

nientes que ventajas; porque además de los gastos que demandan, originan necesariamente retardos en la ejecución de los trabajos, que interesa levantar lo más violentamente posible bajo el nivel de las aguas.

El aparejo del resto del faro de Bréhat¹ ha sido dispuesto de la manera común y corriente; limitándose á emplear piedras de muy grandes dimensiones talladas con la mayor exactitud.

En los faros expuestos, como el de Bréhat, á los golpes de mar, la forma cilíndrica es evidentemente preferible á cualquiera otra. Recomiéndase también, sobre todas las torres construídas en tierra firme, porque es la que presenta menor superficie al viento;² el cual se manifiesta claramente en todas las torres elevadas, á las que imprime á menudo movimientos oscilatorios muy sensibles; fenómeno que se observa en la mayoría de los faros. No resultan, en verdad, rupturas parciales ó cuarteaduras; parece este movimiento provenir tan sólo de la elasticidad de la construcción, aun cuando es cierto también que determinado espesor de muro que pudiera parecer suficiente, si se cuidara tan sólo de la presión ejercida por el peso de la construcción, podría no presentar muchas garantías contra un derrumbe en una tempestad. Desgraciadamente no se han hecho experiencias bastante concluyentes, para apreciar con exactitud el valor que conviene atribuir á la presión del viento ejercida sobre superficies de diversas formas. Hoy parece haberse adelantado más acerca del asunto; pero si la superficie cilíndrica es más ventajosa bajo este concepto que la de un prisma de base cuadrada, le es inferior en lo que toca á la economía de la ejecución y no se concilia tan bien con las conveniencias de la distribución del edificio; se da, pues, la preferencia á esta forma, siempre que el faro, estableciéndose

¹ Véase en la obra de Reynaud la descripción detallada de los sistemas de construcción de los cimientos de este faro.

² También las grandes y elevadas chimeneas de las fábricas se construyen cilíndricas ú octogonales, forma que citaremos adelante.

sobre una altura, no requiere una grande elevación. Cuando la torre, bien que se substraiga á los efectos del mar, está situada en tal posición que sea indispensable darle una gran altura (de 50 á 60 metros) se toma habitualmente una especie de término medio entre las dos formas indicadas: la cilíndrica y la cuadrada; recurriéndose entonces á una sección octogonal. Evítanse así los inconvenientes más marcados de las otras disposiciones, y se aseguran las ventajas inherentes á ellas; pues que no se emplean más que superficies planas. Además, las aristas verticales que dividen al faro, dan un aspecto más elegante á su torre, obrando, desde el punto de vista estético, como las estrías en las columnas.

Los fanales destinados á alumbrar las entradas de puerto, generalmente se instalan en torrecillas cilíndricas de poca elevación, colocadas en las extremidades libres de los muelles. Estas modestas construcciones no tienen, en general, más que de 9 á 10 metros de altura; porque sus luces no requieren gran distancia de alcance; su diámetro varía de 1^m.40 á 1^m.60.

De algunos años á esta parte se han hecho varios faros de palastro; son económicos, aun cuando estos edificios carecen de valor desde el punto de vista artístico para que nos ocupemos en ellos. Citaremos, finalmente, los faros dispuestos sobre esqueletos de fierro, que se instalan en los bancos de arena ó escollos.

Toca, finalmente, á los ingenieros especialistas el estudio completo y detallado, que se refiere á la situación astronómica de tales y tan importantes edificios, y á su sistema de alumbrado.

XII.—PUENTES, VIADUCTOS Y ACUEDUCTOS.

PUENTES.—La solidez que reclaman estas obras; las condiciones á las cuales se hallan sujetas; las circunstancias tan excepcionales que presiden á su establecimiento, hacen su composición mucho más difícil de lo que á primera vista parece y,

tiende á introducir en sus formas mucha más variedad de la que parecen susceptibles.

El primer punto que ante todo se presenta para su estudio es la amplitud del claro ó claros por los cuales deben pasar las aguas. Si es muy débil, dichas aguas, rebosando, podrán inundar las propiedades ribereñas, y adquirirían bajo el puente una velocidad muy considerable, que sería nociva á la navegación y quizá á los cimientos mismos de los pies derechos. Si, por otra parte, dicha amplitud es muy considerable, no sólo se ejecutará una obra más que suficiente, y por tanto más costosa é innecesaria, sino que las aguas, extendiéndose en el amplio lecho que se les ha abierto, y que generalmente no ocupan todo entero, podrán allí depositar una parte de las materias que acarrearán, formando atierres, y no encontrar cuando haya crecientes el paso necesario. Es, por tanto, indispensable, evitar ambos extremos; y darse exacta cuenta del gasto de un río en dichas crecientes, de la velocidad de sus aguas y de su altura máxima. Es excepcional, por otra parte, que se carezca de datos experimentales sobre el asunto, en un lugar bien dotado de vías de comunicación, aun cuando no hay que fiarse mucho de las indicaciones que se hagan. El problema es muy importante y exige estudios detenidos y serios.

