

cambio otros más racionalistas, y no tan afanosos en desligarse de toda sujeción, siguen las buenas reglas de una composición ordenada, sin desvirtuar la estructura y conociendo el oficio de cada elemento. No falta tampoco quien exagerando el racionalismo presenta la estructura tan íntimamente ligada con las leyes de la estabilidad, dando á los elementos sustentantes la dirección de las fuerzas resultantes, que sus formas no dejan el ánimo satisfecho, y aun á veces resultan antiestéticas y en contra de la comodidad.

Esta diversidad de procedimientos es desde luego debida á la falta de principios fijos, como no puede menos de ser, tratándose de un estilo naciente que titubea, duda, busca con ahinco el medio de solucionar sus problemas, valiéndose para ello de principios de diversas y contrarias teorías.

En lo único que están todos conformes, es en romper lanzas contra las reglas y las leyes del arte pasado, y en abandonar los moldes antiguos para ir en busca de otros, [que al fin tendrán que sujetarse á aquellas reglas ineludibles de que cada elemento responda simultáneamente á la conveniencia y á la estabilidad, sin lo cual la obra no será arquitectónica ni será bella (1).

La construcción de ferrocarriles durante el año 1906 en los Estados Unidos alcanzó un total de 6.067 millas en 388 líneas de 44 Estados y territorios, según la estadística anual del *Railway Age*. Esta cifra es la más alta desde los años 1887 y 1888 en que se construyeron 12.983 millas y 7.106 millas respectivamente. La que más se aproxima á ésta es la que corresponde al año 1903, que fué de 5.786 millas. En estas cifras se incluye solamente la longitud de camino, sobre la que se han colocado los carriles, siendo en realidad mucho mayor la que hubiera correspondido al año 1906, puesto que á fines de Marzo había contratadas unas 13.000 millas, pero la escasez de operarios y las dificultades para obtener carriles en cantidad suficiente, retrasaron bastante el progreso de las obras. Figuran á la cabeza entre los diversos Estados: Tejas, con 701 millas; Luisiana, con 391; South Dakota, con 389, y Nevada, con 360. Al final de la lista está Massachusetts con 4 millas y media. Unas 973 millas de carriles se importaron del Canadá y 245 de Méjico.—H.

PUERTO DE BARCELONA

(CONTINUACIÓN)

Articulación superior de los pies y del tirante.—El gorrón superior que une estas tres piezas es de acero y tiene un diámetro de 0^m,235. Va metido en las cabezas de fundición de los pies derechos y pasa por los ojos de la cabeza del tirante.

Colgante de suspensión de los polipastos.—En el centro del gorrón anterior y por el intermedio de un cojinete de bronce, se apoya una pieza de hierro forjado en forma de U invertida cuyos brazos tienen una sección de 0^m,350 × 0^m,050 y se terminan por cabezas con ojos, en los que se introducen los muñones de un capicete que soporta el polipasto superior, constantemente vertical sea la que quiera la posición que tome la grúa, bajo la influencia de sus movimientos propios ó de los que le comunique el agua.

Polipastos.—Las pelotas de los polipastos son de fundición, y tienen un diámetro de 0^m,800 y su cubo está guarnecido de bronce fosforoso en la superficie de frotamiento. El polipasto superior lleva 5 poleas; su gorrón tiene 0,190 de diámetro y

los tirantes que le unen al capicete superior, una sección de 0^m,225 × 0^m,050. El polipasto inferior lleva 4 poleas; el diámetro del gorrón es de 0^m,180 y sus tirantes 0^m,200 × 0^m,050. De estos tirantes pende una argolla de ojo circular apoyada sobre un capicete que permite su fácil movimiento de rotación merced á una serie de rodillos cónicos. La sección de la argolla es elíptica de 0^m,130 × 0^m,170.

Cable.—Es de acero dulce galvanizado formado por alambres delgados; es de gran flexibilidad y capaz de soportar antes de la ruptura una carga de 80.000 kilogramos, de modo que trabajando en los polipastos con 8 ramales, es capaz de una resistencia total de 640 toneladas, ó sea trabajando con un coeficiente de seguridad igual á 8. Su diámetro es igual á 0^m,042.

Torno.—Es acanalado en forma helicoidal para recibir convenientemente el cable. Tiene un diámetro de 1^m,100 y una longitud de 3^m,000. Es de fundición y va montado sobre un eje de acero que se apoya sobre dos grandes bancadas de fundición fuertemente arriostradas y unidas al piso del casco. En uno de los extremos del torno va montada una rueda de dientes helicoidales de acero que por medio de un tornillo sin fin, movido directamente por el eje del motor, le comunica el movimiento de rotación. El tornillo es de acero y forma un solo cuerpo con el eje que lo contiene, el cual se apoya sobre dos cojinetes unidos á la bancada próxima á la rueda y se termina por un pivote que destruye la reacción longitudinal del tornillo.

Máquina de vapor.—Es una máquina horizontal, de dos cilindros, con cambio de marcha funcionando sin condensación. Los cilindros tienen un diámetro de 0^m,260 y los émbolos una carrera de 0^m,590. Su velocidad normal de marcha es de 80 revoluciones por minuto, pudiendo á voluntad aumentarse considerablemente. La velocidad de la máquina se regula por medio del cambio de marcha ó por medio de una válvula de cuello maniobrada por una palanca. La prolongación directa del eje de la máquina mueve el eje del tornillo del torno, verificándose la unión de los dos ejes por medio de un disparo de fricción. Un piñón recto montado sobre el eje de la máquina, pudiendo hacerse solidario ó libre del eje por medio de un disparo de fricción, engrana con la rueda montada en el extremo del tornillo del movimiento del tirante.

