

con el gasto del material accesorio y del balasto, etc., tuviese una duración de treinta y cuatro años para ser económicamente equivalente al de la traviesa de madera, que no durase más que quince años.

Por consecuencia, según Biedermann, resulta que, desde el punto de vista económico, la traviesa de pino creosotada es la más ventajosa.

De las explicaciones de Biedermann ha surgido una discusión, en el curso de la cual se ha hecho resaltar particularmente el caso de que desde hace poco tiempo se ha conseguido el transformar las poco prácticas formas iniciales de las traviesas metálicas por otras de perfiles más racionales y que, por consiguiente, la duración señalada por el conferenciante resulta escasa, y por esto conviene no formar todavía un juicio definitivo de la cuestión económica, hasta conocer el resultado de este nuevo tipo de traviesas.

En contrario de los estudios de Biedermann se puede aun añadir lo siguiente:

Primero, que es conveniente subrayar un punto, del que él sólo ha hecho mención, y es que en principio su procedimiento gráfico sólo hace saber la duración media de las traviesas que realmente han sido renovadas, y no la del conjunto de traviesas colocadas. De ello resulta que este procedimiento, especialmente en las explotaciones en que la vía no ha alcanzado todavía el máximo de longevidad ni aun la duración media de las traviesas empleadas, da cifras muy pequeñas respecto á la verdadera duración, puesto que las que no se han renovado y que son las que mayor servicio prestan, no se consideran. Este error ejerce influencia menos sensible cuando se trata de vías antiguas, y, sin embargo, persiste de una manera permanente, así es que puede decirse que el resultado del procedimiento Biedermann es siempre inferior á la duración verdad, pero que para las vías antiguas estas duraciones se aproximan más á los valores reales. Este hecho resulta de gran importancia al hacer la apreciación desfavorable para las traviesas metálicas en los estudios de Biedermann, porque los nuevos perfiles de estas traviesas no han servido todavía el tiempo necesario para que pueda señalárseles duración media, que puede aumentar aún en bastante cantidad la cifra expresada en los cálculos de Biedermann.

Además, Biedermann olvida en sus cálculos los gastos de conservación, especialmente en los primeros años, que son mayores para las traviesas metálicas que para las de madera, y que hacen inclinarse la balanza en favor de estas últimas bajo su aspecto económico. También debe tenerse en cuenta que cuando se restauran las estaciones suelen renovarse las traviesas de madera, aunque estén todavía en mediano estado de uso, mientras que las metálicas suelen conservarse, por lo cual en este caso resultan éstas favorables.

En fin, las estadísticas del imperio utilizadas por Biedermann no aclaran las razones que ha habido para sustituir las traviesas de madera, por las metálicas. Generalmente se desechan las traviesas de madera aun las de las vías accesorias, cuando están lo suficientemente deterioradas por los extremos que se fijan á los carriles, y ya no es posible colocar el tirafondo. Sería preciso averiguar la proporción en que la destrucción similar de las traviesas metálicas, hasta su reforma ha dado lugar á renovaciones, y en qué proporción, por el contrario, éstas han sido hechas y por qué motivos, para remediarlos en lo que sea posible y atenuar el efecto, bien sea aumentando el peso de las traviesas ó perfeccionando el perfil ó los ensamblajes.

Pero aun admitiendo que la duración del servicio de las traviesas metálicas sea bastante mayor que el obtenido por Biedermann, y al estudiar más á fondo el problema, se ven aún otros puntos de vista que por su extensión no pueden ser examinados en este trabajo; la diferencia calculada por él es tan grande, que al hacer la comparación del servicio que prestan ambas traviesas no cabe dudar de que la de madera tiene á su favor el mayor número de ventajas.

Sería muy conveniente que las administraciones de los ferrocarriles, que son las principales interesadas en el empleo de traviesas metálicas, publicasen los resultados que han obtenido y comuniquen los motivos de las renovaciones y las conclusiones que puedan sacarse para la definitiva solución del problema de las traviesas.

H.

Puerto de Valencia.

PROSECUCIÓN DE LOS DIQUES EXTERIORES ⁽¹⁾

Planteamiento del problema á principios de 1911.—

El problema de la prosecución definitiva de los diques exteriores, interrumpida desde 1901, hallábase planteado en los siguientes términos:

1.º Autorizado un crédito de 654.473,34 pesetas para continuar por administración los ensayos de los monolitos. Estos debían construirse con elementos auxiliares distintos de los empleados en los primeros ensayos, recomendándose especialmente el establecimiento de una hormigonera en el mismo dique y la sustitución del Titán por otro medio distinto para la botadura de los moldes, que evitaran su fraccionamiento en dos mitades.

2.º Recomendada la inmediata presentación del proyecto definitivo de los diques exteriores para la subasta total de las obras.

3.º El primer cajón-molde había quedado completamente destruido y los monolitos se habían inclinado profundamente.

4.º En el taller de la Dirección se hallaba ya todo el hierro necesario para construir un cajón del mismo tipo que el primitivo, y habían empezado á ajustarse las planchas de las paredes laterales.

Como se ve, la situación era por demás angustiosa; al cabo de diez años sólo había adelantado 40 metros el dique Norte, y de esta longitud los últimos 10 metros se hallaban derrumbados; no existían medios para trabajar inmediatamente, y era forzoso proyectar los nuevos elementos auxiliares, reparar los desperfectos de la obra y adelantar el estudio definitivo de la totalidad, tantas veces recomendado por la Superioridad, y cuya demora no sufría aplazamientos en las aspiraciones de la opinión, justamente alarmada y prevenida.