El segundo punto que en seguida se presenta, es el de saber á qué altura deberá establecerse el tablero de un puente, ó más bien las claves de los arcos. Esta altura debe determinarse de manera que bajo de ella puedan pasar las más fuertes avenidas, y de no crear obstáculos á la navegación.

De estas cuestiones resulta que es necesario examinar cuál será el número de arcos y qué forma deberá dárselos. A considerar únicamente las conveniencias del paso de las aguas y de navegación, así como el aspecto de la fábrica, se tiene la ventaja de reducir el número de arcos; ó en otros términos, de aumentar las aberturas. Puede ser interesante el punto bajo el aspecto económico, cuando los cimientos presentan grandes dificultades de ejecución. Pero también las presentan los

arcos de una abertura considerable, dificultades que desaparecen en los pequeños; exigen materiales especiales en razón de las presiones considerables que producen; y por último—hé aquí su grande inconveniente—obligan á levantar la clave ó á rebajar las bóvedas más allá de lo que, siendo más estrechos, parecerá necesario. La altura de la flecha se determina casi siempre, de acuerdo con las condiciones locales é imperiosas, sobre todo en las ciudades. Pertenece al ingeniero satisfacer en justicia los intereses opuestos que se le presenten; de manera que evite asimismo, los arcos muy estrechos y las bóvedas demasiado rebajadas.

Algunos autores han recomendado establecer siempre los arcos en número impar; pero caben dudas sobre si convenga prescribir nada á este respecto en términos absolutos: toca á las circunstancias locales indicar la solución que debe adoptarse.

La forma semicircular, ó sea el medio punto, es la más conveniente, cuando la altura lo permite; pues es sencilla, elegante y de una ejecución fácil. Sin embargo, si las aguas están sujetas á considerables crecientes, y si los arranques de las bóvedas deben ser establecidos al nivel de las bajas aguas, como acontece con no poca frecuencia, la desventaja que presenta esa curva de estorbar el paso de las aguas á medida que estas suben de nivel, debe tomarse en gran consideración. Podrían en tal caso disponerse más altos los arranques, y reducir, en consecuencia, la longitud de la flecha.

Otra disposición se ha adoptado para remediar la insuficiencia del paso de las aguas en las crecientes; y consiste en abrir arcos suplementarios en los tímpanos, con el objeto de aumentar la sección destinada al escurrimiento de la arteria fluvial, en el instante en que la forma misma del arco reduce la abertura en fuerte proporción. Pero debe advertirse que la contracción de la vena fluida hace insignificante el gasto de los pequeños arcos; de suerte que este sistema es poco eficaz, y ha sido abandonado.

Las bóvedas rebajadas tienen por directrices arcos de círculo ó curvas en asa de canasta. Las bóvedas en arco de círculo se han empleado en los puentes justamente más célebres, como los de Iena y la Concordia en Paris. No carecen de cierto atrevimiento y de alguna elegancia; pero en ellos resalta alguna sequedad, y como que no producen tan buenos efectos como los segundos. Además, tienen la desventaja de ejercer mayor empuje. Las bóvedas en asa de canasta, un poco menos favorables bajo la relación de la salida de las aguas, presentan garantías de solidez, más en realidad que en apariencia y se ligan mejor á los pilares; siendo, por otra parte, susceptibles de un bello carácter. En algunos puentes se han asociado estas dos curvas.

Hay aún otra forma de bóveda rebajada susceptible de ser ventajosamente empleada: es la ojiva muy plana, casi rectilínea en la mayor parte de su desarrollo, y que se encuentra en varias construcciones de Oriente, con especialidad en Persia.

No es necesario siempre que todos los arcos tengan la propia altura sobre la superficie libre de las aguas; porque cuando esta altura se determina por las conveniencias mismas de la navegación, basta dar á uno de esos arcos la altura indispensable; generalmente es el arco del centro el mayor de todos.

