

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

EL PUERTO DE BARCELONA ⁽¹⁾

Reseña histórica y datos relativos á dos de sus obras más importantes.

Conferencias dadas en el Instituto de Ingenieros Civiles

POR

DON JOSÉ AYXELÁ

Ingeniero Subdirector de las obras.

Prolongación del rompeolas de Levante.

Habiendo demostrado la experiencia en el transcurso del tiempo, allá por el año 1890, los grandes inconvenientes que presentaba el rompeolas de Levante, ejecutado según el proyecto del Ingeniero Sr. Garrán, terminado completamente unos diez años antes, y siendo forzoso por otra parte efectuar la ampliación del fondeadero ante el incesante progreso del comercio y de la navegación en el puerto, que resultaba ya sumamente pequeño para el tráfico que en él se desarrollaba, era de todo punto lógico que una vez terminadas las obras de los muelles que quedaron pendientes de aquel estudio y realizada la urbanización de los de la Muralla y de Barcelona, hubieran de pensar seriamente los Ingenieros de la Dirección facultativa, señores Mondejar y Valdés, en los trabajos que era preciso ejecutar para corregir aquellos defectos y obtener el necesario ensanche del puerto.

Al reseñar someramente la historia del mismo hemos indicado, en efecto, que con los diques construidos por el citado señor Garrán (hoja núm. 10, croquis a), quedaba el fondeadero abierto completamente á los mares del Sur y del SO., y aunque éstos, por fortuna, no eran muy frecuentes, en los días que tenían lugar había gran intranquilidad en el antepuerto y poco abrigo en las dársenas; añadiendo que la forma curvoconvexa del rompeolas del Este y la redondez de su morro favorecían la transmisión lateral de las resacas de Levante y su entrada al interior del puerto por desviación gradual. Hemos

visto asimismo en el curso de la reseña histórica, que las sucesivas ampliaciones del puerto se han efectuado á medida que las necesidades lo requerían, merced á la prolongación del dique del Este; por consiguiente, al tratar de realizar el doble objetivo de aumentar el abrigo y la extensión del fondeadero, parecía lo más natural recurrir á la misma idea, pero huyendo del trazado curvo, tanto más cuanto era punto menos que imposible el buscar un nuevo ensanche por el lado Norte, por la completa falta de abrigo y la necesidad de obras costosísimas con relación á la superficie alcanzada.

PROYECTOS FORMULADOS. — Así lo entendieron los referidos Ingenieros, por lo que, como ya dijimos antes, previa la presentación en 1891 del oportuno anteproyecto de prolongación del rompeolas y establecimiento de diques secos formulado junto con el notable estudio de dársena y careneros para el dique flotante y deponente, después de haber recabado del Centro Superior la sanción de la propuesta del cambio de emplazamiento de aquellos diques incluidos en la distribución aprobada del Sr. Garrán, y obtenida en 1893 la debida aprobación á dicho estudio, redactaron en Mayo de 1895 un detallado y concienzudo proyecto de la prolongación y reforma del dique del Este, el cual, después de varias informaciones públicas y de una penosa tramitación, fué sancionado por la Superioridad en 1897. En dicho proyecto (hoja núm. 10, croquis b), se adoptaba para la obra una forma poligonal en planta y arrancaba la primera línea de la extremidad del tramo recto del dique anterior tangenteando á la curva, siguiendo luego, con otras tres alineaciones más, hasta el final, donde se emplazaba el morro.

Siendo la planta de forma poligonal, se determinaban las orientaciones y longitudes de los lados, de manera que resultando la boca del puerto en la posición y con la magnitud calculada, no fuera excesivo el número de aquéllas por la evidente dificultad que presenta la construcción de los ángulos. Las cuatro alineaciones de dicha prolongación del rompeolas medían, en total, una longitud de 1.157,50 metros; siendo la primera, la mayor, 600 metros, y siguiendo, rigurosamente, la misma alineación recta del dique existente; la segunda y cuarta eran paralelas y esta última tenía la escasa longitud de 30 metros.

Las principales ventajas que se proponían obtener con tal disposición del nuevo rompeolas, eran indudablemente: el abrigo directo del antepuerto y dársenas interiores contra todos los vientos y mares, exceptuando los de un pequeño ángulo comprendido entre el Sur y SO., para no perjudicar la fá-

(1) Véase el número 2081.

cil entrada de los buques; la dificultad de la propagación de las resacas en el interior del fondeadero; la evitación casi absoluta de los aterramientos producidos por el constante avance hacia el Sur de las arenas de la costa y de los aluviones del Besós, que eran los que siempre habían perjudicado al puerto; la posibilidad de fijar cómodo emplazamiento para las grandes formas secas de carena, con doble entrada y en coexistencia con los diques flotantes; la creación de una vasta rada donde pudieran encontrar los buques un seguro tenedero, que formase con el antepuerto una extensión superficial proporcionada á las exigencias del tráfico, y con una zona de gran amplitud perfectamente abrigada de todo mar y viento donde las embarcaciones pudieran fondear y verificar, con toda facilidad y holgura, las operaciones de carga, abastecimiento y alijo.

A fin de conjurar la profunda crisis obrera que en el año 1898 atravesaba el principado catalán, se realizaron, por el sistema de administración, algunos trabajos con sujeción á dicho proyecto y con arreglo á las instrucciones del Centro Superior dictadas al aprobar en el mismo año el estudio para elección de nuevas canteras, vertiendo unos 8.000 metros cúbicos de piedra de escollera que se habían acopiado en las antiguas de Esparró, de la montaña de Montjuich; pero habiéndose resuelto favorablemente la crisis y constituida la nueva Junta del puerto, reorganizada sobre la base del Real decreto de 23 de Mayo de 1899, se consideró oportuno proseguir aquella importantísima obra, verdadera clave de todas las demás del puerto, por el sistema de contrata, de acuerdo con los propósitos del entonces Ingeniero Director Sr. Angulo. A tal efecto, se recabó la competente autorización de la Superioridad, la que designó el día 24 de Abril de 1900 para celebrar la subasta, adjudicándose las obras, en 10 del siguiente Mayo, á D. Miguel Zapata, por la suma de 13.118.000 pesetas, inferior en 349.579,64 á la cantidad del presupuesto de contrata que era 13.467.579,69 pesetas. Pero unos meses antes, ó sea poco después de tomar posesión de su cargo el citado Ingeniero, y previo un estudio detenido sobre el objetivo y condiciones de los trabajos para la prolongación del rompeolas, ya consideró oportuno introducir algunas modificaciones en la traza y perfil aprobados por la misma, lo que efectuó en seguida de celebrada la subasta de la obra, para evitar, de hacerlo antes, la pérdida de tiempo que representaba la suspensión de los acuerdos de la Junta sancionados por el Centro Superior, formulando, con fecha 28 del mismo mes de Abril, el correspondiente proyecto de variación de trazado, con una pequeña economía en el presupuesto anterior, pues ascendía á la cifra de 12.700.838,46 pesetas.

Dicha variación (hoja núm. 10, croquis c) consistía simplemente en que la prolongación partía desde el morro ó extremidad del rompeolas existente con una sola alineación dirigida á la punta del delta del río Llobregat, de una longitud de 1.390 metros, incluso el morro, que era el mismo ya aprobado, con lo que terminaba en la confrontación del punto en que la línea de la costa cambiaba de rumbo para obtener mayor espacio en la entrada del fondeadero, aceptando también como perfil transversal tipo de la obra el más económico de los dos que se incluían en el proyecto anterior con algunas ligeras modificaciones en las fábricas de que se componía, ya que tenía las suficientes condiciones de resistencia y no rebasaba con él el presupuesto aprobado, dada la longitud de dique fijada para el abrigo del puerto, tanto más cuanto que el otro perfil más reforzado no tenía otro objeto que proporcionar una banqueta en el interior para que los barcos pudieran realizar maniobras de carga y descarga, y no se consideraban de momento indispensables para estas operaciones en aquellos lugares. El perfil adopta-

do (hoja núm. 11 de los planos) estaba formado por un basamento general de escollera de mampuestos, que por el lado exterior se coronaba á 14 metros bajo el nivel del mar y se construía sobre él, previamente preparado con una capa de hormigón, un muro de bloques de 80 toneladas, con un poco de talud, hasta la cota de un metro sobre el agua; por el lado interior se recrecía el macizo de escollera y se revestía todo él con otro de gruesa hasta la cota de 2 metros bajo el nivel medio, terminando por este lado con un macizo de bloques y hormigón; entre las dos fábricas concertadas se disponía hormigón por la parte de fuera y escollera pequeña por dentro hasta enrasar sobre el agua, construyendo luego el espaldón, formado también con hormigón por el lado exterior y mampostería por el interno; la coronación del pretil se elevaba á 11,30 metros sobre el nivel medio, y resultaba de 9 metros la anchura del espaldón.

