

“Puerto de Huelva”

Francisco Montenegro Calle

*Revista de Obras Públicas* vol. 62, tomo I, n° 2.023,  
julio de 1914, pp. 327-329

vol. 62, tomo I, n° 2.024, 1914, pp. 343-345

vol. 62, tomo I, n° 2.025, 1914, pp. 354-357

vol. 62, tomo I, n° 2.026, 1914, pp. 370-374

vol. 62, tomo I, n° 2.027, 1914, pp. 381-384

vol. 62, tomo I, n° 2.028, 1914, pp. 393-395



## Puerto de Huelva.

**Descripción general de la ría.**—Este puerto está constituido por el estuario del río Odiel, siendo la distancia desde el muelle de la Compañía de Tharsis, que es el más interior, hasta la salida al mar, de 20.700 metros.

La zona de fondeadero es la comprendida desde la boya número 9 para adentro, y tiene una extensión de 11.000 metros de longitud por 500 de ancho, ó sean 550 hectáreas en el río Odiel, y 2.000 metros de longitud por 300 de ancho en el río Tinto, ó sean 60 hectáreas, que en total ascienden á 610 hectáreas, con calado mínimo de 5 metros en bajamar de equinoccio y perfecto abrigo.

La canal de unión de la zona de los muelles con la de la confluencia de los dos ríos, tiene 100 metros de ancho por 2.200 de largo, y está valizada por cuatro boyas luminosas, las dos primeras de luz verde y las otras dos encarnada. La canal de la barra tiene 4 kilómetros de longitud por 200 de ancho, que se trabaja para ampliar hasta 250, con calado de 6 metros en bajamar de equinoccio, si bien en el eje pasa de 6,50 metros.

Esta canal está señalada por las boyas luminosas, llevando luz roja los impares y verde los pares.

Todo el trayecto comprendido entre las dos canales mencionadas está valizado también con boyas, siendo, como en todas, rojas las luces de los impares y verdes las de los pares.

Desde el día 10 de Diciembre de 1913 las boyas impares están pintadas de rojo y las pares de negro, siguiendo el acuerdo del Congreso internacional de San Petersburgo, celebrado en Marzo de 1912.

**Datos para la navegación.**—La canal de entrada ó de la barra lleva el nombre de Canal del Padre Santo, y está situada á los 37° 6' 6" de latitud y 0° 38' y 2" de longitud al Oeste del meridiano de San Fernando, y á 6° 50' y 26" al Oeste del meridiano de Greenwich.

Su dirección es, aproximadamente, Norte 30° al Oeste verdadero.

Para arribar á ella hay en la costa inmediata un faro de recalada de tercer orden, cuyas características son las siguientes:

Longitud.....	} 6° 49' 24",30 O. Greenwich. 0° 37' 1" O. San Fernando.
Latitud.....	
Altura del foco.	} Sobre el nivel medio del mar.. 50,40 metros. Sobre el terreno..... 20,13 —

**Aspecto.** Un grupo de tres destellos de 0",16 de duración cada uno, separado por eclipses de 1",17 y otro de 5",18 entre el último destello y el primero del siguiente.

Tiempo de una revolución 8".

Alcance: Geométrico, 15 millas. Óptico, 24 millas.

El eje de la canal está marcado por dos luces de enfilación fijas en tierras sobre castilletes, la más alta roja y la otra blanca. Además, hay las cinco boyas luminosas ya dichas, las cuales hay que tomar dejando las rojas á babor y las verdes por estribor, siguiendo en la misma forma, de boya en boya, hasta llegar á la zona de los muelles.

El terreno del fondo es arena fina en la barra y fango en el interior.

**Mareas.**—La carrera de marea en la barra y en el cauce único y navegable del Odiel varía entre 3,70 metros en mareas vivas y 1,90 en mareas muertas, siendo de 4,10 metros la máxima diferencia de nivel anotada en las proximidades de Huelva.

Las corrientes de marea se invierten en todo el cauce navegable en las esteas respectivas, siendo su máxima velocidad de 1,80 metros por segundo, equivalente á 3,50 millas por hora.

Con todas las mareas, la corriente de vaciante es mayor que la de creciente.

En el cauce navegable del Tinto, la marea se desarrolla en la misma forma que hemos descrito respecto del Odiel.

**Vientos.**—Los vendavales dominantes en la barra son los que soplan de SO. y en la región de la confluencia de ambos ríos; tienen también importancia los del Norte y NO.

Se observa, además, el fenómeno de que, cuando los vientos que reinan en la mar y en la barra no son duros y entablados, al penetrar en las regiones marítimas interiores cambian algo su dirección, acercándose al Norte.

La altura de las olas no pasa, por lo general, de un metro en la región marítima interior, correspondiendo á la acción de los vientos ya mencionados.

**Vías férreas afluyentes al Puerto.**—El puerto comercial hasta ahora está circunscrito á las proximidades de la capital, y á él afluyen dos ferrocarriles de vía ancha, poniéndole en comunicación con Sevilla y Extremadura, y tres importantísimos de vía estrecha, Tharsis, Buitrón y Riotinto, dedicados principalmente al tráfico de minerales.

El valor de todas las vías de comunicación mencionadas y de sus medios de explotación, pasa de 263 millones de pesetas.

El tráfico que se desarrolla por estos ferrocarriles, se transborda en el puerto por cuatro grandes muelles metálicos, que llevan los nombres de:

Muelle Norte ó de minerales.

Muelle Sur ó de mercancías generales.

Muelle de la Compañía minera de Riotinto; y

Muelle de la Compañía minera de Tharsis.

Los dos primeros pertenecen á la Junta de Obras, y sirven al tráfico público; los dos últimos pertenecen á las Compañías mineras indicadas, y sirven exclusivamente al tráfico de minerales de sus propiedades respectivas. Además hay varios muelles pequeños complementarios de los anteriores.

**Muelle Norte.**—Es el más moderno de los de este puerto, pues fué inaugurado y abierto al tráfico público en Julio de 1908.

Consta de una plataforma de 250 metros de longitud, con ocho metros de calado en bajamar de equinoccio, á la cual pueden atracar cuatro vapores, para cada uno de los cuales hay dos grúas eléctricas, de 5 toneladas de potencia. La plataforma está unida con tierra por una doble vía sobre un viaducto de 325 metros de longitud.

Este muelle se dedica al tráfico de minerales.

**Muelle Sur.**—Este muelle ha sido construido en varias etapas, habiéndose hecho el primer proyecto el año 1881, por un importe de 456.645,98 pesetas.

Consistía la disposición de este muelle, en una plataforma ó cabeza de 51,84 metros de largo y 14 metros de ancho, enlazada con el terraplén y zona de servicio por un viaducto de acceso curvo de 224 metros de desarrollo.

La construcción es toda metálica, á excepción del piso y la doble palizada de defensa que envolvía la cabeza del muelle. El entramado metálico consiste en tubos verticales de fundición, de 0,30 metros de diámetro, terminados por una gran rosca de fundición de 0,30 metros y situados á 3 metros en sentido transversal, arriostrados convenientemente. En sentido longitudinal las palizadas están situadas á 6 metros de distancia y no llevan ningún arriostamiento. Sobre las cabezas de los pilotes se apoya el entramado del piso, que es sencillo y bien estudiado.

Como el tráfico á que estaba destinado no era entonces de gran importancia, se proyectaba explotarlo por medio de un tranvía de sangre, estableciendo en el viaducto una vía férrea que se bifurcaba en la cabeza y se enlazaba en tierra con las de las estaciones por una placa de ángulo y dos ramales de vía.

En Diciembre de 1888 dió principio la explotación, no con un tranvía como se proyectaba, sino con locomoras-ténder de 18 toneladas de peso y tres de vagones.

La práctica del servicio y el aumento del tráfico demostraron que las dimensiones de la plataforma del muelle y toda su disposición eran insuficientes, pues las dos únicas vías de la plataforma no permitían las maniobras necesarias ni el depósito de vagones cargados ó vacíos.

Reconocida esta insuficiencia, se fué ampliando el muelle hasta dejar la plataforma en las dimensiones que hoy tiene de 155,10 metros de longitud por 27,60 metros de ancho, que permite atracar cuatro buques á la vez.

Estas ampliaciones se llevaron á cabo en dos épocas distintas. En la primera se creó una tercera vía para vagones, dando á la plataforma un ancho uniforme de 27,60 metros y aumentando su longitud 11 metros más, con lo cual resultaba de 62,35 metros en lugar de los 51,35 metros de la primitiva plataforma. El sistema de construcción fué también pilotes de hierro fundido, con rosca helicoidal, de las mismas dimensiones que los de la primera parte, pero que sólo alcanzaban al nivel de la bajamar, siendo de madera todo el resto de la construcción, quedando toda la cabeza del muelle envuelta en un empanado de defensa, constituido por pilotes de madera hincados á machina, carreras y tablones.

Resumiendo: el importe total de los gastos efectuados en la construcción de este muelle de hierro y su zona asciende á pesetas 1.293.096,83, distribuídas en la forma siguiente:

	Muelle de hierro.	Zona de servicio.	TOTALS
	Pesetas.	Pesetas.	Pesetas.
<b>PROYECTO PRIMITIVO:</b>			
Obras por contrata.....	447.727,84	173.484,92	621.212,76
Idem por Administración....	9.851,43	145.313,27	155.164,70
<b>PRIMERA AMPLIACIÓN:</b>			
Obras por Administración...	192.734,79	»	192.734,79
<b>SEGUNDA AMPLIACIÓN:</b>			
Obras por Administración...	323.984,58	»	323.984,58
<b>TOTAL.....</b>	<b>974.298,64</b>	<b>318.798,19</b>	<b>1.293.096,83</b>

Este muelle está dotado de ocho grúas de vapor de cuatro toneladas de potencia, las cuales se distribuyen por igual entre los cuatro buques que pueden atracar á él.

**Muelle de la Compañía minera de Riotinto.**—Este muelle está destinado á la exportación de los minerales de la Compañía de Riotinto y á la importación de las mercancías necesarias para su industria, tales como carbón, lingotes de hierro, maquinaria, etc., etc.

Esta importante obra data del año 1874, y consta de tres pisos sostenidos por castilletes de columnas de hierro, calzadas de rosca Mitchell, de 1,52 metros de diámetro, suplementados con plataformas de madera.

La longitud del entramado metálico es de 579 metros, y se prolonga por el lado de tierra por un viaducto de madera de 226 metros, unido á un terraplén de acceso de 4 metros de cota.

La descarga de los minerales se verifica por los dos pisos superiores, en los cuales, por medio de rampas convenientemente combinadas, se separan los vagones, y vierten automáticamente en cuatro tolvas que conducen el mineral á las bodegas de los buques atracados.

La plataforma inferior sirve casi exclusivamente para la importación, y está provista de grúas hidráulicas.

Como complemento de este muelle existen depósitos, vías, talleres, etc., constituyendo todo la estación, cabeza de un ferrocarril que llega hasta la mina, con un recorrido de 83 kilómetros.

En la actualidad resulta deficiente este muelle por falta de altura para alcanzar los grandes vapores que empiezan á frecuentar este puerto, habiendo sido necesario sustituir las tolvas por transportadores de cinta, teniendo, además, propósitos la Compañía de ampliar considerablemente sus actuales medios de embarque, limitados hasta ahora á un tráfico de 1.400.000 toneladas próximamente.

Los detalles de este muelle pueden estudiarse en *Minutes of proceedings of the institutions of Civil Engineers.*

**Muelle de la Compañía minera de Tharsis.**—Este muelle pertenece á la Compañía minera de este nombre, y se destina al embarque de los minerales de las minas llamadas de *Tharsis* y *La Zarza*.

Es el más antiguo de los del puerto, pues data del año 1871, y su estructura es análoga á los de la Junta de Obras, antes descritos.

Consta de una cabeza de 105 metros de longitud y 20 de ancho, unida á la margen derecha de la ría por un viaducto que mide 750 metros de largo, con una sola vía.

A la cabeza atracan dos buques que reciben los minerales en sus bodegas, vertiendo en ellas directamente los vagones por medio de dos grúas de 15 toneladas de potencia.

El viaducto termina en un extenso terraplén, donde están instalados los depósitos de minerales y todos los anejos de la estación, cabeza del ferrocarril á la mina, cuya longitud es de 46 metros.

El coste de este muelle ascendió á 1.075.000 pesetas, más 200.000 pesetas que fué necesario emplear en reforzar el viaducto.

El tráfico anual es, próximamente, de 450.000 toneladas.

**Muelle nuevo del dique.**—En el año de 1913, fué terraplenado el caño llamado del dique de la Cabilla, donde existía un muelle provisional destinado al servicio de barcazas, el cual ha sido sustituido por otro provisional también, que ocupa, próximamente, la desembocadura del referido dique.

**Muelle de viajeros.**—Al realizarse en 1885 las obras del terraplén de la zona, se autorizó la construcción de este muelle, que avanzaba con una longitud de 43 metros normalmente á dicha zona.

Esta construcción resultó insuficiente por el creciente aumento en el tráfico de viajeros. Por esta razón, y teniendo en cuenta la proximidad de las fiestas del Centenario del descubrimiento de América y la visita de S. M. el Rey á Huelva, fué prolongado 46,50 metros en 1892, aumentándosele dos escalerillas á cada lado y la construcción de un kiosco en su extremidad. Su longitud actual es de 89,50 metros. El gasto total satisfecho en ambos períodos de construcción, ascendió á 51.319,08 pesetas.

**Muelle de La Rábida.**—En 1892, con motivo de la celebración del Centenario del descubrimiento del Nuevo Mundo, fué construido este muelle, según el proyecto formulado por el Ingeniero D. Francisco Terán.

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

La obra fué concluida en 30 de Julio de 1892, y su coste total fué de 231.201,20 pesetas.

La cabeza del muelle tiene 20,87 metros de longitud por 17,83 de ancho, y está dotado de seis escaleras de embarque. La rasante se halla á 0,80 metros sobre la pleamar viva.

El viaducto tiene 96 metros de longitud.

**Depósito de minerales.**—La Junta de Obras ha construido para el servicio público unos depósitos de minerales, capaces para 400.000 toneladas, enlazados con las estaciones ferroviarias y provistos de cuatro grúas eléctricas de 5 toneladas de potencia y una de vapor de 4 toneladas.

**Depósitos de mercancías.**—Para este objeto existen dos tinglados destinados á las mercancías del muelle Sur, los cuales miden 2.336 metros cuadrados cubiertos y 54 descubiertos.

Para servicio del muelle del dique, también hay tres pequeños tinglados, los cuales suman una superficie cubierta de 840 metros cuadrados.

Entre el muelle Sur y el muelle del dique hay, además, un amplio terraplén de más de 100.000 metros cuadrados, dedicado á depósito de carbón y demás mercancías que no necesitan estar á cubierto.

