

Las barras núm. 1 están recalentadas y laminadas de nuevo para recibir su forma definitiva; están dispuestas para ser enlazadas por tuercas de manguito y se emplean, sobre todo, en las vigas de arco.

Las barras núm. 2 están laminadas en la forma definitiva, sin recalentamientos, y se emplean en las construcciones corrientes.



Fig. 3.ª

El diámetro de las barras Thacher varía entre 6 y 50 milímetros.

4.º Finalmente, en una última categoría se encuentran las barras con salientes redondas *Diamond* (fig. 3.ª), y la cuadrada tipo *Johnson* (fig. 4.ª)

Estos dos tipos de barras se obtienen directamente por el laminado, por un procedimiento particular, y su dimensión varía entre 8 y 30 milímetros.

Las barras Buffalo, Thacher, Diamond y Johnson se hacen con acero duro, cuyo límite de elasticidad varía entre 32 y 35 kilogramos por milímetro cuadrado, mientras que la barra Rausone es de acero dulce, cuyo límite de elasticidad es aumentado por la torsión en frío.

Numerosos ensayos se han hecho para demostrar las ventajas de estas barras desde el punto de vista de la resistencia al deslizamiento.

El artículo del diario *Le Genie Civil* (8 y 15 de Febrero de 1908), del cual tomamos los detalles que preceden, da los resultados de ensayos comparativos efectuados en 1906 y 1907 en el Instituto Lewis, en Chicago, por el profesor De Puy y el Ingeniero Coniron, y cuya nota ha sido publicada por el diario *Beton und Eisen* (Septiembre y Octubre de 1907). Estos ensayos se han

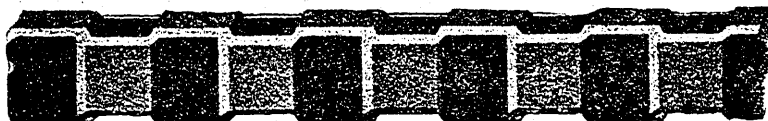


Fig. 4.ª

llevado sobre la resistencia al arranque de barras rodeadas de hormigón y perteneciendo al tipo redondo, cuadrado, Rausone, Buffalo, Thacher, Diamond y Johnson. Parece resultar que estas barras deben clasificarse en el orden que acabamos de indicar. La barra Johnson dará el máximo de resistencia al arranque, ó sea de dos á cuatro veces más que la barra redonda.

Esta clasificación de los diversos tipos de barras está confirmada por ensayos ejecutados recientemente por M. Probst en el Laboratorio del Gobierno alemán en Cross-Sichterfelde (Berlín), y publicados en los Anales de esta institución. Pero la superioridad de la barra Johnson no ha sido más que del 50 por 100 próximamente sobre la barra redonda lisa. Sin embargo, conviene guardarse de considerar estos datos como concluyentes, pues los ensayos de los materiales no los proporcionan siempre precisos. Resulta, además, de numerosas experiencias hechas sobre la adherencia del hormigón al metal, que esta resistencia varía entre límites muy amplios con la clase de las dos materias puestas en presencia.

Que las barras con salientes ofrecen una resistencia más grande al arranque, la cosa parece desde luego cierta. Ello resulta, no sólo de la forma de las barras, sino también de ser el metal empleado acero duro. Es también evidente, en efecto, que cuanto más se eleva el límite de elasticidad, más se retrasa el momento de la estricción que es frecuentemente la causa determinante del arranque:

De todos modos, el empleo de las barras americanas en las construcciones de hormigón armado en Europa debe hacerse con algunas reservas.

Los constructores americanos pretenden también que el uso de las barras especiales dispensa el de armaduras secundarias, y, de hecho, emplean muy pocos estribos, lo que simplifica mucho la construcción. No obstante, el papel de los salientes de las barras no es el de los estribos, puesto que las unas aseguran la adherencia y los otros el deslizamiento del hormigón.

No se ve tampoco muy bien cuál es la justificación teórica del empleo de las barras americanas en las bóvedas, puesto que en éstas la inclinación al deslizamiento es siempre muy débil.—O.

PUERTO DE SANTANDER

(CONTINUACIÓN)

Excavaciones en la dársena de Molnedo.

En el año 1902 se dió término á las excavaciones en el interior de esta dársena, llegando á un calado mínimo de 3,50 metros á todo lo largo del muelle Sur y al cero de bajamar en el atracadero del muelle Norte, según lo previsto en el presupuesto reformado que se aprobó por Real orden de 7 de Junio de 1898.

Hasta 31 de Diciembre de 1902 se habían gastado 1.369.166,62 pesetas, y las 52.295,10 restantes hasta el total importe del presupuesto, debían destinarse á la conclusión de la obra. El calado medio natural hacia la boca era próximamente de 2 metros y había que aumentarlo hasta 3 $\frac{1}{2}$, y en la parte interior quedaba todavía por hacer un desmonte importante, hasta las rampas del Nordeste, para situar las rasantes del fondo en esta zona á la misma altura que en el resto de la dársena.

Con tal objeto se acumuló en dicha zona el trabajo de dos perforadoras, la marina y la instalada en el extremo del dique de abrigo de la dársena, y el de dos dragas Priestman, para dejar abierta la canal de entrada en su semiancho de 45 metros, ya que no era posible acabar definitivamente todo el desmonte con la cantidad que restaba del presupuesto.