Antes de ser elevado el nuevo estudio del Sr. Angulo á la aprobación de la Superioridad, fué sometido á las informaciones pública y oficial, prescritas en las vigentes disposiciones, pero su tramitación fué sumamente rápida, pues obtuvo la sanción superior á últimos de Agosto del propio año de 1900. Con tal variación se proponía el referido facultativo, entre otros detalles, realizar las obras en forma que permitieran sucesivos ensanches; recabar mayor abrigo para las dársenas y antepuerto hasta resguardarlas por completo de todos vientos, añadiendo, si necesario fuere, un pequeño espigón normal al rompeolas cerca de su extremidad; crear una rada de mayor extensión y un espacio para tenedero de buques de más superficie, y obtener, por último, el abrigo del puerto desde el momento que empezase la prolongación, con lo cual se facilitaba en gran escala la ejecución de los muelles interiores.

Con arreglo á este proyecto reformado, empezó el contratista los trabajos necesarios para realizar tan importante obra. Desde el primer momento tropezó con grandes dificultades para encontrar canteras que proporcionasen la inmensa cantidad de piedra que en ella debía emplearse, decidiéndose, después de un detenido estudio de las que radicaban en los alrededores de Barcelona, por abrir una nueva por su cuenta en las costas de Garraf, distante del puerto unos 27 kilómetros por ferrocarril y 18 millas por mar y lindante con la vía férrea de la Compañía de Madrid á Zaragoza y á Alicante.

Elegido el punto de extracción de los materiales, tuvo que dedicar bastante tiempo para el desbroce y preparación de la cantera; en la construcción del pequeño puerto de refugio necesario para el resguardo y carga, en todo tiempo, de las embarcaciones empleadas en el transporte y vertimiento de las escolleras; en la adquisición del cuantioso material y aparatos auxiliares indispensables para la ejecución de los trabajos; en la preparación del taller de bloques, etc., detalles todos de cierta importancia tratándose de obra tan magna y de tan difícil ejecución; por todo lo cual, no le fué posible empezar las verdaderas obras del rompeolas hasta el mes de Julio de 1902, en que pudo ya verter escollera de mampuestos para el basamento general. Así continuó durante algunos meses, acabando de montar, al propio tiempo, en uno de los muelles del puerto, no lejos del emplazamiento de la obra, el taller de bloques de hormigón para empezar la construcción de estas unidades á últimos de año y seguirla con toda regularidad.

Mientras tanto en el curso de aquel año 1902, y en casi todo el anterior, dedicó gran actividad en la ejecución del puerto de Garraf, obra de relativa entidad y bastante difícil, por lo abrupto y desabrigado de su emplazamiento, logrando obtenerlo en las debidas condiciones para el refugio de las embarcaciones y la carga de materiales, después de mucho tiempo, de

muchas penalidades y empleando una crecida suma. Ya trataremos luego con algún detalle de este poderoso elemento auxiliar, como de otros medios adoptados por la contrata.

Vertiendo escollera para el basamento y fabricando bloques de 80 toneladas, transcurrió todo el año 1903, si bien empleó parte de los meses de verano y otoño en preparar la escollera de fundación y la banquetta de hormigón para el asiento de los bloques que habían de formar, según el perfil adoptado, el muro exterior de defensa de todo el macizo contra la acción del oleaje. En estas operaciones de cimentación se encontraron ya bastantes dificultades, pues en la mayor parte de los días no tenían las aguas la tranquilidad indispensable para realizar trabajos tan delicados; por lo cual, ante la previsión de mayores obstáculos en el curso de la construcción de las fábricas componentes de la obra, singularmente en la colocación de los bloques por medio de la cabria flotante, y en vista de los desgraciados accidentes ocurridos en otros diques ejecutados por análogos procedimientos, solicitó el contratista la variación del perfil, sustituyéndolo por otro cuyas fábricas pudieran llevarse á cabo contando con las frecuentes marejadas y corrientes que se observaban en el emplazamiento de la nueva obra, y en forma tal, que las averías inherentes á la misma, sobre todo en su parte terminal, pudieran ser sumamente limitadas.

La Dirección facultativa, que durante el tiempo transcurrido desde que se iniciaron los trabajos había pensado ya en los inconvenientes que entrañaba la construcción y en la necesidad de modificar el perfil aprobado por otro de mayores condiciones de estabilidad, y en el que pudiesen adoptarse medios de ejecución que no requiriesen la tranquilidad completa de las aguas, estimó acertada la propuesta de la contrata basada en los resultados de la experiencia y se dedicó con gran solicitud al estudio de la sección más conveniente dentro del presupuesto vigente sancionado por la Superioridad.

Largos y prolijos fueron los estudios realizados y numerosas las soluciones ensayadas, pues además de tener en cuenta las circunstancias antedichas, había la muy fundamental de que la cimentación ó plano de asiento de las masas resistentes se hallara á bastante profundidad para que no fueran de temer las socavaciones producidas por las resacas á que dan margen los muros verticales; no se debía olvidar tampoco la actividad que era preciso dar ya á la obra en virtud de las constantes excitaciones del Comercio y entidades interesadas en el puerto, así como la necesidad de que las nuevas fábricas componentes se amoldaran á los útiles y aparatos adquiridos por el contratista; con tales premisas, se analizaron multitud de obras construídas en otros puertos en análogas condiciones de emplazamiento, logrando, por fin, en Noviembre del propio año de 1903, elevar á la Superioridad el proyecto de modificación del perfil transversal, tipo que fué aprobado, poco después, en Enero del siguiente año, mediante algunas prescripciones; discutiéndose en la Memoria correspondiente los inconvenientes del anterior, y justificando, con todo detalle, el empleo de los nuevos elementos adoptados y las dimensiones para los mismos asignadas.

Este nuevo perfil transversal venía á ser el resultado de lo que se practicó en el rompeolas de Bilbao, donde el eminente Ingeniero Sr. Churrua aprovechó la restinga ó basamento sumergido de la primitiva obra que fué destruída por los temporales, para levantar á su redoso, paralelamente y á cierta distancia, el verdadero dique en forma concertada; pero con la diferencia de que en nuestro puerto, las dos zonas, arrojada y concertada, se hallaban casi juntas sobre un basamento general de escollera, á fin de que el importe por metro lineal no fuera

superior al del presupuesto aprobado, según disponía la Superioridad. De aquella obra notable en el arte de la construcción de puertos, levantada en Bilbao por el insigne Ingeniero, dedujo realmente el Sr. Angulo el nuevo tipo de rompeolas para Barcelona, si bien reuniendo los mismos elementos para que, representando cada uno su correspondiente papel, formasen parte integrante de la obra.

Constaba, pues, el perfil propuesto (hoja núm. 11) de un basamento general de escollera de pequeñas dimensiones enrasado á la cota de 9 metros por debajo del nivel del mar, que es la profundidad generalmente admitida en que cesan las socavaciones ó que no tienen lugar las acciones de las corrientes de marejada sobre las piedras de reducido tamaño; sobre aquel basamento se levantaba un macizo de bloques de hormigón de 80 toneladas arrojados, que sobresalían unos 2 metros, por encima del agua, con el talud correspondiente á cada lado. Al abrigo de esta restinga de sillares artificiales y subiendo previamente la escollera del basamento hasta la cota de 6 metros, se disponían unos grandes cajones de hormigón armado de 6 metros de ancho por 7 de altura, rebasando, por tanto, un metro del nivel del mar, y que una vez llenos, debían de servir de base al espaldón. El prisma trapecial comprendido entre la restinga de los bloques y la pared lateral de los grandes cajones se rellenaba con escollera de grandes dimensiones coronada por una capa de mampuestos fuera del agua, para recibir una gran tortada de hormigón compuesta de dos banquetas de crecidas dimensiones, para descomponer el papel asignado á los macizos de guarda que han de evitar los desastrosos efectos de las resacas. El espaldón sobre los grandes cajones rellenos estaba constituido por dos muros de bloques y hormigón entre ellos de 5 metros de espesor en conjunto, que se reducía á 4 en su coronación, situada á 8,50 sobre el mar. Tanto por el lado exterior como por el del puerto, los taludes de la escollera pequeña eran protegidos por un manto de piedra gruesa.

