

los pilotes, que serán por consiguiente nueve, soportando cada uno de ellos 20 toneladas próximamente, puesto que el peso total asciende á unas 180.

De entre los diferentes modelos de rosca he elegido el de mayor diámetro, ó sea de 1^m,22. Esto proporciona una área de 1,1684 metros para resistir á la presión de 20 toneladas, resultando por lo tanto cargada la superficie helizoidal no más que con 1,74 kilogramos, por centímetro cuadrado, peso que resulta ser cinco veces menor que el de 7,16 kilogramos á que se hallan sometidos los 17 pilotes del faro de la Florida, y muy inferior también al de 4,40 kilogramos (4 toneladas por pie superficial), que es el tipo que á juicio de los Ingenieros ingleses puede servir de guía con toda seguridad para los pilotes hincados en suelos nada resistentes.

En cuanto á los vástagos, con sólo considerar que los dos tercios de su longitud han de hallarse metidos en el terreno, basta para conocer que es sobrado su grueso de 0,20 metros para soportar las 20 toneladas que han de gravitar sobre cada pilote. El cálculo lo comprueba además, puesto que si se sustituye en la fórmula práctica,

$$P = \frac{11125 d^3}{4 d^2 \times 0,16 l^2}$$

empleada comunmente por los fabricantes de Inglaterra para los soportes cilindricos de hierro forjado, por d y l sus respectivos valores de 8 pulgadas y 40 pies se obtendrá para el peso P , la cifra de 89000 libras ó sean 39,73 toneladas.

Queda, pues, bien manifiesta la suficiencia de los nueve pilotes verticales para la fundación de la torre de Buda, y sólo será necesario disponerlos de modo que sus cabezas estén perfectamente ligadas entre sí para que todos ellos formen un cuerpo, en el que se distribuyan bien é igualmente la presión, destruyendo al mismo tiempo los esfuerzos laterales que pudieran originarse en algún punto, si por cualquier evento se rompía la solidaridad dada á las diferentes piezas del esqueleto piramidal.

Tal es el objeto del fuerte armazón de hierro colocado sobre el pilotaje, formando una plataforma radial, suficientemente rígida, que servirá de coronación á los pilotes de fundación, al mismo tiempo que de base ó asiento á la torre del faro.

La pirámide, cuyo diámetro en su pie es de 17 metros y de 3.70 en su parte superior, mide, como ya he dicho, una altura de 45^m,75 hasta el piso de la galería de la linterna, y para que su construcción sea tan solidaria cual conviene, he observado los buenos preceptos de que hablé en un principio, atirantando los montantes angulares, por medio de varillas en forma de cruces de San Andrés, acodalándolos con hierros de C y estableciendo después rígidos armazones horizontales alrededor del tubo de la escalera, al cual van unidos, en zinc, los otros tirantes inclinados que evitan los movimientos hacia el exterior.

La combinación de estas diferentes piezas, convenientemente distribuidas en toda la altura de la pirámide, hará por consiguiente de la torre un sólo cuerpo tan solidario como es preciso para su seguridad y para que no ejerza en la base, de una manera sensible, otros esfuerzos que los debidos al peso de la construcción.

A 9^m,60 sobre la gran plataforma del pilotaje, he situado la casa de los Torreros, cuyo piso está formado de una armadura de vigas radiales y otras más pequeñas paralelas al octógono de la pirámide. Aumenta considerablemente la resistencia de este suelo, al mismo tiempo que su trabazón con el esqueleto de la torre; 1.º la columna vertical de 0^m,60 de diámetro situada á plomo del pilote central; 2.º las 8 tornapuntas pequeñas que en ella se apoyan dentro del cono inferior, y 3.º las piezas de hierro que sirven de generatrices de la superficie cónica.