Los movimientos de elevación ó descenso de la carga y traslación del pie del tirante, pueden verificarse separada ó simultáneamente valiéndose de los respectivos disparos de fricción, pudiendo pararse ó ponerse en marcha en pleno funcionamiento de la máquina.

Tanto para el movimiento de la carga como para el del tornillo, existen dos potentes frenos que permiten fijar uno y otro en una posición cualquiera en caso de temer el deslizamiento de los tornillos que constituyen la base de los mecanismos.

El maquinista tiene al alcance de su mano todas las palancas de maniobra de la máquina, disparos y frenos.

Caldera.—Para proporcionar vapor á la máquina y á los aspiradores de los tanques, existe una caldera horizontal tubular, de llama directa con hogar interior, de una superficie de calefacción total de 40 metros cuadrados. Va provista de todos los accesorios necesarios, como son: tomas de vapor, alimentación y extracción, válvula de seguridad, indicador de nivel de cristal y grifos de prueba, frontis con puerta de hogar y emparrillado y registro de chimenea. La alimentación se verifica por medio de un caballete. Todas las tuberías de comunicación entre la máquina y la caldera y los aspiradores son de cobre. La caldera es suficientemente resistente para trabajar á la presión de 6 atmósferas.

Pasarela de hormigón.—Siendo las construcciones de hormigón armado motivo de continuas discusiones en el momento actual, creo que no debo callar las observaciones, que en escala bien modesta por cierto, han podido hacerse en estas obras. He manifestado ya que el servicio para la construcción de bloques se ha establecido llevando las vagonetas por vías altas que permiten correr los vehículos hasta verterlos sobre los cajones.

(1) Del discurso pronunciado por D. Augusto Font y Carreras en la Real Academia de Ciencias y Artes, de Barcelona.

En la parte del taller del muelle occidental de la dársena del dique se ha establecido esta vía en la forma indicada, porque á ello se prestaba la obra construída para cierre de aquella dársena, pero en el muelle de Cataluña se contaba con una explanada horizontal que era preciso aprovechar y como en el frente de la dársena se reservó una zona de 7,00 metros de anchura para el servicio del dique, hubo de establecerse la vía alta lindando con dicha zona de modo que ocupará el menor espacio posible, y para ello se construyó un viaducto ó pasarela de cemento armado de 136,80 metros de longitud, formada por tramos de 4,50 metros, dos á dos continuos é independientes de los inmediatos, permitiéndose de esta suerte mayor libertad é independencia á las dilataciones.

La sección de los tramos está formada por una plataforma y dos vigas armadas, separadas 0,63 de eje á eje (que es el ancho de vía entre ejes de carriles).

Las vigas tienen 0^m,37 de altura por 0,08 de espesor, siendo las varillas de 28 milímetros de diámetro la de la cabeza inferior y de 22 milímetros la superior.

El armazón de la plataforma está formada por una parrilla en la que las barras longitudinales son las de las vigas y las transversales son 26 cabillas de 12 milímetros y 22 de milímetro.

La vía está formada por carriles de 7 centímetros de altura montados sobre traviesas metálicas, y se hace firme á la plataforma por medio de estribos que penetran en la plataforma por huecos dejados al construirla, introduciendo simplemente núcleos de madera de las dimensiones apropiadas.

Las pilas sobre que insisten los tramos tienen 1 X 0,50 metros son de hormigón moldeado como los cimientos, formados por macizos de 1^m,40 X 0^m,80 de base y 0^m,80 de altura.

La altura total desde los cimientos á la cara superior de la plataforma es de 2,74 á 2,94 metros.

Transcurrido algún tiempo y sin someter la obra á esfuerzos extraordinarios, se ha observado que cerca del punto medio de cada tramo hay una grieta que seguramente no compromete la estabilidad de la obra, pero que demuestra cuán difícil es conseguir que materiales tan heterogéneos como lo son el hierro y el cemento concuerden en sus asentamientos, contracciones y movimientos moleculares en términos que prácticamente no se aperciba inconveniente alguno en hacerlos trabajar simultáneamente, y consigno este dato para que las personas que con mayor autoridad que yo se dedican á estos estudios, puedan utilizarlo si realmente tiene importancia.

Esta pasarela situada en la forma que se indica en el plano requiere para ser utilizada que las vagonetas atraviesen la vía honda, y para conseguirlo con facilidad, se ha dispuesto un carretón que corriendo sobre los mismos carriles de la citada vía se presenta en el punto conveniente, sin estorbar por esto el paso del carro transbordador eléctrico que transporta los bloques, porque éste no ha de circular nunca por el trozo obstruido por este puente á causa de ser alternativa en los dos talleres la construcción y el levante de bloques.

Al terminar la construcción en el secadero nuevo, el carro transbordador de vagonetas queda alojado en una prolongación de la vía, de modo que deje libre el espacio necesario correspondiente al carretón eléctrico.

Para el paso de los bloques del nuevo secadero al puente carga bloques, se ha dispuesto un puente giratorio de 3^m,40 de luz, que enclava el disco de las vías de los dos talleres quedando libre una y cerrada la otra; este disco es movido por el mismo puente.

El enlace de la pasarela de cemento armado á la vía de la hormigonera, se hace por otra pasarela de madera de cuatro tramos. Esta pasarela va en curva de 16 metros de radio y es desmontable fácilmente, á fin de dejar expedita la vía honda del nuevo taller durante el periodo de sacar los bloques del secadero; para ello se levantan primero los tramos de vía y después las palizadas.

Plan de la obra.

He procurado en las precedentes líneas describir los elementos principales que constituyen los talleres de construcción de esta importante obra, detallando aquellos que en mi concepto merecen mención especial y por cuyo estudio y acertada organización felicito á los señores Ingenieros de la contrata.

Ahora me corresponde exponer la parte que la Administración ha tomado en estos trabajos, para que resulten verdaderamente adecuados á la seguridad del puerto.