De este modo el núcleo de bloques arrojados, después de haber proporcionado el abrigo necesario para la colocación y relleno de los grandes cajones, pasaba á formar parte del cuerpo del rompeolas como elemento arrojado, y á su vez los grandes cajones, que no han de resistir la violencia del oleaje, quedaban formando la base de la parte concertada con las dimensiones estrictamente necesarias para servir de cimiento al espaldón, siendo la coronación de éste de pequeño espesor, porque no ha de aguantar más que los rociones después de romper el oleaje sobre los bloques, salvar éstos y los dos escalones del macizo de guarda, que es el elemento que realmente necesita grandes espesores que garanticen su resistencia á los extraordinarios esfuerzos producidos por la acción casi directa de las marejadas, por los golpes de ariete y efectos de la resaca.

Las ventajas que se esperaban obtener con este nuevo perfil transversal eran las siguientes:

1.ª El coste de la obra no aumentaría respecto á la del proyecto aprobado, y si en los cajones se lograba alguna economía, sería todavía menor de lo previsto en el presupuesto.

2.ª El macizo ó restinga de grandes bloques artificiales tendría mejores condiciones de resistencia y estabilidad que el muro concertado, y caso de producirse algún asiento por socavación de la escollera de su base ó por sus naturales movimientos con las marejadas, podría reponerse fácilmente el macizo con otros bloques.

3.ª La construcción de esta restinga, sobre todo en su parte general, podría efectuarse durante casi todo el año, y como su avance y el de su basamento era posible hacerlo con rapidez, quedaría en poco tiempo bastante resguardado el antepuerto.

4.ª Al abrigo de esta parte arrojada podría realizarse con mayor facilidad el asiento de la obra concertada que había de sostener el espaldón.

5.ª La profundidad de 6 metros á que se cimentaban los cajones, si bien permitía que todavía existieran socavaciones, éstas serían fácilmente evitables vertiendo en seguida á su pie los correspondientes mantos de escollera gruesa; y

6.ª Las averías se reducirían considerablemente, y caso de haberlas, afectarían á movimientos en el macizo de bloques, de tan poca importancia como fáciles de remediar.

Ya comprenderéis que dejando aparte la feliz idea de reunir en una sola obra las dos construcciones: la de la escollera de bloques y la concertada, que hasta entonces habían constituido por sí sola, aunque en mayores masas, la parte principal de los rompeolas, al objeto de poder ejecutar la segunda al abrigo de la primera, la única novedad que presentaba el perfil era la del empleo de los grandes monolitos de hormigón armado que habían de servir de basamento al espaldón.

Después del éxito alcanzado por el ilustre Churruena en el puerto de Bilbao con los cajones metálicos, por los Ingenieros belgas con los empleados en Zeebrugge y por los franceses en Bizorta, parecía natural que tal sistema se considerase como muy seguro y rápido para la ejecución de los rompeolas. De adoptarlo con toda su integridad en las obras del dique, ó sea, apoyando los monolitos en el fondo del mar ó sobre un ligero basamento, nos hubiera conducido á la construcción de cajones de más de 16 metros de altura, que, aparte de las dificultades materiales que se acumularían en una obra de tan exageradas dimensiones, resultaría de un coste elevadísimo é imposible de ejecutar en un puerto sin mareas y con los calados del nuestro. Por estas razones, después de un detenido estudio sobre los esfuerzos que el oleaje podría producir en la obra y los medios y elementos de construcción de que se disponía en el mismo, se acompañaba en el estudio de modificación el proyecto de un cajón de 10 metros de longitud por 6 de anchura y 7 de alto; deduciendo la primera para que el elemento fuera de fácil construcción, transporte y colocación en obra y no se emplease mucho tiempo en su relleno; el ancho resultaba con exceso de la resistencia que debía tener al empuje de las marejadas, y la altura para que, una vez asentado, sobresaliera un poco del nivel del mar, á fin de hacer la fábrica interior con toda comodidad; dicho cajón se dividía en varias celdas de unos 3 metros, y para la debida resistencia á los esfuerzos que debía soportar, se pensaba armar con hierros las paredes de los testeros y parte del fondo. Para la construcción de estos grandes elementos se dispondría de una pequeña zona en los careneros del dique flotante y deponente, colocando amplias plataformas y los necesarios andamiajes sobre las mismas, y para la botadura, se contaba con aquel aparato, sin que sufrieran perjuicio las operaciones de limpia y carena de los barcos en el constante servicio que debía prestar á éstos.

Así eran descritos muy someramente los grandes cajones de hormigón que una vez rellenos en obra tenían que formar los monolitos debajo del espaldón.

Respecto de la escollera exterior de bloques arrojadas ya hemos indicado que debía estar compuesta de sillares artificiales de 80 toneladas, que equivalen á unos 35 metros cúbicos; los mismos que figuraban en el proyecto aprobado. Dada la forma que ha de adoptar la restinga y los esfuerzos á que ha de verse sometida, no hay duda que era posible componerla con elementos de menores dimensiones más fácilmente manejables, pero como el contratista ya había montado su taller con todos

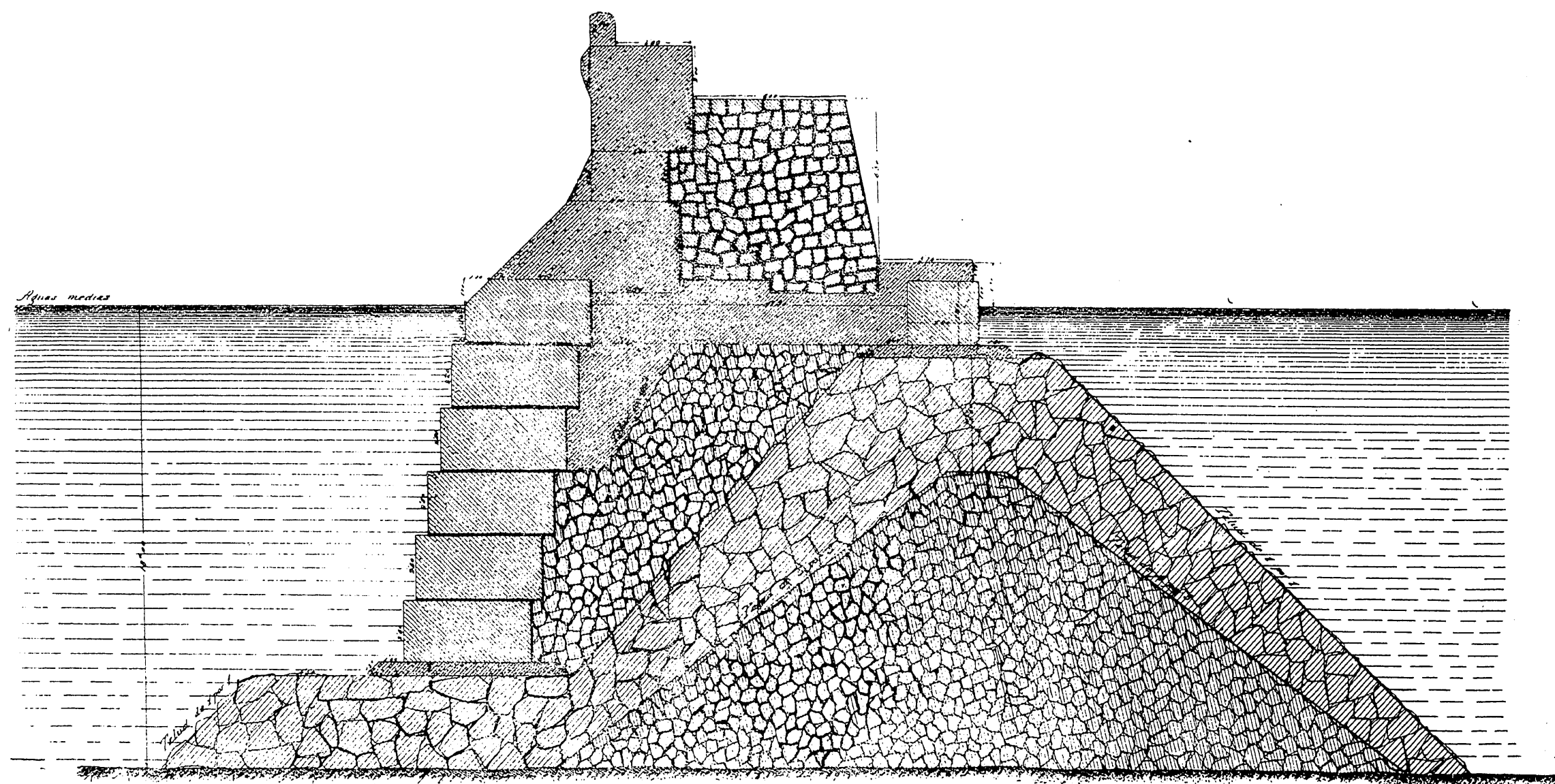
los aparatos dispuestos para bloques de aquel tamaño, se juzgó preferible el empleo de los mismos.