Dicho se está que este cono, además de proporcionar un espacio útil para depósito de aceite y otros efectos, tiene también por objeto el aminorar la acción de los vientos, estableciendo una especie de *taja-aire* que cubre el gran plano horizontal del piso de la casa, idea que he adoptado asimismo para la parte superior,

ó sea para la misma casilla, la cual, en vez de ser prismática, estará formada de husillos cilindricos de palastro, recubiertos de tablas por el interior y cuyas directrices serán las ocho fuertes cerchas ó vigas arqueadas de hierro, que, partiendo desde el piso, irán á parar al tubo de la escalera, sirviéndole al mismo tiempo de botareles para repartir su presión en mayor número de puntos.

La altura de estos arcos de hierro permite que haya dos pisos, en los cuales se hace la distribución de las habitaciones por medio de tabiques divisorios de madera. En el primer piso se establecen además de la puerta de entrada, ventanas y vidrieras á la inglesa, y para obtener luz y ventilación en el piso segundo, van los tragaluces inclinados de cristal y los ventiladores verticales, dispuestos unos y otros convenientemente á impedir que penetre el agua en tiempo de lluvia.

Deseando economizar el empleo de la fundición en las partes principales de la obra, proyecto de palastro el gran tubo que ha de contener la escalera y que ha de servir á la vez de alma central al esqueleto piramidal que constituye la torre. El tubo es cilindrico, tiene 2 metros de diámetro y está formado de planchas de 0^m,025 de espesor unidas entre sí por medio de cubrejuntas exteriores horizontales y verticales, cuyas anchuras de 0^m,10 y 0^m,15 permiten poner las dos filas de roblones de 0^m,016 de grueso, necesarias para ligar bien dichas planchas. Esta unión que, como dejo manifestado, es sólo por el exterior, se aumenta en muy alto grado interiormente por los peldaños de hierro fundido encastrados entre sí unos con otros, roblonados fuertemente por su extremo más ancho al tubo de palastro, y enchufados, en fin, los anillos centrales en la barra vertical de hierro forjado de 0^m,050 que constituye el alma de la escalera de caracol.

Para iluminarla y para ventilarla proyéctanse ventanas repartidas convenientemente en toda la altura, siendo sus dimensiones capaces de permitir que salga por ellas el operario á los armazones radiales horizontales, sobre los cuales pueden ponerse tablones, escaleras y aun andamios, así para reconocer la torre exteriormente, como para facilitar las operaciones de reconocer la pintura, regular la tensión de los tirantes, etc.

La plataforma en que descansa la linterna es de 5^m,50 de diámetro, y como el octógono formado por los montantes sólo mide 3^m,70, ha sido preciso disponer unas fuertes ménsulas, que, fortificando la parte voladiza, contribuyen, en unión con la balaustrada, á dar á la coronación de la obra un buen aspecto.

Las explicaciones que dejo hechas bastan para formar una idea exacta del proyecto del faro de 2.º orden del Ebro, restándome tan sólo manifestar que para los ocho montantes ó piezas principales del esqueleto de la torre, en lugar de las barras redondas de hierro forjado de 0^m,15 hasta 0^m,10 de diámetro que pudieran emplearse, he preferido las anchas y gruesas llantas planas, propuestas por Mr. Porter, las cuales, con las dos fuertes escuadras á ellas cosidas en toda su longitud, presentan la necesaria resistencia, con más la ventaja de facilitarse y mejorarse extraordinariamente por este medio la unión de las diferentes partes de los montantes entre sí y con los tirantes, codales y demás piezas á que deben quedar íntimamente sujetos.»

El coste total de la obra á punto de embarque en el puerto de Gloucester fué de 97.200 pesetas.