Durante el año 1903 y primer trimestre del 1904 ó en un período de cinco trimestres incompletos, porque apenas se trabajó en Febrero y Marzo de 1904, se habían gastado 52.086,23 pesetas y extraído 782 metros cúbicos de arena y tierra y 1.447 de roca. Descontando el coste de la extracción de la arena y tierra al precio de 8,371 que indica la Memoria del presupuesto reformado, resulta el metro cúbico de roca volado y dragado á 33,24 pesetas, muy poco más del tipo 31,045 que sirvió para calcular el mismo presupuesto, en el cual se había supuesto un precio alto al metro cúbico de tierras sueltas, dragadas y transportadas á los terraplenes ó vertidas en el mar, porque, aparte otros motivos, era ya escasa la cantidad de estos materiales que había de extraerse, y en yacimientos dispersos y difíciles de atacar por las garras.

Pero los trabajos discontinuos hechos en esos últimos trimestres no pueden servir de norma para determinar los precios y el coste de esta obra. Agotado el presupuesto en dicho mes de Marzo, se dieron por terminadas las obras. Lo que queda por hacer se va ejecutando con cargo al presupuesto de dragados que formula la Junta anualmente, sin que sea obstáculo para ello el no haber abierto la canal de entrada en todo el ancho de 90 metros que tiene la boca.

Por esta circunstancia de estar casi terminada la obra, y para juzgar de su coste y dejar consignados los incidentes más salientes de su desarrollo, conviene hacer una reseña desde su principio hasta la conclusión.

Reseña general de las obras de la «Limpia» ó excavación de la dársena de Molnedo.—En el proyecto de encauzamiento de la costa Norte de esta bahía, redactado en el año 1878 por el Ingeniero don

José Lequerica y aprobado en 1882, se incluía la construcción de dos dársenas, una de ellas la de Molnedo, situada sobre la playa de las Higueras, desde el antiguo «Puerto Chico» hasta las peñas «Las Hermanas». Dentro de la nueva dársena y de su zona de servicio quedaban «Puerto Chico» y una escollera llamada del Ayuntamiento, que se destacaba más al Este.

En aquel proyecto sólo se incluían las obras para formar el recinto, que después se han terminado con arreglo al presupuesto y proyecto reformados que redactó en el año 1891 el Ingeniero don Ricardo Sáenz de Santa María, y que más tarde reformó de nuevo el que suscribe para adicionar la rampa del Sur. Pero estaban ya muy adelantadas en el año 1886, cuando el Ingeniero á la sazón, Director de las obras, D. Arturo Clemente, redactó un proyecto de «Limpia» de la dársena, que fué aprobado en 21 de Abril de 1887, para aumentar los calados y regularizar el fondo, formado en muchos sitios por cabezos y crestas de rocas. El calado máximo, y en una pequeña extensión de la dársena, era de 2 metros; pero en la mayor parte quedaba el terreno descubierto á la bajamar. Para dejar este recinto en condiciones de servir con utilidad á la navegación costera, cuyos buques de vela ó de vapor son los que han de utilizar la dársena, propuso el Sr. Clemente, y aprobó la Superioridad, un perfil transversal tipo para toda la dársena, formado por tres rasantes. La última rasante, de 24 metros de longitud; que empezaba con 2 metros bajo la bajamar viva equinoccial y terminaba con 4 dentro del espacio en que hoy están los pilares del muelle Sur, se ha sustituido por otras dos; la última, horizontal á 3,50 bajo la bajamar viva. La cota 4 metros que al final de esta rasante daba el proyecto primitivo era ilusoria, puesto que pocos metros antes del frente del muelle ó en el sitio hacia donde caen las quillas de los buques atracados sólo quedaban poco más de 3,50 metros, que disminuían rápidamente en sentido transversal, y se adoptó esta cota uniforme en una zona de 12 metros de anchura para el fondeo de embarcaciones á todo lo largo del muelle Sur.

El proyecto del Sr. Clemente suponía que los volúmenes de excavación habían de ser 70.745,70 metros cúbicos de arena y fango; 4.351,78 de roca en la zona Norte, y 13.739,47 de roca en la zona Sur; en total, 88.796,95. Llamaba zona Norte al espacio comprendido entre la arista de coronación del muelle Norte y una línea paralela á 40 metros de distancia, y zona Sur al resto. El presupuesto de ejecución material importaba 410.360,76 pesetas. La obra se subastó en 6 de Octubre de 1887, adjudicándose á D. Rafael Chapa, el cual sólo extrajo 12.475,39 metros cúbicos de materiales sueltos. Se rescindió esta contrata, y después de dos subastas que quedaron desiertas, se autorizó la continuación de las obras por administración. Pero los trabajos pusieron de manifiesto que la cantidad de roca por desmontar era mucho mayor que la que se había previsto, y el Ingeniero Director, Sr. Santa María, se vió obligado á reformar el presupuesto, elevándolo á 812.174,29 pesetas, que fué aprobado por Real orden de 11 de Noviembre de 1893. En este presupuesto resultaban ya entre lo excavado y por excavar 31.993,55 metros cúbicos de roca, y en total 73.861,30 metros cúbicos, sin contar lo hecho por el contratista. Pero aún eran pequeños estos volúmenes y exiguo el precio medio de 11 pesetas que se asignó al metro cúbico, por lo que más adelante el Ingeniero que suscribe tuvo que cubicar y valorar de nuevo la obra para redactar en el año 1897 el presupuesto último de la obra, cuya justificación, como los detalles de ejecución en aquel período, alargarían indebidamente este resumen, y pueden verse en la Memoria del presupuesto, el cual importaba 1.421.461,72 pesetas, y fué aprobado por Real orden de 7 de Junio de 1898. La excavación total en la dársena, con arreglo á dichas rasantes, teniendo en cuenta el volumen que había de ejecutarse bajo las rasantes de proyecto, daba un volumen total de 87.099,37 metros cúbicos, de los cuales eran 41.291,25 de materiales sueltos, 11.148,75 de roca en la zona Norte y 34.659,37 de roca en la zona Sur. El total en roca sumaba 45.808,12 ó 27.756,87 más que lo consignado en el proyecto primero y 13.814,57 más que en el segundo.