**Servicio de la Barra.**—Para atender á las luces de enfilación de la canal de la Barra y para poder tener en Huelva siempre que se necesite noticia del estado del mar, existe un servicio de vigilancia alojado en una casa construida expresamente frente á la canal, la cual está unida con los muelles y Oficina central de la Junta de Obras, por medio de un teléfono.

**Servicio sanitario.**—En la margen derecha de la ría, frente á Huelva, ha construido la Junta de Obras un pabellón para la desinfección de ropas y efectos, dotándole de una estufa de vapor y una cámara de desinfección por gases, más otros elementos secundarios dedicados al mismo fin. Esta instalación, después de construída por la Junta de Obras, fué entregada á la Dirección de Sanidad Marítima, en cuyo servicio se utiliza.

**Utilaje de la Junta de Obras.**—La Junta de Obras dispone, para servicio de los muelles públicos, del utilaje siguiente:

Diez locomotoras de 20 toneladas de peso, en servicio.

Setenta y dos vagones-plataforma de 10 toneladas de carga, para el servicio de mercancías generales.

Ciento veinte vagones para mineral, de 15 toneladas de carga, con tres cajas de hierro para envase del mineral.

Ocho grúas eléctricas de pórtico, de 5 toneladas de potencia y 11 metros de alcance, para servicio del muelle Norte.

Cuatro ídem de id. para los depósitos de minerales.

Ocho grúas de vapor, de 4 toneladas de potencia, para servicio del muelle Sur.

Una ídem íd. para los depósitos de minerales.

Dos grúas de sangre, de 2 toneladas de potencia, en el muelle de mareas.

Dos remolcadores, que aunque forman parte del tren de dragas, pueden ser utilizados por el público en caso de necesidad.

**Tráfico general del puerto.**—El tráfico general del puerto, que durante el año de 1913 ascendió á 3.472.597 toneladas, se debe principalmente á la exportación de minerales.

Estos minerales son en totalidad de piritas de cobre ó de hierro, manganeso y óxido de hierro, todos los cuales existen en gran cantidad en la zona de influencia de este puerto, y el número de toneladas de estos minerales, exportadas durante dicho año 1913, ascendió á 2.960.110 toneladas.

Las mercancías generales que durante el mismo periodo se han transbordado lo han sido en cantidad de 512.487 toneladas, siendo las principales de importación el carbón mineral, el lingote de hierro, abonos y maíz, y las que en mayor cantidad se han exportado, corcho, vinos y cereales.

Tenemos, por consiguiente, que el tráfico de minerales en el año de 1913 fué el 85 por 100 del total, y el de carga general el 15 por 100 restante.

Este tonelaje lo han transbordado 2.320 buques, de los cuales 1.490 eran de vapor y 813 de vela.

FRANCISCO MONTENEGRO,

Ingeniero Director de las obras del puerto de Huelva (1).

(1) De la notable Memoria recientemente publicada acerca de las obras de este puerto.

## Puerto de Huelva.

### MONTAJE DEL MUELLE NORTE (1)

**Descripción general del muelle.**—Consta este muelle de una cabeza ó plataforma de 250 metros de longitud por 21 de ancho, paralela á la corriente de la ría y distante de la orilla 200 metros, cuya cabeza se une á tierra por un viaducto en curva de 180 metros de radio y un desarrollo de 325 metros.

El tablero está constituido por vigas de acero de 6,25 metros de luz, unidas por viguetas transversales de 3 metros y apoyadas sobre columnas de fundición calzadas con roscas Mitchell, formando palizadas de tres columnas en el viaducto y de ocho en la cabeza.

Cada columna está formada por seis tubos de 3 metros de longitud y 0,30 de ancho y las hélices son de acero, con un diámetro de 1,60, debiendo ser hincadas, por lo menos, 6 metros por bajo de un fondo de 12 metros de calado en pleamar.

El número total de columnas es de 502, compuestas de 2.844 tubos, y la longitud total de hincas asciende á 4.150 metros.

Lo expuesto da idea de la importancia de esta obra, que si como construcción metálica no tiene nada de extraordinario, es digna de atención por el considerable número de sus apoyos y por las grandes dimensiones de las hélices.

**Dificultades que se presentaron en el montaje del antiguo muelle.**—En el montaje de otro muelle del mismo sistema, que fué construido por la Junta de Obras en 1883-1885, se tocaron varias dificultades en la hincas que en el nuevo necesariamente habian de ampliarse, pues aquellas hélices tienen de diámetro 1,30 metros, mientras que las del nuevo tienen 1,60, resultando una superficie de apoyo de 6.833 centímetros cuadrados más que aquellas.

En dicho muelle, cuyas columnas fueron clavadas con cabrestantes movidos con tornos accionados á brazo, la operación llegaba á hacerse muy difícil, pues las hélices se entrapaban, apretándose entre sus alas las conchas y arenas, hasta el punto de constituir un cuerpo con aquéllas, que giraban sin penetrar.

Era necesario entonces recurrir á fuertes sobrecargas ayudadas con inyecciones de agua y aumentar considerablemente el esfuerzo de los tornos.

Como consecuencia de esto, la operación resultaba sumamente lenta, pues había que quitar y volver á poner la sobrecarga cada vez que se empalmaba un tubo, ocurriendo, además, un accidente sumamente grave, pues por consecuencia de un gran esfuerzo hecho con los tornos, se rompieron los tornillos de la junta de una hélice con el tubo y fué necesario extraerla recurriendo á una excavación hecha por los buzos dentro de una atagüa.

**Nuevo aparato de hincas.**—Con estos antecedentes, era muy probable que las nuevas hélices no se hubieran podido hincar por el procedimiento antiguo, y nos propusimos estudiar otro más perfecto, resultando, como consecuencia, un proyecto de aparato de hincas, que antes de llevarlo á la práctica fuimos perfeccionando en sus detalles por medio de un modelo reducido al décimo, que hicimos construir.

En primer lugar, había que sustituir los tornos movidos á brazo por un motor mecánico, cuya acción es más rápida y puede medirse y limitarse.

Teniendo en cuenta la resistencia de los tornillos de unión de los tubos, que es la parte más débil de las columnas, así como el diámetro de los volantes de hincas del muelle antiguo que queríamos aprovechar, dedujimos que el esfuerzo tangencial en el volante, que podía producir la rotura, era de 10.582 kilogramos.

En el terraplén de la orilla, y próximo al arranque del viaducto, montamos una pequeña central eléctrica, compuesta de un motor de gas pobre de 14 HP. y dos dínamos acoplados en serie, que enviaban su corriente á un cabrestante eléctrico colocado á popa del andamio (1), el cual accionaba por medio de tres gruesos cables de cáñamo los tres volantes de hincas.

Medida al freno la potencia del cabrestante, cuya velocidad tangencial es de 0,10 metros por segundo, dedujimos que á 350 voltios una corriente de 15 amperios producía un esfuerzo en el volante de 3.000 kilogramos, límite del cual no se debía pasar para que los tornillos de las juntas no trabajaran más de lo procedente.

De este modo estábamos seguros de evitar el grave accidente que se produjo en el otro muelle y teníamos medios de medir exactamente la resistencia del terreno, para removerlo con una inyección de agua á presión cuando aquélla llegaba al límite antedicho.

Resuelta de este modo una de las dificultades del sistema antiguo, había que resolverla de la sobrecarga de las columnas, á fin de evitar la maniobra de tenerla que quitar cada vez que había que empalmar un tubo.

Esto se ha conseguido haciendo que el andamio obre por su peso como sobrecarga, á cuyo fin, en los tubos maestros de los antiguos aparatos de hincas (iguales á los descritos en la obra de Rivera titulada *Puentes de hierros económicos*), se labraron roscas del mismo paso (0,15 metros) de la hélice, y se construyeron unas grandes tuercas que se fijaron invariablemente al andamio. El tubo maestro, convertido en un gran husillo, lleva dos ranuras en dos generatrices opuestas (en el modelo no hay más que una) y en el cubo del volante van dos chavetas que deslizan por dichas ranuras.

Haciendo girar el volante por medio del cable sin fin del cabrestante eléctrico, gira también el husillo, y por consiguiente va introduciéndose en la tuerca unida al andamio, al mismo tiempo que la hélice se va clavando en el terreno.

Con lo expuesto y el modelo á la vista se comprende fácilmente la disposición de los aparatos de hincas, sin más que agregar que para dar la tensión conveniente al cabo de vuelta de los cables de transmisión se dispusieron unas poleas en la parte superior del andamio, por las cuales se pasaba el cable y se tesaba más ó menos; que estos cables se arrollaban á los volantes dando tres vueltas y se guiaban con rodillos convenientemente dispuestos; que los volantes descansaban sobre rodillos para facilitar su giro, y que cambiando el sentido de arrollamiento del cable en el cabrestante se hacía subir el husillo para empalmar un nuevo tubo.

El modelo está dispuesto tal como se empleó en el viaducto, llevando tres aparatos de hincas, de los cuales funcionaban siempre dos al mismo tiempo: uno, clavando, y otro, izando el husillo para empalmar nuevos tubos.

(1) El desarrollo de estos trabajos se detalla en esta nota que hicimos para explicación de un modelo del andamio de hincas, que fué cedido por la Junta para el Museo de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, á petición del Ingeniero D. Ricardo Bogaerña, Profesor de Construcción general.

(1) En el modelo se da movimiento al cabrestante con manubrio colocado en la parte posterior del andamio.

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

**Andamio.**—Los aparatos de hinca era necesario montarlos sobre un soporte ó andamio que había de tener las siguientes condiciones:

1.<sup>a</sup> Peso limitado por la resistencia de las vigas del muelle y del terreno.

2.<sup>a</sup> Solidez suficiente para soportar los esfuerzos que han de obrar en el caso más desfavorable.

3.<sup>a</sup> Forma conveniente para facilitar el replanteo de la curva del viaducto y el montaje de los tramos del tablero; y, por último,

4.<sup>a</sup> Facilidad para cambiarlo de emplazamiento á medida que el muelle iba avanzando.

Veamos cómo se satisface la primera condición:

El viaducto se compone de tramos de tres vigas longitudinales de 6,25 metros de luz, que se apoyan sobre columnas.

Teniendo en cuenta la resistencia del terreno y descontando el peso propio de columnas y tablero, podríamos cargar sobre cada una de aquéllas 24.102 kilogramos.

Las dos vigas laterales del tablero pueden someterse á una carga en su centro de 12.862 kilogramos y la central á 20.086, ó al doble si insisten en dos puntos separados la mitad de la luz, resultando en este caso que podríamos cargar sobre un tramo del tablero unas 91 toneladas, repartidas en seis puntos de aplicación.

Pero como no podemos disponer sobre cada columna más que de 24 toneladas, y como en el caso de estar los apoyos del andamio separados la mitad de la luz de un tramo podrían cargar sobre la columna central 30 toneladas, resulta de aquí que precisa separar más los puntos de apoyo.

Hecho el cálculo necesario obtenemos que para que la presión en la columna central no exceda de 24 toneladas debemos separar los apoyos del andamio 5 metros, y en esta forma podemos dar al artefacto un peso total de 90 toneladas, distribuidas á razón de 20 toneladas sobre cada uno de los apoyos centrales, y 12,5 toneladas sobre cada uno de los cuatro apoyos laterales.

El andamio está constituido esencialmente por dos vigas laterales armadas, de 5,6 metros de altura, unidas por sus cabezas superiores é inferiores por medio de fuertes riostras triangulares.

La altura de las vigas está motivada por la necesidad de fijar en ellas puntos de guía de las columnas lo más separados posible y proporcionar apoyo á los aparejos de maniobrar los tubos, con la altura suficiente para poder hacer la faena á pleamar.

Precisa que el andamio, apoyándose en los tramos ya construídos, avance hasta alcanzar la palizada siguiente que dista 6,25 metros; y si agregamos 0,50 metros para que el apoyo no quede en el mismo extremo del tramo, más 5 metros de separación entre apoyos y 2,10 que son necesarios para sostener los aparatos de hinca, tendremos 13,85 metros, á los que hay que agregar el brazo de palanca del contrapeso que, para que no resulte éste muy grande, hemos fijado en 9,15 metros, resultando una longitud total para las vigas principales de 23 metros.

Estas vigas se han calculado para resistir á su peso propio y á una carga en el extremo volado de 18,1 toneladas, representada por el peso de los aparatos de hinca y piezas que los sostienen, resultando para la madera un trabajo de 0,425 kilogramos por milímetro cuadrado, que no hemos querido forzar para tener en cuenta las desfavorables condiciones en que se realiza.

El peso total del andamio, con sus aparatos y contrapeso, resulta ser de unas 80 toneladas.

Para facilitar el montaje de los tramos metálicos, toda la parte volada del andamio va libre de riostras por la parte inferior, y de este modo cada tramo compuesto de tres vigas y diez viguetas, armado y remachado en tierra, se llevaba con una bal-

sa, que era colocada entre las columnas, izándolo después por medio de una gran polea colgada de la parte alta del andamio, cuya cuerda era arrollada al cabrestante, logrando de este modo con gran facilidad colocar el tramo completo sobre las columnas ya clavadas y provistas de sus capiteles.

Una vez colocado el nuevo tramo en su sitio y unido con pernos al anterior, había necesidad de correr el andamio hasta hacerlo insistir sobre él.

A este fin lo hemos provisto de seis rodillos, colocados en dos pares de vigas paralelas, distantes de centro á centro cinco metros.

Para que el peso sobre los puntos de apoyo centrales insistiera en la medida necesaria, que ya dijimos antes, van aquéllos provistos de muelles, cuya flecha habíamos medido previamente con la carga que debían tener.

Los rodillos de apoyo tienen la longitud necesaria para pasar de las vigas de un tramo á las del siguiente, que hacen entre sí el ángulo correspondiente al polígono inscrito en la curva que sigue al viaducto, y van provistos de fuertes pestañas que los guían sobre las cabezas de las vigas laterales, sobre las cuales directamente ruedan, ó sobre dos carriles adosados á la viga central, pues teniendo ésta remaches en sus tablas no presenta una superficie conveniente para la rodadura.

Valiéndonos de dos aparejos, afianzados de un lado al extremo de la viga central del tramo recientemente colocado y del otro á la viga transversal de los rodillos delanteros, y llevando sus cabos al cabrestante eléctrico, se conseguía transportar todo el andamio con una velocidad de 0,017 metros por segundo y un consumo de corriente de 7 amperios.

Afianzando los aparejos de traslación más ó menos cerca del centro de la viga transversal, se conseguía hacer avanzar un poco más un lado del andamio que el otro, ganando así el ángulo que forman los dos lados contiguos del polígono y llegar con los rodillos delanteros á su posición definitiva, que era á 0,50 metros del extremo de las vigas.