Ahora bien, como el nuevo perfil propuesto era verdaderamente un cambio radical en el sistema de ejecución, á pesar del concienzudo estudio que lo acompañaba, la Superioridad, según antes he dicho, tuvo á bien imponer algunas prescripciones en la Real orden de aprobación. En virtud de las mismas se permitía continuar los trabajos del rompeolas con arreglo á la nueva sección, con los precios contradictorios formulados para las distintas unidades, á excepción de los grandes cajones; se facultaba al Ingeniero Director de las obras para construir y colocar el número de éstos que fuese necesario, hasta determinar las dimensiones y clase de materiales, así como el precio correspondiente, ordenándole al propio tiempo que terminadas las experiencias propusiese el proyecto detallado de aquellos elementos, así como los precios contradictorios respectivos, para que una vez obtenida la aprobación de unos y otros se redactase el presupuesto reformado del rompeolas, que no debería exceder del último aprobado por Real orden de Agosto de 1900.

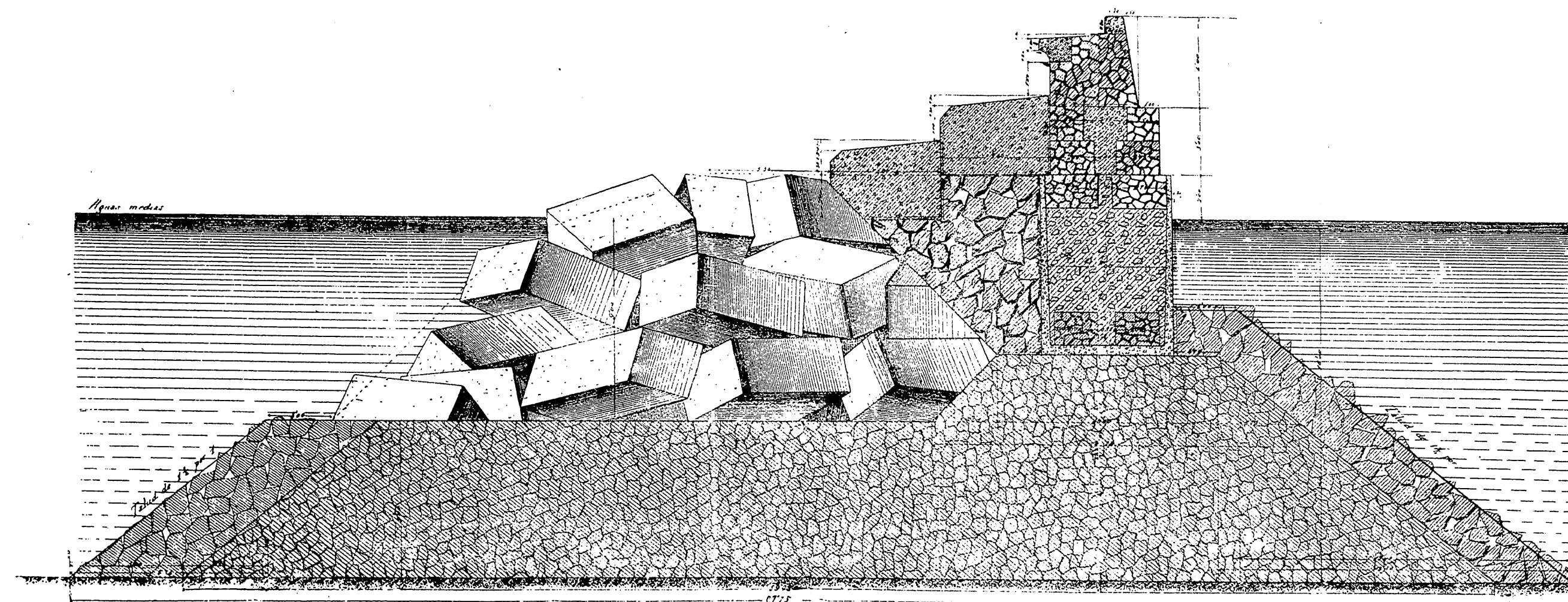
Con arreglo á las instrucciones que acabamos de transcribir, se empezaron sin pérdida de tiempo los trabajos para la construcción de los grandes cajones de hormigón armado, con la idea de disminuir, según los deseos del Centro superior, cuanto se pudiera la cantidad de hierro, hasta suprimirlo por completo si fuese posible, y de aumentar además la longitud con la misma latitud y altura. Largos y muy laboriosos fueron estos ensayos, singularmente porque, dada la novedad, cualquier accidente, por pequeño que fuese, podía haber conducido al fracaso; las condiciones con que se realizaban no eran las corrientes, pues se trataba de trabajos en los cuales tanto valía la afirmativa de que era posible adoptar nuevas soluciones, como la negativa de que había que desecharlas. Existía además en el ánimo de aquel Ingeniero el propósito de construir cajones de hormigón que pudieran transportarse flotando al sitio del empleo, como ha venido haciéndose en los puntos antes mencionados, y ya iremos viendo que el más completo éxito coronó los esfuerzos del facultativo.

Prevía la construcción de las plataformas, los moldes y los andamiajes, que necesitaron bastantes días, y después de acopiar los materiales necesarios, se logró fabricar el primer cajón bloque sobre los careneros de la dársena del dique flotante (hoja núm. 12 de los planos), con las dimensiones de 11,60 metros de longitud por 6 de anchura y 7 de alto, durante los días 16 á 19 de Julio del mismo año de 1904, tomando la precaución de armar con hierro las paredes de los testeros y el fondo en las proximidades de éstas, procediéndose á su botadura por medio del dique flotante, transporte con remolcador, colocación en obra después de dejar entrar en su interior el agua necesaria, y posterior relleno con hormigón, en 5 de Septiembre siguiente y días sucesivos. No detallaremos la disposición dada á los andamiajes y moldes, la forma y espesores adoptados en el cajón, ni los materiales que entraron en su composición, por tratarse de unos ensayos y porque fueron tan numerosos que alargáramos demasiado este escrito sin necesidad alguna, ya que todo ello puede estudiarse en las Memorias publicadas por la Dirección de las obras.

Vencidas ya, con la ejecución y asiento del primer monolito, las principales dificultades del problema, se reanudaron con toda rapidez los trabajos para construir otro cajón; de este modo, podía depurarse mejor el importe correspondiente de estos elementos y redactarse su proyecto con mayor conocimiento de causa. Al efecto, se prepararon las plataformas, moldes y andamiajes de conformidad con las ligeras variaciones que



PERFIL TIPO PRIMITIVO DE LA PROLONGACIÓN DEL DIQUE DEL ESTE



PERFIL TIPO NUEVO

debían introducirse en su disposición, y en los días 21 á 26 de Noviembre del propio año 1904 se fabricó el segundo cajón de 12,10 metros de longitud por 6 y por 7, modificándolo, respecto del anterior, en el sentido de emplear gravilla en lugar de piedra machacada, suprimir toda armadura de los testeros y del fondo, al que se le dió un espesor uniforme de un metro (hoja núm. 12), unir los testeros con los tabiques inmediatos por medio de otro transversal y reforzar la coronación de las paredes laterales en todo el contorno con dos varillas de 25 milímetros de diámetro que debían servir de zuncho general para el transporte. De este modo, los testeros de las celdas venían á ser unas superficies conoides, cuyo plano director era vertical y paralelo á la cara menor de los cajones, teniendo por directrices una recta situada en la coronación á 10 centímetros de la arista y una semicircunferencia de 2 metros de diámetro situada en un plano horizontal á un metro de altura del fondo, con su diámetro paralelo á la cara mayor del bloque y el vértice á 30 centímetros de éste; con lo cual, el espesor de estas celdas en dichos testeros era de 30 centímetros abajo y sólo 10 arriba, y en las paredes laterales de 20 y 10, respectivamente, cuyas paredes ó tabiques transversales de cajón no llegaban hasta arriba, sino que se las terminaba un metro antes en su zona central. También se tomó la precaución, que resultó innecesaria, de acodalar los tabiques transversales unos con otros mediante unos maderos. Por no presentarse el tiempo en condiciones apropiadas, no pudo botarse y colocarse en obra hasta el 31 de Marzo del año siguiente, rellenándose, en los días sucesivos, sin el menor contratiempo.

