

UNA CIMBRA COLGADA.

LÁMINA PRIMERA.

Me propongo describir en este artículo, el modo de vencer una dificultad de construcción que, habiéndose presentado en la ejecución de unas bóvedas de enlace de los muelles del puerto de Barcelona, se logró resolverla de un modo económico y expedito.

Y no porque sea un detalle de la práctica de la construcción y se refiera á bóvedas de pequeña luz, deja de tener su interés y novedad, como ya indica el epígrafe, porque de estos detalles sin importancia aparente, que generalmente se desdeña en darlos á conocer, depende las más de las veces el éxito de las obras, y principalmente su coste; y nada más importante para el Ingeniero que el aprovechar bien los fondos que se le confían y ejecutar las construcciones con la mayor economía, sin perjuicio de sus buenas condiciones de estabilidad y duración.

La unión de los muelles de Barcelona y de Atarazanas en el puerto de aquella capital, se hace en ángulo recto por el intermedio de dos galerías formadas por dos arcos rebajados de tres metros de luz cada uno, separados por una pila central, cuyos arranques se hallan por bajo del nivel del mar.

Estas bóvedas se apoyan por un lado, véase la figura de la lámina 1.ª, en las fundaciones del muelle de Atarazanas, formadas de bloques de hormigón, y por el otro en un segundo estribo, teniendo además una pila central, construida también con bloques de hormigón en tres hiladas, asentados sobre escollera, que tiene cuatro metros de altura.

A estar al aire libre ó en seco estas bóvedas, ninguna dificultad hubiera presentado el llevar á cabo su construcción.

El procedimiento habitual hubiese sido, formar totalmente ó por partes las dos cimbras apoyadas por la parte inferior en pies derechos ó tornapuntas por el intermedio del sistema de descimbramiento que se eligiera como más propicio, y construir sobre ellas las bóvedas, asentando las dovelas con la interposición de correas que, dejando libres las juntas y una gran parte de las boquillas, permitieran el ajuste retundido de ellas y de toda la superficie del intrados, hasta cerrar las bóvedas y hacer el descimbramiento por los medios conocidos.

Pero en el caso de que se trata, cada una de las dos bóvedas tiene cincuenta metros de longitud, y sus arranques y parte del intrados, quedan sumergidos dentro de las aguas del mar; resultando solamente una pequeña parte de ellas superior á su nivel, continuamente rebasado por las

oscilaciones de las aguas y por los movimientos de agitacion habitual del mar. De aquí la conveniencia de hacer las bóvedas por trozos para no gastar en la construccion de dos cimbras de 50 metros de longitud cada una, y las dificultades de trabajar por debajo de ellas.

Se ocurre á primera vista la posibilidad de realizar debajo del agua las mismas operaciones que en seco, y usar, por lo tanto, de análogos procedimientos, valiéndose de buzos inteligentes; pero todo el que conoce las dificultades prácticas del trabajo de los buzos, las de las maniobras con materiales ligeros debajo del agua, el coste y complicaciones del empleo del hierro y de los contrapesos necesarios para contrabalancear la fuerza de flotacion de las maderas, y lo embarazoso, difícil é inseguro de las operaciones debajo del nivel del mar; sin espacio ni luz bastante para poderse mover con libertad, y donde no es posible intervenir ni presenciarlas, y donde el trabajo de los buzos es penoso y difícil, colige inmediatamente la gran dificultad á lo muy oneroso que hubiera sido el seguir tal procedimiento.

En tales circunstancias, y despues de haber estudiado el problema y diversos modos de ejecucion, que sería prolijo y poco útil enumerar, me decidí por resolverle del modo que representa la lámina.

Como la base principal era evitar todo trabajo debajo del agua, fué necesario renunciar á todo apoyo de la cimbra por debajo de la bóveda, y pensar si era posible suspenderla, por más que pareciera un procedimiento poco en armonía con el carácter y condiciones de fijeza que deben reunir las cimbras.

Otra dificultad aparecía desde luégó al pensar en la suspension, y era que cualquiera que fuera el medio que se emplease, toda pieza ó artificio que se colocara para colgar la cimbra para una bóveda de tan larga longitud, habría de estorbar necesariamente á la construccion de la bóveda, y no se presentaba fácil, construyéndola por partes, el correr la cimbra suspendida despues de asentadas las dovelas.