Por ello entendí que era llegado el momento de hacer el supremo esfuerzo que demandaba el interés del puerto, y procedí á realizar tres estudios: el del refuerzo de la parte construida del dique, el de los medios auxiliares necesarios para cumplir las órdenes de la Superioridad referentes al

(1) De la interesante *Memoria sobre el estado y progreso de las obras durante los años 1903 á 1911*.

Antes relata el autor los ensayos llevados á cabo para la construcción de monolitos.

ensayo de los monolitos y el definitivo proyecto de las obras exteriores en su totalidad. Afortunadamente, los tres trabajos han quedado terminados dentro del año, y los dos primeros (que formaron un solo proyecto) se han ejecutado también.

Anteproyecto-Memoria de los diques exteriores.—El 31 de Mayo se terminó este anteproyecto, en el cual se proponían los medios para proseguir las obras y para reparar los desperfectos de los temporales, así como se estudiaba el perfil tipo para los diques que habían de ser el punto de partida del proyecto definitivo.

Como la Memoria de este anteproyecto es el eje fundamental al que se ciñen todos los estudios ulteriores del puerto, del cual son tan solamente un desarrollo, haré una ligera recopilación de sus principales puntos de vista:

PERFIL TIPO PARA LOS DIQUES EXTERIORES.—Entre los diversos sistemas de construcción que pueden adoptarse para los diques de abrigo, en el puerto de Valencia no se puede escoger con libertad, porque ya están en gran parte ejecutados los basamentos de escollera, propios de un sistema mixto. Partiendo, pues, de este pie forzado, la principal condición de cualquier superestructura que se proponga es que su asiento se lleve á la mayor profundidad posible, fuera del alcance de las olas, y que se defienda el pie del muro muy eficazmente. El distinguido Ingeniero Lo-Gatto, encargado de la ponencia relativa á diques exteriores, en el Congreso de Milán, decía, refiriéndose al sistema mixto: "Semejante sistema exige el revestimiento de la banqueta hasta cierta profundidad con bloques de hormigón. Así se ha hecho en Bizerta, Teeburgge, Scheveninge, y así se ha proyectado el dique de Valparaíso.". Otro ilustre Ingeniero, Bernardini, expuso en el mismo Congreso su opinión favorable al sistema mixto, pero siempre que ante todo se procediera al revestimiento del pie del muro concertado, porque de lo contrario, decía, "la resaca podría remover y arrastrar la escollera de fundación y acarrear la ruina del dique.". Mr. Joly añadía que "es absolutamente indispensable formar la parte superior del basamento de escollera con materiales escogidos, á fin de evitar los asientos producidos por el choque de las olas, las cuales, obrando sobre una pared vertical de grande altura, producen efectos de resaca muy temibles. Esto ha ocurrido en Bizerta, y hubo por ello de ensancharse la banqueta.,."

Las conclusiones definitivas del Congreso de Milán acerca de este particular fueron: "Que el tipo de grandes monolitos sobre basamentos de escollera es el preferible, siempre que se procure dar al dique la anchura debida y obtener la más perfecta compacidad del basamento, contrarrestando los temibles efectos de la resaca, producida por el choque de las olas, sea por el empleo de materiales seleccionados en la parte alta de la banqueta, sea por medio de grandes bloques de protección.,."

Más tarde el Ingeniero Luigi, en su interesante revista *La Ingeniería de Buenos Aires*, decía:

"El movimiento evolutivo que viene siguiéndose en la construcción de los diques de abrigo, ha ido desterrando los taludes inclinados de 15 por 1, llegando al sistema vertical. El tipo ideal de perfil se halla representado por un dique de infraestructura de escollera bien maciza, limitada á 10 metros bajo el cero del mar, coronada por monolitos hasta de 5.000 toneladas de peso, *defendiendo bien el pie* contra los remolinos producidos por el flujo de fondo, que con direcciones encontradas socavan los cimientos. Este tipo ha dado

excelentes resultados en todas partes en las que se ha empleado racionalmente, y será el preferido siempre que se defienda la superestructura, pues los inconvenientes de Teeburgge y Bizerta han sido debidos á las socavaciones de la escollera ó del fondo natural.,"

Finalmente, Courdemoy, autoridad indiscutible en esta materia, expone:

"El asiento de las escolleras siempre existe, y se nota muy pronto en las de cantos pequeños. Por ello, cuando sobre basamentos de esta clase se construyen superestructuras concertadas, hay que dejar á barlovento una berma grande para no fundar sobre los bloques protectores del talud exterior. Esta disposición evita al muro los golpes de las olas rotas sobre la escollera.,"

Obsérvase, pues, que la preocupación de los asientos y de las socavaciones ha sido general en todos los Ingenieros, y que para prevenir sus peligros siempre se ha preconizado el establecimiento de banquetas de defensa al pie del muro, refuerzos de escollera, asientos á profundidades de 8 á 10 metros para que las olas no tengan acción y gran esmero en el enrase. Nuestro malogrado compañero el ilustre Ingeniero D. Carlos Angulo, á quien tanto debe Barcelona por la rapidez y prolijidad de obras útiles de que dotó á su puerto, se fijó especialmente en este particular, y no dudó un momento en cambiar el perfil primeramente adoptado para el dique del Este por otro concebido con arreglo á las ideas expuestas en los párrafos anteriores. En la interesantísima Memoria publicada el año 1905 decía al efecto:

"Es preciso presentar á la acción de las olas un macizo que mate la resaca y reflexión, y al mismo tiempo debe colocarse el plano de asiento de la escollera á bastante profundidad.,"

Gracias á estas ideas llevadas á la práctica, el dique del Este está casi terminado, y á su abrigo ha podido emprenderse el revestimiento de la dársena del Morrot.