Quando el andamio llegaba á ocupar esta posición, su eje de figura quedaba sensiblemente coincidiendo con el del tramo colocado, y como la línea de los husillos de hinca está dispuesta de modo que forme con el eje del andamio el ángulo correspondiente al radio del polígono, resultaba, desde luego, replanteada la palizada siguiente.

Una vez en su posición el andamio, no había más que apretar los tornillos de presión sobre las vigas para evitar todo movimiento y calzar la parte posterior para que la caja del lastre no quedase al aire y tuviera más estabilidad, procediendo en seguida á clavar las columnas, empezando por la central, para que la reacción sobre el andamio se repartiera por igual entre ambas vigas, procediendo después á la hinca simultánea de las dos laterales.

De este modo se hizo todo el montaje del viaducto, y para proceder al de la plataforma ó cabeza, que, como se ha dicho, se compone de palizadas de ocho columnas, se empezó por hacer una ampliación en el frente del andamio para poder hincar cuatro columnas de una vez, y después de colocar dos de éstas provisionales al lado del último tramo del viaducto, se corrió transversalmente el andamio por medio de gatos, hasta hacer coincidir su eje con el de la mitad de la plataforma del lado de tierra.

Conseguido esto se hizo el montaje de la mitad de la plataforma como se había hecho el del viaducto, transportando después hacia atrás el andamio hasta el origen de la plataforma y trasladándole transversalmente hasta enfilarlo con la otra mitad de la plataforma, que se ejecutó de la misma manera.

Por el procedimiento ligeramente descrito en estos apuntes se ha conseguido montar las 4.600 toneladas que pesa el material

de este muelle con notable economía, y, sobre todo, que es lo más importante, sin que se haya registrado, en todo el curso de la obra, ni un incidente digno de mención ni una desgracia personal.

Habiendo sido introducidas durante la construcción algunas variaciones en el tablero de la plataforma, fué necesario hacer un presupuesto reformado para que fueran sancionadas por la Superioridad dichas variaciones.

En este proyecto incluimos la construcción de la casa-oficina, montada sobre la plataforma del muelle, cuya valoración de 29.384,45 pesetas, incluida en el presupuesto reformado, no producian sobre el aprobado más que un adicional de 98,28 pesetas, demostrando esto el buen resultado obtenido en el montaje de la obra. Habiendo sido aprobado este proyecto por Real orden de 11 de Junio de 1908, el Ingeniero Jefe de Obras públicas, autorizado expresamente, procedió en 26 del mismo mes á practicar las pruebas de resistencia necesarias, dando por recibida la obra en vista de su buen resultado, levantándose, al efecto, el acta correspondiente, que fué aprobada por orden de la Dirección general de Obras públicas, fecha 5 de Agosto siguiente.

De dicha acta copiamos á continuación el párrafo relativo á la carga de las columnas, por ser lo más interesante á causa de la poca resistencia á la compresión del fondo de esta ría:

«Se hicieron pruebas de resistencia colocando encima de uno de los pilotes de la explanada 24 toneladas de sobrecarga, en cuatro cajas de hierro rellenas de lingotes, las que unidas al peso del tablero que insiste sobre la columna y al peso pro-

prio de ésta, dan una carga total sobre la hélice de unas 31 toneladas, en vez de las 23,5 á que se refiere el pliego de condiciones del primitivo proyecto de este muelle, aprobado por Real orden de 15 de Julio de 1901, como sobrecarga que aumentada al peso propio del tablero y pilotaje hacen en total 30 y media toneladas que insisten sobre la hélice, sin que á pesar de este exceso de carga se apreciara descenso alguno en el pilote objeto de la experiencia, resultado que pudo preverse dado el sistema de hinca adoptado y el enorme peso del andamio volante que se utilizó con dicho objeto, y que avanzaba sobre los pilotes á medida que éstos se iban incando.»

La inauguración de la explotación de este muelle fué hecha por el Ilmo. Sr. Subdirector general de Obras públicas, en representación del Sr. Ministro de Fomento, el día 18 de Julio de 1908.

Terminaremos insertando la relación de los gastos ocasionados en esta construcción:

Distribución de los gastos del tramo Norte.

OBRAS	MADERAS	Instalación de máquinas.	Material metálico.	Imprevistos y accidentes.	Caseta oficina.	TOTAL
—	—	—	—	—	—	—
Pesetas.	Pesetas.	Pesetas.	Pesetas.	Pesetas.	Pesetas.	Pesetas.
435.364,36	147.697,52	39.672,57	1.284.299,22	23.739,80	20.821,29	1.961.594,85

FRANCISCO MONTENEGRO,

Ingeniero Director de las obras del puerto de Huelva.

## Puerto de Huelva.

### PROYECTO DE UN MUELLE DE FABRICA

**Exposición del objeto de este proyecto.** — *Antecedentes.* — La necesidad y la oportunidad de la importante obra que vamos á proponer son consecuencia de las consideraciones siguientes:

El muelle provisional que existe en este puerto para el tráfico de mercancías generales está ya muy viejo y necesita ser restaurado. Además, para que quede en condiciones de poder cumplir con las necesidades del tráfico actual, precisa hacerle una reforma, cuyo coste sería de gran importancia.

Esta obra de restauración y ampliación nos proporcionaría un muelle más fuerte y más grande que el actual, pero de escaso calado y con los mismos graves defectos inherentes á esta clase de construcciones, en las cuales el servicio es complicado y deficiente, pues no pudiendo el público tener en ellos acceso inmediato, precisa que haya una entidad intermediaria encargada de la difícil misión de recibir las mercancías y entregarlas á bordo ó viceversa, operaciones que nunca se hacen á gusto de los comerciantes y deben ser practicadas por ellos mismos.

El puerto de Huelva cuenta ya con las obras necesarias para cumplir su cometido de un modo satisfactorio, en lo referente al tráfico de minerales, pero es provisional y deficiente en cuanto afecta á las mercancías generales, y procede, por lo tanto, el estudio y construcción de lo que á éstas corresponde, lo cual debe hacerse con el mayor detenimiento posible, toda vez que esta especie de tráfico ha de ser la vida futura de nuestro puerto.

Empezando por la cuestión de los muelles, como más principal y perentoria, debemos aspirar á conseguir que éstos sean del tipo más perfecto y cómodo para el servicio público á que se destinan, y como los que mejor satisfacen estas exigencias, según la opinión general, son los muelles de costa construidos de fábrica, éstos son los que creemos que se deben ejecutar aquí, volviendo así á la idea fundamental del primer proyecto de este puerto, redactado el año 1878 por el ilustrado Ingeniero D. Carlos María Cortés, y desechado después de experiencias deficientes, de las cuales se creyó deducir de un modo cierto que el subsuelo de esta ría no puede sostener esta clase de construcciones.

Pero desde aquella época, el arte de la construcción ha progresado, y hombres de otras razas más perseverantes que la nuestra, gastando enormes sumas de trabajo y de dinero, después de muchas tentativas fracasadas, han conseguido erigir grandes muelles de fábrica sobre los fondos fangosos de Rotterdam, Trieste y otros puertos de tan malas ó peores condiciones que el de Huelva.

Aprovechemos el camino abierto por otros, y ya que no hemos podido ser precursores, procuremos, al menos, adaptar á nuestro caso, de un modo razonable, las lecciones de la experiencia ajena, dejándonos conducir por ella.

Vamos á explicar cuanto queda expuesto, empezando por el estudio de la transformación del muelle provisional en definitivo, el cual nos llevará á la solución radical de abandonar por completo esta idea de restauración, para adoptar la de construir un muelle de fábrica, dotado de los elementos usuales en los puertos modernos.

Esta parte contiene, además, dos notas para explicar en la primera que el muelle Sur fué construído como obra provisional, y para demostrar en la segunda que estos muelles de entramados metálicos no pueden tener en las aguas de esta ría más que una vida muy limitada.

**Muelle provisional de mercancías generales y su transformación en muelle definitivo.** — De la historia de este muelle, que en esta parte se detalla, resulta que fué proyectada el año 1881; que su construcción empezó el año 1883 y terminó en 1895, después de dos proyectos de ampliación, y que el gasto de la obra y de su zona de servicio ha ascendido á 1.293.096,83 pesetas.

La disposición de esta obra se detalla en los planos que se insertan al final de esta Memoria, y de ellos y de lo que va expuesto podemos deducir que el muelle, que fué un gran adelanto para este puerto hacia el año 1888, no puede ya hacer frente á las exigencias del tráfico y hay que desecharlo, si su reforma, á más de ser costosa, resulta ineficaz.

En primer lugar debe tenerse en cuenta que en el proyecto general de dragados del interior de esta ría, aprobado por la Superioridad, y que se está ejecutando en parte por contrata y en parte por administración (8 millones y 3 millones de metros cúbicos, respectivamente), se fija el calado en 8 metros en bajamar de equinoccio, y como la profundidad media de las hélices de este muelle es 11 metros, quedarían éstas con sólo 3 metros de hincia cuando se haga el dragado, lo cual es inadmisibles, pues el muelle se arruinaría.

Inútil es pensar en aumentar la profundidad de la hincia, sometiendo los pilotes á los esfuerzos de torsión, necesarios para barrenarlos más adentro, pues los tornillos que unen los trozos de tubos, muy desgastados por la acción corrosiva de estas aguas, no sufrirían ni con mucho esta clase de trabajo, y se rompería infaliblemente. Tampoco se puede pensar en sacar los pilotes para poner tornillos nuevos y volverlos á hincar, porque el esfuerzo necesario para vencer la adherencia tampoco podrían soportarlo, y, por consiguiente, habría que dejar las cosas como están y conformarse con un muelle que no puede tener más que 6 metros de calado, si hemos de dejar cinco de hincia á los pilotes, que es lo menos que se necesita.

Las necesidades modernas de la navegación imponen un crecimiento muy rápido en el tonelaje de los buques, y, por tanto, en el calado de los puertos, y cuando son notorios los grandes esfuerzos que en todas partes se hacen y las enormes sumas que se emplean por aumentar los calados, no puede admitirse para nuestro puerto un retroceso tan considerable como sería reducir su único muelle de mercancías generales á un calado inferior en 2 metros al que se está excavando en la ría, á costa de un gasto de cerca de 9 millones de pesetas.

Sólo este aspecto del asunto es suficiente para que se renuncie al aprovechamiento del muelle provisional; pero si aun quedase alguna duda, hay otras razones fundadas en el gasto importante que habría que hacer para restaurarle y dar á sus elementos la resistencia necesaria, á fin de soportar los vagones de 24 toneladas de peso bruto, que en gran número circulan ya por los ferrocarriles afluentes al puerto, y que deben entrar en el muelle sin necesidad de aligerarlos, descargándolos en parte, pues esta maniobra es muy costosa y hace perder mucho tiempo.

**Valoración de la reforma del muelle actual.** — De la valoración detallada que figura en la Memoria resulta que la obra de reforma y reparación del muelle Sur costaría, en resumen, pesetas 1.595.145,73.

Es evidente que si á costa de tan considerable gasto no podemos obtener más que un muelle de escaso calado, de difícil y costosa explotación y de duración muy limitada, debemos renunciar á esta solución y emprender el estudio de los muelles de fábrica, haciendo lo que pudiéramos llamar una revisión del proceso que sirvió para desechar en este puerto esta clase de construcciones.

**Muelles de fábrica del proyecto primitivo de este puerto.**  
*Real orden de aprobación del proyecto primitivo del puerto.*—Según hemos dicho antes, el ilustrado Ingeniero D. Carlos María Cortés propuso muelles de fábrica en el proyecto general de este puerto, que redactó el año 1878.

Constaba dicho proyecto de un muelle de fábrica, con longitud de 850 metros y de una dársena situada entre el muelle y la población. Este proyecto fué aprobado por Real orden de 11 de Agosto de 1880 en los términos siguientes:

«El Excmo. Sr. Ministro de Fomento me dice con esta fecha lo que sigue: Ilmo. Sr.: Conformándose con lo propuesto por esa Dirección general, de acuerdo con el dictamen de la Junta consultiva de Caminos, Canales y Puertos, S. M. el Rey (q. D. g.) ha tenido á bien aprobar el proyecto presentado por la Junta de Obras del puerto de Huelva, para la mejora del mismo y de la ría, cuyo presupuesto de contrata asciende á la cantidad de pesetas 22.075.836,41, pero con las observaciones que hace la Junta consultiva en las conclusiones de su citado dictamen, de las que se remitirá copia al Vicepresidente de dicha Junta del puerto, para que las tenga presente á medida que se vayan ejecutando las obras.

»Lo traslado á V. S. acompañando un ejemplar del proyecto con copia de las conclusiones del dictamen de la Junta consultiva.

»Dios, etc. etc. Madrid 11 de Agosto de 1880.—El Director general, B. de Covadonga.—Sr. Vicepresidente de la Junta de Obras del puerto de Huelva.»

*Descripción de la Real orden relativa al muelle de fábrica.*—De las conclusiones mencionadas, la que se refiere al muelle es la núm. 6, cuya copia literal es como sigue:

«6.º Que es aprobable la construcción del trozo de muelle proyectado entre el estero de San José y el muelle embarcadero de Riotinto; pero antes que se aprueben los detalles del sistema de construcción propuesto, es preciso que se hagan minuciosas experiencias para conocer con toda seguridad la resistencia y demás condiciones del terreno y determinar la anchura de la base del muro y de la sección transversal que para el mismo sea más conveniente, presentando el proyecto definitivo de esta construcción con los cálculos detallados que hayan servido para determinar las respectivas dimensiones».

*Informe de la Junta consultiva respecto al proyecto de muelle de fábrica.*—Se copia toda la parte del informe de la Junta consultiva, relativa á la prescripción antedicha, de cuya copia resulta que dicha Corporación consideró aprobable el proyecto de muelles de fábrica de D. Carlos María Cortés, pero estimando que debían preceder á la construcción minuciosas experiencias para conocer con toda seguridad la resistencia del terreno y determinar la anchura de la base del muro.

Estas experiencias fueron hechas, y de sus resultados dedujo la Jefatura de Obras públicas, de acuerdo con la Dirección facultativa del puerto, que no convenía la construcción de muelles de fábrica en Huelva y debía adoptarse el sistema exclusivo de muelles metálicos sobre columnas calzadas de hélices Mitchell.

*Experiencias.*—Las experiencias fueron dos, consistiendo la primera en la construcción de un trozo de muro sobre la marisma natural, análogo al del proyecto, y la otra en clavar un pilote de rosca.

El primero fué cargado con lingotes de hierro hasta hacerlo hundir en la lama un metro por un extremo y 70 centímetros por otro, levantándose un acta, en la que se hace constar que este terreno cede de una manera espantosa é incontrastable bajo la carga de 0,809 kilogramos por centímetro cuadrado.