EMPLEO DE CAJONES DE HIERRO

EN LA CONSTRUCCION DE DIQUES

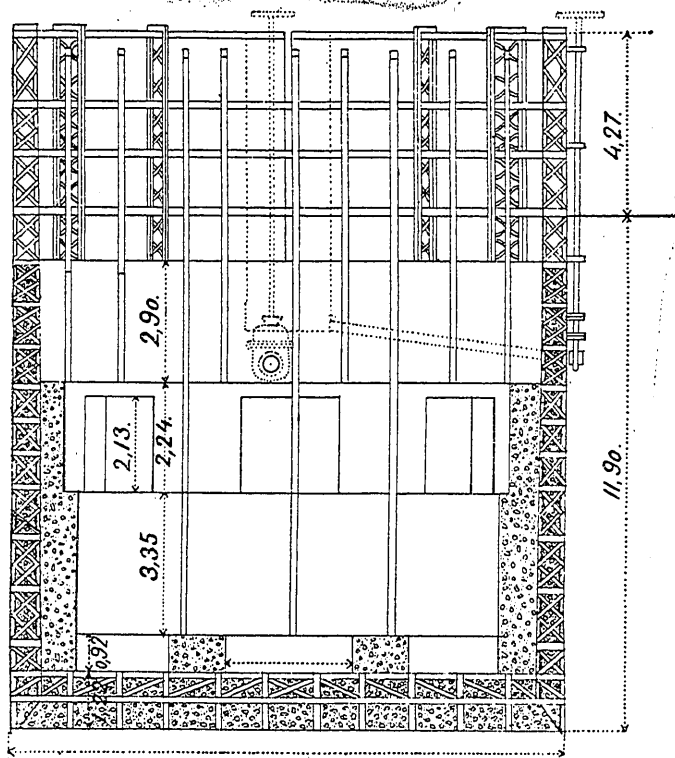
La adopción de fábricas concertadas en la construcción de los diques de abrigo de los puertos, se está generalizando, hasta tal punto, que únicamente en circunstancias muy especiales se aceptan en la actualidad los antiguos perfiles constituídos exclusivamente por escollera. El sis-

tema hoy más comunmente empleado, se reduce á un basamento de escollera enrasado á la profundidad á que se supone no alcanza la acción de las olas, y otro macizo que descansa sobre el anterior formado por bloques concertados de hormigón. Cuando se trata de abrigar parajes en que se desarrollan temporales violentos, tal sistema no deja de ofrecer inconvenientes, puesto que siendo preciso emplear bloques de gran tamaño que puedan resistir el embate de las olas, se requiere también para su manejo el uso de material especial que resulta en extremo costoso por tratarse de pesos considerables. Desde luego se comprende la ventaja que reportaría la estabilidad de la obra en semejantes casos de la adopción de fábricas monolíticas, ó por lo menos de tamaño tal que no pudieran ser movidas por los esfuerzos que desarrollan los temporales, á la vez que presentasen una gran superficie de asiento. A este fin se han ideado varios sistemas que han sido puestos en práctica, como son el de grandes sacos de hormigón que parece llegan á soldarse unos á otros, el de bloques de forma especial que, con el uso de claves apropiado, se traban unos á otros, procedimiento empleado en Copenhague; y por último, el que Mr. Kinipple ha seguido en el puerto de Saint Helier, que se reduce á inyectar cemento Portland en la superficie de la escollera en que asienta la superestructura de bloques y en las juntas que éstos presentan, admitiendo el autor que de esta suerte se consigue formar un cuerpo monolítico. Tales sistemas han tenido pocos imitadores, á pesar de que, al parecer, han dado buenos resultados en los puntos en que á ellos se ha recurrido; más empleado ha sido el de diques formados por hormigón en masa colocado, *in situ*, en estado semi-plástico, de los cuales se han construido varios en los últimos años, en Inglaterra principalmente, si bien no se trataba de obras de gran importancia; pero este sistema, que ofrece positivas ventajas en muchos casos, presenta el inconveniente de que el mortero de los hormigones siempre sufre algún deslabazamiento, aun empleándolo cuando ha experimentado ya un principio de fraguado, y la construcción de paredes que sostengan el hormigón en lugares desabrigados, no siempre es empresa que puede realizarse con relativa facilidad.

El uso de cajones en la construcción de diques es, sin duda alguna, antiguo; mas la aplicación del hierro á su construcción, que ha hecho posible el precio que ha alcanzado este material en nuestros días, creemos que es reciente, y en tal concepto y como sistema nuevo, empleando grandes bloques sin recurrir al uso de las enormes grúas que requeriría su manejo, acaso pueda interesar á algunos lectores de la REVISTA que no lo conozcan. Por esta razón expondremos sucintamente los dos casos en que se ha adoptado y que han llegado á nuestra noticia.