Cuando en el año 1899 me hice cargo de las obras, estaba aprobado por Real orden de 2 de Noviembre de 1897 un proyecto de prolongación de la escollera de Levante, el cual ignoro por qué motivos no se había subastado ni, por lo tanto, emprendido desde tan lejana fecha, teniendo, como tenía, la Junta fondos sobrados para acometer tal empresa y siendo ésta tan necesaria, puesto que todos los mares del Sur tenían su entrada libre en el antepuerto y los de Levante habían de producir forzosamente tremendas resacas por desviación gradual.

El proyecto aprobado tendía á evitar estos inconvenientes alargando la obra de abrigo sustituyendo la forma curva, admitida hasta entonces para los diques de abrigo de este puerto, por otra poligonal, detenidamente estudiada con objeto de alejar las marejadas del morro y proyectando éste en forma adecuada para que no sirviera de pivote al giro del oleaje.

El primer cuidado fué pedir que obra tan necesaria se subastase inmediatamente para hacer más explotable el puerto, prescindiendo de las luchas locales y de puro amor propio que, sin duda, habían motivado la paralización de obra tan útil para los intereses comerciales; y conseguido este primer resultado, que, en mi concepto, era lo más difícil, me dediqué á estudiar detenidamente el proyecto para hacer su replanteo en la forma prescrita por las disposiciones vigentes. Pero bien pronto hube de percatarme de que todos los esfuerzos y estudios hechos en el proyecto aprobado para salvar los inconvenientes, demostrado por la experiencia respecto de los diques curvos, podrían reproducirse con el proyectado, porque á los aterramientos que á su pie se habían de formar, no respetando la forma teórica que se daba al trazado y dando al fondo una superficie curva, podrían hacer aquélla insuficiente para la total desviación de las resacas. La única ventaja indiscutible que había de obtenerse dependía de que, situado el morro nuevo á 850 metros del actual, gran parte de los mares que no tomaran una dirección normal á las olas que rompen en la costa irían á morir en los escarpes de Montjuich y en la escollera de Poniente, dejando en parte libre el antepuerto; pero al propio tiempo hube de tener en cuenta que cuanto más avanzara al Sur el morro, mayor sería este beneficio, y que siendo el puerto de Barcelona insuficiente para su tráfico actual, en tiempo no lejano habría de ampliarse del único modo prácticamente posible, llevando las construcciones hacia el Sur hasta ganar la costa del delta del Llobregat, donde es posible desarrollar los servicios comerciales con toda holgura y amplitud.

Pensé, pues, en modificar este trazado en la forma que indico en el último croquis (c), procurando llevar el morro lo más al Sur posible, pero sin invadir la zona de aterramientos del río Llobregat, de tal modo que mientras no se pensara en ampliar el puerto, por su mucha longitud, este espigón obligara, aun á las mares desviadas ó difusas, á morir entre las playas y la escollera de Poniente, siendo insignificantes las que pudieran llegar á la boca del puerto; y el día en que se emprendieran ampliaciones para atender al servicio comercial se hallaran obras de abrigo bastante cerca del delta del río para que pudieran servir de refugio á las embarcaciones que utilizasen los canales que en él pueden establecerse.

La resolución de esta clase de problemas, siempre difícil, tiene en contra que los presupuestos han de ser limitados, y aun cuando sea lo mejor determinada obra, es preciso renunciar á ella cuando no se dispone de los recursos necesarios, y aun te-

niéndolos es preciso darse perfecta cuenta de que las ventajas que presenta una solución compensan los gastos á que da margen el adoptarla; por esto, para comparar el trazado aprobado y el que yo estimaba preferible, seguí el sistema de alterar muy poco el tipo de perfil del dique, y considerando que por los cálculos que figuraban en el proyecto se hallaba en condiciones de resistir los más embravecidos mares, lo tomé como punto de partida para mi estudio, consiguiendo por la reducción de su anchura y nueva combinación de sus elementos reducir el coste de la obra en 766.741,18 pesetas, llegando cerca de la canal, pero sin entrar en ella, donde comienza la influencia del río Llobregat.

En vista de los razonamientos que expuse para demostrar el cambio de trazado, la Superioridad aprobó el nuevo proyecto, en el cual sólo figuraba el dique como medio de abrigo del puerto y antepuerto actuales, y, por lo tanto, si éste se conseguía sin llegar á la longitud de 1.372 metros que le atribuí en el proyecto, podía economizarse parte de esta obra, como así fué consignado en la correspondiente Memoria de este proyecto.

Cambio de perfil tipo.—El perfil tipo aprobado se componía de los elementos que se indican en el primer dibujo de la hoja número 15 de los planos, y los cálculos justificativos de sus dimensiones fueron publicados en la Memoria correspondiente al año; ya en ella consigno el favorable concepto que me merecen, y, por lo tanto, es inútil insistir ahora respecto de este punto; pero como los fracasos de las construcciones de este género han sido tan numerosos, me creí en el caso de hacer un detenido estudio del problema, considerando que el hecho de hallarse aprobado su perfil no podía excusarme de proponer otro á la Superioridad, si en mi concepto era preferible.

Realmente, entiendo que los cálculos del muro que figuran en aquel proyecto están perfectamente hechos; pero un macizo concertado con poquísimos talud, construido sobre escolleras que en algunos puntos alcanzaban la altura de 3.50 metros, podía fácilmente arruinarse, no por la acción de las marejadas, sino por su propio peso y por los asientos de las escolleras; además, los paramentos sensiblemente verticales, al reflejar las olas, dan margen á resacas cuya influencia é intensidad, aún no bien determinadas, hacen temer socavaciones á profundidades muy grandes, y excusado es decir que éstas producen indefectiblemente la caída de todo muro de sostenimiento.