La segunda prueba consistió en clavar ó, mejor dicho, en

atornillar en el terreno, hasta la profundidad de 10 metros, una columna igual á las del muelle Sur, con su correspondiente hélice, cargándola después con carriles hasta conseguir hacerla descender 146 milímetros.

Como conclusión de esta experiencia, consta en el acta el párrafo siguiente:

«De lo que se deduce que el pilote clavado á 10 metros de profundidad en el terreno de este puerto no soporta cargas superiores á la de 0,700 kilogramos por centímetro cuadrado de la superficie de la hélice.»

*Examen de las experiencias.*—La primera experiencia nos pareció que tiene muy poco valor y que su resultado era fácil de prever, pues la superficie de las márgenes sobre la cual se construyó el macizo de mam posteria es tan flúida, que un hombre se clava en ella hasta medio muslo, sin contar con los sitios llamados *ojos de lama*, donde se hundiría completamente.

Este hecho, que se repite aquí todos los días, á la vista de todo el mundo, demuestra sencillamente que este terreno en su superficie resiste bien poco (0,75 kilogramos próximamente).

La segunda experiencia no tiene más valor que la anterior y no puede menos de sorprender que Ingenieros ilustres hayan deducido de ella que un pilote de hierro igual á los del muelle provisional y clavado, ó mejor dicho, atornillado, por medio de una hélice igual á las de éstos, no pueda resistir más que 0,700 kilogramos por centímetro cuadrado, cuando los del muelle se sometieron en las pruebas á 2 kilogramos para la misma superficie y después trabajan á 1,54 kilogramos desde hace veintidós años, sin que se hayan notado asientos.

El paradójico resultado de esta experiencia tiene, sin embargo, fácil explicación.

Cuando los experimentadores vieron que el pilote comenzaba á descender, sacaron la consecuencia de que la carga anterior á la que producía este descenso (0,700 kilogramos) era el límite admisible, sin tener en cuenta que al rebasarse el límite de elasticidad del sistema, engendröse otro por efecto de la compresión, con una constitución molecular distinta de la anterior y con mayor resistencia.

Es evidente que aquel terreno que el día 25 de Noviembre cedió á la presión de 900 gramos por centímetro cuadrado, si se le hubiera sometido á esta carga después del 28 no hubiera tenido alteración, y lo mismo puede repetirse para las sucesivas, hasta 2,10 kilogramos, y probablemente para la de 2,30 kilogramos, si se hubiera tenido paciencia para continuar las observaciones el tiempo necesario, pues no hay nada que demuestre ser esta la carga que el terreno en definitiva puede soportar.

*Experiencias posteriores.*—Después de las dos pruebas mencionadas, que dieron por resultado la prescripción en este puerto de los muelles de fábrica, se hicieron el año 1900, por el malogrado Ingeniero Sr. Rodríguez Leal, nuevas pruebas para deducir la sección que convenía dar á las hélices de apoyo en el proyecto general de muelles que redactó dicho Ingeniero en la época indicada.

Dichas pruebas consistieron en clavar en diferentes puntos pilotes de madera, deduciéndose, por la fuerza viva de los golpes y por la hincá que se obtenía, la carga que el pilote podía soportar.

El año 1908 la Compañía de Riotinto hizo experiencias análogas á las del Sr. Rodríguez Leal, que se detallan en un gráfico que acompaña á la Memoria de este proyecto. De estas experiencias se deducen cargas por cada pilote, que varían desde 27.777 kilogramos hasta 60.375, y siendo la sección de estos pilotes  $30 \times 30$  y  $26 \times 26$ , las cargas por centímetro cuadrado serán 30,86 y 89,31 kilogramos, y tomando los coeficientes de seguri-

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

dad que aconseja la experiencia, que son 6 para el martinete de vapor y 10 para el de mano, resultarán 5, 14 y 8,39 kilogramos, respectivamente.

La confusión que esta diversidad de resultados produce aumenta al considerar que, siendo desconocido el valor del rozamiento que entre este terreno y la madera de los pilotes se produce, no hay medio de deducir la resistencia que corresponde á la presión aplicada directamente en la punta del pilote. En efecto, si la resistencia por rozamiento es casi nula, según afirma el Ingeniero Sr. Rodríguez Leal, corresponderán á la compresión las cifras íntegras consignadas más arriba; pero si se considera que estos terrenos son muy parecidos á los de Rotterdam, donde experiencias muy completas dieron por resultado una resistencia por rozamiento, que variaba desde 6.800 á 8.000 kilogramos por metro cuadrado, resultarían cantidades insignificantes para las presiones.

De cuanto queda dicho respecto de estas experiencias, vemos, pues, que no se puede deducir nada seguro que pueda servir de fundamento para desarrollar ó deducir un sistema de construcción.

*Muelles existentes.* — Veamos si las obras construídas pueden enseñarnos algo más práctico.

*Muelle provisional de la Junta de Obras.* — El muelle provisional construído por la Junta, ya hemos dicho que fué sometido en sus pruebas á pesos que producían una presión en el terreno de 2 kilogramos por centímetro cuadrado, y que ordinariamente trabaja á 1,54 kilogramos desde hace más de veintidós años.

*Muelle Norte de la Junta de Obras.* — El muelle Norte, construído también por la Junta para el embarque de minerales, en explotación desde el mes de Julio de 1908, fué aprobado en la recepción oficial, según consta en el acta correspondiente, á un peso que producía sobre el terreno en que se apoyaba la hélice una carga de 1,481 kilogramos por centímetro cuadrado, que resulta ser la de trabajo corriente en los apoyos de las vías de grúas. Hasta la fecha no se ha notado el menor descenso en ningún apoyo.

*Muelle de la Compañía de Tharsis.* — El Sr. Rodríguez Leal expresa en la Memoria de su proyecto de muelle definitivo que este muelle está construído sobre apoyos tubulares análogos á los de los muelles de la Junta, clavados en un terreno de arcilla azulada pastosa, en cuya superficie se ve la lama semilíquida.

Agrega á esto que el Ingeniero Sr. Clemente sometió este embarcadero á una carga de prueba que producía 2 kilogramos por centímetro cuadrado sobre el terreno, no habiendo ocurrido ningún descenso, ni en dichas pruebas, ni en treinta y nueve años de servicio, que pueda ser atribuído á falta de resistencia del subsuelo.

*Muelle de la Compañía de Riotinto.* — De la citada Memoria del proyecto antes mencionado sacamos que el muelle de la Compañía de Riotinto fué proyectado para cargas sobre el terreno que alcanzaban 4,77 kilogramos por centímetro cuadrado.

Hicieron una prueba sometiendo las columnas de una pila convenientemente enlazadas y clavadas á 5 metros de profundidad, á presión de 4,54 kilogramos por centímetro cuadrado, cediendo la construcción considerablemente los primeros días, aunque mucho menos que lo habían hecho pilotes aislados.

No sabemos si aquí, como en la experiencia núm. 2 antes descrita, se pudo producir después del asiento de las columnas un nuevo estado de equilibrio capaz de soportar la carga á que se les había sometido, pero el Ingeniero Jefe de Obras públicas de la provincia, D. Rafael Clemente, fundándose en que por aquella época (año de 1874) no se acostumbraba á pasar de 2 kilogramos por centímetro cuadrado para obras de este género en terrenos análogos, tales como el faro de Buda, el muelle de la Compañía de Tharsis y varios puentes del ferrocarril de esta Compañía y aun de la de Riotinto, aconsejó y convenció á esta Compañía de que debía disminuir la carga en el terreno de apoyo de su muelle, y con tal fin se construyeron unas plataformas de madera que, adosadas á los pilares, reducen la carga á 0,35 kilogramos.

*Examen de las obras y conclusiones que se deducen de éste y de las experiencias anteriores.* — Del examen de estas obras resulta, desde luego, demostrado que las experiencias del macizo y del pilote de roscas, dieron resultados completamente equivocados, puesto que es indudable que el terreno, á poco que se profundice, sufre sin deformarse cargas de 2 kilogramos por centímetro cuadrado.

Pero si esto es evidente, no lo es que los 2 kilogramos sean el límite de la carga admisible, pues la práctica local no lo ha demostrado así, y en cambio sabemos que los Ingenieros ingleses, muy habituados á esta clase de obras, admiten hasta 4,40 kilogramos por centímetro cuadrado, según dice el ilustre Ingeniero D. Lucio del Valle en una Memoria que publicó en la Revista de Obras Públicas, en 1861.

«De un modo ó de otro, siendo un hecho incontestable que este terreno se puede cargar con los pilotes de rosca á 2 kilogramos por centímetro cuadrado, y que á esta carga producida por el peso propio del pilote más el de la construcción que sustenta y el de la sobrecarga de prueba, hay que añadir el de la columna de terreno y de agua que directamente insiste sobre las hélices, el cual representa, próximamente, otros 2 kilogramos para la misma unidad superficial, llegamos á la conclusión de que pueden construirse aquí muelles de fábrica, toda vez que, como después veremos, no es difícil proyectarlos de modo que, teniendo en cuenta el empuje del terraplén en las peores condiciones, la resultante en el terreno produzca bastante menos presión de los 4 kilogramos que resultan bajo las hélices de las columnas.»

Para que el Ingeniero que suscribe haya llegado á penetrarse de la exactitud de esta conclusión, han sido necesarios varios años de observación y de estudio, porque los nombres de Ingenieros tan ilustres como los Clemente, Molini y Rodríguez Leal, sugestionaban su inteligencia y quizás no hubiera llegado á esta atrevida deducción si la misma Real orden de 11 de Agosto de 1880, aprobando condicionalmente el proyecto primitivo de D. Carlos María Cortés, no expresara, de acuerdo con la Junta consultiva, que era aprobable el muelle de fábrica, con tal que antes que fueran aprobados los detalles del sistema de construcción, se hicieran experiencias para conocer la resistencia del terreno y poder determinar la anchura de la base del muro y la sección transversal más conveniente.

FRANCISCO MONTENEGRO,

Ingeniero Director de las obras del puerto de Huelva.

(Continuará.)

## Puerto de Huelva <sup>(1)</sup>

**Construcción de los muelles de Rotterdam y de Imuiden y perfiles de los muelles construídos en España sobre terreno fangoso ó arenoso.**—Contiene este punto una detallada Memoria de la construcción del puerto de Rotterdam, cuyas condiciones naturales son semejantes al de Huelva, y se insertan, además, todos los tipos de muelles construídos en España sobre terrenos de escasa resistencia, terminando con el siguiente párrafo:

«No es necesario describir más ejemplos que puedan servirnos de precedentes, pues con los que hemos expuesto hay los necesarios para comprender que no se debe desistir de construir en Huelva muelles definitivos porque el terreno tenga poca resistencia, pues en otras partes han conseguido vencer dificultades análogas.»

**Sistema de muelle que conviene adoptar y determinación de sus dimensiones.**—*Disposición general del muelle.*—De cuanto precede, surge un principio fundamental que, por haber sido desconocido ó menospreciado, ocasionó casi todos los fracasos de los muelles de Rotterdam. Estriba este principio en que tratándose de terrenos fangosos es mucho más perjudicial el empuje lateral que por efecto de su fluidez se produce que la escasa resistencia á la compresión de que están dotados.

Las dificultades principales que nuestro proyecto debe resolver para ser viable son por consiguiente:

1.º Reducción del empuje lateral del terraplén en la mayor proporción posible.

2.º Aumento de la resistencia del subsuelo para que pueda soportar tanto el peso del muro como el del terraplén del relleno.

La solución radical de estas dificultades consiste sencillamente en *sustituir el terreno malo por otro bueno*, y esto, que á primera vista parece un disparate, es tan factible con los medios de dragado de que aquí disponemos, que el gasto para 1.200 metros de muro importará, según el presupuesto que hemos hecho, 2.512.131,22 pesetas, ó sea 2.093 pesetas por metro lineal, cantidad que no pasa el coste de una fundación en terreno mediano.

Examinado lo hecho en otros puertos vemos que el empuje lateral de estos fangos, que por su fluidez obran como si fueran líquidos, se ha sustituido en Rotterdam por el correspondiente á la arena de un modo tan racional como sencillo. Una excavación de 30 ó 40 metros de ancho y 7,5 metros de profundidad, ocupando longitudinalmente la zona de asiento del futuro muro, se rellenaba de arena hasta la cota del fondo del puerto (8,5 metros), formándose después con este mismo material, construído por enfajinados, un terraplén elevado 3 metros sobre la pleamar, Este terraplén se iba recreciendo cuando sufría asientos, y pasado algún tiempo después de conseguir el equilibrio, se construía el muelle.

La caja de arena rellenando la fosa longitudinal hasta unirse con la arena del subsuelo interrumpe la capa fangosa, que contenida además por el terraplén arenoso de la margen, ni puede hacer ondular el fondo ni puede empujar lateralmente el muro más que en la proporción que corresponde á la arena.

En nuestro puerto la dificultad es aún mayor, porque no tenemos, como en Rotterdam, una capa arenosa á 16 metros bajo el nivel de bajamar, á la cual se puede llegar fácilmente dragando todo el fango superior, pues según los sondeos que hemos hecho, aquí hay también capa de arena; pero se halla de 20 á 24 metros bajo el nivel de bajamar y sería difícil llegar hasta ella la excavación, aunque en caso necesario también se podría, pues el puerto nuevo de Trieste se está dragando hasta 27 metros para extraer una capa de fango de 10 metros de espesor.

Tampoco nos conviene apelar á pilotes ordinarios, como en Rotterdam, para soportar el peso de la obra, porque el peso del muro ó del terraplén sobre la parrilla, más el de la sobrecarga corriente de 6.000 kilogramos por metro cuadrado, puede valorarse en 15 ó 16.000 kilogramos para esta unidad superficial, y, como los pilotes de 30 × 30 no pueden cargarse aquí á más de  $\frac{50.000}{6} = 8.333$  kilogramos, habría que ponerlos á distancias entre ejes de 70 centímetros, próximamente, quedando entre ellos claros de 40 centímetros, resultando casi un macizo de madera.

Para aumentar la separación de estos pilotes será necesario clavarlos hasta la capa de arena del subsuelo, para lo cual se necesitarían pilotes de más de 24 metros de longitud, que probablemente habría que componer con piezas empalmadas, pues de otro modo sería difícil encontrarlos en el mercado, y además su línea habría de ofrecer contrariedades.

También los empalmes, que habría que amarrar con herrajes, ofrecen por su parte los inconvenientes de una duración muy limitada, aconsejando todas estas dificultades reunidas que se recurra á otros sistemas más adecuados.