De las causas de error, á mi juicio excusables, que hubo en aquellos proyectos, sólo consignaré las dos principales: una debida

á la naturaleza del terreno, y otra á los procedimientos de ejecución.

El subsuelo, formado por capas de caliza dura, compactas, pertenecientes al cretáceo inferior, está atravesado en direcciones inciertas por numerosos conductos y por cavernas irregulares, rellenas de arcilla. Sobre esta roca había un depósito, de espesor variable, de fangos, arenas y materiales sueltos, que dejaba al descubierto los cabezos y puntas salientes del subsuelo, cuya superficie es muy irregular, por la alteración y denudación de las primeras capas calizas. En la proximidad de la superficie, las rocas están agrietadas, separadas en grandes piedras con raigones embotados en el terreno arcilloso; pero á medida que se profundiza, el terreno se hace más regular, hasta convertirse en una roca dura y compacta, aunque con las perforaciones cavernosas.

Al hacer los sondeos para el primer proyecto en el año 1886, se atravesaron algunas grietas y cavernas, llegando la barra de hierro en algún punto hasta 4,50 metros de profundidad, y por esto sin duda se supuso que el terreno aparecería más descompuesto ó fácil de desmontar que lo ha sido en realidad, y la clasificación en roca y arcillas y materiales sueltos resultó muy inexacta.

El procedimiento de ejecución tenía que dejar una superficie irregular erizada de puntas de roca, sobre las cuales es peligrosa la varada de los barcos. Para dejar un fondo aceptable había que proponerse que las puntas más altas quedasen bajo las rasantes del proyecto, y que las desigualdades se cubriesen con acarros y materiales pequeños. Además, las dragas Priestman excavadoras no pueden hacer el trabajo con suficiente regularidad para evitar que en los sitios en que encontraban alguna bolsada de las rellenas con arcilla no hicieran una excavación mayor que la proyectada, que por otra parte reclamaban los buzos para que se les dejaran limpios los crestones del subsuelo, en que habían de apoyarse las perforadoras y hacerse los barrenos. Ya se previó alguna de estas circunstancias al redactar el proyecto primitivo, y se consignó un volumen de excavación bajo las rasantes de 5.931,32 metros cúbicos; pero en el año 1892 se habían ejecutado 8.819,26, y de 1892 á 1894 se hicieron otros 7.109,52 y la mayor parte en roca; y en la cubicación completa que hicieron los Ingenieros Sres. Rodríguez de Ribera y Oliver para el proyecto que redacté en Abril de 1897, resultaron en total por debajo de la rasante 18.508,71 metros cúbicos, y como había entonces algunas zonas en que no se había acabado el desmonte y había de suponerse un espesor mínimo medio de 0,23 á 0,30 á la capa que se excavase bajo las rasantes, quedaban por desmontar otros 5.000, que con los 18.508,71 hacían un total de 23.508,71, que es lo que se incluyó en el último presupuesto.

El desmonte de la zona Norte se ejecutó aprovechando las bajamares para barrenar, desescombrar y llenar cajones que se cargaban á la pleamar en barcas por medio de una grúa Priestman montada en un flotador. Se daba fuego á los barrenos después de subir la marea. Pero este procedimiento sólo es aplicable hasta unos 80 centímetros sobre el nivel de bajamar, porque en cotas inferiores las dificultades son próximamente las mismas que para el desmonte de los terrenos siempre sumergidos, como los de la zona Sur, que próximamente comprende las dos terceras partes del área de la dársena.

Al encargarme de la obra en Abril de 1894, se habían desmontado 13.366,89 metros cúbicos en roca que habían de elevarse, según el proyecto de 1897, á 15.808,12. Es decir, que quedaban por hacer más de las dos terceras partes y principalmente en la zona Sur, donde había de darse el mayor calado y encontrar, por tanto, el terreno más duro y compacto.

Todo este desmonte se ha hecho con perforadoras movidas por aire comprimido. Para ordenar el trabajo se distribuyeron las máquinas, instalando en tierra un compresor de aire con su máquina de vapor en el ángulo S. O. de la dársena y un tubo de hierro galvanizado sobre el pretil del dique Sur para conducir el aire á las perforadoras.

En el ángulo N. E. se instaló otro compresor con su conducción á lo largo del muro Norte para las perforadoras que habían

de hacer el trabajo en aquella zona. Además, teníamos otro compresor instalado con su máquina de vapor en una embarcación.

Las operaciones para hacer esta excavación consisten: 1.º En limpiar el fango, arena y materiales sueltos en la zona en que van á colocarse los tripodes de las perforadoras. 2.º Ejecución de los barrenos y voladuras. Y 3.º Extracción de los productos con las dragas Priestman.

Las perforadoras, montadas sobre tripodes, se bajan desde un flotador con una cabria ó grúa pequeña. Á cada perforadora se enchufa un tubo de goma, que se empalma con cualquiera de las conducciones de aire comprimido, por medio de roscas preparadas de antemano en diferentes puntos de la tubería. Un buzo cuida de cada tripode, abre y cierra á voluntad la admisión del aire en el cuerpo de bomba y regula la marcha de la barrena, que es la varilla del émbolo, con la broca ó el útil en su extremidad.

Se dan varios barrenos en la zona de trabajo, y después una draga Priestman extrae los productos y limpia el terreno para continuar las operaciones.