Vistos, pues, los resultados obtenidos en varios puertos, que creo inútil citar aquí, pues son sobradamente conocidos, pensé en modificar el perfil aprobado, en forma que ofreciera mayores garantías de estabilidad y al propio tiempo su composición fuera de tal índole, que si ocurrieran desperfectos pudieran remediarse fácilmente, y me propuse presentar á la acción de las olas un macizo en el cual rompieran matando la resaca y reflexión, el cual por los materiales que lo constituyan sufriera pocos ó ningún desprendimiento; pero si tal contratiempo llegara á ocurrir, los huecos que se produjeran se rellenaran con grandes masas de fábrica, impidiendo ó retrasando por lo menos los progresos destructores del oleaje, dejando al descubierto macizos que tuvieran gran fuerza de resistencia.

Además, me preocupé de que la cimentación ó plano de asiento de todas estas masas resistentes se hallara á bastante profundidad para que no fueran de temer socavaciones producidas por las resacas á que dan margen los muros verticales, las cuales no eran de temer con las disposiciones adoptadas; y también me fijé mucho en que la obra fuera prácticamente realizable, no pretendiendo delicados enrasos de escolleras á grandes profundidades, ni el asiento de bloques en mar libre, donde jamás se hallan las aguas bastante tranquilas para que pueda realizarse una colocación perfecta. Por último, tuve también en cuenta lo conveniente que es constituir la obra de modo que si la sorprende un temporal antes de hallarse terminada, sean pequeños y de fácil corrección los desperfectos que ocurran.

Resultado de estas premisas fué el perfil, en el cual procuré tenerlas muy en cuenta. Así se observará que el basamento de

escollera de todas clases se enrasa á 9 metros por debajo del nivel del mar, que es la profundidad en que se admite generalmente que cesan las socavaciones ó las corrientes capaces de arrastrar piedras de escollera, pero además la capa exterior del macizo se cubre del material del mayor tamaño que hay disponible; sobre esta cimentación se vierte un macizo de bloques artificiales de 80 toneladas de peso cada uno, dando el doble talud que corresponde á la rompiente de la ola, de modo que por el tamaño de los materiales que constituyen este macizo y la profundidad á que resulta cimentado, no es de esperar que sea movido por el oleaje ni directamente ni por socavación, y sirve por tanto para resolver la primera premisa, ó sea una rompiente que no motive resacas ni reflejo del oleaje. Al abrigo de la restinga que forman estos bloques se colocan grandes monolitos de 6 metros de anchura, cimentados á otros tantos de sonda, de modo que si aquéllos llegasen á correrse en algún punto, es de suponer que algunos quedarían defendiendo el pie de los monolitos, y como además entre ambas masas se vierte escollera gruesa sobre la cual se construirán otros grandes bloques, hay la seguridad de que en los huecos que pudieran formarse caerán enormes masas que opongan verdadera resistencia á la propensión de las erosiones; mientras que los monolitos, no siendo socavados ni pudiendo disgregarse en fragmentos, resistirán por su propio peso el empuje de la ola, rota ya en el macizo que los defiende.

Por otra parte, la colocación de los monolitos se hace al abrigo de la restinga de bloques, y ésta, que es la única parte avanzada de la construcción, no puede sufrir más accidentes mientras no esté reforzada por el resto de las construcciones que la remoción de aquellos bloques, lo cual motiva su mejor asiento.

Estas ideas, que he expuesto con la debida sinceridad, fueron aceptadas y el nuevo perfil se aprobó por Real orden de 25 de Enero de 1904, con las siguientes prescripciones: «1.ª Aprobar la modificación de referencia propuesta por el Ingeniero Director de las obras. 2.ª Aprobar igualmente los cuatro primeros precios y el último fijados contradictoriamente que figuran en el acta de fecha 17 de Noviembre de 1903, suscrita en Barcelona por el Ingeniero Director de las obras del puerto, don Carlos de Angulo, y por el representante del contratista, D. Andrés Monche, y examinado por el Ingeniero Jefe de la provincia, Sr. Martí, quedando aplazada la aprobación de los tres precios correspondientes á los cajones, ó sea á los 5.º, 6.º y 7.º, que figuran en la mencionada acta, hasta que se determinen experimentalmente: 3.ª Que á fin de no paralizar las obras del dique, se autorice desde luego su continuación con arreglo al nuevo sistema y la aplicación de los precios contradictorios que se aprueban. 4.ª Queda facultado el Ingeniero Director de las obras para construir y colocar el número de cajones que sea necesario, hasta determinar las dimensiones y clase de materiales de los mismos, así como el precio correspondiente. 5.ª Que los gastos de toda especie que irrogue la construcción y asiento de los cajones se anticipen por el contratista en la forma ordinaria para los de agotamientos. Y 6.ª Que terminadas las experiencias sobre los cajones, proponga el Ingeniero Director el proyecto detallado de los mismos, así como los precios contradictorios correspondientes, para que tan luego como unos y otros obtengan la debida aprobación sea redactado el presupuesto reformado, que no deberá exceder del aprobado por Real orden de 31 de Agosto de 1900.»

Nombrado con fecha 3 de Agosto de 1905 para asistir al X Congreso de Navegación que había de celebrarse en Milán los días 20 á 26 del mes de Septiembre siguiente, junto con el digno Subdirector de este puerto, D. Julio Valdés, redactamos una Memoria, que presentamos á la consideración de los Ingenieros allí reunidos, justificando el tipo de perfil que he dejado descrito, tanto porque estimé que podía interesarles saber los procedimientos de construcción de monolitos que había ideado, como para conocer su criterio respecto del referido perfil y en caso de que mereciera censura modificarlo en cuanto fuera necesario,

porque obras en las cuales se invierte tan enorme cantidad de dinero 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 apetecido.