Fabricados y colocados ya con buen resultado dos cajones con una longitud media de 12 metros, quedaba por conseguir el alargamiento; á este fin, se prolongaron los ensayos, precisando más los detalles y estudiando mejor las condiciones de resistencia de estos grandes elementos. Se pensó en aumentar la longitud hasta 18,60 metros, para lo cual se conservó la misma disposición y sólo se tuvo que variar el número de celdas intermedias poniendo seis en lugar de tres. Con estos propósitos se prepararon nuevos moldes, se ampliaron las plataformas y los andamiajes, se introdujeron algunas modificaciones en el modo de ejecución que nos reveló la práctica de los dos anteriores, y una vez todo dispuesto, durante los días 5 al 11 de Mayo de 1905, se procedió á la construcción del tercer cajón (hoja núm. 12) de la citada longitud de 18,60 metros y de las mismas dimensiones transversales de 6×7 , que los dos primeros. Pasado el tiempo necesario de permanencia en el secadero y hechas las pruebas de completa impermeabilidad, se procedió á la botadura, transporte, colocación y asiento en obra en línea con los anteriores, en el día 13 de Julio, rellenándolo en los sucesivos sin dificultad alguna, después de haberlo lastrado con bloques de forma á propósito, á pesar de que la aparición de una grieta que cortaba el testero del cajón por un plano horizontal á pocos centímetros por debajo del nivel del mar, nos obligó á tomar ciertas precauciones.

El material aglomerante empleado en la fabricación de los tres cajones-bloques fué el cemento portland de clase superior; para el relleno se empleó la cal hidráulica y el portland corriente.

Con la fabricación y colocación en obra de estos grandes elementos quedó resuelto con éxito muy satisfactorio el problema pendiente de su empleo, y quedaba, por tanto, sancionada la sección transversal propuesta para el rompeolas; sobre todo, estaba demostrado que podían construirse de hormigón solo, sin armadura de hierro, salvo unas ligeras cabillas en el contorno de la coronación para darle resistencia, en el transporte y en los pequeños choques con los cuerpos extraños.

Ciertamente que dichos cajones no tenían para estos esfuerzos accidentales la resistencia que se consigue con las envolventes metálicas, y, por tanto, que ni en la botadura ni en el asiento podían adoptarse procedimientos violentos como los usados en Zeebrugge, donde se dejaba ontrar el agua por las bordas motivando un verdadero naufragio para que la caja se asentara en su sitio; pero no vemos la necesidad de acudir á tales medios en el Mediterráneo, ni hasta en los mares con mareas. En el puerto de Barcelona estos detalles del transporte, colocación y asiento en obra se hacían sin la menor dificultad, aprovechando días de bastante calma. Respecto de la construcción y botadura, tampoco debían surgir obstáculos; claro está que nosotros disponíamos de los careneros y del dique flotante y deponente, que levantaba el cajón como una embarcación cualquiera; pero de no tener aquel aparato, se hubiese podido habilitar una instalación análoga por medio de flotadores, ó un varadero con vagonetas sobre las que se fabricase el cajón, ó construyendo un dique flotante de madera; cualquier solución resulta de no muy elevado coste. No hace muchos años, en el puerto de Kobe, del Japón, el Ingeniero Morigaki, que salió muy bien impresionado de la visita á las instalaciones de nuestro puerto, proyectó y ejecutó, según hemos referido en páginas anteriores, una zona con careneros y un dique flotante para la construcción de unos grandes cajones de hormigón destinados al basamento de los muros del muelle.

En plena posesión de todos los datos que eran precisos para cumplir las prescripciones dictadas por la Superioridad en su Real orden aprobatoria del nuevo perfil transversal, la Dirección facultativa, sin pérdida de tiempo, esto es, en 1.º de Agosto de 1905, pocos días después de colocar el tercer cajón, remitió el estudio completo para la construcción de los cajones y los precios contradictorios correspondientes, describiendo en el mismo los ensayos efectuados y los resultados obtenidos. Dicho estudio mereció la sanción del Centro superior en 3 de Octubre del propio año, mediante una Real orden en la que se aprobaba el empleo de los grandes monolitos, imponiendo empero algunas condiciones respecto á su longitud, materiales con que debían rellenarse, bases que habían de regir en la ejecución y los precios que debían fijarse de acuerdo con el contratista. Á tenor de lo dispuesto en estas prescripciones, con fecha 7 de Noviembre siguiente se redactaron y remitieron á la Superioridad los precios contradictorios reformados y los artículos adicionales al pliego facultativo que debía regir en la construcción, colocación y relleno de los consabidos cajones-bloques, siendo aprobado este nuevo estudio por Real orden de 30 del propio mes.

Por otra parte, habiéndose dignado el Ministerio de Fomento nombrar, con fecha 3 de Agosto del mismo año 1905, á los Sres. Angulo y Valdés, Ingenieros Director y Subdirector del puerto, Delegados suyos, junto con otros Ingenieros de Caminos, para asistir al X Congreso de Navegación que debía celebrarse en Milán en el mes de Septiembre siguiente, redactaron aquellos facultativos una Memoria, que presentaron á la consideración de los técnicos allí reunidos, justificando el tipo de perfil que hemos descrito, no sólo con la idea de que podía interesar á los congresistas los procedimientos empleados en la construcción de los monolitos, sino también para conocer el criterio de los mismos acerca del referido perfil, y en caso de que mereciera censura, modificarlo en cuanto fuera menester, porque lógico es que las obras en las cuales se invierten tan enormes sumas deben ejecutarse tomando todas las precauciones y garantías á que alcance la previsión humana, y aun así jamás hay la certidumbre de llegar por completo al resultado apeto-

cido. Á pesar de que el trabajo fué escrito posteriormente á la fecha en que debía haberse enviado, lo aceptó la Comisión con favorable y unánime complacencia, incluyéndolo entre los que trataban de la «Construcción de los diques exteriores de los puertos en vista de la potencia de las olas que deben resistir», de cuyo tema fué el ponente encargado el distinguido Ingeniero italiano Lo Gatto.

Sancionada de este modo la nueva sección propuesta para el rompeolas, no sólo por los acuerdos del Centro Superior, sino por el voto igualmente de calidad de los técnicos de otras naciones, quedaban por orillar, en el terreno práctico, las dificultades inherentes á todo cambio radical de sistema, y las relativas á la buena fabricación y perfeccionamiento de un modelo de cajones para bloques monolíticos de tan considerable volumen, completamente nuevo, y que por su delicada naturaleza constituía, realmente, un alarde de atrevimiento en el arte de las construcciones. Por todo ello, y por la necesidad de modificar, en sentido más favorable á la rapidez y buen éxito de la fabricación, los andamiajes y moldes que sirvieron para los ensayos; de disponer el terreno en las condiciones convenientes para el acopio en gran escala de los materiales, y de vencer, por último, algunas pequeñas dificultades que se notaban al efectuar el lastrado y relleno de los grandes cajones en obra, el contratista, durante algún tiempo, dió poca actividad á la construcción de estos elementos, limitándose á fabricar uno que era el número 4, á fines de Septiembre del propio año 1905, que se colocó sin novedad en obra á primeros del año próximo; y solos dos más durante éste en los meses de Marzo y Julio, que se asentaron, respectivamente, en su emplazamiento en los siguientes de Junio y Septiembre, parando luego por algún tiempo la fabricación, para realizar las modificaciones antedichas y adquirir nuevos aparatos, y así poder reanudarla antes de la mitad del año 1907. Mientras tanto, los esfuerzos de la contrata se dirigieron á los trabajos de prolongación de las escolleras de basamento y de la restinga de bloques arrojados, de cuyas obras existía, á fin de 1906, una regular extensión longitudinal.