Es el primero el de la reparación del puerto de Madrás (1). Los extremos de las nuevas cabezas de los dos diques se han constituido por cilindros monolíticos que descansan sobre un macizo de escollera enrasado á 11,90 metros por debajo del nivel medio del mar. Cada cajón que es estanco (véase la fig. 1.), tiene 12,81 metros de diámetro en la base, 12,64 metros en su parte superior y 16,17 metros de altura; las paredes de los lados y fondo son planchas de hierro de seis milímetros de espesor, consti-

Sección vertical.



Planta.

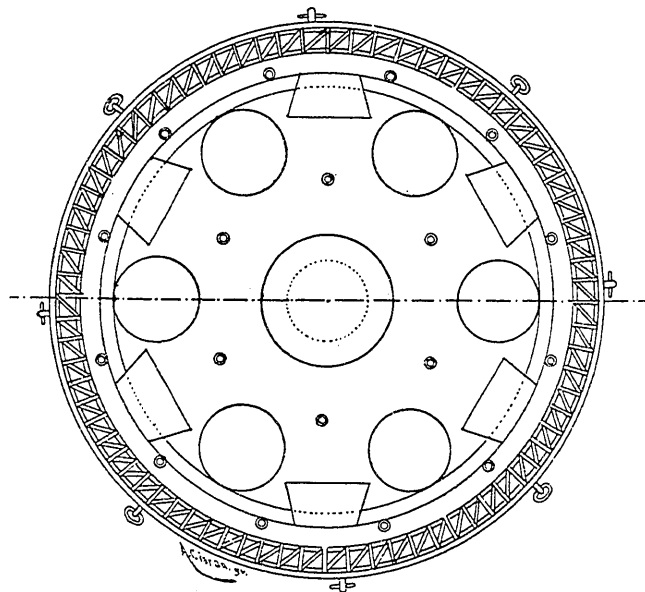


Figura 1.^a

tuyendo las primeras 14 anillos roblonados en forma de telescopio, por lo cual, el diámetro va decreciendo desde abajo. Estas paredes están reforzadas por nervios formados por vigas de celosía de 6,61 metros de altura, colocados diez de ellos en el fondo, paralelamente unos á otros á la distancia de 1,15 metros; quince en sentido horizontal siguiendo el contorno del cajón, á distancias variables entre 0,45 metros y 0,46 metros; y, por último, otros doce equidistantes en sentido vertical interrumpidos en su intersección, con los anteriores. Además el cajón del dique Norte, que es el que representa la figura, tiene otras tres vigas también de 0,61 metros de altura, considas á las del fondo y colocadas normalmente á ellas. Para la conducción del cajón por el mar y su colocación en obra está

(1) Los datos que siguen figuran en el vol. CXXV de *Minutes of proceedings of the Institution of Civil Engineers*, de Londres.

provisto de ocho argollas de amarra colocadas unas á poco más del tercio de su altura y las otras á 13,30 metros del fondo; también tiene cuatro válvulas de compuerta que pueden manejarse por medio de varillas desde la parte superior, y que permitieron llenarlo de agua en el momento oportuno para verificar la inmersión en el sitio en que debía colocarse.

Para el montaje del cajón se construyó un pequeño dock provisional, situado en una parte arenosa y pendiente de la playa del interior del puerto, constituyendo sus paredes los moldes de los bloques de que se disponía, hincados en la arena y rellenos de este material y de piedras. Agotado este recinto se construyó un andamiaje de poco más de un metro de altura, montando sobre él el fondo y los lados en una altura de dos anillos; hecho lo cual se dejó entrar el agua en el dock, con lo que la parte de cajón construída se puso á flote y permitió retirar las traviesas y carriles de que estaba formado el andamio. Se abrieron luego las válvulas, entrando el agua en el cajón que de esta suerte descansó sobre el terreno, y se continuó el montaje hasta la altura de seis anillos, ó sea de siete metros, procediéndose enseguida, una vez levantados los moldes del recinto, á su botadura en el mar, empujado por la parte de atrás y atraído por una lancha de vapor que lo remolcó al lado del dique Norte, donde se le cargó primero una tongada de hormigón de 1,22 metros de altura, enrasando con las vigas del fondo, y luego una nueva capa de 0,91 metros, dejando en ésta los pozos circulares que aparecen indicados en el grabado. En tal estado se terminó la construcción del cajón con pequeños andamios colgados al exterior y tablonés apoyados en las vigas horizontales al interior, construyéndose también una pared de tablonés que permitiese hacer un revestimiento de hormigón de 1,52 metros de espesor en la parte inferior, y de 1,22 metros en la parte media; para la parte superior del revestimiento que tenía 0,61 de espesor, se aprovecharon las planchas de los anillos superiores antes de ser colocadas. En la parte media se dejaron seis adarajas en forma