Véase cómo se resolvieron las dificultades:

La cimbra tenía de 3 á 4 metros de longitud, compuesta de tres piezas principales: *a*, de 0'20 por 0'32 de escuadría, que servían para sostener y enlazar los tres cuchillos ó cerchones de que constaba, compuestos cada uno de ellos de una pieza de madera *b*, de 0'40 por 0'26, sobre las cuales, y siguiendo la forma del intrados, se establecieron las correas *c* de la cimbra, correspondiendo exactamente á las líneas de junta de las dovelas, que se señalaron con el mayor cuidado.

Enlazadas fuertemente con pernos las piezas *b* á las *aa*, que sobresalían por sus extremos; por deber ser más largas que la longitud de la cimbra, y fuertemente clavadas las correas *c* á los cerchones, se formó un

conjunto sólido y sobrado robusto para constituir una cimbra de forma tan invariable como era preciso para el servicio que iba á prestar.

Colocada sobre la fundacion sumergida de los estribos y pila de las bóvedas la primera dovela, quedaba el sobrelecho de ella ss fuera ya de las aguas, y podía, por consecuencia, marcharse sobre él y maniobrase en seco, cuando las aguas no sufrían grande agitacion.

Este sobrelecho ha servido de apoyo á la cimbra. Sobre él, y por el intermedio de las cuñas para el descimbramiento, se establecieron horizontalmente dos robustas piezas *LL*, que tenían 0'38 por 0'28 de escuadría, pero que hubieran bastado con que hubieran tenido solamente 0'30 por 0'25, sobre las cuales se fijaron las armaduras de suspension *mm* que se representan.

Los extremos de las piezas *aa* estaban enlazados á las *b* por unos gruesos flejes *nq* dobles ó uno por cada lado de la pieza *b*, terminados por la parte superior por los anillos *n* y por la inferior por pernos *dq*, cuyas tuercas apretaban sobre una platina ó brida que enlazaba los dobles pernos proyectados en *dq*.

Las armaduras *mn* de las piezas de suspension, eran asimismo dobles, perfectamente fijadas por una y otra cara *n* las piezas *LL*, y terminadas por los tres anillos dobles *mn*, que correspondían exactamente á los de suspension de las piezas *aa*.

Al superponerse estos anillos se les atravesaba por los tres fuertes pernos *nnn*, que servían así para reunir en un sólo cuerpo la cimbra á las piezas de suspension. Una pequeña adición *p* á los anillos *n* de las armaduras laterales, constituía una especie de pasador, que al ajustarse las dos partes de la cimbra, se introducían en las hembrillas *hh*, dando al conjunto mayor invariabilidad.

Asentadas las primeras dovelas una de cada lado, se dejaba flotar la cimbra, que por su peso, pasaba perfectamente por bajo de dichas dos dovelas, y con grande facilidad la colocaba aproximadamente en el sitio que debía ocupar; llevando señaladas en las dos correas extremas las dos líneas de junta que correspondían y habían de coincidir con las aristas *hh* de las citadas dovelas asentadas.

Se establecían sobre los sobrelechos *ss* las cuñas *TT* para el descimbramiento, y sobre ellas, se colocaban cómodamente en su sitio las dos piezas *KK*, que por uno y otro extremo habían de suspender la cimbra, y situadas estas piezas en la posicion exacta que habían de tener, lo cual era fácil de ejecutar, porque todo se manejaba á brazo y al aire libre, se conducía la cimbra, flotando para hacer coincidir las armaduras y sus anillos *n*, bajando las piezas *LL* cuanto fuera necesario, para hacer coincidir los citados anillos, cruzar por ellos los pasadores y elevar y suspender la cim-

bra, haciendo coincidir las líneas de junta señaladas en las correas con las aristas de las dovelas ya asentadas, apretando las cuñas de descimbramiento todo lo necesario para elevarla y hacer la coincidencia completa, y ayudando con una palanca ó perpal para cualquier pequeño movimiento de cambio de direccion que exigiera el ajuste perfecto.

De este modo se lograba colocar exactamente la cimbra en la posicion que debía tener y prepararla para recibir el dovelaje con la confianza de que podía quedar asentado sin ninguna dificultad.