La Dirección facultativa, por su parte, una vez resueltas las dificultades que al principio se le presentaron al contratista para la fabricación de los grandes cajones en vasta escala, y vencidos los pequeños inconvenientes que se observaron en su lastrado y relleno en obra; sancionados también por la Superioridad los precios que debían aplicarse á estos nuevos elementos de construcción, y conocidas, finalmente, las ventajas de introducir ligeras reformas en el perfil aprobado por la provechosa enseñanza obtenida con las averías ocasionadas en los últimos temporales, consideró que había llegado la ocasión de redactar el proyecto reformado de la prolongación del rompeolas, sobre la base de la nueva sección transversal aprobada, y cumpliendo así lo dispuesto en una de las prescripciones contenidas en la Real orden de Enero de 1904, al sancionar el cambio de perfil de la obra. Hechos los trabajos y estudios preparatorios, se remitió el citado proyecto con fecha 7 de Agosto de 1907.

En este nuevo estudio, adoptando para dicha prolongación la misma longitud de 1.390 metros desde el origen hasta el frente ó extremidad del morro, se le añadía un espigón normal al rompeolas, situado á los 1.200 metros y de 170 de longitud; con una sección transversal compuesta de un basamento general de escollera coronado á 4 metros bajo el agua, encima del cual había dos hiladas de bloque de 80 toneladas, que servían de base al espaldón de mampostería y hormigón, reforzando este conjunto, por el lado de afuera, con un revestimiento de escollera gruesa y una restinga de bloques.

La adición de este espigón se consideró de suma necesidad para prestar el conveniente abrigo á la dársena del Morrot, que entonces se ejecutaba, ya que, con la sola prolongación del rompeolas, entraban sin dificultad algunas marejadas del Sur y del SO.

Al propio tiempo, en aquel estudio se incluía la construcción de un basamento para una baliza luminosa fija prescrita como señal, á los dos tercios de la longitud desde el origen; se proponía la composición del morro del dique con los mismos elementos empleados en toda la extensión de éste, ó sea, con escolleras, monolitos y hormigón, dándole en conjunto la forma conveniente, y se variaba, por último, algo el perfil transversal aprobado para el rompeolas, en el sentido de darle mayor robustez, ó sea, reforzando las banquetas de escollera gruesa de revestimiento y reduciendo á un solo macizo de hormigón, de forma trapecial, el bloque escalonado llamado de guarda.

A pesar de que estas variaciones motivaron un crecido aumento en el último presupuesto aprobado, debido principalmente al obligado aditamento del espigón y al cambio del morro, ya que la modificación en el perfil transversal aprobado del rompeolas sólo implicaba unas pocas pesetas por metro lineal, la Superioridad estimó acertado el proyecto presentado y lo sancionó mediante la imposición de algunas condiciones, con la Real orden de 26 de Junio de 1908.

El presupuesto anterior por contrata, de 12.700.838,46 pesetas, había pasado á ser de 16.892.429,93 pesetas.

Instalados por el contratista los nuevos moldes y andamiajes y demás aparatos inherentes á la más fácil y rápida fabricación de los grandes cajones de hormigón, que constituían una vez llenos el basamento del espaldón del rompeolas, reanudó estos trabajos á fines de Mayo de 1907, llegando á construir en el resto del año cinco unidades, de las cuales tres fueron colocadas en los meses de Agosto y Septiembre y las otras dos en los de Enero y Mayo del siguiente. Las demás fábricas componentes de la obra se ejecutaban sin dificultad y con rápido avance, sobre todo el basamento de escollera pequeña y la restinga de bloques arrojados de 80 toneladas, sin descuidar la plataforma de hormigón situada sobre los monolitos y el prisma de escollera gruesa y el macizo de abrigo del espaldón. De esta suerte quedaba fácilmente asegurada la marcha de la obra, ya que la fabricación de cajones podía realizarse en todo tiempo de un modo continuo y activo, aprovechando luego para su colocación y relleno en obra los días de más calma del período estival.

En el próximo año de 1908 fueron ya en número de 11 los cajones contruidos, de ellos pudieron colocarse en obra seis durante el año, otros cuatro en el siguiente, y el último tuvo que quedar para el de 1910. Las demás fábricas siguieron sin interrupción alguna, dando toda la actividad posible á los hormigones de la plataforma, macizo de abrigo y parte baja del espaldón.

Designado por el Gobierno el actual Director facultativo de las obras, D. Julio Valdés, para representar á nuestro país, junto con otros Ingenieros, en el XI Congreso internacional de Navegación, celebrado en San Petersburgo en Mayo de dicho año, pudo presentar al exámen y discusión de los técnicos allí reunidos, y como complemento de la nota redactada para la anterior Asamblea, otro trabajo sobre la construcción del puerto conteniendo todos los datos relativos á los nuevos moldes y andamiajes instalados para la fabricación de los grandes cajones, así como los resultados obtenidos en su lastrado y relleno en obra. Desde el momento que la innovación fué antes perfectamente recibida, á pesar de hallarse dentro del terreno de prue-

ba experimental, parecía natural que cuando la práctica había sancionado la bondad del sistema se diese cuenta de todo lo actuado desde su iniciación; excuso decir que el Congreso prestó al trabajo presentado la más benévola acogida.

Las prescripciones impuestas por la Superioridad al aprobar, según ya hemos indicado, en Junio de 1908, el proyecto redactado el año anterior; las enseñanzas obtenidas en el curso de la construcción por las averías ocurridas á causa de los temporales, y, sobre todo, la necesidad imprescindible de aumentar la prolongación del rompeolas á fin de obtener un antepuerto de la extensión suficiente para el fácil acceso y la paralización de la arrancada de los grandes transatlánticos al querer entrar en el puerto con vientos duros del Norte ó de Levante, obligaron á la Dirección á formular un nuevo proyecto reformado, que se remitió á la Junta, para su elevación al Centro Superior, en Mayo de 1909.

En la Memoria correspondiente á dicho estudio se justificaron, con todo detalle, las modificaciones introducidas en la composición de los morros del dique y del espigón con los mismos elementos que integraban el cuerpo del rompeolas, y la sección nueva adoptada para el espigón formándolo también con escolleras, bloques arrojados y monolitos, y sobre éstos el espaldón; todo ello en consonancia con las disposiciones prescritas por la Superioridad. Se razonaban, asimismo, las variaciones introducidas en el perfil transversal del rompeolas para reforzar algunas fábricas y evitar la desaparición de otras, cuyas variaciones consistían en: aumentar el manto de escollera de revestimiento interior adosándolo á los monolitos para impedir el vuelco de éstos; sustituir el plano inclinado del macizo de hormigón exterior al espaldón por un escalonado que quebrantara más fácilmente el oleaje y no tuviera ya fuerza en el retroceso; subir un poco la altura del espaldón para ponerlo á igual cota que la del recrecimiento del antiguo dique, ya que habían de formar una sola obra el día de mañana; ensanchar el cordón de escollera gruesa al pie del macizo de hormigón exterior, cuya escollera viene á constituir el medio elástico para unir las dos partes arrojada y concertada; añadir á la coronación del espaldón otro pretil y un pequeño adorno formado por un toro y un baquetón en el lado interno, y, por último, construir algunos refugios y escaleras á cierta distancia para comodidad del servicio y de los paseantes.

Además, teniendo muy en cuenta que de la disposición del trazado de los rompeolas depende el que los buques puedan hacer su entrada y salida del puerto en todo tiempo y en las mejores condiciones de seguridad, circunstancia que afecta en grado sumo al desenvolvimiento y vida mercantil de estos centros marítimos, se demostraba en el estudio la necesidad de prolongar más la alineación que se iba construyendo, singularmente después de la creación de la grandiosa dársena exterior del Morrot y del nuevo contradique, llevando la extremidad del morro (véase hoja núm. 13 de los planos) á la distancia de 1.600 metros del origen, y situando el espigón á 200 metros de este final, dándole 150 metros de longitud.

Todos estos cambios y ampliaciones motivaban un aumento en el presupuesto de la obra, que de 16.892.429,93 pesetas se elevaba á 19.455.095,63 pesetas; sin embargo, la Superioridad, previos los informes favorables de las entidades á quienes competía tal misión en virtud de los Reglamentos vigentes, se dignó aprobar el nuevo proyecto con la propuesta de la Dirección facultativa, dictando la oportuna Real orden, con ligeras prescripciones, en 10 de Junio de 1910.