No creo necesario aducir más argumentos para demostrar que el perfil del dique seguido en Valencia para la construcción de los monolitos ha sido deficiente en cuanto á estos extremos, y expuesto á las socavaciones, como la experiencia ha confirmado desgraciadamente. Sentar los monolitos á 6,20 metros sin defensa alguna, resulta empresa atrevida. Si no existiera obra alguna construída, cabría discutir aquí las relativas ventajas de los sistemas fundamentales de construcción de diques, pero como el basamento de escollera se halla ya colocado, no se puede prescindir del sistema mixto, el cual no es, por otra parte, en sí mismo defectuoso.

Ahora bien: la escollera se arrojó á los 7,50 metros por debajo del nivel del mar, y como sería muy difícil rebajar su altura, pues dado el largo período que lleva de construcción (doce años) ha hecho completo asiento y se halla cubierta de arena y alga, no puede pasarse del límite citado como profundidad de la superestructura. Gánase así 1,30 metros de profundidad para evitar el efecto de las olas, lo cual parece suficiente, pues no tienen acción en nuestro puerto á mayor cota, como lo demuestra el hecho de no haber sido arrastrados los sillarejos labrados de $0,40 \times 0,30 \times 0,30$ metros que cerraban las juntas de la última hilada de los bloques y cayeron sobre la banqueta exterior. Propongo, pues, como punto de partida indiscutible, que el macizo concertado insista sobre la escollera á 7,50 metros de profundidad en vez de los 6,20.

No es suficiente, sin embargo, el aumento de profundi-

dad en el plano de asiento para garantizar la estabilidad del dique, pues queda el peligro de que al caer la ola, después de reflejada sobre el muro, produzca en el pie la remoción del basamento. Si con el muro vertical se pudiera llegar á la profundidad donde no tienen acción las olas y el terreno fuera consistente, no se necesitaría refuerzo alguno; pero como en este caso hay que insistir sobre la escollera ya vertida á profundidad de 7,50 metros, la ruina del muro sería siempre inevitable.

Esto, que tanto preocupaba al Sr. Angulo en Barcelona, fué resuelto allí con una protección monumental de bloques artificiales de 80 toneladas de peso, arrojados como escollera en una anchura de 26 metros; no hará falta en el puerto de Valencia masa tan excesiva, pues el primer monolito ha quedado en su sitio sin desperfecto alguno, gracias á la banqueta de bloques de hormigón, y asimismo el muro concertado, que tanto sufrió el año 1901, tampoco ha experimentado el menor asiento con la defensa actual.

ANCHO DEL DIQUE.—Puede sostenerse, sin duda alguna, ser suficiente el ancho de 8 metros que desde un principio se dió á la sección transversal del dique, el cual es superior al del primer trozo del dique de Heyst é igual al del rompeolas aislado de Bizerta, obras ambas expuestas á mares más violentos que los del Golfo de Valencia. El distinguido Ingeniero Sr. López Navarro, en la Memoria que escribió acerca de este particular en Octubre de 1902, decía: "Al ancho de 8 metros corresponde un momento resistente de 1.039.456 kilográmetros, capaz de contrarrestar una presión de 13 toneladas por metro cuadrado en toda altura del muro, y, por tanto, una presión máxima en la superficie mucho mayor, puesto que la sección de la marejada al pie del muro es muy pequeña."

Esto concuerda con la siguiente fórmula de Courdemoy:

$$b > \sqrt{\frac{PH^2}{Hd + 50.000}}$$

en la cual las letras representan:

P , presión máxima de las olas por metro cuadrado, ó sea unos 30.000 kilogramos.

H , altura del muro; 9,375 metros (sin el espaldón).

d , peso específico del hormigón: 2.2000; y

b , ancho del dique.

Aplicándola á nuestro caso se obtiene:

$$b > 6,00 \text{ metros.}$$

La teoría, pues, se halla de perfecto acuerdo con los datos experimentales que cabe señalar en el puerto de Valencia después de diez años de prueba.

RESUMEN.—De lo dicho se deducen las siguientes consecuencias relativas á las condiciones de estabilidad y resistencia del dique, á saber:

1.^a La superestructura concertada del perfil mixto empleado en el puerto de Valencia debe llegar hasta los 7,50 metros de profundidad.

2.^a Por la parte exterior había de ensancharse la banqueta, defendiéndola con bloques ó con escollera.

3.^a Es suficiente el ancho de 8 metros que tiene el cuerpo del dique.

PERFIL DEFINITIVO.—Con arreglo á las anteriores conclusiones, propongo el siguiente perfil del dique Norte, como base del proyecto definitivo; es casi idéntico al modificado

por acuerdo de la Superioridad en 30 de Noviembre de 1898 para el sistema concertado, y únicamente se notan en él las variantes propias del procedimiento de grandes monolitos.

Sobre un basamento de escollera de tercera, es decir, cuyo peso oscile entre 2 y 1.500 kilogramos, se levantará la superestructura monolítica, cuya sección será trapezoidal con bases de 8,50 y 8 metros y altura de 7,50 metros, colocándose encima una hilada de bloques de hormigón de 1,875 de altura, los cuales deberán sujetarse con grapas. La parte superior se coronará con un espaldón de hormigón y mampostería.