Con este procedimiento se hizo á tajo abierto todo el frente del muelle Sur de Oeste á Este, y se combinó esta operación con la construcción de los pilares para los arcos del muelle, que se iban levantando á medida que avanzaba la excavación y se dejaba limpia la base en que habían de apoyarse los cajones sin fondo que servían para la construcción de cada pila. Con el compresor colocado en el ángulo S. O. se hizo esta excavación hasta la mitad del muelle, y después se trasladó el mismo compresor al morro del dique para hacer la otra mitad. Entre tanto los otros compresores ejecutaban la obra en el interior de la dársena, y, por último, el compresor del morro y el montado en un flotador han ejecutado los trabajos de la boca.

El fondeadero del muelle Norte se rebajó hasta unos 40 centímetros por debajo del cero de bajamar, para recubrirlo de una capa de arena que permite varar sin peligro las pinazas, barcas y lanchas de pesca. El del muelle Sur ha quedado con tres metros y medio de calado mínimo en 370 metros de longitud que tiene el espigón. Y lo utilizan los vapores de pequeño cabotaje y los buques de vela, como también el muelle del Oeste (1).

La excavación en la zona del centro de la dársena, cuya mayor parte se hizo en los primeros años de trabajo, ha dejado muy irregular todo el fondo, aunque por debajo de las rasantes aprobadas. En las zonas de atraque á los muelles Sur y Norte se ha dejado bien nivelado el fondo.

El coste medio del dragado en la dársena en toda clase de terrenos, incluyendo el transporte y descarga en los terraplenes de la zona de servicio ó para verter en otro punto de la costa, resulta de $\frac{1.421.252.85}{88.230,55} = 16,10$ pesetas por metro cúbico. El del presupuesto aprobado es de 16,32. En éste se supuso una excavación de 87.099,37 metros cúbicos, y se han ejecutado 88.230,55, á pesar de haber quedado algunos puntos sin terminar. Este exceso en la cubicación se debe á los depósitos y acarreo que se forman ordinariamente, que se han ido limpiando á la vez que se dragaba el terreno primitivo, y también á que en algún punto se ha excavado algo más de lo que se había supuesto por debajo de las rasantes. Puede haber influido también en esta diferencia la cubicación de las barcas.

Pero queda por hacer una indicación. El precio medio deducido no tiene aplicación á otra obra, puesto que depende de la clasificación ó relación en que están las diferentes clases de terreno desmontadas. Y con el fin de obtener alguna enseñanza provechosa de estos trabajos, se hizo en el año 1896 un experimento, para determinar con la aproximación posible el coste del desmonte y extracción de roca en la zona Sur de la dársena, donde se presentaba la roca más compacta y donde el desmonte debía tener más

cota. El resultado de este experimento que llevó á cabo el Ingeniero Sr. Rivera, sirvió para fijar los precios del último presupuesto, ó sea el aprobado en el año 1898, y la experiencia confirmó sus resultados. Se dedicó una parte del material á una zona determinada, y durante los meses de Septiembre y Octubre de 1896 se llevó una cuenta separada de los gastos de personal y material anejos á este trabajo, y cubicación también separada de los productos dragados, midiéndolos en barcas destaradas y suponiéndoles una densidad media de 2,50. Se ocuparon en este trabajo dos perforadoras y dos dragas Priestman.

Los gastos hechos dieron un coste de 29,36 pesetas por metro cúbico, que se descomponen en la forma siguiente:

	Pesetas.
Coste de la perforación y voladura por metro cúbico..	15,088
Idem del dragado.....	11,448
Idem del transporte, descarga y arreglo en terraplenes.....	2,829
Total.....	29,365

Y á esta cantidad se agregó un 10 por 100 por paradas, imprevistos, etc., con lo que se llegó á un precio de 32,30 pesetas por metro cúbico de excavación en roca caliza con cavernas, desmontada en cotas comprendidas próximamente entre 1 y 4 metros bajo la bajamar viva dentro de la dársena.

Aplicando este precio á los 40.207,89 metros cúbicos de roca desmontados en la dársena, resultan 1.298.714,85 pesetas, y quedan para el coste del dragado de los materiales sueltos 122.533 pesetas, que repartidas entre los 48.022,66 metros cúbicos dragados, dan un precio de 2,55 pesetas. Y si se aplica á la roca el precio 29 365, es decir, el que, según acaba de verse resultó del ensayo sin agregar el 10 por 100 por paradas y accidentes imprevistos, resultará el metro cúbico del dragado de materiales sueltos á 5 pesetas.

El precio del desmonte en roca se aproxima á los que han resultado en la ría de Avilés, en Gijón y en el Clyde en años pasados. Hoy se emplea un material más eficaz y económico, obteniendo en grandes trabajos precios incomparablemente menores; pero en desmontes de cota pequeña todo es muy costoso, y en sitios menos abrigados que una dársena, aun dentro de bahía, se elevan los costes á 50 pesetas, y, según Laroche, exceden á veces de 100.

Dique seco de carena.

En el proyecto general de «Encauzamiento y obras de mejora en la costa Norte», proponía el Ingeniero Sr. Lequerica la construcción de un dique seco de carena en la playa de la Magdalena, al Norte de la isla de la Torre. Antes de emprender la obra, en el año 1883, el Ingeniero D. Arturo Clemente reformó el proyecto, situando el dique más al interior del puerto, al Oeste de la Punta de San Martín, sobre unas restingas de que formaban parte las peñas «Hermanas», que ya han desaparecido, y la de «San Mamés». Después de algunos sondeos para explorar la naturaleza del subsuelo, creyó el Ingeniero que la construcción podría reducirse á poco más de un revestimiento sobre la excavación de la roca caliza compacta, dura, pero alterada y cavernosa en que había de fundarse el cuenco, y terminó su proyecto para el dique con un presupuesto de 1.135.242 pesetas.