En esta situacion la cimbra, se comprende más bien la necesidad de que tengan sus piezas y sus armaduras de suspension grande robustez para evitar que se desfigure mientras sufre la carga del dovelaje, y que las correas cubran las juntas para que no sólo sirvan de guía segura al asiento de las dovelas que ha de hacerse sólo trabajando por la parte superior, sino para que hagan posible las lechadas de los planos de junta, que se verterían si no se tomaba esta precaucion. Circunstancias que son consiguientes á la imposibilidad de poder trabajar la bóveda por debajo de la cimbra.

Con esta disposicion se comprende perfectamente la construccion de la bóveda en todo el espacio comprendido entre las dos piezas de suspension *LL*, y una vez ejecutada, fácil es hacer el descimbramiento, bajar todo el conjunto, aflojando las cuñas hasta que la cimbra vuelva á flotar; sacar entonces los pernos *n, n, n*, dejando libre la cimbra y en disposicion de ser trasladadas á otro sitio las piezas *LL* con sus armaduras de suspension.

Para continuarla se repite la misma operacion, dejando entre trozo y trozo de bóveda el espacio que necesite una dovela de cada hilada, por cuyo hueco ó interrupcion pueden pasar holgadamente las piezas *LL*; y como en estos huecos ó arcos de las bóvedas, que quedan sin construir para dejar paso á las piezas de suspension, han de dejarse adarajas para el buen enlace y apoyo de las dovelas, fácil es, despues de sacar la cimbra, colocar en los huecos de cada hilada la dovela correspondiente, cortada exactamente al espacio resultante para cada una.

Por este procedimiento se han construido á la vez las dos bóvedas de enlace de los muelles citados del puerto de Barcelona, con una facilidad y una economía bastante apreciables, tal vez mayor de la que me prometí al rebuscar y decidirme por este sistema de ejecucion.

No juzgando indispensable dar mayores detalles de construccion, ni hacer indicacion de los cálculos de resistencia y consideraciones que hubieron de tenerse presentes para determinar y confiar en el resultado de tal sistema de cimbra, tanto más, cuanto que los consignados se refieren á una obra que tal vez tenga novedad, pero que no tiene en sí importancia alguna, damos por terminado nuestro propósito, más bien encaminado á

dejar consignado que algunas veces, obras que no tienen importancia, promueven la resolucion de problemas, no comunes, que por sencillos que parezcan, puede ser conveniente conocer, y no debe desdeñarse el Ingeniero en comunicarlos como fruto de sus estudios ó de su práctica en la construccion, porque del conjunto de las minuciosidades que constituyen las reglas y medios de ejecucion de las obras, nacen, se forman y se perfeccionan los procedimientos que se emplean para realizar con acierto y economía las que se le encomiendan, que no siempre son obras extraordinarias ó de gran importancia, sino que generalmente son muchas, de poca consideracion cada una, pero que en su conjunto representan el empleo de importantes capitales, cuya economía debe procurar con el mayor esmero, y las más veces se obtiene sólo con la prevision y la acertada aplicacion de pequeños detalles que la práctica enseña.

M. GARRAN.

GEOMETRÍA.—RELACIONES ANARMÓNICAS.

Entre las teorías que se exigen para el ingreso en la Escuela especial de Ingenieros de Caminos, figuran en el programa de *Geometría Analítica* las que se refieren á los *sistemas homográficos* y en *involucion*, *figuras homográficas* y *correlativas*. Consultados varios libros para el estudio de dichas cuestiones, ninguno las trata, en nuestro concepto, de una manera tan completa y tan clara, como el titulado *Introduccion á la Geometría Superior*, del Sr. D. José Echegaray. Autorizados por el que fué nuestro profesor, nos hemos permitido extractar su notable libro, y aun cuando la teoría de las *relaciones anarmónicas* y armónicas es más conocida y se halla mejor expuesta que las ántes citadas, por diversos autores, nos ha parecido conveniente empezar con este asunto, tanto por no quitar la debida unidad al libro que extractamos, cuanto por la claridad con que se halla tratada dicha teoría en el mismo.

ARTICULO PRIMERO.

I.—RELACIONES ANARMÓNICAS DE CUATRO PUNTOS.

Núm. 1. *Definicion*.—Fijemos sobre una recta indefinida XX' (fig. 1.^a) cuatro puntos cualesquiera *a*, *b*, *c*, *d*; dividamos estos cuatro puntos en dos grupos, por ejemplo: *a*, *b* el primero; *c*, *d* el segundo; formemos la relacion $\frac{ac}{bc}$ de las distancias de los dos puntos del primer grupo á uno *c* del segun-

CIMBRA COLGADA.

