

Z = coeficiente que expresa la degradacion que sufre R por la relacion que resulta entre el lado menor de la seccion trasversal y la altura de la caña del pie derecho.

Numero de puentes: 1 . . . 2 . . . 3 . . . 4 . . . 5 . . . 6 . . . 7 . . . 8 . . . 9
 Valores de x 0,5 . . 0,66 . . 0,75 . . 0,80 . . 0,83 . . 0,85 . . 0,87 . . 0,88 . . 0,90

TABLA NUM. 1.º

TRAVIESAS DE CARGA SIN PICADERO DE ARMADURA.

Valores de d.	Valores de C.	Valores de Z.					
		Bajo.	Entresuelo.	Principal.	Segundo.	Tercero.	Sotabancó.
0,278	115	0,0445	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041
0,557	230	0,0899	0,0585	0,041	0,041	0,041	0,041
0,835	345	0,0166	0,1241	0,076	0,041	0,041	0,041
1,114	460	0,330	0,257	0,179	0,076	0,041	0,041
1,393	575	0,484	0,428	0,372	0,179	0,1451	0,041
1,671	690	0,527	0,470	0,414	0,244	0,179	0,041
1,950	805	0,581	0,500	0,456	0,296	0,231	0,0515
2,229	920	0,635	0,581	0,484	0,372	0,270	0,0690
2,507	1035	0,689	0,635	0,554	0,428	0,330	0,0899
2,786	1150	0,743	0,689	0,608	0,484	0,372	0,1244

En el caso que la seccion trasversal de la caña del pie derecho sea cuadrada, se tiene
 $b = b' = \sqrt{A} \dots t = c = \sqrt{S}$

Cuando los suelos sean forjados, K=241 kilogramos. Si la cubierta es de teja árabe, de las dimensiones comunes sentada sobre tabla de chilla a torta y lomo, K'=166 kilogramos; siendo por término medio K''=1650 kilogramos, bien sea que los cuarteles estén tabicados con cascote ó con ladrillo.

R=480 000 kilogramos para el pino de Cuenca; este valor le hemos deducido de la misma manera que el del pino de la tierra (núm. 14, tomo 2.º).

Los valores de Z correspondientes á las traviesas de carga y de doble carga con picaderos de armadura, los iremos publicando según los tengamos calculados.

FELIX MARIA GOMEZ, Arquitecto.

SOCIEDAD DE INGENIEROS CIVILES DE FRANCIA.—NOTA DE MR. MOLINOS SOBRE LAS CONSIDERACIONES QUE PUEDEN SERVIR DE GUIA EN LA ELECCION DE UN SISTEMA DE PUENTES.

(Traduccion de L'Ingenieur.)
 (Conclusion.)

Arcos alirantados. Estos arcos son, como hemos dicho antes, puentes curvos cuyo empuje horizontal está destruido por la accion de un tirante. Estos puentes son desventajosos bajo el aspecto del empleo del metal, comparados con una viga recta que tuviese por altura la flecha del arco. En efecto, haciendo abstraccion de los tímpanos en el arco y de la pared vertical en la viga, puede demostrarse facilmente que la ventaja en favor de esta, es proporcional á la diferencia del área de un segmento parabólico y del rectángulo circunscrito; es decir, una tercera parte del metal para igual resistencia: es preciso, sin embargo, no apresurarse desde luego por esta razon á proscribir de una manera absoluta el empleo de este sistema. Es verdad que no puede sostener la comparacion con una viga recta entre los limites de altura mas favorable para las vigas, es decir, cuando esta sea próximamente $\frac{1}{12}$ ó $\frac{1}{15}$ de la luz; pero si se da al arco una flecha mas considerable, tal como el doble de la que conviene á la viga, se encontrará aquel

en condiciones muy favorables, y si se quisiese construir una viga de la misma altura, el aumento de la parte vertical y las numerosas consolas que serían necesarias para impedir el alabeo; lo cual no se ha comprendido en la evaluacion hecha antes; disminuirán mucho la ventaja relativa de la viga: pero por otra parte, en estas circunstancias los arcos de que nos ocupamos participan en grande escala de los inconvenientes que se señalan en los puentes colgados, y son que las piezas pueden alterarse de forma y vibrar facilmente; y ademas que el arco que resiste la compresion y en el sistema actual reemplaza la cadena del puente colgado, está en un equilibrio inestable. Si estos inconvenientes no son muy sensibles en los puentes de este sistema, actualmente establecidos, creemos que debe atribuirse á que en su mayor parte son de gran luz y su masa es muy considerable con relacion á las sobrecargas que sufren; pero puede afirmarse que en este caso no son económicos; así, pues, creemos que este sistema por punto general no debe emplearse.

De los puentes de piedra comparados con los puentes metálicos. Vamos á ocuparnos de los puentes de piedra solamente bajo el aspecto de las circunstancias en que debe preferirse su empleo á los puentes metálicos; creemos que estas circuns-

tancias están, por lo que ya llevamos dicho, claramente definidas. Puede decirse, en efecto, que en todos los casos en que no se presente el problema de construcción con alguna de las dificultades que ya hemos indicado, tales como las que provienen de las condiciones impuestas por la luz, el desagüe, etc., y cuya solución fácil es la que caracteriza los puentes metálicos, debe preferirse un puente de piedra, que tienen por otra parte sobre los de metal una ventaja incontestable, cual es la de no exigir apenas trabajo ni gastos de conservación.

En resumen, creemos que, fundándose en las consideraciones espuestas, se pueden formular de la manera siguiente las ventajas características de los diferentes sistemas de puentes.

Ventajas é inconvenientes de cada sistema.