En el mencionado Congreso, el distinguido Ingeniero italiano Sr. Lo Gatto era el ponente encargado de informar el tema «Construcción de los diques exteriores de los puertos, en vista de la potencia de las olas que deben resistir». Determinación de esta potencia, recopilando las Memorias que respecto del mismo habían sido presentadas antes de finir el año 1904, y por lo tanto no podía haber tenido en cuenta la que presentamos cuando ya el Congreso estaba en funciones; esto para mí objeto fué una ventaja, pues así pude comprobar las corrientes de opinión que había formadas, prescindiendo de la mía particular.

El dictamen de ponencia dice:

«*Construcción de diques exteriores teniendo en cuenta la potencia de las olas.*—Conforme lo ha hecho ya observar el ponente general, los informes presentados se ocupan principalmente de obras construídas ó en construcción en los países de los ponentes; así el de M. Bernardini, que por otra parte es muy interesante, no se refiere más que á los trabajos de reparación de las averías muy graves sufridas por un trozo del dique de Galliera en Génova, por causa de un temporal en Noviembre de 1898. Sin embargo, en todos estos informes se hacen muchas consideraciones sobre la construcción de las obras y que el ponente general va á resumir.

El ponente general considera que su informe exige la división en varios capítulos, tratando en cada uno un tipo de obras según la clasificación siguiente, y que es próximamente la misma adoptada por M. de Joly:

- 1.º Diques construídos únicamente con escollera.
- 2.º Diques construídos con escollera y bloques sin asiento.
- 3.º Diques construídos con escollera y bloques asentados.
- 4.º Diques de paredes verticales.
- 5.º Diques mixtos formados por una infraestructura de escollera y una supraestructura vertical.

1.º *Diques construídos únicamente con escollera.*—Este tipo de diques es el más antiguo y ha sido adoptado también para mares de marea cuando no se conocía otro sistema de construcción, y según observa M. Joly, á veces la super estructura ó muros de abrigo de ellos no constituyen una parte esencial del cuerpo de la obra.

M. Vernon-Harcourt afirma que estos diques no se prestan mucho al establecimiento de un perfil determinado, que sólo más adelante el mar se encarga de fijar; producen además un derroche de materiales, debido á que recubren una superficie considerable en el fondo del mar.

M. Bernardini, después de observar que estos diques responden á un principio bien definido, cual es el de presentar un talud muy suave con objeto de que la velocidad de traslación de las olas que lo remontan pueda ser progresivamente amortiguada por la acción de la gravedad, opina que pueden considerarse como abandonados á causa de exigir su construcción un tiempo y un gasto muy considerable y una conservación constante y costosa, por la imposibilidad de poner y conservar el talud exterior en un estado de equilibrio estable. Estas conclusiones están confirmadas por M. Coen Cagli, que establece como regla general que este tipo puede ser ventajosamente sustituido por el tipo de dique mixto con escollera super estructura.

M. de Joly es de opinión que estos diques no son admisibles hoy día más que en parajes muy abrigados y para profundidades de agua poco considerables; en Francia la única obra reciente de esta clase es el dique de la nueva rada abrigo de Brest, cogida en punto por olas de 3 metros de altura que se producen en la gran rada. M. de Joly, sin embargo, no deja de notar, lo que es muy importante, que estos diques son apropiados lo mismo para fondos blandos que duros.

2.º *Diques construídos con escollera y con bloques de hormigón arrojados.*—Este tipo es idéntico al anteriormente descrito,

en el que la falta de materiales naturales de grandes dimensiones para el revestimiento del talud exterior es sustituida por bloques de hormigón arrojados libremente, sin asentar, y cuyo volumen puede ser tan grande como se quiera. Las consideraciones hechas para el primer tipo son aplicables á este sistema. Un ejemplo clásico de este segundo tipo es el dique Napoleón de Marsella, y en Italia ha tenido importantes aplicaciones en los rompeolas de los puertos de Catania, Bari, Molfetta, Ortona, y en los que el revestimiento de bloques descende hasta profundidades variables según la importancia del ataque de las olas.

M. Simoncini y colegas indican que este tipo fué muy pronto desechado en Italia á causa de los gastos muy elevados que exige su conservación. En efecto, los bloques de un volumen de 10 á 16 metros cúbicos, independientes los unos de los otros, son fácilmente arrastrados por el mar, que los rechaza hacia el interior del puerto, como así ha sucedido en Catania, ó más frecuentemente los hace rodar sobre el talud inferior y los arrastra á lo largo. En Catania, no obstante, M. Simoncini, que ha sido el Director de las obras, reconoce que el efecto expresado fué debido á la falta de una ancha banqueta de sostén para los bloques que debía haberse previsto al construir el rompeolas.

M. Bernardini, si bien comparte con sus colegas italianos la opinión respecto al coste elevado de la conservación, reconoce á la disposición de los bloques arrojados ciertas ventajas. Según M. Bernardini, dicha disposición es causa de que haya poca resaca, pues la fuerza de la ola es en gran parte absorbida, y cuando un bloque es arrastrado, los bloques más próximos ocupan su sitio, atajando de este modo el mal en sus comienzos. Según la Memoria de M. Joly, en Francia no se ha participado de las aprensiones italianas, y si bien es cierto que el tipo de que se trata no ha encontrado aplicación en las costas de la Mancha y del Océano, salvo en los parajes muy abrigados, en cambio ha sido empleado casi exclusivamente para las obras recientes en los puertos del Mediterráneo, en los que las mares son duras, pero los recursos en materiales de buena calidad son muy abundantes generalmente. Así, se encuentra este tipo adoptado en la prolongación del gran rompeolas de Marsella, en el gran rompeolas de Philippeville, en la prolongación del Agha en Alger y en el perfil primitivo del rompeolas Norte de Bizerta. También M. Joly opina que este tipo es susceptible de ser adoptado con éxito para las mares más duras, mediante un trazado bien estudiado del perfil de revestimiento que debe descender lo suficiente por debajo del nivel de las aguas, no presentar ninguna pared vertical capaz de aumentar la resaca y estar dispuesto en pendiente muy suave por encima las aguas y más rápido por debajo, de suerte que corte la ola al nivel de la baja mar. Una variedad de este tipo, á la cual se puede aplicar todas las consideraciones que se acaban de exponer, consiste en mezclar bloques de hormigón al macizo total de la escollera. Tal es el tipo aplicado en 1850 para el gran dique de 1.200 metros de longitud del puerto de Livorna.