«Si dragamos una ancha zona longitudinal (véase la figura adjunta) así como todo el terreno que queda entre ésta y la margen, y si construimos después un terraplén que rellene esta excavación y se eleve 4 ó 5 metros sobre la futura rasante de los muelles, conseguiremos el doble objeto de oponer una masa considerable al empuje lateral de la capa fangosa de la margen, destruyendo su pernicioso empuje horizontal al mismo tiempo que producirémos sobre el fondo de la excavación una presión de cerca de 5 kilogramos por centímetro cuadrado, que es casi doble á la que la obra definitiva ha de ejercer.»

Si el subsuelo resiste este peso lo hará evidente la rasante del terraplén, que no sufrirá alteración. Pero si ocurriera lo contrario, la arcilla del fondo se comprimiría y nosotros recreceríamos el terraplén hasta llegar á obtener el equilibrio.

¿Puede dudarse de que este equilibrio se obtendrá? En opinión del Ingeniero que suscribe, no puede dudarse, pues aunque la arcilla del subsuelo fuese menos resistente de lo que en realidad parece, todo lo más que podría suceder es que se fuera escapando bajo el peso del terraplén compresor y que al fin viniera éste á apoyarse en la capa de arena del subsuelo.

Conseguido el equilibrio del terreno, el problema está resuelto, pues la segunda parte de éste se reduce á construir un muro que produzca menos carga que la del terraplén compresor, y esto que era una cuestión difícil allá por el año 1880, es hoy relativamente fácil aprovechando las facilidades que ofrecen las construcciones de hormigón armado y adoptando la idea de los muelles de cajones flotantes que se describen en otro lugar.

(1) Véase el número anterior.

«Obtenida la consolidación del terreno, el trabajo queda reducido á recortar con la draga de rosario todo el terraplén compresor hasta el enrase del cimientó, fondear sobre este plan el muro del muelle y rellenar después con arena el espacio comprendido entre el muro y la margen.»

SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA RÍA

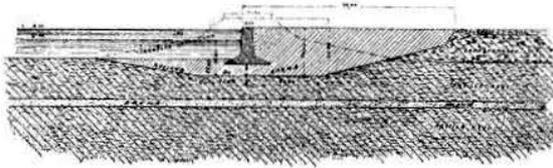


Fig. 1.ª

Nada hay en todo esto que pueda producir la zozobra de lo desconocido ó el temor de lo imprevisto, pues se trata de un sistema fundado en otros realizados con satisfactorio resultado, y aun tiene mucha analogía con el que se siguió en Amsterdam para construir el muelle llamado Handelskade (*Ports Maritimes*, Laroche. Año 1893, tomo I, pág. 46) y mucho más recientemente el de Noerre-Sundby (Dinamarca) y el que en la actualidad se está construyendo en el puerto de Kobe (Japón), los cuales se reseñan en la Memoria.

*Perfil del muro.*—El cálculo de la sección de un muro de muelle es bastante difícil, pues debido, sin duda, á la diversidad de elementos que deben tenerse en cuenta y á la influencia decisiva que las circunstancias de cada localidad ejercen sobre dichos elementos, es lo cierto que los principales autores que tratan esta materia se contradicen y no han podido desarrollar una teoría general.

Laroche, en su libro *Ports Maritimes*, tomo I, pág. 19, dice que en Francia se acostumbra á dar á estos muros un espesor que varía de 0,35 á 0,45 de su altura, según las circunstancias y la naturaleza del terreno.

En los mismos términos, próximamente, se expresan el Barón Quinette de Rochemont y M. Henry Desprez, en su obra *Cours de Travaux Maritimes*, pág. 291, tomo I, año 1900.

Monsieur Cordemoy, en su tratado de *Travaux Maritimes et Constructions des Ports*, manifiesta que los muros de los muelles deben calcularse como si estuvieran sometidos al empuje de las tierras, pero con la consideración de que el agua puede infiltrarse y entonces estarán sometidos al empuje de una materia viscosa cuyo talud natural tiende á la horizontalidad y cuya densidad puede ser doble de la del agua.

Cita, para determinar el valor del empuje, la fórmula siguiente, deducida por M. Lagrenée:

$$Q = \frac{1}{2} \cdot \lambda h^2 \cdot \frac{1 - \operatorname{sen} \alpha}{1 + \operatorname{sen} \alpha} \cdot \left( 1 + \frac{2p}{\lambda h} \right)$$

la cual, por las consideraciones anteriores se reduce á

$$Q = 1000 h^2 \cdot (1 + 0,4).$$

siendo  $h$  la altura del muro,  $\alpha$  el ángulo de deslizamiento del terraplén,  $\lambda$  la densidad de este terraplén,  $p$  la sobrecarga de 6.000 kilos por metro cuadrado.

Según Navier, el valor del espesor medio del muro se deduce de la fórmula siguiente:

$$e = 0,59 \operatorname{ht} \sqrt{\frac{d}{D}}$$

la cual se convierte, cuando se considera el terraplén fluido, en  $e = 0,59 h$ , que en nuestro caso sería  $e = 8,9$ , pues la altura

del muro es de 15 metros, y si tomamos 3 metros en la coronación, nos resultarán en la base 15 de ancho.

El cajón del muelle de Rotterdam, aunque tiene la misma altura de 15 metros, no tiene en la base más que 9,6 metros, sin duda porque el terraplén es de arena, así como el terreno que le sirve de apoyo, y puede resistir una fuerte presión sin que sea de temer el empuje lateral de un terraplén semifluido.

Para calcular nuestro muro, hemos partido de la fórmula de Navier, teniendo en cuenta las circunstancias más desfavorables que puedan ofrecerse, y después de hacer varios tanteos, comprobados gráficamente, hemos llegado á un espesor en la base de 19 metros y á un perfil simétrico, habiéndose conseguido de este modo reducir la presión máxima bajo el muro á 2,87 kilogramos por centímetro cuadrado.

Como la que produce el terraplén con la sobrecarga es, para la misma unidad de superficie, 3,60 kilogramos, no hay duda de que el muro subsistirá si se consigue que el terraplén llegue á la posición de equilibrio estable.

Estos tanteos han tenido que ser laboriosos, pues consideramos que es importante que la presión del muro se aproxime á la del terraplén, porque de este modo el equilibrio es más estable, y no puede temerse que aquél pueda levantarse impulsado por la subpresión derivada de algún asiento del terreno bajo el peso del terraplén.

Hemos empezado por determinar el peso del muro, y como se supone que está colocado dentro de un medio fluido, se ha tenido en cuenta el peso en bajamar y pleamar, suponiendo que la densidad de las partes emergentes es dos y la de las sumergidas una.

El empuje del terraplén se ha calculado suponiendo que éste es completamente fluido y con dos de densidad, y además convirtiendo la sobrecarga de 6.000 kilogramos por metro cuadrado en terraplén de las mismas condiciones. Claro es que las componentes del empuje sobre el paramento interior están representadas por dos trapecios, cuyas bases paralelas tienen por medida la profundidad de los puntos extremos del talud interior del muro, tomadas hasta la línea de rasante ficticia del terraplén de relleno y sobrecarga.

De mismo modo se han calculado las presiones que sobre el paramento exterior ejercen las aguas, ya sea en bajamar, ya en pleamar.

De la composición de estas presiones se ha deducido la resultante en cada caso, la cual, compuesta á su vez con el peso correspondiente del muro, nos ha producido una última resultante, cuya componente vertical, teniendo en cuenta su punto de aplicación en la base, nos ha permitido deducir la repartición de las presiones sobre el terreno, cuyos valores por centímetro cuadrado son:

Arista exterior.	{PM..... 2,870	Arista interior.	{PM..... 1,666
	{BM..... 2,702		{BM..... 1,666

Por tratarse de un muro que se puede considerar monolítico, y cuyo espesor, á cualquier altura, es superior al consagrado por la práctica, es inútil trazar la curva de presiones en toda la sección transversal, cuya disposición, en conjunto, es la de la lámina adjunta.

*Cálculo de los elementos del cajón.*—En otro lugar de esta Memoria se trata de este particular, haciéndose los cálculos necesarios para deducir los espesores de hormigón y las secciones de las barras de acero de las armaduras, para que puedan resistir los mayores esfuerzos á que puedan estar sometido todos los elementos del cajón.

*Línea de atraque y longitud que debe tener el muelle.*—¿Cómo

se puede deducir la longitud que un muelle debe tener, si ésta depende de un tráfico cuyo futuro desarrollo está muy íntimamente relacionado con las facilidades que se le ofrezcan y, por lo tanto, con esa misma longitud?

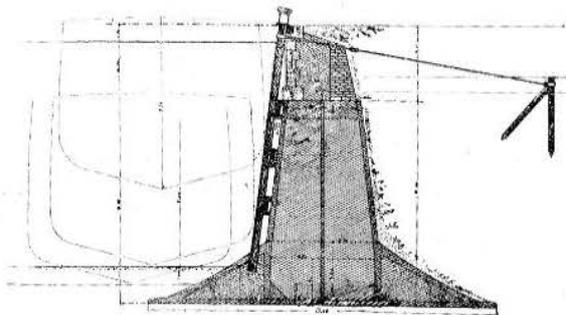


Fig. 2.ª

¿Quién podría calcular el límite á que el tráfico de este puerto puede llegar y la velocidad con que podrá alcanzarlo, sin correr grave riesgo de equivocarse en proporción desmesurada? Cuando se proyectó el primer muelle construido por esta Junta en el año 1881, se consideró que era suficiente para las necesidades de entonces una línea de atraque de 103,68 metros, y hoy, después de veintinueve años, solamente nos encontramos con que los 500 metros del muelle Norte y los 310 que tiene el muelle provisional de mercancías generales, ó sea una línea total de atraque de 810 metros, no es suficiente, ni con mucho, para el servicio actual.

	Metros.
El Ingeniero D. Carlos María Cortés, en su proyecto de muelles definitivos, propuso uno de ribera de.....	850
y una dársena, cuyo desarrollo es de.....	1.350
ó sea una línea de atraque de.....	2.200

Habiendo sido aprobado este proyecto, podría considerarse autorizada esta longitud de muelle; pero aunque tenemos fe en que con el tiempo será necesaria y hasta insuficiente esta longitud de atraque, entendemos que, por ahora, con los 500 metros del muelle Norte y con los 1.200 de muelle definitivo de ribera, que en realidad no son más que 1.120, que pueden construirse entre dicho muelle Norte y el de la Compañía de Riotinto, hay suficiente línea de atraque para el tráfico actual, y el que puede desarrollarse en diez ó quince años, quedando la obra en condiciones de poder ser prolongada en ambos sentidos cuando las circunstancias lo exijan.

La distancia entre el muelle Norte de la Junta de Obras y el de la Compañía de Riotinto es 1.277 metros en la línea correspondiente á la arista de la coronación del muelle que proyectamos, quedando, por consiguiente, descontados los 1.200 metros que tiene el muelle, 77 metros que, repartidos por igual, corresponden á 38,5 metros por cada extremo.

Como el terreno del fondo se sostiene casi escarpado durante algún tiempo después de hecha la excavación, dejando el resguardo indicado, no puede haber peligro alguno para los pilares de los muelles, puesto que hay amplitud para un talud de más de medio por uno, y además se tendrá la precaución de rellenar de arena la zanja inmediatamente después que sea abierta.

Aunque la línea disponible por ahora tiene 1.200 metros de largo, y en realidad esta es la longitud del muro que se debe

construir, la verdadera línea de atraque es tan sólo de 1.120 metros, pues en cada extremo precisa dejar un trozo para el apoyo del talud del terraplén, el cual no será utilizable para los barcos grandes.

*Distancia del muro al terraplén actual.*— Entre la arista exterior del muro y la del terraplén actual hay 90 metros, distancia que no es arbitraria, pues de no haber ciertas limitaciones la hubiéramos hecho aún más grande, porque de este modo se corregiría por completo el grave defecto que actualmente tiene la zona de este puerto, extrangulada, por decirlo así, en su parte central por los terrenos de la estación del ferrocarril de Zafra, y que en dicho sitio avanzan hasta 60 metros de la arista actual.

Estos 90 metros de separación máxima se deducen fácilmente examinando el gráfico del *Movimiento de tierras*, pues en él se ve que si aumentáramos la distancia, el terraplén compresor invadiría la canal de acceso al muelle Norte, que debe conservar los 50 metros de anchura que actualmente tiene, libre de obstáculos que puedan obstruir el paso de las embarcaciones.

*Altura del muro.*— La altura del muro sobre el fondo de 8 metros en bajamar de equinoccio es de 13 metros, pues de este modo, si tenemos en cuenta que la carrera de marea es 4,10 metros, resulta que sobre el más alto nivel de ésta tendremos 0,90 metros de muro.

Examinando la sección transversal se observa que las dimensiones adoptadas permitirían, si llega el caso, aumentar el calado de la línea de atraque en dos ó tres pies, resultando en definitiva en bajamar de equinoccio 28 ó 29 pies, que es el calado de buques de 8 á 10.000 toneladas.

Como la rasante general de los terraplenes es 4,5 metros, daremos al muro una pendiente hacia el interior de 0,005 por metro, lo cual permitirá que la salida de las aguas llovedizas se haga en buenas condiciones, pues éstas se recogen en una alcantarilla colectora situada en la línea de intersección de los dos planos de las rasantes, de la cual se sacarán ramales normales al muro, con la pendiente necesaria para un buen desagüe.

*Sistema que conviene adoptar para llevar á cabo la ejecución de las obras y plazo en que se pueden desarrollar.*— No conviene, á juicio del Ingeniero que suscribe, emplear un sólo sistema para la ejecución de estas obras, pues por ser bastante complejas exigirían, en la entidad que se hiciera cargo de ellas, un material complicado y costoso, que no es fácil se pudiera reunir en una sola mano.

El movimiento de tierras que hay que ejecutar es el que figura en el estado de cubicación correspondiente, deducido de los correspondientes perfiles transversales:

	Metros cúbicos.
Ampliación del fondeadero (A).....	402.469,812
Excavación en la margen (G).....	888.325,612
Excavación del cimiento (B).....	733.845,000
<b>TOTAL DE LA PRIMERA EXCAVACIÓN...</b>	<b>2.024.640,424</b>
Terraplén compresor.....	2.114.931,650
Excavación en el terraplén para emplazamiento del muro.....	1.336.091,950
Terraplén de relleno detrás del muro.....	992.160,850
<b>RESUMEN</b>	
Desmante.....	3.360.732,374
Terraplén.....	3.107.092,500

La entidad de estas excavaciones y rellenos manifiesta que, para llevarla á cabo en buenas condiciones, se necesita un poderoso material de dragados, que no es fácil tener disponible.