Mientras tanto, el contratista, durante el año 1909, impulsó las trabajos con bastante actividad, vertiendo y colocando

escolleras de las dos clases, pequeña y gruesa; fabricando y arrojando bloques de 80 toneladas; ejecutando hormigones para la plataforma general, macizo exterior y espaldón, y, finalmente, construyendo grandes cajones-bloques y colocándolos en obra, para después de rellenos, convertirlos en monolitos, de los cuales se pusieron en número de once, desde mitad de la primavera á final del verano.

En los primeros meses del año siguiente de 1910, continuaron las obras la marcha rápida y activa de los anteriores, en todo lo que cabe dentro de la estación invernal, pero con objeto de acelerar los trabajos durante el verano, evitando algunos inconvenientes que se presentaban en la colocación y relleno de los grandes cajones, se hicieron pequeñas reformas en las dimensiones de estos elementos. En efecto, al efectuarse, *sur place*, el relleno de los mismos, se venía observando que, á causa de la poca altura á que resultaba su coronación sobre el nivel del mar, tenían acceso á su interior los rociones á la menor oscilación de las aguas, deslavando con ello los hormigones, y obligando, en multitud de ocasiones, á suspender los trabajos y practicar luego el necesario aglutamiento. En su virtud, el contratista solicitó de la Dirección en el mes de Abril que se le permitiera aumentar la altura de dichos cajones en 80 centímetros, sin modificar para nada la longitud y el ancho; no existiendo por parte de aquélla inconveniente alguno, después de estudiar el asunto con toda detención, y concediéndole la oportuna autorización, á tenor de las facultades que poseo por el Reglamento especial vigente para la Junta del puerto. La práctica nos dió pronto la razón, pues los primeros cajones que se colocaron con las paredes más altas pudieron rellenarse en obra sin interrupción alguna por las marejadas y sin tener que agotar como en los anteriores.

Pocos meses después, á primeros de Noviembre del propio año de 1910, habiéndose observado que en la pasada campaña de verano, aun con los varios cajones que se tenían en depósito y después de haber acumulado todo género de medios, fué relativamente reducido el número de los que pudieron colocarse en obra, por haber sido muy contados los días de bonanza, el contratista, á tenor de lo estipulado en las condiciones para la construcción de estos elementos, se sirvió manifestar á la Dirección de las obras la resolución que había adoptado de aumentar la longitud de los mismos hasta 25,20 metros, mediante la adición de tres nuevas celdas idénticas á las seis del modelo aprobado, y cuyas celdas medían, entre ejes de los tabiques transversales, la distancia de 2,20 metros. Como tal variación, teniendo los cuidados necesarios en el transporte y colocación en obra y preparando debidamente la superficie de coronación de la escollera que les sirve de asiento, no podía irrogar perjuicio alguno para la solidez de los referidos cajones, y permitía, en cambio, acelerar la marcha de los trabajos, no se tuvo tampoco inconveniente en admitirla, mediante la adopción de algunas precauciones que se dictaron para la preparación de dicha base de asiento y durante el relleno, á fin de evitar que aquéllos sufrieran esfuerzos anormales que pudieran ocasionar su rotura.

Por lo demás, aparte de los monolitos, de los que se colocaron hasta el crecido número de catorce, algunos de ellos en días en que, por el estado del mar, parecía una verdadera temeridad, en el curso del año el contratista no dejó de verter y colocar en gran escala, las dos clases de escollera, fabricó y arrojó muchos bloques de 80 toneladas y construyó gran cantidad de metros cúbicos de hormigón en la superestructura del rompeolas, sobre todo en la parto alta del espaldón, para dejar la sección terminada; escalonando así los diversos elementos de la

obra, conforme aconseja la experiencia, á fin de que los basamentos inferiores al nivel del mar sean batidos largo tiempo por las marejadas para conseguir su buen asiento y trabazón antes de levantar sobre ellos fábrica alguna, único medio de que estos macizos superiores tengan un apoyo perfectamente estable, sin cuya condición podrían cuartearse y dislocarse por la continuada acción de los temporales.

Al acabar el referido año de 1910 el adelanto de las obras era el siguiente:

En una extensión de 332 metros desde el origen, la sección se hallaba completamente terminada; había además 446 metros lineales con la parte inferior del espaldón y el macizo exterior; 550 metros en que la sección estaba completa hasta la plataforma de hormigón, situada á 2 metros sobre el nivel del mar; 726 metros del prisma de escollera gruesa colocada entre la restinga de bloques y los cajones; 790 metros con grandes cajones monolíticos, plataforma superior á los mismos y revestimiento interior de escollera gruesa; 1.000 metros de basamento de escollera pequeña para la explanación de los grandes cajones; 1.410 metros de restinga de bloques arrojados de 80 toneladas, y 1.550 metros de basamento general de escollera.

Durante el siguiente año de 1911 no disminuyó la actividad ejercida en los tres precedentes, al contrario, como ya se fabricaron los cajones de mayor longitud, aunque sólo fueron diez los que pudieron colocarse, y de ellos tres con las dimensiones anteriores, pudo darse un avance de 234 metros en la extensión de los monolitos, adelantando al mismo compás las demás fábricas superiores, singularmente las grandes masas de hormigón de la parte baja del espaldón y del macizo exterior, que aumentaron en una longitud de más de 180 metros.

Ahora bien, en el estado de avance que ya se encontraba la obra parecía natural que se procediera á dar cumplimiento á las prescripciones impuestas por la Superioridad al sancionar, en Junio de 1910, el proyecto vigente para la misma. Entre dichas prescripciones figuraba la de que se ensanchase el basamento de escollera del morro propuesto para aumentar la restinga de bloques artificiales de su alrededor, construyendo además un cordón de escollera gruesa al pie de aquella restinga y de la del espigón para evitar el corrimiento de los bloques, y la de que se reforzase el ángulo del morro del dique que miraba á Levante con dos monolitos más. Por otra parte, en el curso de la construcción durante los últimos años se había podido apreciar que la sección transversal tipo de la obra resultaba en la realidad algo diferente de lo proyectado, sobre todo en las masas arrojadas de la infraestructura, siendo por todo extremo conveniente acomodar el presupuesto á estas exigencias inevitables antes de acabar los trabajos.

Existía, en efecto, mayor volumen de lo prescrito en la escollera de mampuestos arrojada que forma el basamento general, porque los taludes en la práctica del vertimiento resultaban más tendidos, porque indudablemente habría alguna socavación en el pie de los mismos siendo el fondo de arena, porque las corrientes submarinas hacen desviar los materiales en su caída en tan grandes alturas de vertimiento y no quedan en el sitio que se desea, cosa que es difícil prever, y, finalmente, porque las marejadas removían en muchas ocasiones la piedra preparada en la banqueta para asentar los monolitos y era preciso reponerla en seguida; así pues, debían variarse los volúmenes de la escollera pequeña sobre la base de dar los taludes de 2×1 , como término medio de los que en la obra se encontraron. Por la misma razón, resultaba mayor cubo en la de grandes dimensiones empleada como vertida para revestir dichos taludes; igualmente que respecto á la colocada en el prisma

comprendido entre las paredes de los monolitos y la restinga de bloques á causa de que parte de aquélla forzosamente tiene que ir rellenando los huecos de este macizo, pues no cabe duda que la continuada acción del oleaje consolida y afirma la construcción, pero á expensas del material que se requiere para rellenar los huecos y conseguir más estabilidad.

A causa del descenso que sufren los monolitos á medida que se van asentando sobre el basamento de escollera, que en algunos puntos rebasa la altura de 12 metros, la plataforma de hormigón construída sobre ellos y la escollera gruesa del prisma resultaba de mayor espesor que la marcada en el estudio aprobado; además era conveniente dar á la banqueta interior mayor anchura de un metro para el fácil corrimiento de los moldes del espaldón y el paso del personal, motivando todo ello mayor cubo en el hormigón de dicha plataforma.

También se había creído conveniente, en el curso de los trabajos, modificar la constitución de la fábrica del espaldón sin afectar á la sección aprobada, á la resistencia, ni al presupuesto, sustituyendo el hormigón con mampuestos por hormigón sólo un poco más árido, esto es, con la misma cantidad de material aglomerante por metro cúbico de obra, lo cual resultaba perfectamente aceptable en aquel sitio resguardado por el macizo de defensa y sin estar directamente expuesto á la acción del oleaje; igual sustitución de fábrica habíamos efectuado con éxito en el relleno de los monolitos.