3.º *Diques con escollera y con bloques asentados.*—Este tipo requiere generalmente el revestimiento hasta cierta profundidad del único talud exterior de un dique ordinario de escollera por medio de bloques de hormigón dispuestos regularmente en hileras horizontales. Estos bloques están yuxtapuestos unos á otros y colocados de tal manera que su dimensión mayor sea perpendicular al eje de la obra. Pero en Italia se ha ido más lejos, hasta construir todo un rompeolas por un núcleo de mampuestos con doble revestimiento de bloques asentados sobre los dos lados exterior y del puerto. Tal es el tipo adoptado en Civita-Vecchia para la prolongación Nordeste del rompeolas de Trajano, y en Livorna para la construcción de un nuevo rompeolas al Sudeste del puerto.

A) *Revestimiento del único talud exterior.*—En lo que atañe al revestimiento por bloques asentados del único talud exterior, las opiniones de los ponentes están divididas.

M. Simoncini y colegas encuentran este sistema racional y recuerdan que se ha aplicado al rompeolas Galliera en Génova,

y á los rompeolas de Cagliari, Nápoles, Cotone y Amalfi; pero sus declaraciones no pasan de aquí.

M. Vernon-Harcourt dice que se ha comprobado que los bloques asentados están menos expuestos á ser desalojados por las olas que los arrojados libremente sobre el talud. M. de Joly encuentra que los gastos del asiento propiamente dicho son elevados; que la naturaleza fangosa del fondo y la altura de las escolleras produce flexiones y reacciones interiores peligrosas en un macizo de bloques solidarios, y que no es posible llenar los vacíos producidos entre los bloques por las depresiones y las mareas violentas sin renunciar al principio mismo del sistema.

M. Coen Cagli dice que este revestimiento propuesto primeramente en Génova para el rompeolas Galliera, con un talud de 1 por 1, tendía á obtener una resistencia máxima con un cubo mínimo, gracias á la estabilidad que los bloques debían encontrar en su apoyo mutuo y en la sobrecarga soportada por cada hilada de la base de superestructura. Pero añade, se temió bien pronto que cualquier solución de continuidad producida en el macizo de los bloques por alguna socavación ó por depresiones acarrearía desastres muy graves, y se acordó proteger el revestimiento por vertimientos de escollera.

En efecto, accidentes muy graves sobrevinieron, particularmente en Italia, debidos á los asientos naturales, no solamente en el pie, sino también en el cuerpo mismo del macizo, y á la colocación defectuosa de los bloques, sea debida á negligencia de los buzos, sea á las dificultades originadas por la presencia de detritus en el núcleo, que no permiten realizar el apoyo mutuo de los bloques dejando en el macizo numerosas vías de propagación del oleaje hasta el núcleo interior.

El rompeolas San Vicente, en Nápoles, no llegó á sufrir deterioro grave, gracias á su exposición á mares menos violentas que en otras partes. Á pesar de ello, cada año se abren brechas en el revestimiento, cuya reparación exige el gasto muy gravoso de 150 francos por metro corriente. En cambio, en el rompeolas Galliera, de Génova, el revestimiento en cuestión fué gravemente averiado por el temporal de 27 de Noviembre de 1898 en un trozo de 100 metros próximamente; los bloques fueron arrancados hasta profundidades variables de 2 á 6 metros.

Resulta del informe muy interesante de M. Bernardini que la presión correspondiente á la altura de los golpes de mar, habiendo alcanzado y acaso rebasado de 27 á 30 toneladas por metro cuadrado, los bloques, cuyo peso después de su inmersión sería de 80 toneladas á lo más, no pudieron oponer bastante resistencia de frotamiento y el deslizamiento se efectuó á pesar de estar empotrados unos en otros. Bastó el deslizamiento de un solo bloque para que los estragos se hicieran extensivos á todo el revestimiento por persistir el temporal durante varias horas con una violencia extraordinaria, y como dice M. Bernardini en pocas palabras, un bloque arrebatado marca el principio de una brecha. Acaso si los bloques hubiesen sido más grandes y asentados con un talud casi vertical, los daños no se hubieran producido ó habrían sido menores; pero esto no es más que una hipótesis. En definitiva, el revestimiento en cuestión no dió resultados satisfactorios en Génova, y, lo que es peor aún, las averías no pudieron ser reparadas por la reconstitución integral del revestimiento, que fué reemplazado por un dique de nuevos bloques arrojados, lo cual, como advierte M. de Joly, equivale al abandono del principio mismo del sistema. Para más seguridad se cargó el revestimiento con bloques de coronación de 200 toneladas de peso, independientes unos de otros.

B) Respecto al segundo tipo de un núcleo de escollera de mampuestos con doble revestimiento de bloques asentados sobre los dos lados exterior y del puerto aplicado en Civitta-Vecchia, dice M. Vernon Harcourt en su informe que lo encuentra económico y sencillo, y M. Coen Cagli, en el suyo, lo reconoce insuficiente, principalmente á causa de la presencia del núcleo de piedras detrás de los bloques, de la desigualdad en los asientos de núcleo y de los revestimientos y de la inclinación demasiado débil que se da con frecuencia al revestimiento exterior.

El ponente general debe añadir que este tipo no ha dado resultados satisfactorios en los dos casos citados y en los que se trataba de mares del Sudoeste muy duras.