La defensa del pie del muro por la parte interior tampoco se modifica y será de escollera; al exterior propongo el refuerzo escalonado de bloques, y que comprende un escalón superior de 5,50 metros de ancho y otros dos con salientes de 1,50 metros formados por bloques de 4,60, descansando el último sobre la escollera de primera y segunda clase, constituyendo una amplia banqueta exterior de tres metros de defensa. De esta suerte se inmoviliza el refuerzo, ya que á la profundidad donde se emplaza ni los bloques ni la escollera se hallan expuestos á la acción del oleaje.

EXAMEN DEL PROCEDIMIENTO EMPLEADO EN VALENCIA EN LOS ENSAYOS DE MONOLITOS.—El Consejo de Obras públicas, en su informe de 24 de Diciembre de 1909, sentó la posibilidad de construir monolitos *in situ*, pero no por el procedimiento de los primeros ensayos, sino con otros medios auxiliares de construcción que salven los inconvenientes observados durante las experiencias realizadas. He aquí las principales consideraciones que se derivan de las mismas.

1.^a **Moldes.**—El espesor de las paredes del molde empleado parece escaso, pues mientras fragüe el hormigón se hallan expuestas al influjo de los temporales, por débiles que sean, porque de tal suerte se hallan calculadas, que no tienen condiciones de resistencia más que en el momento del relleno de hormigón, confiándose la indeformabilidad á tres armaduras interiores de refuerzo, las cuales se quitan una vez hecho el monolito. Quedan, pues, reducidas durante el fraguado á láminas delgadas de contorno que, sometidas á los vaivenes del oleaje, van tomando la forma cilíndrica, rasgándose por las aristas verticales que hacen el papel de eje de giro. Así sucedió en el temporal de 23 de Diciembre de 1910, que fué de mediana transcendencia, y en el que no sufrió el relleno, á pesar de no estar fraguado. Los moldes deberán tener, por tanto, condiciones de resistencia constantes mientras se hallen en el mar, y como, por otra parte, los refuerzos ó armaduras interiores presentan el inconveniente de que han de irse quitando á medida que el relleno sube, paralizando cuatro ó cinco horas el vertido, es lógico que por una y otra razón se sustituyan por otras fijas y exteriores. Habrá, pues, que estudiar una disposición tal que no falten condiciones de resistencia propias, puesto que el apoyo de las paredes exteriores del hormigón ha demostrado la práctica ser nulo por completo.

2.^a **Enchufe.**—Lo dicho hasta aquí se refiere á las dimensiones y disposición del cajón, aun cuando fuese de una sola pieza; pero hay otra circunstancia en el que ha servido para los ensayos, y es la de que se halla partido en dos mitades, las cuales han de enchufarse y sujetarse con bridas y tornillos. Si la operación del enchufe se hiciera en aguas tranquilas, sería posible impermeabilizar esta unión; pero como el trabajo ha de hacerse en paraje completamente desahogado, entonces aparecen grandes dificultades, hasta el

extremo de imposibilitar el sistema como medio expedito de construcción de un dique. En efecto: para unir las dos mitades del molde precisa una tranquilidad extraordinaria del mar, porque como apenas quedan 80 centímetros entre su nivel y la línea de unión de las dos mitades, por poco que se incline el cajón y llegue á subir el oleaje pelagra toda la operación. Así acaeció en el primer ensayo, y en los sucesivos fué menester aguardar períodos largos de tiempo para conseguir bonanza, y con todo, siempre ha tenido que suspenderse el trabajo, extraer agua, conducir á sitio resguardado el cajón y esperar el buen tiempo, todo con las angustias consiguientes, pues empezado el relleno, las dilaciones son peligrosas para la homogeneidad de la masa. Es, pues, indispensable la supresión del enchufe, y para ello hay que emplear otros medios de botadura y extracción distintos del Titán, cuya altura exige se fraccione el molde en dos mitades.

3.^a *Conducción y vertido del hormigón.*—Finalmente, la conducción y vertido del hormigón son dos operaciones que no pueden seguir realizándose como en los primeros ensayos. Para confeccionar aquél se ha empleado la hormigonera fija existente en el taller de bloques, que dista 2.400 metros de la extremidad del dique Norte. Sucede, pues, que durante el recorrido de los vagones-cajas se desnaturaliza la pasta, el agua cae en gran parte y llega al molde muy seca, en términos que es necesario emplear ocho peones con picos y palancas para que, golpeándola, se consiga que caiga después de cuarenta y de cincuenta minutos y aun de una hora de vanas tentativas; débese, pues, estudiar otro medio de confección y vertido que, al mismo tiempo que garantice la homogeneidad de la pasta, resulte más expedito.

NECESIDAD DE EMPLEAR MEDIOS AUXILIARES DISTINTOS DEL TITÁN Y DE LA HORMIGONERA DEL TALLER.—Cuantos inconvenientes y peligros han podido notarse en el procedimiento hasta aquí empleado para la botadura y el relleno de los moldes han sido debidos á la idea preconcebida que en el mismo presidió, con el buen propósito de no realizar gastos considerables, de utilizar el Titán y la hormigonera en todas las operaciones.

Una solución que pudo parecer aceptable á primera vista para evitar el fraccionamiento en dos mitades de los moldes, fué la de elevar el Titán; pero aparte de la dificultad de esta operación, con ello no se logra el trabajo en aguas tranquilas ni se consigue poder manejar un cajón grande, ya que su peso (500 toneladas) es muy superior á la carga que puede tolerar aquel aparato.