Aunque se señalaban dimensiones un poco menores, en la construcción se ampliaron hasta 132 metros de eslora, 8,75 de altura entre la coronación y la base de los picaderos, 15,20 de manga sobre la misma base y 17,50 de luz en la entrada.

Aprobada la adjudicación hecha por la Junta al contratista don Lázaro Ballesteros, en la cantidad de 990.000 pesetas, se dió principio á los trabajos en el mes de Octubre de 1885. El desarrollo y vicisitudes de la obra hasta 1892, se reseña en las Memorias que

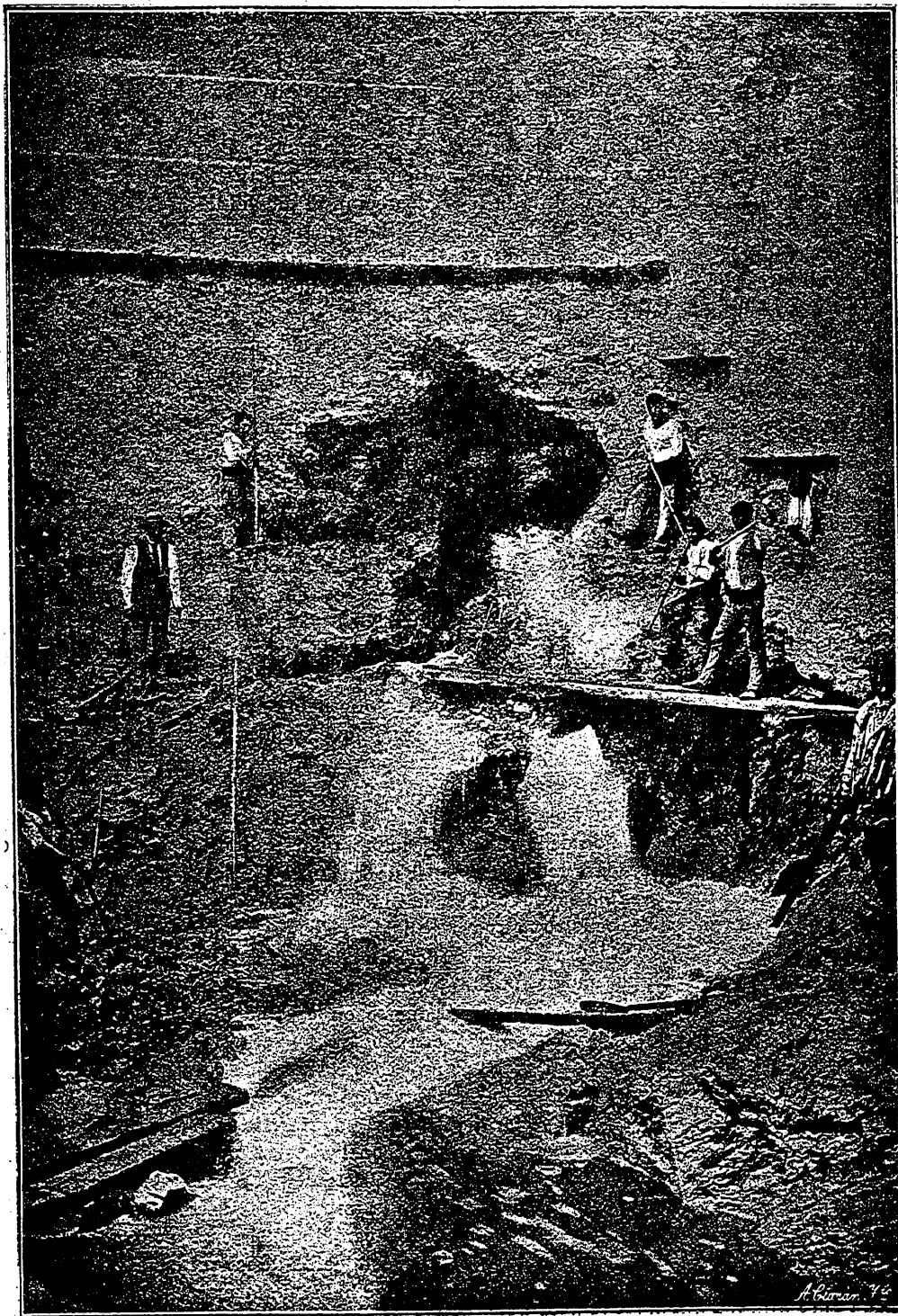
(1) Es interesante la Memoria que redactó el Ingeniero D. Arturo Clemente para determinar los calados que debían darse á esta dársena, en atención al calado y tonelaje de las diferentes unidades de navegación que frecuentaban el puerto en el año económico de 1885 á 1886.

durante este período escribieron los Ingenieros D. Arturo Clemente y D. Ricardo Sáenz de Santa María.

Hacia Marzo de 1888 se había hecho la excavación en roca en un trozo de 67 metros de longitud y extendido la tortada de hormigón en cuarenta y tantos metros, fabricada con cemento de Zumaya, y con el espesor de 1,40 metros, que fijaba el proyecto. Esta capa se levantó y agrietó por la presión del agua que se transmi-

Pedro Pérez de la Sala y D. Eduardo Saavedra, y como consecuencia y á propuesta de su ilustrado informe, el Ministro de Fomento resolvió en 31 de Agosto de 1891 que se recibieran las obras ejecutadas por la contrata, que el espesor del zampeado se elevara á 3,50 metros y que el hormigón se fabricara con cemento Portland.