En lo que atañe á los pies derechos de los puentes, hanse adoptado dos sistemas, controvertidos con frecuencia. El uno, habitual en la antigüedad romana, consiste en dar á cada pie derecho un espesor considerable para que pueda resistir al empuje de uno de los arcos que soporta, como si fuese privado del apoyo del arco contiguo; ó en otros términos, para que *haga coseo*, según la expresión consagrada. El otro, generalmente usado hoy, reduce los pies derechos al espesor exigido por la presión que tiene que soportar, y la diferencia de empuje entre dos arcos consecutivos, que puede resultar sea de excedente de anchura, sea de la sobrecarga accidental de uno de ellos. Esta reducción es considerable, pues los empujes de

los arcos, siendo poco más ó menos iguales y diametralmente opuestos, se destruyen, si no en totalidad, al menos en gran parte y la fuerza que tiende á derribar los pilares es mínima.

El inconveniente que tiene esta última disposición, es que la caída de un arco puede al momento entrañar la del puente entero; pero, por otra parte, tiene numerosas ventajas en comparación á la otra: disminuye el cubo de las mamposterías; presenta menos obstáculos al escurrimiento de las aguas, y torna, de consiguiente, su acción menos peligrosa; por último, es mucho más satisfactoria bajo la relación de la forma. Combinanse á menudo los dos sistemas, cuando el puente es de gran longitud; algunos pilares haciendo coseo, están distribuídos á intervalos regulares, de manera de limitar cualquier desastre, si alguno de los arcos llega de improviso á faltar. Más macizos que los otros, estos pilares tienen también el mérito de contribuir eficazmente á la estabilidad de la construcción.

Los pilares terminan arriba y abajo por partes salientes destinadas á preservarlos, conociéndoseles bajo el nombre de *tajamares*. Dábase otras veces á estos salientes una forma triangular, pero sus aristas estaban expuestas á frecuentes deterioros: la forma semicircular ha obtenido la preferencia en la mayoría de los puentes modernos.

Es esencial dirigir siempre los pilares paralelamente al eje de la corriente, á fin de estorbar lo menos que sea posible el escurrimiento de las aguas y el movimiento de la navegación. Síguese de aquí que las bóvedas deben ser esviajadas cuando el puente es oblicuo con relación al eje.

En las ciudades, los puentes deben colocarse más bien en la prolongación de las calles que en el eje de monumentos públicos alzados sobre los malecones. Se les da tanta mayor anchura, cuanto se hallan destinados á servir para una circulación muy activa, y hay que ensancharlos á la entrada y salida para facilitar el movimiento de los carruajes. Es excepcional que convenga construirlos á nivel en toda su extensión, porque

sería necesario levantar los pretiles más de lo debido para satisfacer á esa exigencia.

La disposición general, las proporciones y el modo de construir son fundamentales en las obras de este género. Algunas veces hay que añadir alguna decoración al puente; y acerca de ella diremos dos palabras. Es evidente que debe ser monumental y distribuirse de manera que se acentúen las diversas partes de la obra, para que su carácter atraiga y sorprenda. Así, se deberán destacar las bóvedas de los tímpanos: guarnecer las superficies demasiado desnudas; marcar con una banda más ó menos rica la altura del suelo; dividir el parapeto, indicando como el armazón ó esqueleto de la fábrica, y decorarlo con candelabros ó estatuas de que se pueda disponer.

Un excelente medio de hacer resaltar la arquivolta de los arcos, consiste en ejecutar los tímpanos de materiales de naturaleza diferente á la de las bóvedas, tajamares y bandas. Si están paramentados con piedras de más pequeño escantillón ó con ladrillos, se destacarán aún más y cuanto sea conveniente. Es inútil añadir nada que no sea racional á este método.

La gran superficie lisa de los tímpanos puede decorarse de diversas maneras: por medio de nichos; por bajos relieves; por pilastras que lleven dados sobre los cuales se asienten candelabros ó estatuas; finalmente, por la prolongación de los tajamares, los cuales pueden seguir hasta el nivel de las banquetas ó aceras del puente, y presentar á los viandantes lugares de abrigo y de descanso.

Las bandas deben ser poco salientes, porque no tienen por objeto llenar el oficio material de una cornisa: importa, sí, darles fuerza y vigor. Pueden ser simplemente de forma rectangular y decorarse de modillones ó ménsulas.