Descartando el caso de Livorna, en el que se emplearon bloques de 10 metros cúbicos asentados sin las juntas necesarias y en un fondo fangoso, el caso de Civitta-Vecchia demuestra plenamente los defectos del sistema.

En Civitta-Vecchia, en donde los bloques tenían el volumen de 16 metros cúbicos, estando asentados con cuidado hasta una profundidad de 13 metros y revestido el talud exterior por una doble capa, el segundo trozo del rompeolas, que era atacado en pleno (con un ángulo de 90°) por las olas del Sudoeste, fué enteramente arrastrado hasta una profundidad de 2 á 6 metros por el temporal del 9 de Mayo de 1902. El primer trozo resistió, pero era atacado oblicuamente por las olas del Sudoeste y la altura de la infraestructura de escollera era mucho menor que en la segunda.

4.º *Diques de paredes verticales.*—Este tipo de diques requiere la construcción directamente sobre el fondo, cuando la profundidad del agua es moderada, de macizos de paredes verticales ó muy poco inclinados, con objeto de reducir la sección de la obra y aun de permitir el atraque de los buques.

M. Vernon Harcourt opina que este tipo es el que mejor resiste á las olas, mientras que en los rompeolas de talud inclinado las olas revientan y ejercen un esfuerzo concentrado sobre una superficie reducida y por tanto más destructor. Empero se conocen actualmente bastante los peligros de este tipo, debidos á la resaca al pie de los macizos cuando el fondo no es duro.

La destrucción del dique Norte de la Tyne y las socavaciones sobrevenidas al pie del nuevo dique de Zeebrugge son hechos recientes, de los cuales hay que tomar buena nota para el porvenir. En estos diques la parte de ejecución del macizo es muy importante. En el nuevo puerto de la Pallice en 1884, más recientemente en San Nazaire, y parcialmente (en los morros) en el Havre y en Dieppe, se recurrió al aire comprimido; pero según observa M. de Joly tal sistema no es económico, y por otra parte sólo practicable en parajes abrigados. En Inglaterra, para los rompeolas de Tynemouth y de Dover, y más recientemente para los de Malá, se emplearon bloques de hormigón de 50 á 60 toneladas de peso, asentados con la mayor regularidad por medio de titanés, y además se realizó la unión de los bloques por medio de una serie de tacos formados con sacos de hormigón que se introdujeron en las ranuras practicadas á lo largo de los bloques.

Este tipo parece ha tenido éxito en Inglaterra, pues la destrucción de una parte del dique Norte de la Tyne parece fué debida únicamente á los efectos de la resaca en el pie de la obra, lo que ocasionó socavaciones en la capa de arena sobre la cual aquélla se asienta.

»En Inglaterra y en otras partes se ha empleado con éxito otro sistema, según M. Dyce Cay, que es su inventor; consiste en la construcción de macizos empleando grandes sacos de hormigón sumergidos por medio de barcazas y cuyo peso alcanza 100 toneladas, lo cual viene á ser la ampliación del sistema primitivamente aplicado por el autor á la formación de una base de fundación y de una hilada de bloques de protección al pie del rompeolas de Aberdeen (Escocia).

»Las aplicaciones muy numerosas de este sistema verificadas en Trajérburgh (Escocia), Surderland, Newhaven, Bilbao y en algunos puertos de la Nueva Zelanda, comprueban, según M. Dyce Cay, su valor; no obstante, M. de Joly indica que este sistema acarrea gastos muy elevados, y además no está exento de riesgos. M. Vernon Harcourt reconoce lo mismo que M. de Joly, que la colocación de los sacos de hormigón bajo el agua debe efectuarse con grandes precauciones para asegurar el fraguado perfecto de hormigón, su regularidad y la compacidad del macizo submarino; pero declara que si estos extremos esenciales se cumplen, el empleo del hormigón en sacos da resultados, por lo menos, tan buenos como los bloques mejor colocados y

unidos, siendo, á la vez, mucho más económico y más rápido de ejecución, especialmente sobre fondos irregulares y rocosos.

»En Dinamarca se ha proyectado, según M. Blech, para los rompeolas de Vorupør y Hanstholm, cajones de hierro sin fondo que serán sumergidos y colocados en su sitio por los buzos y después rellenos con bloques de hormigón dispuestos en capas horizontales regulares y llenando los vacíos que dejen las juntas, con cemento que se verterá en ellas. Es un trabajo que no se ha comenzado aún, y, por tanto, no puede ser juzgado prematuramente.

»Respecto al empleo de grandes cajones monolíticos, el ponente general se ocupará más adelante, pues este sistema es común á los

»*Diques mixtos formados por una infraestructura de escollera y una supraestructura de paredes verticales.*—Según M. Coen Cagli, este tipo reemplaza siempre ventajosamente al tipo de escollera, y además, según M. de Joly, se impone en los mares de marea en parajes muy expuestos, llegando la superestructura vertical al nivel de bajamar (dique Carnot en Boulogne, del Oeste en Chebourg, Sur en Brest, de l'Artha en San Juan de Luz, nuevos diques del puerto del Havre). La superestructura en mampostería limitada al nivel de la bajamar, no presenta ninguna dificultad de ejecución. Al contrario, esta ejecución es una cuestión de suma importancia en los mares de débil marea.

»M. Coen Cagli opina que la mejor solución es la adoptada en Nápoles y en otros puertos italianos, que consiste en construir el macizo entre 9,50 y el nivel del mar, enteramente por bloques asentados, según el tipo de Dover, Tynemourh y Malta, pero colocados solamente por grúas flotantes, sin juntas. Empero, una condición se impone de una manera absoluta: hace falta una gran compacidad no sólo para la superestructura, sino también para la escollera, pues los asientos de la fundación pueden producir en la superestructura soluciones de continuidad más ó menos peligrosas.