Por otra parte, para elevar 3,50 metros el Titán, habría que colocar dos filas de bloques sobre la coronación del dique, y con ello quedaría sólo un ancho libre de 3,80 metros para el paso de los vagones y volquetes, el cual es insuficiente. Añádase, que el Titán (cuyo peso es de 300 toneladas) se maneja siempre con peligro, lo inseguro de lograr la estabilidad á altura tan considerable, y no se pierda de vista que esta elevación exigiría disponer de 500 bloques sólo con tal destino, los cuales después habrían de retirarse sin utilización inmediata. No pudiendo, pues, prácticamente utilizarse el Titán ni la hormigonera fija del taller, es forzoso emplear otros mecanismos que sustituyan á éstos.

MEDIOS PARA BOTAR AL AGUA LOS MOLDES.—Tres procedimientos son los que ocurre señalar para botar al agua los moldes. Es el primero un dique flotante como el de Barcelona ó como el que viene empleándose en el embarcadero

de Sagunto; mas este medio es costosísimo, ya que por lo menos supondría un desembolso de 500.000 pesetas, y sólo podría intentar su empleo una Empresa que hubiese de realizar la totalidad de los trabajos, no la Administración en los términos de un ensayo.

El segundo medio es el de construir un varadero para echar al mar el cajón por deslizamiento, mas tampoco parece factible ni recomendable, tanto porque el molde no es una embarcación con forma apropiada para resistir el choque del agua en su caída, cuanto porque ni se ofrece lugar indicado para construir el varadero, ni resultaría tampoco empresa económica.

Queda solo, por tanto, el tercer medio, que es el establecimiento de un puente de mayor altura que el Titán, el cual permita elevar el cajón y transportarle al mar, dejándolo á flote. Dentro de este sistema, la primera solución que intenté fué la de habilitar un puente como el que existe en el puerto de Barcelona para la carga de los bloques de 80 toneladas, cuyo puente tiene un estribo en tierra y otro en el mar, enlazados por un tramo metálico para el paso del torno elevador y transbordador de bloques. Mas este puente, en el puerto de Valencia, debería tener por lo menos una longitud de 26 metros, á fin de que pudieran situarse por debajo las barcasas que han de devolver los moldes vacíos, con lo cual el peso del tramo llegaría á la cifra de 100 toneladas (Gaztelu). Por otra parte, la fundación de una pila en el mar y su construcción es difícil, porque habría que profundizar por el aire comprimido hasta el terreno resistente, que se encuentra á los seis metros por debajo del fondo, y después colocar bloques para formar el cuerpo de la pila, operación lenta y dificultosa, estableciéndose, por último, con ello un obstáculo para la navegación, que habría necesidad de demoler terminados los trabajos ó, cuando fuese menester, trasladar á otro emplazamiento los aparatos. Por ello he aceptado el puente-grúa que se describe más adelante.

HORMIGONERA PORTÁTIL. — Para acelerar las operaciones y mejorar la calidad de las pastas, no hay nada tan eficaz como la instalación de una hormigonera portátil en la extremidad del dique Norte. La primitiva del taller de bloques dista 2.400 metros de la parte avanzada del dique, y distará 3.200 cuando éste se halle terminado; de aquí resulta que ha de conducirse el hormigón por medio de vagones, sufriendo un largo recorrido que altera las proporciones, y además causa continuas interrupciones y demoras. Para evitarlo, no queda otro remedio que instalar el indicado medio auxiliar de construcción que confeccione el material en el sitio del empleo, vertiéndole inmediatamente: así lo tenía además el Consejo de Obras públicas en su informe.

Con este fin estudié las condiciones de una hormigonera transportable á lo largo del dique, cuyas dimensiones fuesen apropiadas, para no entorpecer las maniobras del Titán, siempre utilísimo en el vertido de escollera y colocación de bloques. Este medio auxiliar se ha completado con un mecanismo adecuado para el transporte continuo del hormigón desde las tolvas hasta el sitio del empleo. La hormigonera se ha montado sobre un carretón con ruedas de doble llanta, á propósito para circular sobre vía de un ancho de 3,60 metros, con lo cual no hace falta instalar ninguna línea especial, pues se utiliza un carril del Titán y otro de la vía de transporte. Consiste en una mezcladora ordinaria con mecanismo de verter, movido por máquina de vapor; el carretón y el bastidor llevan en su plataforma dos cargadores bascu-

lantes para trabajar independientemente el uno del otro; pudiendo ser elevados por medio de conos de fricción y de engranajes, y una vez en su sitio, verter directamente á una doble tolva montada sobre bastidores de acero y provista de puertas de deslizamientos; cada división de la tolva contiene una carga completa. Inmediatamente debajo de esta tolva se dispone otra pequeña con descargador oscilante que vierte directamente en la boca de la hormigonera, la cual, al ser levantada, descarga en una segunda tolva distribuidora, provista de puerta con altura variable, que á su vez descarga al transportador. El aparato contiene dos depósitos de agua de alimentación automática, de amplia capacidad, montados sobre el armazón, así como una carbonera en posición conveniente.

El transportador consiste en una correa sin fin de lona recubierta de caucho, soportada por tambores, existiendo uno de tensión montado sobre el eje por medio de cojinetes de deslizamiento provistos de tornillos, que permite el atirantamiento de la correa. El tambor-motor es de las mismas dimensiones que el de tensión, y se mueve por medio de engranajes cilíndricos accionados por una máquina vertical que toma el vapor de la caldera montada en el armazón de la hormigonera. Las armaduras del transportador consisten en dos vigas en celosía rigidamente enlazadas y suficientes para permitir que sobresalga un brazo de 17,70 metros, á partir desde su último apoyo, de suerte que puedan llenarse dos moldes de 12 metros sin interrupción. Las vigas quedan enlazadas á intervalos por tirantes y diagonales, y llevan, además, cables de acero con aparatos tensores para atirantar el sistema. El conjunto va montado sobre ejes de un par de ruedas, de modo que puede adelantar lo conveniente con una sola.