Se consideró asimismo oportuno dar cuenta de las variaciones introducidas en la longitud y sección de los grandes cajones aunque no afectasen para nada al coste de la obra; de las alteraciones que presentaban los taludes de la restinga de bloques arrojados, aunque la diferencia en el cubo total no tenía importancia, y, finalmente, era preciso hacer constar la supresión de la fábrica sobre el nivel del mar, proyectada para asiento de la baliza luminosa, que por razones varias no se había colocado.

Todas estas modificaciones en los perfiles de las masas de la infraestructura y las alteraciones sufridas en los macizos de los hormigones resultantes en el curso de la construcción, así como las ampliaciones de obra prescritas por la Superioridad para refuerzo y la supresión antes indicada, dieron margen á un nuevo proyecto reformado, que debía considerarse ya como definitivo y de liquidación, pues el perfil transversal tipo propuesto (hoja núm. 14) se ajustaba como término medio á lo que en la práctica se había ejecutado. Remitido dicho estudio á la Junta en Noviembre de 1912 para su elevación á la Superioridad, ésta, previos los oportunos informes, y en vista de las razones alegadas en la Memoria correspondiente, se dignó aprobarlo en todas sus partes en Septiembre de 1913, á pesar de que el presupuesto de contrata que antes era de 19.455.095,63 pesetas, se elevaba á la cifra de 22.393.017,76 pesetas, produciendo un adicional de 2.937.922,13 pesetas, de las cuales la mayor parte, ó sea 2.290.663,38 correspondían á la prolongación del rompeolas por exigencias inevitables de la construcción, y el resto de 421.865,25 al morro del dique y 225.393,52 al espigón con su morro, por los esfuerzos ordenados por el Centro Superior.

Durante los años 1912 y 1913, mientras se estaba preparando y tramitando el estudio definitivo de la prolongación del rompeolas, continuaban los trabajos con asombrosa actividad, tanto en el vertido y colocación de las escolleras de todas dimensiones como en la fabricación y lanzamiento de bloques de 80 toneladas y ejecución de los diversos macizos de hormigón de la superestructura del rompeolas, dando gran impulso, sobre todo en verano, á la colocación y relleno de los monolitos, prescindiendo muchas veces de no tener la tranquilidad

necesaria en las aguas, ya que en dichos años fueron muy pocos los días de verdadera calma dentro del período estival, y en la formación de los basamentos interiores de los morros del dique y del espigón para que pudiera transcurrir el tiempo necesario y fueran batidos por las marejadas antes de levantar sobre ellos fábrica alguna.

El rápido avance que se ha dado á las obras en estos últimos años ha sido tal, que abrigamos la creencia que no se ha igualado en rompeolas alguno de la importancia del de Barcelona y en sus condiciones de situación; pues si natural y lógicamente consideramos á los grandes monolitos, que constituyen la base donde se levanta el espaldón, como el elemento más propio para graduar el adelanto de la obra, no sólo por las dificultades que entraña la construcción de aquellos enormes cajones de hormigón, sino por las que llevan consigo su transporte y la colocación y relleno en el lugar de su emplazamiento, operaciones estas últimas que pueden realizarse únicamente en los días de mucha calma de los meses de verano, ya que los demás elementos que completan el rompeolas, tanto las escolleras que forman los basamentos generales como las dis-

tintas fábricas sobre el nivel del mar, pueden ejecutarse, como así se ha venido haciendo, con relativa facilidad durante todo el año, á excepción de los días de temporal; bastará consignar, en apoyo de nuestro aserto, que en el año 1912 se colocaron en obra diez de aquellas grandes unidades, de la longitud de 25,20 metros, motivando un adelanto de 254,50 metros, incluso las ranuras; que en el 1913 se han logrado emplazar en su sitio catorce cajones, diez en la prolongación del dique y cuatro en el espigón, produciendo un avance total en las dos obras de 355 metros, y que en el pasado año de 1914 fueron quince los cajones colocados, diez para formar la base del morro del dique y cinco para terminar el espigón y componer su morro; cifras todas éstas que son realmente elevadas tratándose de la ejecución de los grandes rompeolas, y que sólo pueden lograrse con el auxilio de muchos medios y aparatos como los que dispone y puso en práctica la contrata, de acuerdo con las instrucciones de la Dirección, al empezar el primero de los citados años.

(Continuará.)

Revista de las principales publicaciones técnicas.

Los dirigibles Zeppelin y su empleo en la guerra actual.

Reconocido el importante papel que la aeronáutica desempeña en la guerra actual, no dudamos que es interesante el artículo que á este asunto dedica *Le Génie Civil* del 22 de Mayo, y por esta razón damos á continuación un extracto del mismo.

Claro es que entre los diferentes aparatos, aeroplanos, dirigibles, globos cautivos, que se emplean, cada uno tiene una misión especial que cumplir en la guerra; así los aeroplanos, cuyo gran número y rapidez en las evoluciones permiten se les pueda repartir por todas partes donde hay necesidad de ellos, son los más aptos para las informaciones y reconocimientos, mientras que los dirigibles, en número forzosamente más restringido, no pueden tener la flexibilidad en la maniobra que los aeroplanos y se les destina á necesidades excepcionales y más concretamente al bombardeo de las poblaciones.

Aunque en diferentes ocasiones nos hemos ocupado de esta clase de aparatos, nos parece interesante volver á tratar de ellos é indicar los nuevos tipos realizados, como lo hace M. A. C. en el artículo mencionado.

Sabemos que los zeppelines derivan de un tipo estudiado á partir de 1895, próximamente, por el Conde Zeppelin, que se instaló con este objeto en las orillas del lago de Constanza, en la parte alemana, en Friedrichshafen. El principio de que partía no era, por otra parte, nuevo, puesto que M. Spiess había obtenido la patente en Francia desde 1873; constitución de un conjunto de globitos distintos, encerrados unos al lado de otros en una envoltente común y conservación de la forma general por una armadura metálica rígida, tan ligera como fuera posible (gracias al empleo del aluminio) pero todavía muy pesada. Resulta de aquí inmediatamente la necesidad de un volumen elevado de hidrógeno, tan puro como sea posible, para obtener la fuerza ascensional deseada, y, por un círculo vicioso, este gran volumen de la envoltente hace también mayor al globo, y por lo tanto más pesado, y exige un aparato propulsor tanto más potente.

Estas desventajas no han podido vencer la terquedad del inventor. Aunque muy costosos y terminando generalmente por la destrucción prematura de los dirigibles, por explosiones ó dislocaciones producidas por ráfagas de viento en los aterramientos, los ensayos han continuado, con la ayuda de los subsidios oficiales y de las suscripciones públicas, y los zeppelines han ocupado un lugar desde hace una decena de años en los servicios del Ejército y de la Marina, al mismo tiempo que algunas Compañías particulares los utilizan para servicio de excursiones aéreas. Sin embargo, aun en tiempo de paz y en circunstancias favorables, la conducción de esta clase de aparatos presenta siempre dificultades. Así es como el 3 de Abril de 1913, el zeppelin *L-Z-IV*, procedente de los talleres de Friedrichshafen, ha venido á caer en el campo de maniobras de Luneville, á consecuencia de un error de dirección, cuando su objeto era llegar á Metz.

Muy difícil sería formar una estadística de los dirigibles construidos en los talleres de Friedrichshafen, que ha venido á ser poco á poco una fábrica con numeroso y potente material; además, como se han empleado diferentes sistemas de numeración, muchos globos han quedado fuera de servicio ó se han transformado sin que el público lo sepa; en fin, desde el principio de la guerra, la actividad de esta fábrica ha sido llevada al máximo, é informaciones muy verosímiles han asegurado que entregaba, por lo menos, una unidad nueva al mes. Por fortuna, dice el autor, un cierto número ha perecido durante el mismo período, ya por los proyectiles (por ejemplo, en Badonviller, cerca de Luneville, y en Libau, Rusia), ya por efecto de las tempestades (como sucedió el 17 de Febrero á los dos grandes zeppelines, el *L-3* y el *L-4*, que se perdieron en las costas danesas durante una tempestad de nieve); se asegura que, desde el principio de la guerra, han desaparecido, por lo menos, diez zeppelines.

Descripción de los modelos recientes de dirigibles Zeppelin.— La forma característica y bien conocida de los zeppelines (figuras 1.^a á 4.^a) es la de un largo cilindro terminado por dos conos de sección ojival, de dimensiones un poco diferentes, según qué se trate del anterior ó del posterior. En realidad, para simplificar