Las dragas para la excavación del terreno natural conviene

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

que sean de rosario, porque éstas son las que trabajan mejor en esta clase de fondos arcillosos, y alguna de ellas debe tener condiciones especiales para que pueda llevar la excavación hasta una profundidad bajo la pleamar de 19,10 metros, lo cual no es corriente en esta clase de aparatos. La que posee la Junta alcanza hasta 13 metros, pero colocándole otra escala y 6 cangillones más, nos garantiza la casa constructora que puede excavar hasta 16 metros, no habiendo dificultad por lo que respecta á la potencia de la máquina, que estamos de acuerdo en que es suficiente. Este aditamento costaría, según el presupuesto que la casa Smulders nos ha remitido, 15.500 francos, más los gastos de transporte y Aduana.

El alcance de 16 metros es suficiente, pues teniendo en cuenta que la carrera de marea es de 4,10 metros, puede hacerse perfectamente la excavación de la capa inferior aprovechando las cuatro horas más inmediatas á la bajamar, empleando el resto del tiempo en la capa superior.

La potencia que en la práctica resulta para nuestro tren de dragados del interior de la ría, compuesto de la draga mencionada, llamada Cinta, elevador para depositar sobre las márgenes los productos dragados, tres gánguiles y un remolcador, ha resultado desde el principio de su funcionamiento la que sigue:

	Metros cúbicos.
Año 1906.....	201.480
-- 1907.....	279.240
-- 1908.....	310.320
-- 1909.....	375.680
<b>TOTAL.....</b>	<b>1.206.720</b>

Término medio anual, 301.680 metros cúbicos.

Este promedio podríamos duplicarlo haciendo un trabajo continuo análogo al del contratista holandés, pero aun así, desde luego se comprende que la obra se haría interminable si no hubiesen de emplearse otros medios más enérgicos.

Precisa, pues, réunir cuantos elementos estén disponibles, y éstos son:

Tren de la Junta con la draga Cinta, capaz de dragar cada mes 50.000 metros cúbicos.

Tren del contratista holandés, capaz de dragar cada mes 125.000 metros cúbicos.

Dragas de succión de la Junta, Huelva y Odiel, capaces de dragar mensualmente 60.000 metros cúbicos.

No creemos que haya dificultad en emplear aquí el material del contratista holandés, prorrogando su contrato en la proporción del 20 por 100 de 8 millones que autoriza el art. 12 del pliego de condiciones facultativas de dicha obra, y, en tal supuesto, vamos á exponer la forma en que puede desarrollarse el trabajo.

Primera excavación: 2.024.640,424 metros cúbicos.

Como no se puede exigir al contratista de los dragados que lleve éstos á más de 8 metros de profundidad (bajamar), que es á lo que le obliga su contrato, tendremos que hacer con nuestra draga Cinta la parte que está bajo ese nivel, y cuyo cubo asciende á 733.845 metros, quedando para la holandesa 1.290.795,424.

Teniendo en cuenta esta repartición del cubo á dragar y la potencia respectiva de la draga holandesa y de la Cinta, resultará que la primera empleará  $\frac{1.290.795,424}{125.000} = 10,33$  meses, ó sean 11 en números redondos, y la segunda  $\frac{737.845}{50.000} = 14,75$  meses, ó sean 15.

Como las dos dragas no pueden trabajar en el mismo sitio, precisa que empiece la holandesa, y cuando lleve un mes de trabajo, durante el cual habrá avanzado  $\frac{1.205}{11} = 109,50$  metros, comenzará la Cinta. El desarrollo de la operación se expone en la Memoria con un gráfico.

Terraplén compresor de 2.114.931,65 metros cúbicos.

Para la construcción de este terraplén pueden utilizarse nuestras dragas de succión Huelva y Odiel. La primera de éstas trabaja en la Barra, y en vez de verter los productos dragados mar adentro, los traerá para formar base de este terraplén. El Odiel, que actualmente funciona como remolcador de reserva, puede dragar en la Cabezuela, lugar comprendido dentro de la zona de los dragados interiores, trayendo en su gánguil los productos arenosos que extraiga, á fin de contribuir con ellos á la formación del terraplén. Pero como tanto la Huelva como el gánguil del Odiel vierten por compuertas de fondo, no conviene hacer el terraplén con estas dragas más que hasta una profundidad de 6 metros bajo el nivel de bajamar, y á esto corresponde un cubo de terraplén de  $856,38 \times 1,205 = 1.031.937,90$ .

La potencia mensual de estas dragas, trabajando en tales condiciones, aun con trabajo continuo, en más de 60.000 metros cúbicos, y, por consiguiente, el tiempo que tardarán en la parte que les corresponde, será  $\frac{1.031.937,90}{60.000} = 17,20$ , ó 18 meses en números redondos.

La draga holandesa, una vez que se termine su trabajo de excavación, ó sea el mes 12.º, puede volver á dragar en la zona general del proyecto de dragados interiores, ya sea en la Cabezuela, donde hay cerca de 2 millones de metros cúbicos, ya en otro punto donde haya arena, rellenando con estos productos toda la parte de terraplén superior al nivel de 6 metros por bajo de la bajamar, en cantidad de 1.082.993,75, empleando el número de meses que resultan de dividir esta cantidad por la potencia de este tren de dragado, ó sea en nueve meses.

Como para empezar el terraplén precisa que haya espacio para que las dragas puedan moverse, habrá que dejar transcurrir un par de meses después que la draga Cinta comience la excavación, y, por tanto, se empezará el terraplén en el mes cuarto.

Segunda excavación: 1.336.091,95 metros cúbicos.

Terraplén definitivo: 992.160,85 — —

Esta segunda excavación hay que hacerla en el terraplén compresor para quitar todo lo que haya sobre el plan de asiento del muro, y puede llevarse á cabo tanto por el tren holandés como por el de la Junta.

El desarrollo del trabajo con el tren holandés será el siguiente:

Después de acabada la parte que le corresponde en el relleno, lo cual ocurrirá al terminar el mes 20.º, según vimos, puede empezar esta excavación segunda y el terraplén definitivo, aprovechando los productos de aquélla en cuanto se pueda.

Dicha excavación, cuyo volumen es, como se ha consignado, de 1.336.091,95 metros cúbicos, puede hacerla este tren en los meses que resultan de dividir este volumen por la potencia mensual  $\frac{1.336.091,95}{125.000} = 10,69$ , y si se tiene en cuenta que la operación de recortar el plan de cimiento exige más cuidado y más tiempo que el dragado ordinario, podemos suponer que en total se invertirán doce meses.

Por otra parte, siendo el volumen del terraplén definitivo 992.160,85 metros, puede hacerse éste con los productos de nueve meses de dragado del terraplén compresor, y disponiendo las

cosas de modo que entre la excavación y el relleno medie un espacio mínimo de 150 metros, resultará la distribución, según la cual termina la excavación el mes 32.º y el relleno el 33.º

Desde luego, se comprende que es más conveniente hacer el trabajo con este tren que con el de la Junta, tanto porque se gana tiempo, como por ser su precio más económico que el de administración, pero si fuera necesario ejecutarlo por administración, resulta que la excavación terminaría el mes 43.º y el relleno el 46.º

Como los cajones de la infraestructura del muro se deben empezar á construir al principiarse las obras de excavación y pueden colocarse desde que vaya habiendo explanación disponible, siguiendo detrás la construcción de la superestructura, puede quedar terminado el muro el mes 33.º si se emplea el tren de dragado holandés, ó el 46.º si se utiliza el de la Junta.

Decidiéndonos, desde luego, por el primero, tendremos que en tres años puede terminarse esta obra. Pero como en la práctica será necesario respetar los muelles Sur, el de viajeros y el de la Cabilla, hasta que se haya construido un trozo de muelle definitivo equivalente, y esto puede perturbar la marcha teórica descrita, será prudente contar un año más de lo indispensable.

Del desarrollo de los trabajos que quedan expuestos, resulta:

1.º Que la obra puede construirse en cuatro años.

2.º Que los dragados y rellenos deben hacerse en parte por administración, con el material que posee la Junta de obras, y en parte por contrata, aprovechando los trabajos del contratista de los dragados.

3.º Que la construcción de los cajones de hormigón armado es independiente de todo lo demás, y puede contratarse, así como la superestructura del muro; y

4.º Que el movimiento de tierras que debe figurar en el presupuesto es el siguiente:

DRAGADOS		Metros cúbicos.
A)	Para emplazamiento, por el contratista de dragados interiores.....	1.290.795,424
B)	Para cimienta, por el tren Cinta....	733.845,000
C)	Para recortar el terraplén compresor, por el tren holandés.....	1.336.091,950
D)	Para préstamo del terraplén definitivo, por el tren Cinta, dragando en la zona general de los dragados.	125.000,000
RELLENOS		
E)	Terraplén compresor por las dragas de la Junta de obras, Huelva y Odiel.....	1.031.937,900
F)	Terraplén compresor por el tren holandés con productos de los dragados de su contrata.....	1.082.993,750
G)	Terraplén definitivo con productos extraídos por el tren holandés en la operación C).....	867.160,850
H)	Terraplén definitivo construido de préstamo con productos dragados por la Cinta, en la zona general de los dragados.....	125.000,000

Determinadas y justificadas con cuanto queda consignado las líneas generales de este proyecto, vamos á ocuparnos de los detalles necesarios para precisar todos los elementos que constituyen esta obra.

FRANCISCO MONTENEGRO,  
Ingeniero Director de las obras del puerto de Huelva.

(Continuará.)



## Puerto de Huelva <sup>(1)</sup>

### CONDICIONES FACULTATIVAS DE LAS OBRAS

**Artículo 1.º Descripción de las obras.**—*Explanación.*—Las obras de explanación, que tienen por objeto consolidar el terreno de cimentación y proporcionar la base necesaria para el muro, constan de las siguientes operaciones:

1.ª Dragado de la faja comprendida entre la línea límite izquierdo de los dragados del fondeadero y el terraplén actual, terminando por un extremo en el muelle Norte, y por el otro, en el muelle de la Compañía de Riotinto, á 38,5 metros de cada una de estas obras.

La anchura de esta zona es de 156 metros, la longitud 1.200 y la forma de la sección, la que figura en los perfiles transversales, siendo su carácter esencial una solera de 50 metros de anchura á 15 metros de profundidad bajo el nivel de bajamar de equinoccio, ó sean 7 metros bajo el fondo general de los dragados del fondeadero.

Los taludes serán próximamente de 1/5, que es el aceptado en los perfiles del proyecto de dragados interiores, pero á fin de invadir lo menos posible el terraplén viejo, daremos 45º de inclinación á la parte que sobresale del nivel de bajamar de equinoccio, la cual puede sostenerse más empinada.

2.º Esta gran zanja se rellenará con arena limpia, formando un terraplén de 24 metros de cota, 20 de ancho en la coronación, y taludes de 1/5 en la parte inferior á la bajamar de equinoccio, y de 1/2 en la parte superior.

3.º La tercera operación consistirá en quitar con la draga la parte sobrante del terraplén compresor, una vez que haya hecho su efecto, es decir, cuando pasen, por lo menos, dos meses sin notarse movimientos de asiento, dejando libre la plataforma.

4.º Finalmente, después de colocado el muro en su sitio, se rellenará de nuevo con arena el pequeño hueco de la parte anterior de la base y todo el espacio comprendido entre la coronación, el terraplén viejo y la rasante.

*Obras de fábrica.*—Las obras de fábrica que incluimos en este proyecto, se reducen al muro del muelle, con sus accesorios de escaleras, barandas, defensas, norays, etc., dejando para otros proyectos las edificaciones necesarias para depositar las mercancías, ya que estas construcciones tienen que ser por su gran importancia objeto de estudio especial.

La longitud de este muelle es 1.200 metros, y su disposición la que se ha justificado en la primera parte de esta Memoria y aparece en los planos, por lo cual no hay que insistir sobre el particular, limitándonos á describir los elementos de sus dos partes esenciales, ó sea de la infraestructura y de la superestructura.

«Infraestructura»: Se compone de 30 cajones de 40 metros de longitud los cuales se construirán de hormigón armado y tendrán los espesores y el número de barras que se han deducido por los cálculos que se insertan en otro lugar.

*Relleno.*—«Relleno»: Las zarpas se rellenarán con hormigón hidráulico de 250 kilogramos por metro cúbico, perfectamente apisonado, así como los chaflanes de unión interior con el fondo.

Todo el resto irá relleno de arena, excepto la capa superior, de un metro de espesor que se hará con hormigón hidráulico de la misma clase que el que constituirá la superestructura del muro.

Las razones en que tal disposición se funda, las hemos expuesto antes, y no hay que repetir las aquí, por consiguiente.

Para que el relleno de las zarpas pueda hacerse con facilidad, se dejará en cada entrepaño de los muros de apoyo aberturas de 0,50 metros de ancho por 1,5 de altura, por las cuales puedan entrar los obreros.

«Superestructura»: Sobre la base superior de los cajones, se levantará verticalmente el paramento del muro, formado de sillería granítica de Vigo, con sus correspondientes albardillas y zócalo, y con cadenas verticales equidistantes que cortarán un poco la uniformidad del largo y estrecho cuerpo central del paramento. Detrás de éste y unido íntimamente con él y con el relleno del cajón, se construirá de hormigón el resto del muro, que se apoyará en los compartimientos interiores de los cajones, empotrándose un metro bajo el borde, hasta insistir sobre la arena, convenientemente apisonada.

Finalmente, para dar más garantías de solidez á la obra, se suplementará con rajuela pizarrosa, puesta á hueso, la parte de la plataforma ó base superior del cajón, que no ocupa la superestructura del muro.

El muro termina en ambos extremos sin vuelta ni aleta para contener el terraplén, guardando su alineación recta y llevando como remate una escalera.

El terraplén del relleno derramará por la parte anterior del último cajón, formando un cono análogo á los de las obras de fábrica con muros de acompañamiento, y por la parte posterior de la superestructura la superficie será un plano inclinado que se revestirá de adoquines y constituirá en cada extremo del muelle una playa artificial, donde podrán varar y hacer operaciones de carga y descarga las pequeñas embarcaciones.

Esta disposición tiene, sobre la de muros en vueltas ó aletas, las ventajas de ser más económica y permitir la prolongación del muelle, sin tener que hacer demolición alguna.

«Escaleras»: Este importante elemento del muelle requiere un estudio detenido, á fin de que cumpla su objeto sin perjudicar la solidez de aquél, ni impedir su buen aprovechamiento.

Tenemos dos clases de escaleras, las intermedias y las que van en los extremos del muro.

Desde luego proscribimos las escaleras intermedias de gran anchura, pues aunque son cómodas y de gran efecto decorativo, no son aceptables en nuestro caso, porque inutilizarían una zona considerable del muelle, toda vez que no pudiendo aprovecharse para establecerlas los ángulos ó chaflán, habrían de ocupar una zona que aleja del paramento de atraque las vías de grúas y vagones.