MOLDES.—Dos moldes se han proyectado para la continuación de los ensayos de monolitos. Uno de dimensiones análogas al primitivo, con la diferencia de que sus paredes son de una sola pieza, y otro de 14,40 metros de longitud. El primero se ha construido en el taller por autorización expresa de la Superioridad (Real orden de 3 de Septiembre de 1910), y el segundo se adjudicó por concurso á La Maquinista Terrestre y Marítima. La botadura de ambos se verificará en el interior de la dársena por medio del puente grúa, y la extracción podría realizarse merced al esfuerzo de una grúa flotante; pero como no es presumible que un aparato de tanto coste é importancia se pueda utilizar en breve plazo, he adoptado una solución que evita su empleo. Consiste en sustituir las líneas verticales de roblones, que unen por medio de escuadras las paredes, por otras de tornillos, introduciendo entre éstas y aquéllas fuertes bandas de goma impermeable. De esta suerte, para sacar el molde del monolito una vez desatado el fondo, puede el Titán subir las paredes (que sólo pesan 40 toneladas) hasta que sobresalgan del nivel del mar en una altura de 6,50 metros (que es la que permite aquél). Fácil ha de resultar entonces á los buzos quitar los tornillos con tan pequeña carga de agua como queda (1,50 metros), y asimismo no será difícil separar los que quedan por encima del nivel del mar, pues es operación practicada en terreno firme. Desprendidas las paredes, se procederá á colocarlas encima de una barcaza para conducir las á la dársena, donde recogidas por el puente servirán con otros fondos para nuevos monolitos.

El sistema, como se ve, se reduce á sustituir la junta corrida horizontal que tenía el cajón primitivo por cuatro juntas verticales en las aristas. Consíguese con ello impermea-

bilizarlas perfectamente, porque como las uniones se realizan en tierra, pueden apretarse los tornillos con toda la calma y precauciones necesarias. Y como además cabe retirar á tiempo el cajón del mar si se notan vías de aguas, merced al puente grúa desaparece toda posibilidad de riesgo. La única operación que es preciso realizar en el dique es la de destornillamiento, pero ya ha demostrado la experiencia que se puede efectuar con gran rapidez y sin peligro alguno. En suma, con el modelo nuevo para el cajón pequeño la operación temible del enchufe en alta mar se suprime, y en su lugar sólo hay que hacer el atornillamiento en tierra de cuatro paredes verticales.

Moldes de 11,40 metros.—El molde pequeño de 8 metros, descrito anteriormente, ha tenido que amoldarse al diseño primitivo, á fin de utilizar las armaduras interiores ya construídas; pero el grande, de 11,40 metros, puede proyectarse con toda libertad, atendiendo á los datos experimentales señalados, de los que resultan las siguientes notas características:

1.º Las dimensiones transversales del cajón habrán de ser próximamente de 8 metros de latitud y 9,50 de altura, á fin de que, sentado el monolito á 7,50 metros por debajo del nivel del mar, queden todavía 2 metros entre éste y el nivel borde de aquél.

2.º De esta altura sólo corresponderán á las paredes del cajón 8 metros, y se le añadirán alzas de 1,50 metros, que se pueden separar en cuanto termine la construcción de un monolito, á fin de evitar el excesivo peso de los moldes.

3.º Se suprimirán las armaduras interiores para evitar dilaciones en la operación del relleno.

4.º Se calcularán las secciones de los hierros de suerte que las garantías de resistencia é indeformabilidad del molde no disminuyan mientras permanezca en el mar.

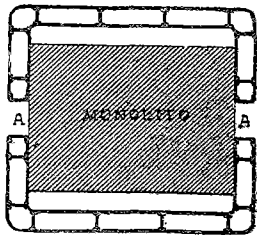
5.º La disposición del molde será tal, que pueda colocarse en su sitio y extraerse sin necesidad de usar el Titán ni la grúa flotante.

Con arreglo á las anteriores notas he proyectado el cajón.

Hállase constituido por un sistema de cuadernas verticales y marcos horizontales, formando el armazón resistente de dos paredes de palastro: una exterior en contacto con el mar, y otra interior que ha de servir como envolvente del monolito. Con esta disposición se consigue que el molde siempre tenga las debidas condiciones de resistencia, pues las armaduras son fijas y permanentes, y como por otra parte la superficie interna es lisa, puede conducirse la operación del relleno sin las interrupciones á que daba lugar la existencia de las armaduras movibles interiores del cajón primitivo. Para colocar el monolito en su sitio, sirve el espacio comprendido entre las dos paredes metálicas, el cual se llenará de agua rápidamente, dejándola entrar á través de orificios abiertos en la parte exterior, cerrados con sus correspondientes válvulas. Con el objeto de evitar que el agua al penetrar en la envolvente pueda acumularse en un ángulo y comunique al cajón inclinaciones peligrosas, se ha subdividido el referido espacio en diez compartimientos estancos, tres en cada lado mayor del rectángulo y dos en los menores. Con este procedimiento se evita la maniobra del lastrado con dos bloques de hormigón, lo que siempre ha resultado pesado, y al mismo tiempo no quedando este núcleo se obtiene la completa homogeneidad del relleno, constituyéndose un verdadero monolito.