Los parapetos pueden dejarse macizos y no cortarse por molduras figuradas; pero producen generalmente mejor efecto cuando están calados y son de metal:

Como, sin excepción, los grandes puentes son obras monumentales de alta importancia, conviene dejar un espacio li-

bre para inscribir en él la leyenda conmemorativa correspondiente.

Notables son numerosos puentes construídos sobre las arterias fluviales que atraviesan á no pocas ciudades europeas. Todavía algunos son de factura romana como el de Augusto en Rimini y el viejo Ælius, hoy de San Angelo en Roma; y los modernos puentes parisienses sobre el Sena, entre los que descuella el del Alma y otros.

VIADUCTOS.—Se da el nombre de viaductos á los puentes destinados á franquear una hondonada. Estas obras tienen generalmente más importancia que las acabadas de citar, tanto desde el punto de vista de las dimensiones; cuanto desde el de la parte material; pero construídas la mayor parte fuera de los centros de población, no requieren formas decorativas y no pueden alcanzar lo bello más que por el mérito de sus disposiciones.

Casi siempre tienen gran altura; por tanto, no hay ninguna dificultad para dar á sus arcos la forma del medio punto; siendo ésta, de consiguiente, casi exclusiva. Los pies derechos estarían expuestos á romperse cuando esta altura es muy considerable, si no estuviesen lateralmente mantenidos en uno ó varios puntos, casi siempre por estribos ó contrafuertes; pero también se ha recurrido á los arcos intermediarios que obran á la manera de puntales. Los romanos emplearon frecuentemente esta disposición aun cuando sus pilares fuesen muy macizos y las alturas muy moderadas. Cuando los materiales no presentan gran resistencia al aplastamiento, conviene aumentar la sección del pie derecho, á medida que la presión aumenta: satisfécese á esta condición, por medio de basamentos ó taludes.

Dan también mucho vigor y firmeza, los contrafuertes prolongados hasta bajo el salédizo de la cornisa.

Notables son también algunos viaductos, como el de Dinam en Francia y el viejo de Segovia en la ciudad española.

El establecimiento de los caminos de fierro ha necesitado de

la construcción de gran número de viaductos; varios modernos son obras verdaderamente monumentales é importantes.

ACUEDUCTOS.—Sería salir de nuestro programa si tomáramos esta palabra en toda su acepción, y tratáramos de las disposiciones que deberían adoptarse para el trazo y construcción de canales destinados á conducir las aguas.

La composición de estas obras no difiere esencialmente de la de los viaductos, y sin embargo, se separa de ella en algunos puntos.

Desde luego, la vía está reemplazada por una cuneta, la cual está comprendida entre dos pequeños muros laterales, que reclaman cierto espesor para resistir á la presión que deben soportar. En segundo término, los acueductos, siendo mucho más estrechos que los viaductos, es más necesario apoyarlos por medio de contrafuertes desde que su altura pasa de cierto límite. Finalmente, los movimientos del edificio son allí harto considerables, más aún que en los puentes; porque tienen por consecuencia la pérdida de una parte de las aguas y una destrucción más ó menos rápida de las mamposterías penetradas por ellas; todo lo cual debe tratar de evitarse, mostrando gran reserva en el empleo de los arcos de mucha abertura, y consolidando los pilares á intervalos próximos, por medio de arcos intermediarios. Los romanos daban habitualmente mucho mayor espesor y poco espacio á los pilares de sus acueductos; pero las circunstancias locales no les permitían siempre seguir este sistema, que por otra parte era muy costoso cuando la altura también tenía cierta consideración.

El más notable de estos monumentos es el puente-acueducto del Gard; que pertenece al acueducto que conducía á Nîmes las aguas de los veneros de Eure y Airau, situados á cerca de 40 kilómetros de la ciudad. Es de construcción romana, y un bello monumento hecho todo de piedras de talla juxtapuestas sin mortero alguno.

Los inmensos progresos realizados por la época actual, hacen que estos costosos edificios se vayan rápidamente aban-

donando en su destino; pues las aguas se entuban, en vez de conducir las por caños descubiertos sobre las arquerías desarrolladas en buen número de metros.

Finalmente, y para concluir este capítulo, el último de estos rápidos Apuntes, no pasaremos por alto el gran papel que el fierro y acero están hoy desempeñando en la construcción de los puentes y viaductos. Toca, empero, al especialista, su cálculo, composición y estudio; y á su inteligencia y saber abandonamos cuanto se separa de la parte arquitectónica propiamente dicha.

APENDICE.

