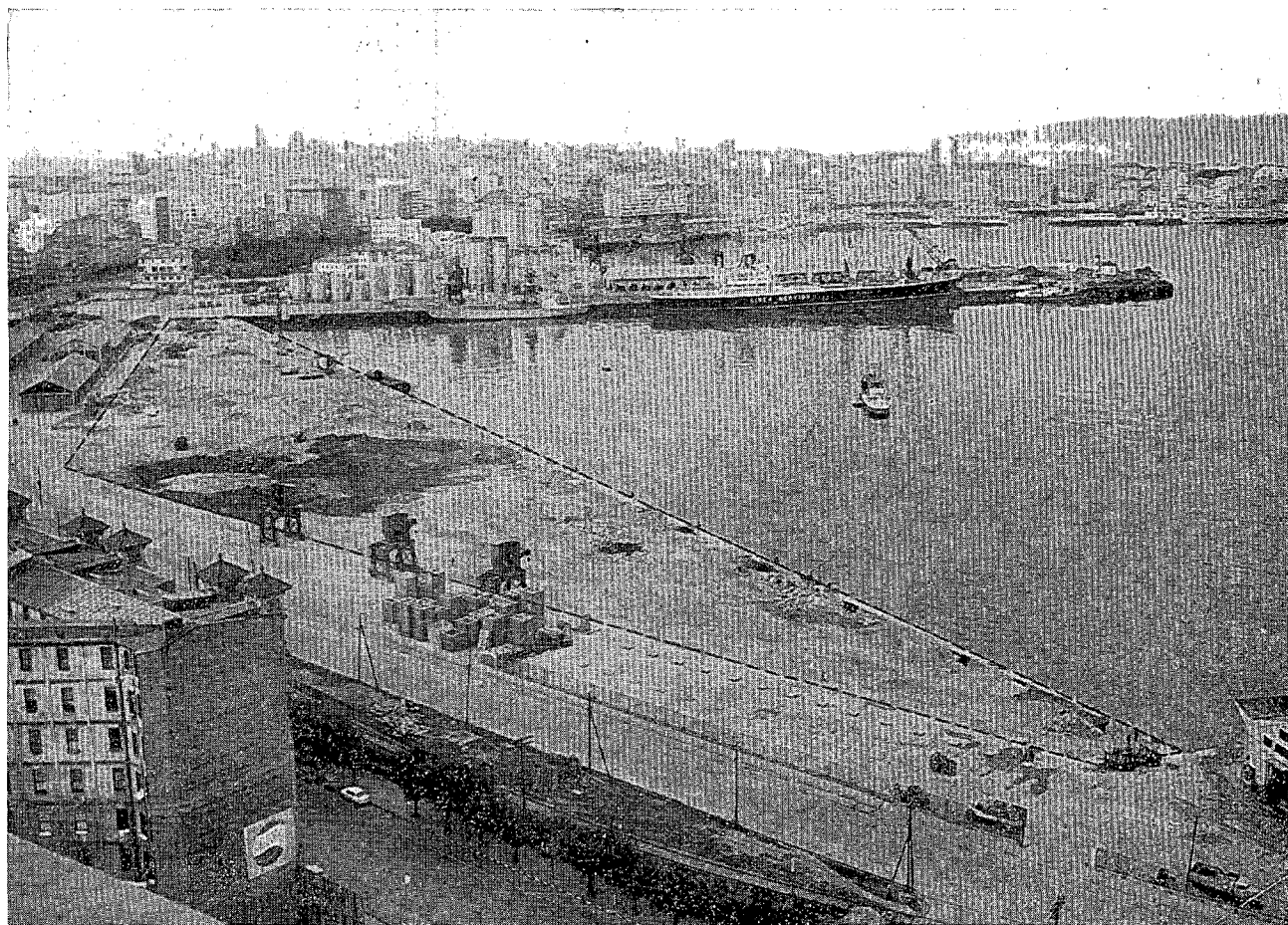
se disponen de forma que con el menor canto posible, sean capaces de retener la escollera del núcleo; con este fin se han proyectado con sección en doble T, siendo el ala que forma el paramento exterior del gavión de gran ancho, quedando sólo un huelgo de 5 cm. entre las alas de paramento de cada dos vigas continuas. Para conseguir mayor rigidez a la torsión, estas vigas llevan refuerzos de costillas, dos de las cuales, a cada lado, sirven al mismo tiempo para constituir los alveolos en forma de artesa donde ensamblarán las cabezas de las vigas tirantes.

La sección de éstas es obligada por su forma de trabajo. Además, se ha buscado en ellas una buena rigidez torsional y una flexibilidad con vistas a posibles desnivelaciones entre sus cabezas.