El contratista se negó á continuar los trabajos, y aunque la rescisión del contrato de todas las obras no le fué otorgada hasta



Filtración después de levantado el trozo de zampeado que ejecutó el contratista.

tía por las grietas y cavernas del subsuelo. Todos los intentos para remediar la avería resultaron estériles y hubo que paralizar las obras después de haber agotado casi el total presupuesto aprobado para construir el dique. El Sr. Clemente redactó un presupuesto reformado y adicional, que terminó y firmó su sucesor D. Ricardo Sáenz de Santa María poco después de la muerte de aquel celoso y distinguido Ingeniero, ocurrida en Noviembre de 1888. Este proyecto, que no llegó á ser aprobado, y que proponía ya el aumento de espesor en el zampeado, dió motivo á una visita de inspección encomendada á los Sres. Ingenieros, Inspectores del Cuerpo, don

el 23 de Abril de 1894, antes se había dispuesto, por Real orden de 17 de Febrero de 1892, que se continuasen por administración las del zampeado.

Para dar cumplimiento á esta orden, el Ingeniero Sr. Sáenz de Santa María redactó un presupuesto especial, sólo para el zampeado, que importaba 879.884,64 pesetas. Y aprobado por Real orden de 23 de Abril de 1893, pudo el Ingeniero reanudar las obras en el mismo año, empezando una excavación al pie del muro Sur de recinto, en el interior del cuenco, de altura y ancho variables, para rellenarla de hormigón, con el propósito de cortar ó amino-

rar las vías de agua, y facilitar la construcción de la entrada para colocar el barco puerta.

Tanto la zanja como el relleno se hacían por los buzos, y estaba ya adelantado este trabajo cuando sobrevino á Santander la explosión del vapor *Cabo Machichaco*, en la cual pereció el Ingeniero Sr. Santa María, víctima de su deber, con otros funcionarios y obreros de la Junta, que á las órdenes de él se ocupaban en los trabajos de salvamento.

Continuó las obras del dique el Ingeniero Director accidental D. Pascual Landa, hasta el día 5 de Marzo de 1894, en que tomó posesión de aquel cargo el Ingeniero que suscribe.

Para evitar después una digresión conviene anticipar que la recepción de todas las obras ejecutadas por el contratista se llevó á efecto por el Ingeniero Jefe de la provincia el día 23 de Junio de 1894, y fué aprobada por la Dirección general el 2 de Octubre. Que en 1.º de Julio devolvió la misma Dirección á la Junta la liquidación de las obras de la contrata, para que se reformara con arreglo á determinadas prescripciones, y que después de un extenso trabajo á que dieron lugar las instrucciones de la Dirección y las reclamaciones del contratista, se aprobó definitivamente en 24 de Abril de 1899 por su importe de 1.051.122,61 pesetas.

Hacia aquel mes de Marzo de 1894 aparecía construido un trozo de dique con su escalonado interior hasta 49 metros por el lado Norte y 41 por el Sur. En prolongación de estos cajeros, dos muros de mampostería á todo lo largo del dique, fundados sobre la roca, con sección rectangular de uno y medio á dos metros de espesor, protegían la excavación, aunque el agua se filtraba por las grietas y cavernas de la roca. Estos estrechos muros de recinto habían de formar parte después de la sección completa de los cajeros.

Se habían construido la Casa de máquinas, las dos ataguías de la entrada y otras de contorno. El muro Norte del Antedique y el martillo hasta el cono de la entrada estaban terminados, y se estaba levantando la construcción simétrica en el lado Sur. Se había terraplenado por completo el espacio comprendido entre el Dique y la Parrilla de carena, y sobre este terraplén construido talleres de carpintería, fragua y un pequeño edificio para oficinas y almacén de cemento y herramientas.

El Ingeniero que suscribe continuó la excavación y el relleno de hormigón emprendidos en la zanja y la cimentación de la aleta del Sur; esperando á la terminación de ambas obras para reconocer el interior del cuenco, tan pronto como fuera posible efectuar el achique. Entre tanto, para atacar la obra por partes construyó una ataguía transversal en el centro del dique, y para asegurar el agotamiento se instalaron dos máquinas más, fija y locomóvil de 50 caballos de vapor cada una, además de las de 40 caballos, que había montado el Sr. Santa María.

Cuando estuvieron terminadas las dos obras antes indicadas se achicó el cuenco, en el mes de Marzo de 1895. Las vías de agua eran próximamente las que ya había visto la Comisión inspectora. La de la Unión de la ataguía de la entrada con el morro de la aleta Sur; las que, avanzando hacia el interior del cuenco, se habían corrido por debajo de la zanja y relleno de hormigón construido; la que había causado la rotura del zampeado construido por el contratista, y otras pequeñas, pero numerosas, como si indicaran un mismo origen, por debajo del muro Norte, en tres puntos distintos. Porque parecía muy difícil emprender la obra hacia la entrada, me propuse ejecutar primero la parte interior ó el semicuenco de la proa, que tampoco resultó bien defendido por la ataguía transversal. Y hubo que sostener el achique en los dos semicuencos, aunque en uno de ellos, por estar más atrasada la excavación, bastaba que el nivel del agua descendiera hasta la base de la ataguía transversal. Agotaban en éste, ó en el más inmediato á la boca, las máquinas definitivas, y en el semicuenco interior, hasta el fondo de la excavación, las máquinas auxiliares. Entre todas sumaban una fuerza de 300 caballos de vapor, que podían extraer unos 1.000 litros por segundo, aunque por las interrupciones frecuentes no podrían contarse 800.

El semicuenco interior tenía 70 metros de longitud, y en él se comenzaron los trabajos, limpiando una capa de fango que cubría

la parte de zampeado ejecutada. Después se desmontaron este trozo de zampeado y las dos y tres primeras gradas de los lados Norte y Sur, respectivamente; y, por último, se emprendió la excavación en roca para dar al nuevo zampeado un espesor mínimo de 3,80 metros. Quedaron los muros casi colgados, y la excavación abierta hasta el fondo.