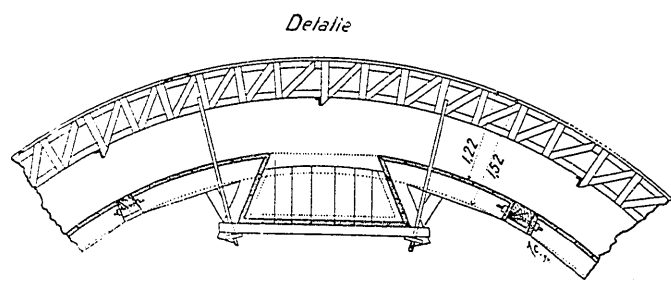


Figura 2.ª

de dovelas que facilitarían la trabazón con el relleno de hormigón, así como el revestimiento tenía por objeto aumentar la resistencia del cajón. Durante estas operaciones, á medida que el cajón alcanzaba mayor calado, hubo necesidad de separarlo del dique donde no existía el suficiente, lo que hizo más costosa la operación del relleno de hormigón que hubo de trasportarse por mar. Terminado el cajón y el revestimiento, quedaban unos 90 centímetros entre su fondo y la superficie enrasada de la escollera; y reconocida cuidadosamente ésta se remolcó aquél á su proximidad y sujetó, por medio de cinco amarras, á los extremos de los diques unas, á un bote anclado en sitio conveniente y á la lancha de vapor las otras, situando la enorme mole en la vertical de su posición definitiva, apro-

vechando un día de mar bella, y en tal momento, cuatro hombres preparados al efecto abrieron las llaves que dieron paso al agua, sumergiéndose el cajón casi inmediatamente, ocupando su posición definitiva sujeto por un peso de unas 400 toneladas. Una vez en ella se introdujeron: un bloque cilíndrico de hormigón de 25 toneladas en el pozo central, cuatro de 10 toneladas cada uno en los pozos restantes, cinco bloques ordinarios con un peso de 150 toneladas y nueve especiales que pesaban 130 toneladas. Agotada el agua del cajón pudo procederse al relleno de los huecos que resultaban entre los bloques que quedaron embebidos en la masa del hormigón. En el centro se dejó un pozo circular de 1,83 metros de diámetro en comunicación con el mar por un conducto horizontal destinado á contener un mareógrafo. Sobre la cámara del mareógrafo trata de establecerse otra para el servicio de una luz de puerto, instalada sobre la segunda.

Se observará en la figura 1.ª que situados en dos círculos concéntricos, y en puntos equidistantes, existen 18 tubos verticales que llegan hasta el fondo, en el que se corresponden con aberturas circulares para darles paso. Estos tubos, de un diámetro de 0,045 metros, que por cierto constituyeron un gran embarazo durante la construcción (por la necesidad de colocar tirantes que los sujetaran á las paredes), tenían por objeto introducir en la escollera inyecciones de lechada de cemento, análogamente á lo que practica Mr. Kinipple en su sistema.

El peso de este enorme monolito, una vez completamente lleno de hormigón el cajón, es de más de 5.500 toneladas, y en su construcción, que quedó terminada en Marzo de 1893, se invirtieron seis meses. La detallada descripción que precede demuestra con cuánta seguridad y sencillez pudieron ejecutarse todas las operaciones sin exponerse á los peligros del deslabazamiento de los morteros (puesto que el hormigón se hizo en seco), y á los demás que rara vez dejan de presentarse en la construcción de obras semejantes, siguiendo los métodos hasta ahora practicados.