Colocación de la última
losa de coronación.



Aspecto del muelle terminado, indicando la línea de trazos la superficie ganada al mar.



También se ha tratado de conseguir una capacidad resistente de las mismas ante la posibilidad de las diferentes alturas de escollera que se producirían si al llenar el gavión se utilizase escollera excesivamente gruesa para pasar a través del espacio que queda entre dos vigas tirantes de la misma columna.

El cálculo de los gaviones en lo que se refiere a la estabilidad del muro se ha abordado en la forma clásica de los muros de muelle de gravedad y el dimensionamiento de las vigas de los gaviones por las fórmulas de Tschebotarioff.

Por tratarse de un primer prototipo de muelle, se juzgó prudente dimensionar todos sus elementos con suficiente amplitud, no apurando lo más mínimo ni sus dimensiones ni sus cargas de trabajo, pero en vista de los resultados obtenidos en la construcción se podrá llegar en sucesivos proyectos a elementos en que los materiales estén mejor aprovechados.

A pesar de ello, y al redactarse el Proyecto, el Sr. López Páramo realizó una comparación entre el coste de este tipo de muelle y otro del tipo convencional, con precios similares, resultando un coste del m. l. del muelle de gaviones de 77 362,00 pesetas por metro lineal, contra 117 997,00 para el muelle de bloques (en ambos casos con exclusión del dragado, escollera y sacos de hormigón en cimientos, rellenos, etc.), con cargas de trabajo superiores en este último, ya que fueron de 4,51 Kg./cm.² la carga sobre la escollera, estabilidad al deslizamiento de 2,56 y al vuelco de 1,85, cuando en el de gaviones fueron, respectivamente, 3,70 Kg./cm.², 4 y 3,57.

EJECUCION DE LAS OBRAS

El Concurso-subasta para adjudicación de las obras fue resuelto a favor de la Compañía de Construcciones Hidráulicas y Civiles (Hidrocivil), que las ha realizado con todo entusiasmo, poniendo para su desarrollo la competencia técnica de sus dirigentes, estudiando perfectamente los elementos auxiliares más adecuados para cada caso y aportando, entre otros medios, una cabria flotante de 100 Tm., con cuyo concurso se han simplificado notablemente algunas operaciones de la construcción. Su colaboración con el personal de la Dirección del Puerto a cuyo cargo ha ocurrido la dirección directa de las

obras (Ingeniero, D. Francisco Giraldez; Ayudante de Obras Públicas, D. Luis Zamora; Vigilantes, etcétera), ha sido verdaderamente eficaz y hoy que la obra está prácticamente terminada, creemos de justicia destacar la labor realizada.

Siguiendo las directrices del Proyecto, se instaló el taller de construcción de las vigas pretensadas en un terreno de la zona de servicio del puerto, alejada un kilómetro, aproximadamente, del muelle a construir; tal como se aprecia en las fotografías, las vigas quedaban acopladas en ese terreno para ser trasladadas a su emplazamiento definitivo en el momento de prepararse su colocación; así no fue necesario ocupar apenas línea de muelle, ya que luego su montaje previo se pasó a realizarse sobre la parte de muelle ya construido. Aunque en el Proyecto se había previsto que la colocación de los distintos elementos que constituyen el gavión, se hiciera uno a uno, el contar con la cabria de 100 Tm. permitió que esta colocación fuese hecha por grupos de piezas que previamente se habían montado en tierra; esto representó una simplificación notable en la obra, ya que el encaje de los elementos habría de ser confiado a los buzos y esta labor que en aguas claras puede ser perfectamente abordada, en nuestro caso su turbiedad implicaba una dificultad importante.

Ya, anteriormente, nos hemos referido a las losas de coronación del gavión, que previstas para ser ejecutadas en piezas prefabricadas que serían enlazadas *in situ*, al alcance de las mareas lo han sido por elementos completos de 4,00 metros de longitud (medio gavión) y 90 Tm. de peso, gracias a la cabria flotante citada.

Las fotografías que acompañan a esta descripción permiten darse cuenta perfecta de la forma en que se han realizado las obras y nos eximen de mayores explicaciones.

La experiencia llevada a cabo con la construcción de este muelle la encontramos altamente satisfactoria, porque con ella se han cumplido todas las premisas que nos habíamos fijado al tratar de la redacción del Proyecto, gracias a la idea concebida y tan bien desarrollada por el Ingeniero D. José Luis López Páramo, a quien corresponde el mérito de haber creado un sistema original de construcción de muelles que por su resultado es susceptible de ser empleado con ventaja sobre otros, en múltiples ocasiones.