Hízose este trabajo entre los meses de Marzo y Octubre de 1895, aunque con algunas interrupciones, la más larga de un mes completo, para instalar una nueva máquina de 40 caballos nominales ó 100 efectivos de vapor, por haber aumentado el caudal de las filtraciones y haberse presentado otra de éstas, importante. Tres de ellas se consiguió cortarlas, obstruyendo con dos macizos transversales de arcilla la alcantarilla municipal, que corre paralela al dique, con una sección de 1,60 metros de altura. Este colector se llenaba de agua al subir la marea y producía las corrientes que aparecían al pie del talud Norte de la excavación.

Se habían reunido 400 caballos efectivos aplicados á varias bombas centrifugas que elevaban más de 1.000 litros por segundo, hasta el 22 de Octubre, en que fué imposible dominar una vía de agua que se presentó el día 18 y que fué rápidamente creciendo hasta anegar el cuenco y paralizar la obra. Las máquinas que trabajaban en el semicuenco interior extraían el agua hasta 13 metros de altura, y las del segundo ó más próximo á la boca, en el cual no se hacían por entonces trabajos de excavación, sólo tenían que salvar un desnivel de 8 metros.

Durante la campaña de aquel verano se había hecho la excavación en el semicuenco interior, ó en 70 metros de longitud, hasta 4 metros bajo la base de picaderes, y en todo el ancho. Quedaba por hacer la excavación en la otra mitad del dique y toda la obra de fábrica, es decir, todo el zampeado. Pero se habían gastado 532.336,28 pesetas del presupuesto aprobado, y el resto disponible en 31 de Diciembre del año 1895 era sólo de 347.548,36.

La situación podía concretarse en los términos siguientes:

1.º No había medio de conocer con aproximación el volumen de agua que sería necesario achicar al continuar la obra, y difícil era, por tanto, elegir el procedimiento técnico y económico para continuar los trabajos.

2.º Podía ya colegirse que cualquiera que fuese el sistema de ejecución que se adoptara, había de costar aproximadamente un par de millones de pesetas sobre el presupuesto aprobado, en el cual hasta los precios del hormigón eran insuficientes, porque se aplicaban los del cemento de Zumaya y no los del cemento Portland.

El cual presupuesto sólo se podía considerar como un medio de ponerse en camino de ejecutar la obra, á reserva de ampliarlo cuando se conocieran las dificultades, más ó menos previstas, que probablemente, como confirmó la experiencia, habían de acrecentarse en el período de construcción.

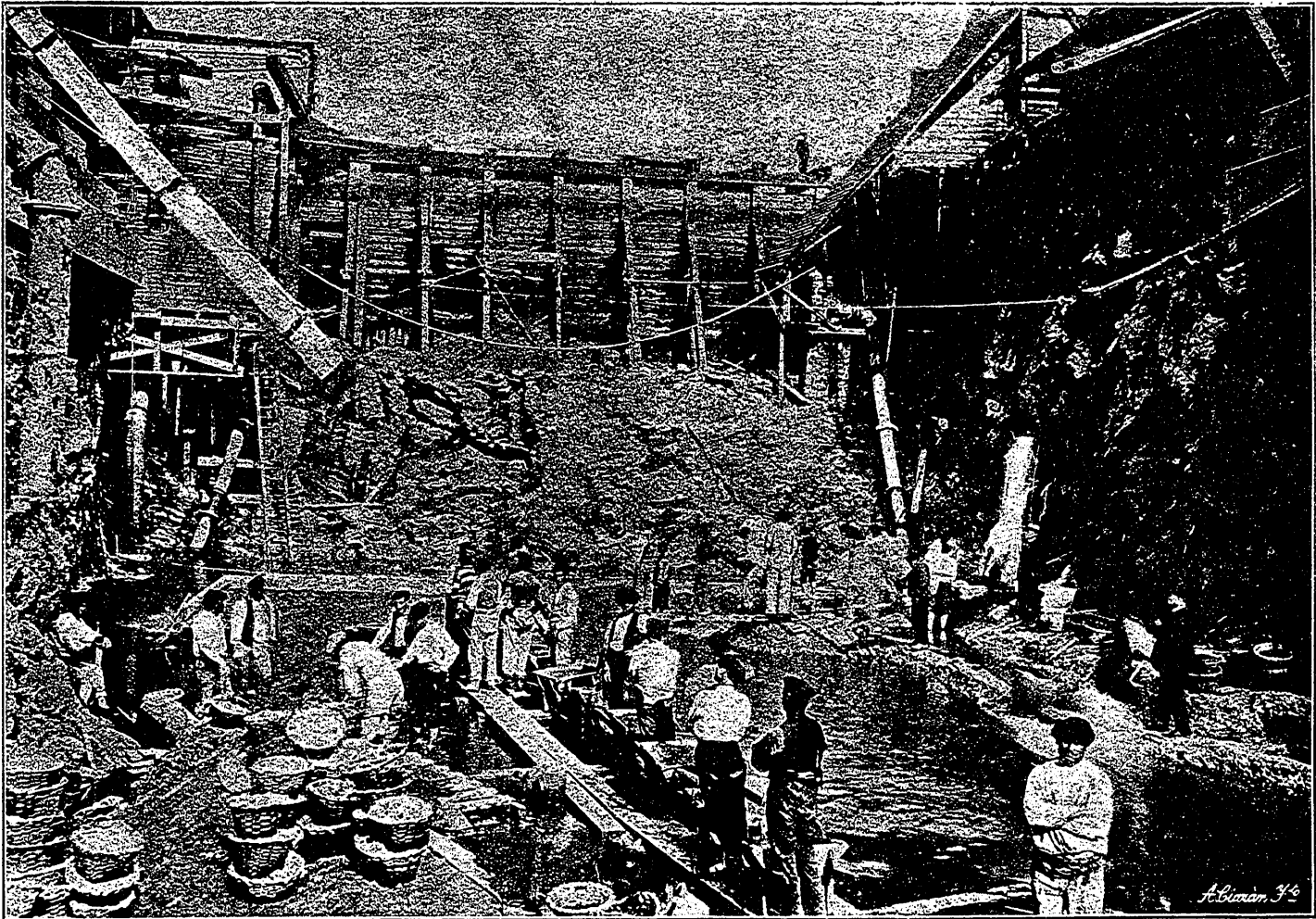
Las ataguías, las máquinas y todos los medios acumulados para construir el zampeado por medio de achiques, eran de importancia bastante para no abandonar el procedimiento sin cerciorarse de la imposibilidad económica de continuar con él.