»En Nápoles se presentaron dificultades importantes para el arreglo de los materiales á causa de la profundidad del mar, pues la altura de la escollera debía alcanzar 25 metros; pero se tuvo la precaución de construir el basamento por trozos sucesivos y de verter las piedras de diferentes tamaños mezcladas en toda la sección, y así reducir los vacíos á un mínimo. Por otra parte se adoptaron reglas rigurosas relacionadas con la construcción y arreglo de bloques, con objeto de obtener un contacto perfecto entre los bloques contiguos.

»En definitiva, M. Coen Cagli cree que el tipo adoptado en Nápoles daría resultados satisfactorios en todos los casos, á condición, sin embargo, de que la ejecución fuese perfecta.

»El optimismo de M. Coen Cagli no es compartido por M. de Joly, quien observa que este tipo no ha sido nunca adoptado en Francia, ni por M. Vernon Harcourt, quien opina que en todas las fundaciones de escollera se producen depresiones cuando reciben la carga de superestructura y si ésta está construida en escalones de avance se producen descensos desiguales, y, por lo tanto, grietas por las que las olas pueden penetrar y hacer brecha.

»Para evitar estas grietas, dice M. Vernon Harcourt, se ha efectuado la construcción por hiladas inclinadas (puerto Karaki—1870, y Madrás—1876), formadas por grandes bloques de hormigón colocados en su sitio por una grúa-titán que circulaba por la parte terminada.

»Según M. Vernon Harcourt, en este sistema cada hilada se apoya en la precedente y puede seguir los asientos de las escolleras que la soportan sin dar lugar á la formación de grietas. Pero, según M. de Joly, tal solución, que ha sido aplicada en Mostaganen, en Argelia, debe ser desechada por no asegurar de una manera suficiente la independencia del movimiento de los bloques por razón de la presión de las hiladas unas contra otras.

»El ponente general opina que el tipo de Nápoles dará acaso buenos resultados en dicho puerto, considerando que el dique no está expuesto á mares muy duras, sino precisamente al con-

trario; pero que, en general, este tipo ofrece inconvenientes de índole igual á los indicados para los simples revestimientos en lo referente á los asientos de la base.

»Este mismo tipo, quizás un poco más endeble á causa del menor volumen de los bloques superiores, no dió resultados satisfactorios en Civitta-Vecchia y tuvo que ser reforzado por un dique exterior de bloques arrojados.

»La sustitución de las grúas flotantes para la colocación de los bloques por titanés, según el sistema empleado en los rompeolas de Tynemouth y de Dover, parece al pronto ser ventajosa; pero no es difícil reconocer que tales ventajas serían anuladas por los asientos de las escolleras de infraestructura, por efecto de las cuales la exactitud de la colocación había de resentirse. Los rompeolas de Tynemouth y de Dover no contienen infraestructura de escollera, ó, por lo menos, su altura está reducida á un mínimo, mientras que en Nápoles es de 25 metros.

»Una cuestión accesoria se presenta respecto al tipo de estos macizos, cual es la referente á la disposición de los bloques en el sentido longitudinal y transversal. En efecto, se discute si resulta más ventajoso colocar los bloques sobre puestos exactamente formando columnas verticales, entre las cuales no existe más solidaridad que la que resulta de la existencia de la coronación de mampostería, ó bien disponerlos de modo que las juntas sean encontradas, tanto en el sentido longitudinal como en el transversal.

»M. Coen Cagli opina que con bloques de 20 á 30 metros cúbicos, incapaces de ofrecer cada uno de por sí una resistencia suficiente á la violencia de las olas, la ventaja de la disposición de los bloques en columnas independientes es insostenible; mientras que M. de Joly es de opinión contraria y declara que la colocación en juntas encontradas, no permitiendo á los bloques seguir los asientos debidos á la altura del núcleo de escollera, y á veces á la naturaleza fangosa del fondo, origina flexiones y reacciones inferiores peligrosas en un macizo de bloques solidarios.

»Sobre esta cuestión, el ponente general es de la misma opinión que M. de Joly, en razón á la dificultad de la colocación que es mayor cuando las juntas están en juntas encontradas, sobre todo en el sentido longitudinal, puesto que en estos trabajos hay que corregir continuamente los defectos de colocación de los bloques precedentes con la de los siguientes.

»El sistema de construcción de macizos por medio de enormes bloques artificiales de 5.000 á 6.000 toneladas, recientemente aplicados en Bizerta, Bilbao, Zeebrugge, Scheveningue y el que se proyecta emplear para el nuevo puerto de Valparaíso, ha sido objeto de importantes observaciones por parte de muchos ponentes.

»M. Vernon Harcourt dice que estos bloques son convenientes, sobra todo á causa de su enorme masa, para resistir la acción de las olas y permitir, además, la rápida construcción de un rompeolas.

»M. Coen Cagli afirma que este sistema es, por ahora, el más perfecto, puesto que los monolitos son capaces de resistir cada uno de por sí el choque de las olas; únicamente, añade, la longitud de los bloques no debe ser muy exagerada á fin de disminuir la dificultad de seguir la superestructura á la escollera en sus asientos sin perder el contacto en ninguna parte, y además la estructura de cada monolito ha de ser homogénea, lo cual ya se ha realizado en Bizerta y Zeebrugge; y, finalmente, reconoce que el coste de las instalaciones y aparatos necesarios para la construcción y colocación en su sitio de los monolitos es muy subido, lo cual obliga á limitar las aplicaciones para los casos solamente de gran importancia. Observa, además, que hasta ahora el nuevo tipo no se ha empleado más que en circunstancias especialmente favorables, tanto desde el punto de vista de la construcción de los monolitos, como el de la exposición de los diques y de la profundidad del mar.

(Se continuará.)