La extracción del molde es muy sencilla, permitiendo se prescindir del auxilio de la grúa flotante. Porque una vez

fraguado el monolito y suelto el fondo de madera basta, achicar en la envolvente para determinar un esfuerzo ascensional de 264 toneladas, muy superior al que pudiera proporcionar la grúa más potente. Faltará sólo ya entonces retirar las paredes, y esto es lo que se consigue merced á la disposición del molde dividido en dos partes por el plano A A. En estas dos juntas verticales existe una doble fila de tornillos que sujetan una banda de goma entre las dos paredes



en contacto; esta unión se verifica en tierra mientras el molde se halla sobre el muelle, y cabe, por tanto, realizarla con toda precisión. El destornillamiento también puede hacerse en seco, porque los dos espacios inmediatos á la junta á A A son estancos, y como tienen un metro de sección, permiten el paso holgado de los operarios. Unicamente se requerirá el auxilio de los buzos para separar la última parte de la unión; pero como sobresale el cajón 4,70 metros del mar, sólo queda una carga de agua de 3,30 metros, y es fácil la operación, que por otra parte resulta muy limitada.

Separadas ya las dos mitades, procede lastrar de nuevo las envolventes, dejando entrar el agua hasta conseguir su perfecta estabilidad, y una vez en esta situación, nada más expedito que conducir á remolque hasta la dársena las dos mitades del cajón, bien separadas, bien unidas de nuevo por medio de un enganche, constituyendo de nuevo el rectángulo primitivo. Llegado todo el conjunto al emplazamiento del puente-grúa, será fácilmente elevado para continuar los trabajos conforme se indicó en el capítulo anterior.

Las superficies externa é interna del molde hallanse constituidas por planchas de acero de espesor variable, según las distintas zonas de su altura, en armonía con los esfuerzos que las paredes deben soportar. Los grandes armazones horizontales afectan la forma general de un rectángulo, uniéndose á las paredes por roblonado directo, siendo su acción transversal de doble T, y hallándose separados entre sí por distancias de 2 metros el inferior del intermedio y 3 metros éste del superior. Las cuadernas verticales son 4 en las paredes longitudinales y 3 en las transversales, con una misma altura en su sección transversal idéntica á la de los marcos, á los cuales se unen por medio de escuadras. Con excepción de las dos vigas centrales correspondientes á las paredes longitudinales, el alma es de celosía con diagonales, y las cuatro vigas centrales son de alma llena, prolongándose por la parte superior del cajón para servir de punto de apoyo á dos grandes vigas transversales destinadas á contribuir á la indeformabilidad de los bordes longitudinales de la boca del cajón y á ser utilizados como punto de amarre para suspender y elevar el cajón. Este sistema de marcos y grandes vigas proporciona al conjunto del cajón la conveniente rigidez é indeformabilidad general del conjunto, pero no impediría la deformación parcial de las planchas que constituyen la pared del mismo en los espacios rectangulares limitados por marcos y vigas; para ello estas superficies se hallan reforzadas por cuadernas verticales reducidas á escuadras de lados

desiguales con el ala mayor situada en dirección normal á las planchas.

El fondo del molde será de madera, con la disposición, dimensiones y refuerzos que con éxito ensayó el Sr. Elío; su enlance con las paredes se efectuará por el ingenioso procedimiento del referido autor, que consiste en un cable flexible arrollado sobre poleítas montadas junto al borde inferior del molde y dentro de la madera del fondo, cuyo cable se puede atirantar utilizando pequeños tornos montados en la parte superior.

COSTE DEL CAJÓN MODIFICADO. — Consecuentemente con el criterio de la Superioridad, y como ya se ha expuesto, se ha encargado la construcción de este molde á los talleres de La Maquinista Terrestre y Marítima, de Barcelona, en virtud de un concurso privado que se anunció con un mes de anticipación en todos los periódicos de la localidad y que terminó el 10 de Enero. Con este molde y el pequeño que está terminándose en los talleres del puerto, podrán adelantarse por administración las obras hasta que se halle en sazón la contrata definitiva para emprenderlas en gran escala por su cuenta.

CÁLCULO DEL CAJÓN. — Para el cálculo del cajón que acaba de describirse hay que partir de las condiciones más desfavorables á que esté sometido, las que corresponden (para la pared exterior) á una inmersión de 7,50 metros desde su borde inferior; el empuje en esta parte será, pues, función de la altura.

La parte inferior ha de contener el hormigón, cuyo fraguado es rápido porque ha de hacerse con mortero de cemento; mas aun cuando se emplease la cal hidráulica, siempre su empuje sería insignificante. Suponiendo, con todo, que por analogía se compare al de un macizo de piedras cuyo talud sea de 45°, su valor, según las fórmulas de Hütte, será:

$$E = \frac{1}{2} 2,20 \times H^2 \tan^2 \alpha$$

ó sea

$$E = 0,19 H^2$$

Claro es que este empuje no podrá referirse á toda la altura, porque á medida que aumenta la masa de hormigón construída y se comprime y fragua, va disminuyendo la parte que ejerce presión sobre las paredes. Así, pues, tomaré como altura máxima del empuje debido al hormigón 4 metros, y de esta suerte las presiones ejercidas sobre las paredes serán:

HILADAS	Superficie exterior. Kilogramos por m ²	Superficie interior. Kilogramos por m ²
1. ^a	6.250	3.040
2. ^a	4.800	3.040
3. ^a	3.400	2.327
4. ^a	1.800	562
5. ^a	200	76

Tratándose de una obra de carácter provisional y de cargas accidentales que actúan sólo durante un tiempo muy corto y á las que la construcción se halla sometida un número de veces muy limitado, adoptaré como límite admitido para el trabajo del acero laminado 12 kilogramos por milímetro cuadrado.