Un cambio de sistema, apelando al aire comprimido, obligaba á la instalación de maquinaria nueva y cámaras especiales en la caja que había de formar al pie de los muros, en parte construidos, la excavación en roca; y no hubieran sido fáciles, ni acaso posibles, si habían de ofrecer garantías de seguridad, las delicadas operaciones necesarias para empalmar la fábrica nueva con los cortes estrechos que dejaban al descubierto las antiguas. Por lo que tampoco, aun en el caso de ejecutar la excavación en roca y la extensión de la tortada del zampeado, por medio del aire comprimido, hubiera podido prescindirse de conservar y reformar las ataguías y de emplear las máquinas de agotamiento para ciertas partes de la obra.

El cuenco está abierto en un terreno cretáceo inferior de calizas duras, en estratos que van de SO. á NE. Estas calizas, perforadas por conductos tortuosos ó cavernas de más ó menos capacidad, sin obedecer á leyes perceptibles, aunque algunos parecen que tienen su origen en los lisos ó planos de contacto de los estratos, es-

tán muy alteradas y descompuestas en la parte superior y se van haciendo más sanas en relación con la profundidad, hasta presentarse bancos muy compactos y duros, y constituir un terreno que sólo puede desmontarse con dinamita, aunque permeable por las fracturas ó grietas de los bancos y principalmente por las cavernas. En las paredes de éstas y en los bancos del interior del dique pudieron recogerse variados fósiles de la época cretácea (1). En gran parte los huecos de las cavernas estaban rellenos de arcillas amarillas y arenas, que fué desalojando la acción corrosiva de las corrientes debidas á los agotamientos y á los cambios de nivel relativo del agua dentro y fuera del cuenco,

ral entre la Parrilla y el dique, y penetraba por las grietas y cavernas en puntos poco distantes del murete de recinto, absorbiendo y arrastrando las tierras de la ataguía. Ciertamente que no podía excluirse la hipótesis de que, abierta una comunicación directa entre el mar y el cuenco, podían sumirse también los terraplenes; pero era más probable lo primero, y teniendo en cuenta que la primer ataguía de contorno se había construido sobre la capa de arena y fango que cubría la roca, supuse también que, levantando todo el terraplén, incluso la ataguía, limpiando bien la superficie del terreno, y haciendo con buzos una zanja en la roca, en los puntos en que los hundimientos del terraplén acusaban los prin-



Semicuenco interior, ataguía transversal y pozos de achique.

Un conjunto de observaciones anotadas en la Memoria del primer presupuesto adicional, que redacté en el año 1902, y que no es posible detallar aquí, singularmente el hecho de que todas las vías nuevas de agua, que durante los trabajos del año 1895 se presentaban en el interior del cuenco, coincidieran con hundimientos en los terraplenes de contorno, me hicieron suponer que la mayor parte de las cavernas que cortaba la excavación no estaban en comunicación directa con el fondo del mar, sino que el agua que pasaba por la escollera en que está cimentado el muro de la Parrilla de carena, trabajando en la base de la ataguía de contorno y de los terraplenes, se abría camino sobre el terreno natu-

rales sumideros ó corrientes subterráneas, y construyendo después una nueva ataguía, había muchas probabilidades de cortar algunas vías de agua, y de obstruir ó hacer más tortuoso el camino de otras, introduciendo pérdidas de carga que aminorarían el gasto por los conductos subterráneos.

Se trazó la ataguía en el trozo indispensable. Estas ataguías, en cajones de madera, son de difícil conservación y menos eficaces que los terraplenes de arcilla de base ancha, como la que había construido el contratista á la entrada del cuenco. En la cual se han remediado fácilmente todas las erosiones y socavaciones que se presentaron durante el largo periodo de construcción, retacando ó cargando con sacos de arcilla. Pero entre los muros de la Parrilla y del dique no se disponía de espacio suficiente para que el talud de la ataguía quedara á distancia conveniente de las obras, y apelamos á un sistema especial.

JESÚS GRINDA.
Ingeniero-Director.

(Continuará.)

(1) «Restos de rudistas, algunas terabrástulas, radiolas de equinoides, principalmente de Cidaris, Lardesi, Desor, varios coralaris, algunos ejemplares de Orbitolina lenticularis y un fragmento de Norinosa gigantea. Hom. Fir», recogidos entre los productos de la excavación. Hizo esta investigación y clasificó los fósiles y el terreno el Ingeniero de Minas D. Rafael Sánchez Lozano, que después de visitar detenidamente la excavación del cuenco, en el verano de 1895, tuvo la bondad de enviarme un informe tan interesante como todos los trabajos congéneres que ha llevado á cabo en la provincia de Santander el mismo competente geólogo.