Limitándonos, pues, á lo puramente práctico y útil, reduciremos el ancho á 1,50 metros, con lo cual pueden cruzarse có-

(1) Véase el número anterior.

modamente dos personas. En cambio no hay inconveniente en prodigarlas, y, para que la afluencia de público quede atendida en todo caso, se deberán construir tres, además de las dos de extremo del muro, quedando todas equidistantes 300 metros, con lo cual podrán atracar en cada tramo de muro dos buques grandes ó tres medianos, y la distancia máxima que el público tendrá que recorrer para encontrar una escalera será tan solo 150 metros.

Estas escaleras deben ser dobles, pues tienen éstas sobre las sencillas la ventaja de dar más servicio y, sobre todo, permiten, en caso de necesidad, que una pueda ser tapada por un buque atracado al muelle, lo cual facilita las combinaciones para dar sitio al mayor número posible de buques.

Las escaleras terminales, siendo el remate del muro, tienen el mismo ancho que éste, ó sea 2,60 metros; no habiendo en éstas el inconveniente que en las intermedias se opone á darles más ancho que el indispensable.

Se disponen las escaleras de modo que la pendiente resulte suave (0,30 metros de huella por 0,15 de contrahuella), dándose á la construcción los espesores necesarios, según su objeto y condiciones.

La fábrica será toda de sillería granítica de Vigo, como el resto del paramento, y se elevará aquélla desde el nivel de bajamar de equinoccio, con el fin de que los barcos, al atracar, no rocen nunca con la pared de hormigón del cajón inferior y no puedan deteriorarla.

La altura total de cada escalera, que es 4,50 metros, está dividida en dos tramos, el superior de 13 peldaños y el inferior de 17, separados por una meseta de 1,8 metros de largo, llegando el inferior hasta otra meseta á 0,5 metros sobre la bajamar. Como esta segunda meseta muy pocas veces se utilizará por estar casi siempre sumergida, no es necesario darle tanta amplitud como la anterior, y la reducimos á 0,90, con lo cual la longitud total de la caja de la escalera será 11,10 metros.

**Obras accesorias.**—«Escalas»: Además de las escaleras se necesitan escalas que permitan ganar con prontitud la coronación del muelle desde su borde, para practicar las faenas de amarre y desamarre de los buques.

Estas escalas se reducen, como se indica en los planos, á ligeras armaduras de hierro, empotradas en la sillería de manera que no sobresalgan del paramento, para que no puedan rozar en ellas las embarcaciones.

Conviene prodigar estas escalas, pues con ello se facilitan las maniobras, y como son económicas, no hay inconveniente en ponerlas próximamente á 50 metros, colocando cinco entre cada dos escaleras.

«Defensas y norays»: Tanto para evitar los choques sobre la fábrica del muro, como para impedir que el roce continuo del casco de hierro de los buques atracados al muelle vaya desgastando el hormigón de los cajones, poniendo al descubierto la armadura, desgarrándola después y haciendo, en resumen, un trabajo de denudación, que á la larga sería un perjuicio grande para las obras, precisa defenderlas de este contacto poniendo cuerpos intermedios de fácil sustitución, que sean los que sufran el rozamiento.

Con este fin se colocarán delante del paramento, en las secciones correspondientes á los mamparos transversales, ó sea á 4 metros entre ejes, vigas de pino tea de  $0,40 \times 0,40$  metros de sección. Estas vigas irán 0,40 metros separadas del paramento del cajón y se apoyarán en él por medio de tres tacos de la misma escuadría y un metro de longitud, separados de modo que dividan en tres partes iguales la distancia entre el apoyo superior y el inferior.

Por la parte superior se afirmarán las vigas en la parte alta del cajón, por medio de dos hierros en ángulo, fuertemente empotrados en el macizo de hormigón, formando una canal donde se alojará la viga, sujetándola con tres pasadores horizontales de 30 milímetros de diámetro.

Por el extremo inferior se afirmarán las vigas introduciéndolas en una caja de un metro de profundidad y 50 centímetros de lado, que se dejará en la masa de la zarpa, teniendo la precaución de cortar las barras y engancharlas en un marco de acero formado por una llanta de  $115 \times 60$  milímetros de sección. También para impedir que las vigas puedan desviarse del plano vertical de los mamparos, bajo la acción de un esfuerzo oblicuo producido por un buque al rozar para desatracarse, se las sostendrá en su posición por medio de las piedras de granito, empotradas en el muro de paramento, una de cada lado de cada taco, formando como una canal que impida todo movimiento transversal. Estas piedras, que tendrán 0,30 de grueso y 0,50 de largo y estarán labradas en forma de tronco de pirámide, saldrán 0,15 metros del paramento, se empotrarán hasta llegar á la armadura del muro, y para dar más fuerza al empotramiento se pondrán en sus cuatro caras unas llantas de hierro de  $0,10 \times 0,01$ , resaltando 0,10.

De este modo se suprimen los herrajes bajo el agua, donde se destruirían rápidamente.

Cada 24 metros se prolongará la viga correspondiente, hasta rebasar un metro la plataforma del muelle, colocándole un sombrero de fundición con moldura de tope, que servirá para amarrar los cabos de los barcos.

Estos pilotes-norays llevarán en el interior del terraplén del relleno un anclaje, que tiene por objeto referir el esfuerzo de las amarras al macizo del terraplén, relevando al muro de este trabajo comprometedor, porque actúa sobre el cimientto con un gran brazo de palanca.

«Revestimiento del terraplén»: Según se ha manifestado antes, el terraplén del relleno posterior del muro terminará en sus dos extremos formando talud, al cual daremos por bajo de la bajamar la inclinación de 1/5, que la práctica estima aquí como suficiente, y desde dicho nivel á la plataforma 1/25, poniéndole en esta zona un revestimiento de adoquines, para defenderla del escarceo y facilitar el tránsito por ella.

Este talud se trazará de modo que corte el extremo de cada cajón terminal á una profundidad de 0,50 metros, con el fin de que en la marea media haya próximamente 2,5 metros de calado por la parte inferior de la escalera que está del lado del talud, con lo cual hay suficiente para el atraque de las pequeñas embarcaciones y aun de los remolcadores.

**Desagüe de la alcantarilla colectora.**—Dos cajones, que serán los que se coloquen en obra en el lugar 2.º y 29.º, llevarán una disposición para el desagüe de la alcantarilla colectora, que deberá colocarse paralelamente al muro y en la zona de la carretera.

Para que este desagüe se haga en condiciones higiénicas deberá disponerse de modo que tenga un metro de agua sobre la clave en bajamar, y á esta altura se colocará en el medio de los cajones indicados y atravesándoles normalmente un tubo de 0,80 metros de diámetro, hecho de hormigón armado, con 15 centímetros de espesor y en parte vaciado en el macizo. Como el desagüe actual se hace con un tubo de esta clase, que tiene un metro de diámetro, es de suponer que será suficiente el de los dos tubos de 0,80 metros, pues la zona es próximamente la misma.

Estos tubos tendrán forma de S, con lo cual mientras que la boca de la rama inferior queda en definitiva un metro bajo el nivel de bajamar, la de la rama superior saldrá un metro sobre

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

dicho nivel, pudiéndose empalmar á ésta sin dificultad el tubo de la alcantarilla de tierra tomado de la colectora, la cual á su vez tendrá dos rasantes, bajando desde su centro hacia los extremos, lo cual permite duplicar la pendiente que le correspondería poniendo una sola rasante.

Sería muy difícil hacer estos desagües después de construido el muro, mientras que es muy fácil colocarlos en el cajón antes de ser sumergido, y esta es la razón que tenemos para incluir aquí este elemento, aunque el alcantarillado ha de formar parte del proyecto de pavimentos, con el cual está íntimamente relacionado.

«Barandillas y pasamanos»: Para evitar que los que vayan á servirse de las escaleras puedan caer al agua, se colocarán sencillas y sólidas barandas de hierro empotradas en la sillería de coronación del muro, del modo que se indica en los planos, á fin de que no ocupen un sitio en la plataforma, que es necesario para que la vía de grúas se aproxime todo lo posible á la arista del muro, aumentando así el alcance de dichos artefactos. Estas barandas llevarán un poste elevado con una cartela indicando el número de la escalera y un foco eléctrico.

Finalmente, por medio de soportes empotrados en el muro, se establecerán pasamanos de madera, sujetos á aquél con soportes de fundición.

**Art. 2.º Condiciones que deberán satisfacer los materiales y su mano de obra.**—Este artículo está dedicado á justificar las condiciones que se imponen á los materiales que han de emplearse en esta obra.

**Art. 3.º Ejecución de las obras.**—*Obras de explanación.*—En la primera parte se describe á grandes rasgos la manera de ejecutar las obras de explanación, y en esta parte de la Memoria se concretan y detallan con más precisión, pero no es necesario reproducir aquí estos datos, puramente técnicos.

*Obras de fábrica.*—La construcción de los cajones de hormigón armado, que constituirán la infraestructura del muelle, requiere precauciones especiales á causa de la magnitud de la obra, pues cada cajón terminado y con el relleno necesario para su equilibrio, tendrá un peso de 2.756,300 toneladas.

Para reducir en lo posible la importancia del medio auxiliar que ha de servir para construir los cajones, se procura reducir al mínimo la parte que sea necesario hacer en seco, y después se termina el cajón, estando éste á flote.

Para que un cajón tenga la solidez necesaria, bastaría construir sus paredes hasta el arranque de las zarpas, ó sea en 3,40 metros de altura, pero como para que pueda flotar es preciso que soporte, á más de su peso propio el del andamio y moldes, hay que subir más sus paredes para aumentar así las condiciones de flotabilidad, y si tenemos en cuenta, además, que el borde debe emerger próximamente un metro, para que el escarceo no pueda anegararlo y echarlo á pique, después de varios tanteos, hemos llegado á deducir que, dando al cajón 4 metros de altura, su peso, incluído el lastre, será de 1.508.510 kilogramos y emergerá 1,16 metros, con lo cual, como los andamios y moldes pesarán, próximamente, lo que el volumen de agua correspondiente á 0,16 metros (unas 49,5 toneladas), tendremos aseguradas las condiciones apetecidas, con un calado de 2,84 metros próximamente.

En Rotterdam se apeló á distintos procedimientos para construir los cajones de hormigón, pues se hizo uso, ya de un dique flotante, ya de un dique seco provisional.

Pero aquí no disponemos de un dique flotante, ni podría hacerse como en Rotterdam una especie de dique seco excavándolo en la margen terraplenada, pues esta excavación no podría mantenerse sola á causa de que el terraplén que habría de consti-

tuir las paredes en parte de la altura del cuenco es bastante permeable.

Buscando soluciones económicas, y que al mismo tiempo permitan hacer el trabajo con relativa facilidad, hemos llegado á la idea de un dique flotante rudimentario, compuesto simplemente de un flotador de madera de las dimensiones necesarias, para que sobre él pueda construirse el cajón de hormigón armado hasta la altura de 4 metros que, como vimos, se calcula ser la necesaria para que pueda flotar en buenas condiciones y ser terminado después en toda su altura.

Este flotador se compondría de dos cajones iguales adosados, que se construirían en tierra y se botarían al agua cuando estuviesen en condiciones de flotar, lo cual sería muy fácil, pues pesarian muy poco, terminándose después su construcción á flote. Su coste se reduce, como se verá por el presupuesto, á 86.589,02 pesetas, y, por consiguiente, con este medio conseguiremos economía y facilidad de construcción.

Cuando el cajón de hormigón estuviera construido en la altura que necesita para flotar (4 metros), no habría más que hacer entrar el agua en el flotador, hasta que, perdiéndose su poder flotante, caiga al fondo de la ría, separándose del cajón. Como esta operación puede hacerse dulcemente dando entrada al agua de un modo perfectamente graduado, no hay riesgo en ella, ni el temor de que el cajón, hundiéndose animado de mucha velocidad, puede llenarse de agua é irse á pique, pues ya hemos visto que éste emergerá 1,16 metros.

Una vez retirado el cajón de hormigón y convenientemente fondeado, no habrá más que extraer el agua del flotador, lo cual puede conseguirse sin dificultad, inyectando aire por los mismos tubos que sirven para darle salida cuando se está llenando de agua.

Siendo 2,84 metros el calado del cajón de hormigón y 3,50 el puntal del flotador, se necesita hacer la operación en fondos de 6,5 metros, que en toda marea los hay dentro de las zonas laterales de fondeo de la ría.

Una vez el cajón á flote, se terminará su construcción sin dificultad, para lo cual se irá llenando de agua, y de este modo se conseguirá que, bajando el cajón, no haya necesidad de elevar mucho los materiales.

Después se llevará á la proximidad de la orilla, donde se alineará con los demás y se varará, lastrándolo, en una profundidad de 5 metros, para que siempre vele en las pleamares y no sea un peligro para la navegación. Allí permanecerán los cajones hasta que sea necesario llevarlos á su sitio definitivo, para lo cual bastará con achicar parte del agua de lastre y transportarlos á remolque.

Sobre los detalles de construcción de la fábrica de hormigón armado, no necesitamos explicar aquí las prescripciones que se consignan en el pliego de condiciones facultativas, puesto que son las corrientes.

La colocación de los cajones en su lugar definitivo empezará con el mes 22.º, pues ya vimos que el 21.º debía dar principio el recorte del terraplén compresor y que la draga holandesa emplearía en esta operación doce meses, á razón de unos 100 metros lineales cada mes.

Esta operación es la más delicada y habrá de hacerse con toda clase de precauciones. Lo primero que se necesita es allanar la superficie del fondo de arena, de tal modo que ésta sea un plano horizontal á 10 metros bajo la bajamar. Esto habrán de efectuarlo los buzos, los cuales irán haciendo desaparecer las pequeñas desigualdades que haya dejado la draga de rosario al hacer el recorte del terraplén, y para que puedan guiarse se colocarán numerosos postes ó pilotes clavados en la arena, en los

cuales se marcará de un modo perfectamente visible la rasante que debe tener el fondo.

Apoyando en la señal del poste, convenientemente dispuesto, el extremo de un renglón provisto de un nivel, puede cada buzo arreglar perfectamente la superficie de la arena en un círculo cuyo radio sea la longitud del renglón y el centro el poste, y uniendo después estos círculos principales por otros secundarios, se puede sin dificultad, y sin que el número de postes sea muy grande, arreglar perfectamente la base de asiento en una extensión un poco mayor que la del cajón que se va á colocar.

Hecha la operación anterior, se llevará á su sitio el cajón y allí se rellenarán las zarpas con hormigón. Después se lastrará con agua hasta que sólo emerja 0,50 metros y cale, por consiguiente, 10,50 metros. Aprovechando la proximidad de la estoa de bajamar, para evitar la corriente, se ajustará perfectamente su posición de modo que su eje coincida con la alineación general y la lengüeta engrane con la caja del cajón anteriormente colocado.

Una vez conseguido esto no habrá más que sostener el cajón en posición invariable, para que al bajar la marea quede varado. Entonces se aumentará un poco más el lastre de los compartimientos extremos, para que al subir la marea no flote ni se mueva más.