Aplicando la fórmula

R = (Pa²b²) / ((a² + b²) S² + 10⁶)

y considerando las planchas de la envolvente como piezas apoyadas en las cuadernas, cuya separación máxima es de 0,625 metros, se desprenden los siguientes resultados:

HILADAS	ESPESOR DE LA PLANCHA		TRABAJO DEL METAL	
	Exterior.	Interior.	Plancha exterior.	Plancha interior.
	Milímetros.	Milímetros.	Kg. por mm²	Kg. por mm²
1	10	5	11,40	11,60
2	9	5	10,60	11,60
3	7	5	12,00	9,45
4	7	5	4,00	2,50
5	7	5	2,00	1,40

Las cuadernas se hallan constituidas por escuadras, cuyas dimensiones y condiciones de resistencia son las que siguen:

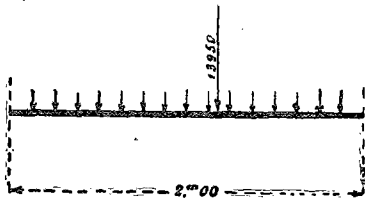
CUADERNAS	Dimen-	Presión	Carga	Manó-	Módulo	Trabajo
	siones.	media	por	metro	de	del
	—	por metro	metro	de	resis-	metal.
	Milims.	Kgs.	Kgs.	Kgs. mets.	M³	Kg. por mm²
Parte inferior.....	120×80 10	6.250	3.281	379	0.000.033	11,4
Entre las vigas 1 y 2.	120×80 10	4.800	3.032	379	0.000.033	12,1
Entre las vigas 2 y 3.	100×70 10	3.400	2.250	280	0.0000.33	12

Las viguetas están sometidas á las cargas que les transmiten las cuadernas, las cuales pueden considerarse uniformemente repetidas. Tomando como punto de partida la ma-

yor separación entre las vigas verticales (3,50 metros), se deducen los siguientes resultados:

HIERROS	Dimen-	Presión	Carga	Momento	Módulo	Trabajo
	siones.	media.	por	máximo	de resis-	del
	—	—	metro	de flexión	tencia	metal
	Milims.	Kg. por m²	Kgs.	Kgs. mets.	M³	Kg. por mm²
Inferiores.....	340×100 11,5	4.650	4.650	8.175	0.000.644	11,3
Intermedios.....	280×95 10	3.100	3.100	5.449	0.000.450	12,1
Superiores.....	240×85 9,2	2.050	2.050	3.603	0.000.600	12

Las vigas de los refuerzos verticales se hallan sometidas á las cargas que les transmiten las dobles escuadras horizontales, y al mismo tiempo actúan como cuadernas, lo cual determina una flexión de conjunto muy pequeña y una flexión parcial sobre sus cabezas. La sección es igual en toda la al-



tura del cajón, y lo mismo sucede con las diagonales, por lo cual me limitaré á calcular los elementos más cargados, que son las cabezas de las vigas verticales, comprendidas entre las horizontales inferiores, y las diagonales inferiores de las vigas verticales, comprendidas entre las horizontales intermedias. Además, por su distribución especial, las que se hallan en condiciones de carga más fuertes son las que corresponden al centro de las paredes estrechas.

JOSÉ M.ª FUSTER.

(Continuará.)

Revista de las principales publicaciones técnicas.

El mayor dique carenero del mundo.

Esta calificación puede darse al dique recientemente inaugurado en Belfast, por uno de los mayores buques que navegan en la actualidad, el *Olympic*, de la White Star Line.

Esta obra colosal fué adjudicada á fines de 1903 y se comenzó á principios de 1904. Se ha llevado con gran actividad y puede apreciarse su importancia sabiendo que se han tenido que elevar 250.000 metros cúbicos de arena y arcilla y que construir, en la excavación así formada, un dique impermeable de 265 metros de longitud por 30,50 de anchura, habiéndose necesitado emplear 64.000 metros cuadrados de hormigón, 20.000 de mampostería de ladrillos y 30.000 de piedra tallada.

Las obras debían haberse terminado en tres años y medio, pero se han retrasado por reparaciones hechas en el dique Alexandra, que está próximo, y que han necesitado siete años para su conclusión.

El dique Alexandra es de los mayores que existen: tiene 24,40 metros de anchura en la entrada, 15,25 de profundidad y una longitud útil de 244 metros. El dique de que nos ocupamos tiene 29,30 metros de latitud en la entrada, 30,50 en el interior y 259 de longitud, con la puerta en su posición normal para el cierre; pero traslándola de manera que se adose sobre la pared exterior de la entrada, se puede prolongar la longitud á 270,60 metros. Además, vista la tendencia actual á aumentar cada vez más la longitud de los buques, se ha previsto la posibilidad de alargar el dique hasta 30,50 metros, lo que permitirá llegar á una longitud útil de 320 metros, es decir, á poder recibir al futuro buque de 1.000 pies (305 metros).

Los datos siguientes son interesantes: La anchura en el nivel superior es de 39 metros y en el fondo de 31,90; hay sobre el fondo del dique, en las altas mareas equinocciales, 11,36 metros de agua; la cara superior de los caballetes está á 9,98 metros por debajo del nivel de las altas mareas. El zampeado tiene un es-