En el puerto de Bilbao se ha recurrido también al empleo de cajones metálicos en los diques de abrigo del puerto, actualmente en curso de ejecución en su abra, y, sin duda, por su importancia y por los resultados alcanzados, puede considerarse que constituye un nuevo sistema de construcción de esta clase de obras.

Para su descripción nada podemos hacer mejor que reproducir la que el ilustre Ingeniero Director de las obras de aquel puerto Sr. Churrua, autor del proyecto, presenta en la Memoria anual correspondiente al ejercicio económico de 1895 á 1896.

«Las dimensiones de los cajones de hierro son: 13 metros de longitud, 7 de anchura y 7 de altura, los que, asentados á 5 metros debajo de bajamar viva, llegan á 2 metros encima de dicho nivel, que es de necesidad para que, en toda clase de bajamares, quede al descubierto su parte superior y pueda trabajarse con relativa facilidad, tanto en aguas vivas, como en aguas muertas, en las obras de relleno interior, que se ejecutan del modo siguiente.

Una vez contruídos los cajones en los talleres de Axpe y lanzados á la ría, quedan con un calado aproximado de 0^m,31, correspondiente á su peso, poco mayor de 28 toneladas, y á las dimensiones de su base de 13^m × 7^m antes expresadas; se lastran allí, estando á flote, con una tongada de hormigón de 1^m,50 de espesor, hecha con cemento



(4) Esta bomba puede extraer 300 metros cúbicos por hora, y como ordinariamente se empieza a trabajar en los cajones cuando la marca está á 0m,59 debajo de su coronación, apenas llegan á 100 metros cubicos de agua los que hay que agotar, lo que efectúa en veinte minutos. Está movida por un dinamó de ocho kilowatts de fuerza, que la recibe del dinamó generador que lleva el *tián* para sus diversos movimientos.

artificiales de 30 metros cúbicos cada uno, hechos con hormigón de cemento de portland, y un relleno interior de hormigón de cemento de Zumaya, alcanzando así la altura de 7 metros sobre bajamar equinoccial, que corresponde al piso de la obra, cuyo tránsito irá defendido, del lado del mar, por un fuerte parapeto monolítico de 2 m,50 de anchura y 1 m,50 de altura, sujeto con espigas de hierro al cuerpo inferior de la obra, con objeto de que los golpes de mar no lo remuevan. Con este mismo fin se le da, exteriormente, la forma redondeada para que las olas pasen por encima con la menor resistencia posible, pues la experiencia aquí adquirida demuestra que, por elevados que sean los parapetos, y aunque éstos estén provistos de molduras ideadas para que las masas de agua que las olas elevan caigan hacia afuera, siempre en los temporales pasa por encima una gran parte, tanto mayor cuanto más fuerte sopla el viento, resultando así que, sin conseguir proteger el tránsito del muelle, se fatiga más á la construcción por la resistencia que opone al paso de las olas y por la mayor altura de las masas de agua que sobre ella caen.

La superestructura que hemos descrito tiene, según se ve, dos condiciones importantes de seguridad, á saber: la 1.ª, que ha de hallarse al abrigo del basamento de escollera y bloques del proyecto primitivo, de modo que los golpes de mar llegarán á ella muy atenuados, tanto más cuanto que se deja un canalizo intermedio, que contribuirá al mismo objeto; la 2.ª, que su sistema de construcción, fundado á 5 metros debajo del bajamar, por medio de los grandes monolitos que hemos descrito, le pondrán al abrigo de las socavaciones, pues las olas que á ella llegan muy atenuadas, pasando por encima del basamento exterior, sólo tendrán alguna fuerza en pleamar, cuando la capa de agua que haya encima del plano de fundación tendrá 8 ó más metros de altura, y no será probable que pueda haber socavación alguna.