Por medio de cabos accionados con winches, situados en una barcaza perfectamente fondeada de cada lado de la línea, se puede guiar el cajón con toda precisión y cuidando de interponer cuerpos elásticos entre el cajón que se va á colocar y el anterior, se puede conseguir sin dificultad que el contacto sea suave y no se produzcan desperfectos.

La faena de lastrar debe hacerse con las mismas precauciones que la de achicar, evitando que los tabiques tengan que sufrir cargas desiguales en sus dos paramentos.

Para lastrar el cajón, se empleará una bomba conectada con tuberías convenientemente dispuestas, para que la operación pueda hacerse en todos los compartimientos necesarios al fin indicado, y para que la nivelación sea perfecta.

Una vez sentado el cajón en su sitio, hay que cambiar su relleno de agua por otro de arena, hasta que quede ésta un metro por debajo del borde, operación que se hará con el elevador, al mismo tiempo que se va terraplenando el espacio que queda detrás del muro.

El relleno del metro superior del cajón, que debe hacerse con hormigón hidráulico, se llevará á cabo sirviéndose de una tapa-

dera que cubra un compartimiento y lleve una chimenea que emerja sobre la pleamar, por la cual se introducirá aquel material después de haber agotado el agua, pues de no emplear este medio, no habría tiempo disponible desde que se descubre el borde del cajón hasta que las aguas vuelven á cubrirlo.

Este hormigón, así como el de la superestructura, no precisa que sea tan bueno como el armado, pues su trabajo es mucho menor y por eso proponemos el empleo de cemento de buena calidad, aunque no el extra, con lo cual se consigue una economía importante, pues los hay de aquéllos con resistencia á la tracción, á los siete días, de 25 kilogramos por centímetro cuadrado, que en gran cantidad pueden obtenerse puestos aquí, por unas 35 pesetas tonelada, mientras que el de clase superior, con resistencia de 40 kilogramos, que es el que debe emplearse en el hormigón armado, vale aquí unas 65 pesetas la tonelada.

Terminado el relleno se construirá la superestructura del muro, aprovechando las mareas y siguiendo los buenos principios establecidos para esta clase de construcciones.

Finalmente, al construir el terraplén definitivo, se tendrá la precaución de que la arena no cargue sobre la superestructura del muelle hasta después de un mes, por lo menos, de haber sido terminada su construcción.

La importancia de esta obra en su conjunto y la diversidad de los medios que requiere su ejecución, obligan á dividirla en dos grupos que pueden ejecutarse con cierta independencia.

Las obras de «Explanación», forzosamente han de ejecutarse por administración, para aprovechar el material de la Junta de Obras, y el trabajo que ejecuta la Empresa concesionaria de los dragados del interior de la ría. Las obras de fábrica pueden ejecutarse por contrata ó concurso, sin dificultad, pues quedan completamente definidas en este proyecto, y no exigen medios extraordinarios que no estén al alcance de cualquiera Empresa constructora. Con tal fin, será de cuenta de la Junta la construcción del flotador, el cual se entregará al contratista en disposición de funcionar, siendo obligación de éste devolverlo en buen estado de conservación.

Por último, las obras accesorias y las auxiliares, por su diversidad é indeterminación exacta, conviene ejecutarlas por administración.

**Artículos 4.º y 5.º Medición y abono y disposiciones generales.**—No tienen interés para este extracto.

FRANCISCO MONTENEGRO,  
Ingeniero Director de las obras del puerto de Huelva.

(Continuará.)

# Puerto de Huelva <sup>(1)</sup>

## CONDICIONES ECONÓMICAS DE LAS OBRAS

**Artículo 1.º Presupuesto.**—Dedicado este artículo á justificar las mediciones de las obras y los precios que se adoptan para su valoración, no diremos aquí más que el presupuesto general consta de siete presupuestos parciales con los siguientes títulos:

- 1.º Presupuesto del movimiento de tierras.
- 2.º Presupuesto del muro de muelle en un metro de longitud.
- 3.º Presupuesto de una escalera intermedia doble
- 4.º Presupuesto de una escalera extrema.
- 5.º Presupuesto de los espigones de abrigo.
- 6.º Presupuesto de un flotador.
- 7.º Presupuesto de las obras accesorias.

Finalmente, reuniendo estas valoraciones en cuatro grupos, tendremos el presupuesto general de la obra dividido en otros tantos artículos, que son: «Explanación», «Obras de fábrica», «Obras accesorias» y «Obras auxiliares», cuyos importes reunidos ascienden á la cantidad de 6.231.803,90 pesetas.

Teniendo en cuenta la división que hemos hecho, según el procedimiento de construcción que conviene emplear, y aplicando al grupo de obras por administración un aumento de 3 por 100 por imprevistos y otro del 2 por 100 por accidentes, según está ordenado para obras de esta clase, y á las que deben hacerse por contrata el reglamentario del 17 por 100, tendremos en conjunto:

	Pesetas.
Presupuesto de las obras por administración	3.021.241,16
Idem de las obras por contrata.....	3.924.684,69
<b>IMPORTE TOTAL DE LAS OBRAS.....</b>	<b>6.945.925,85</b>

Esta importante suma exige que antes de terminar esta Memoria hagamos algunas consideraciones que permitan apreciar fácilmente si es superior á la que se ha venido empleando en este puerto de Huelva en los muelles que hasta aquí se han construido.

Empecemos observando, teniendo á la vista los planos de emplazamiento y estado de cubicaciones, que con este muelle de fábrica se mejorará notablemente el fondeadero, ensanchándolo 67 metros en una zona de 1.200 metros de largo, lo cual exigirá el dragado de 402.469,812 metros cúbicos, que al precio de 0,61 pesetas contratado con la casa que está haciendo los de esta ría, valen 245.506,58 pesetas, los cuales deberían ser cargados á dragados y abonados al presupuesto de este muelle.

De otra parte, el emplazamiento del muro permite ganar á la ría, convirtiéndola en zona terrestre, una extensión de unos 1.100 metros de largo por 90 de ancho, ó sean próximamente 99.000 metros cuadrados, que son de grandísima utilidad para el desenvolvimiento del puerto, que es actualmente muy difícil, porque los terrenos de la estación del ferrocarril de Zafra divide

la zona de servicio actual en dos secciones separadas por otra muy estrecha, que viene á producir una especie de estrangulamiento en la distribución general de los servicios, cuya consecuencia natural es una gran perturbación para las corrientes del tráfico.

El valor de este terreno se puede deducir teniendo en cuenta que los que posee la Junta de Obras en la parcela que figura en el plano cerca de la estación de Sevilla, fueron valorados por un Perito, en el *Proyecto del suministro del fluido eléctrico para las máquinas y alumbrado del puerto*, á razón de 33 pesetas por término medio. También es otro dato de comparación la tasación oficial del Ayuntamiento para los solares de las calles Odiel, Gibrleón y Almirante Hernández Pinzón, en las secciones inmediatas á nuestra plaza de ingreso señalada en el plano, las cuales varían entre 35 y 40 pesetas.

Con estos datos no puede rechazarse por exagerado el precio de 30 pesetas por metro cuadrado, que se admitió en los datos que remitimos á la Dirección general en 20 de Enero del año, actual, de los cuales resulta para esta zona el valor allí consignado de .....

	2.970.000,00
Sumada esta partida con la anterior de....	245.506,58

tendremos un total que asciende á..... 3.215.506,58  
el cual, rebajado del presupuesto total de..... 6.945.925,85

reduce el verdadero gasto de esta obra á..... 3.730.419,27

Dividiendo esta última cantidad por la longitud del muro (1.200 metros), obtendremos un gasto por metro lineal de pesetas 3.108,68.

Hay que observar ahora que el muelle provisional de hierro y madera terminado en 1888, y cuya vida toca ya á su término, costó en total 974.298,74 pesetas, y como su línea de atraque es de 310 metros, resulta la unidad á 3.143 pesetas. Dividiendo también el coste del muelle Norte, que ha sido muy cerca de 2 millones de pesetas por sus 500 metros de línea de atraque, resulta un gasto de 4.000 pesetas por metro.

Si se tiene en cuenta, además, la costosa conservación que estos muelles exigen y su poca duración en las aguas ácidas del Odiel, no quedará duda de la conveniencia económica del muelle de fábrica, definitivo objeto de este proyecto.

**Art. 2.º—Recursos para la construcción de esta obra.**—Esta obra puede desarrollarse en cuatro años; vamos á examinar la situación económica de la Junta, para ver de qué medios puede disponer para empezar la construcción cuando el proyecto reciba la aprobación de la Superioridad y terminarla en aquel plazo.

Aunque los ingresos van aumentando gradualmente, podemos tomar como base para el cálculo los del año de 1911, deducidos por los ocho primeros meses, en los cuales la recaudación ha ascendido á 1.429.818,92 pesetas. Según esto, el ingreso anual debe ser la referida cantidad multiplicada por 1,50, ó sean 2.144.728,38 pesetas.

Los gastos anuales corrientes é imprescindibles, son los que siguen:

(1) Véase el número anterior.

Dirección facultativa.....	Personal.....	105.747,50	} 124.997,50	
	Gastos generales.....	19.250		
Servicio administrativo.....	Personal.....	45.100	} 110.890	
	Material.....	38.700		
	Montepío.....	27.000		
Inspección técnica de las obras.....		3.500		
Idem administrativa.....		3.880		
Conservación de las obras.....		151.270,32		
Explotación de los muelles.....		602.378,88		
Dragados de la barra.....		125.000		
Dragados del interior de la ría.....	Por administración.....	300.000	} 954.500	
	Concurso. {	Obra.....		500.000
		Intereses del déficit.....		74.500
	Vaciaderos.....	80.000		
TOTAL DE LOS GASTOS ANUALES CORRIENTES.....		2.076.416,70		
CANTIDAD DISPONIBLE ANUALMENTE.....		68.311,68		

Vemos, pues, que aunque redujéramos los gastos á los dragados, la cantidad disponible de los ingresos anuales puede decirse que es nula, pues la que hemos deducido más arriba debe considerarse tan sólo como reserva para cualquier obra ó reparación imprevista y urgente.

El valor de esta construcción asciende, según se ha dicho, á 6.945.925,85 pesetas, que, repartidas en los cuatro años que debe durar, da un gasto anual de 1.736.481,46 pesetas, las cuales hay que agenciar reforzando los ingresos cuanto prudentemente pueda hacerse y recurriendo al crédito.

Los ingresos ordinarios que actualmente se perciben, no deben destinarse á esta obra, aplazándola hasta que los dragados se terminen, pues dichos ingresos tienen aplicación en otras construcciones comprendidas en el plan general de obras del puerto, las cuales ascienden á 6.654.915,53 pesetas, que serían relegadas á un plazo muy lejano si no se apelase á un empréstito para terminar pronto el muelle.

En un puerto como éste, donde el ingreso anual pasa de 2 millones de pesetas, está perfectamente justificado que se apele por primera vez al crédito para obtener una cantidad pequeña, relativamente, á la entidad de sus medios de vida.

## RESUMEN

De cuanto queda expuesto en esta Memoria, resulta:

1.º Que estando ya atendido el tráfico de minerales, que constituye la parte principal del movimiento actual del puerto, es tiempo de que nos ocupemos del servicio de mercancías generales, que son las que han de darle vida en lo futuro, y para esto precisa dotarlo de cómodos y amplios muelles, y de todos los elementos auxiliares necesarios, para que el tráfico de dichas mercancías generales sea tan expedito y económico que, al impulso de estas facilidades, se vayan desarrollando las industrias existentes y creándose otras nuevas, basadas en los numerosos é importantes elementos que existen en la zona servida por el puerto, la cual se irá ensanchando á medida que las condiciones de éste sean más perfectas.

2.º Que este fin no puede conseguirse restaurando el muelle provisional de mercancías generales que hoy existe, pues á

más de que tal obra sería muy costosa, nunca serviría más que para los buques de poco calado, que poco á poco van desapareciendo ante la competencia de los de alto bordo.

3.º Que los muelles verdaderamente definitivos han de ser de los llamados de ribera, construídos de fábrica, como los que aquí se proyectaron primero y fueron aprobados por la Superioridad en Agosto de 1880, y de los cuales se desistió ante experiencias practicadas para determinar la resistencia del terreno de fundación, de las que dedujeron que éste no podía resistir el peso de esta clase de construcciones.

4.º Que tanto por no haber sido bien interpretados los resultados de las experiencias mencionadas, como por disponer actualmente el arte de la construcción de recursos que el año 1880 no existían, creemos haber demostrado la posibilidad técnica de levantar aquí muelles de fábrica, toda vez que las dragas que hoy tenemos permiten sustituir el fondo fangoso por otro más resistente, y con el hormigón armado, cuyo uso es ya frecuente, se pueden construir muros de gran resistencia y de poco peso.

5.º Finalmente, que la obra proyectada, lejos de ser más costosa que los muelles de hierro aquí construídos, es bastante más económica, no sólo desde el punto de vista de su mayor duración y menor gasto de sostenimiento, sino también si se considera su valor intrínseco, teniendo en cuenta el ensanche del fondeadero y de la zona terrestre que su construcción reportará.

Terminaremos manifestando que la importante cantidad que esta obra representa no puede ser obstáculo para que se autorice su construcción, toda vez que se trata del que es ya segundo puerto de España, desde el punto de vista de su tráfico, y podría ser el primero, fomentando y protegiendo convenientemente los elementos industriales y mercantiles que existen en su zona.

Quando este muelle esté construído y provisto de todo su utillaje é instalaciones complementarias, los importantes dragados que actualmente se hallan en vías de ejecución se habrán terminado, permitiendo que los grandes buques circulen fácilmente por la ría, en cuya orilla izquierda se extenderá una explanada de 5 kilómetros de longitud, formada con los productos del dragado, donde podrán establecerse cuantas Empresas industriales quieran aprovechar estas ventajas.

Huelva tendrá entonces todo lo necesario para que sus privilegiados minerales de azufre, que hoy son exportados hasta países tan lejanos como Australia, puedan ser beneficiados aquí, donde podría establecerse el centro productor de abonos minerales más importante de Europa.

Tampoco habría dificultad material para que el cobre y el hierro de sus minas y el corcho de las extensas dehesas de su zona fueran manufacturados aquí, y entonces bien podría asegurarse que esta región no sólo ganaría enormemente en sus intereses materiales, sino que también su nivel intelectual y moral se elevarían, puesto que el papel un poco depresivo que actualmente desempeña de *cantera de primeras materias*, que otras naciones más adelantadas explotan, se cambiaría en el de *productora* de artículos de gran utilidad que de todas partes serían solicitados.

FRANCISCO MONTENEGRO,  
Ingeniero Director de las obras del puerto de Huelva.