Sin contar el parapeto y algunos detalles, resulta que el total volumen de obra que contiene cada cajón y el que sobre él carga, es el siguiente:

		Metros cúbicos	Metros cúbicos
Interior del cajón de 13m x 7m x 7m.	Tongada inferior del hormigón 13m x 7m x 1m,50..	= 136,50	637,00
	12 bloques de 30 metros cúbicos..	= 360,00	
	Hormigón de relleno y tongada superior de 0m,50.	= 140,50	
	8 bloques de 30 metros cúbicos..	= 240,00	
Superestructura sin el parapeto.	Relleno de hormigón de fraguado rápido..	= 127,50	367,50
TOTAL..			1.004,50

Toda esta gran masa de fábrica de 1.004,50 metros cúbicos, se construye ordinariamente en un plazo de cuatro días, que con un día más empleado en concluir de arreglar el fondo con la campana de buzo, que empieza á efectuarse interin se concluye la fábrica del trozo anterior, forman un total de cinco días, lo que revela la eficacia del sistema, tanto más si se tiene en cuenta que es una masa monolítica que descansa á 5 metros de profundidad debajo de bajamar equinoccial.

Construido un trozo de este modo, se coloca la vía del *titán* y se corre éste, que con su enorme peso, que es de 330 toneladas, incluso el contrapeso, contribuye á asentar la obra, y muy especialmente cuando está maniobrando

teniendo pendiente un bloque de 60 toneladas, así que suelen producirse asientos que se señalan en la unión con el trozo anterior, y que se rellenan inyectando mortero de cemento de portland entre uno y otro.»

La obra ejecutada hasta la fecha ha experimentado ya con éxito la ruda prueba del violento temporal que se desarrolló á principios del pasado mes de Marzo, y que fué uno de los mas terribles conocidos en las costas del Cantábrico: Tan satisfactorio resultado prueba la bondad del sistema y hace merecido honor á las previsiones del autor de la obra, el Ingeniero de Caminos D. Evaristo de Churrua, que si no tuviera ya otros títulos, bastaría este para poder ocupar entre los Ingenieros el lugar prominente á que le han llevado sus anteriores merecimientos.

No conocemos el peso del hierro de los cajones de Madra; en el caso de Bilbao resulta que por metro cúbico de hormigón entran 44 kilogramos de aquel metal, y su precio no llegará probablemente á 14 pesetas, cantidad que puede estar compensada, no sólo por las ventajas del sistema, que resaltan en la anterior descripción, sino por el menor coste de los aparatos necesarios para el manejo de los bloques.

J. N.

BASCULA CALCULADORA DEL PROFESOR G. B. GRANT

Es un aparato más ingenioso que útil, dispuesto para encontrar las raíces reales, positivas y negativas de las ecuaciones algebraicas numéricas, no de las trascendentes.

Su fundamento descansa en que por medio de la romana se resuelve la ecuación de primer grado

$$p_1x + p_2 = 0$$

midiendo el brazo de palanca x , á que ha de situarse el peso p_1 para que equilibre al p_2 , colocado á la unidad de distancia. Considerando á $(p_1x + p_2)$, como nuevo peso que actúa en otra segunda palanca, equilibrando al p_2 se encontrará en las longitudes de los brazos que corresponden á las posiciones de equilibrio las raíces de la ecuación

$$(p_1x + p_2)x + p_2 = 0$$

Por igual procedimiento, combinadas m palancas se resolverá la ecuación del grado m .

Compónese el calculador de dos montantes, sentados sobre firme base, uno de ellos es fijo, el otro es movable á lo largo de la pcana y su posición se estima en una escala grabada en ésta (escala de las raíces). En cada montante existen, á distancias regulares, según la vertical, los cuchillos de suspensión de las palancas, representativas de los diversos términos de las ecuaciones. Todas las palancas son iguales; están graduadas en sentidos opuestos que se notan con los signos $+$ y $-$, á partir de los filos ó puntos de apoyo, y sostienen pesos-coeficientes, susceptibles de deslizar sobre la graduación. En uno de los extremos de cada palanca hay un rodillo que entra y resbala por la ranura dispuesta al objeto en la palanca contigua y con los cuales se establece el enlace de los diversos brazos.

Para resolver una ecuación con la báscula se principia