1.º Los puentes metálicos deben ser preferidos á los puentes de piedra cuando haya que salvar grandes espacios, cuando se quiera obtener el mayor desagüe posible, cuando haya razones para tratar de disminuir el número de puntos de apoyo y su importancia, cuando sea preciso, en fin, construir un puente bajo vías ya establecidas sin interrumpir la circulación.

2.º En los puentes metálicos la forma circular debe preferirse á las vigas rectas para los de un solo arco, siempre que puedan construirse los estribos con buenas condiciones; en cuanto al desagüe, el puente recto tiene la ventaja de proporcionar una altura constante en toda la sección; pero el circular puede aun ser preferible bajo este aspecto, si se trata de obtener el desagüe solamente en una cierta anchura; así que, por ejemplo, el uno podría ser conveniente para un camino de hierro, el otro para salvar un río y especialmente siendo de grande anchura.

En fin, para los puentes de varios tramos puede decirse que casi siempre los rectos serán preferibles, porque rara vez dejará de presentarse alguno de los inconvenientes que mas arriba hemos señalado para los circulares de modo que no obligue á desear su empleo.

Nos resta ahora pasar revista á los sistemas principales de puentes rectos usados hasta el día. Son numerosos y pueden dividirse en dos categorías, segun que el puente se destine á un camino de hierro ó á un camino ordinario.

Puentes de vigas-antepechos. Primer caso: dos vigas. Nos ocuparemos con especialidad de este primer caso que resume generalmente las principales dificultades. Se puede en estos puentes colocar las vigas, ó sirviendo de antepechos, ó bajo las vías: la primera disposición tiene la ventaja de permitir que se elija para la viga la altura mas conveniente; será, pues, preferible en general para las luces grandes; además tiene la ventaja de proporcionar el mayor desagüe, porque colocando las viguetas que sostienen el suelo y sobre que se colocan las vías, en la parte inferior de las vigas, el espesor del puente comprendido entre el carril y la cara inferior de la viga no es sino la altura del mismo carril mas el grueso de la vigueta. Para un puente de camino de hierro de dos vías, el ancho del puente ó mas bien la distancia entre los ejes de las vigas

variará, segun los pliegos de condiciones, entre 3^m y 8,^m50, y en este caso pueden emplearse las piezas de suelo de 0,^m35 á 0,^m40 de altura, segun la distancia á que se les coloque; sin embargo, ofrece ventajas una altura mayor de 0,^m50 á 0,^m60: se vé además, segun hemos manifestado antes, que en este sistema el desagüe es independiente de la luz, lo cual no sucede en los puentes de piedra. El puente de Langon en el camino de hierro de Burdeos á Cette pertenece á este sistema. Segundo caso: tres vigas. Se pueden emplear tres vigas colocando una en la entre-vía. Esta disposición que parece á primera vista mas ventajosa por la mayor simetría que resulta en la colocación de la carga respecto á las vigas, no deberá, sin embargo, emplearse para vigas de gran alcance, y obliga á aumentar el ancho del puente, de modo que si por una parte presenta ventaja respecto á las piezas de suelo, puesto que disminuye su luz ó alcance á la mitad, por otra aumenta su longitud total como igualmente la de las pilas. Además, cuando la luz es grande, esta disposición es desventajosa porque no permite emplear para las vigas de los frentes una altura suficiente sin la cual, si quiere variarse la sección de los refuerzos ó nervios horizontales, segun indica la ley de variación de los momentos de resistencia, se llegaría á obtener espesores muy pequeños que no pueden admitirse en la práctica. Resulta que la cantidad de metal empleado en las paredes verticales, es decir, en condiciones desventajosas, es mas considerable en relación con el peso total; por otra parte, el inconveniente que presenta la primera disposición, de cargar las vigas desigualmente, pierde su importancia, si se observa que estas vigas solamente trabajan bajo una carga máxima cuando pasan sobre el puente dos trenes á la vez.

Posición que se ha de dar á las vías. En los puentes de este sistema hay libertad de colocar las vías á una altura cualquiera respecto de las vigas; ¿pero cuál es el mas conveniente? Es evidente que bajo el aspecto de estabilidad deben colocarse en la parte inferior, pues desde luego se ve que cuanto mas se elevan las piezas de suelo, resulta mas distancia entre la carga en movimiento y el plano de asiento sobre las pilas; por consiguiente las oscilaciones horizontales pueden tomar mayor intensidad.

Además, si se considera el equilibrio de la viga en el punto medio de su longitud, suponiendo fijos sus extremos, cuando oscile á derecha ó izquierda de su posición, la carga colocada sobre la cara superior bajará y por consiguiente no podrá restablecerse el equilibrio sino en virtud de la rigidez de la pieza, al paso que si estuviese colocada en la parte inferior se elevaría y su peso se uniría á la rigidez de la viga para volverla á su posición normal. En el puente de Langon, se ha colocado la vía en medio de las vigas; esta disposición presenta la ventaja de poder aprovechar la semi-altura de cada viga para unir las con las traviesas, enlazando las dos de manera que su posición relativa sea invariable. Nosotros juzgamos una excelente disposición la de colocar las vías en la parte inferior de las vi-

gas y enlazar la parte superior de las mismas, cuando la altura lo permita, por medio de contravientos de hierro ó de fundicion. En el puente de Langon, teniendo las vigas 5 metros de altura, hubiera podido adoptarse esta disposicion.

Puentes de vigas colocadas bajo la via. Los puentes en que las vias están colocadas sobre las vigas no pueden ser de un uso tan general; proporcionan menos desagüe y por consiguiente en muchos casos impedirán que se elija la altura mas conveniente para las vigas; además cuando son de mucha longitud la colocacion de las vias en la parte superior es una causa de inestabilidad.

En fin, si se aumenta el número de vigas, crece la proporcion del metal empleado en paredes verticales; pero cuando la luz no es considerable, cuando el desagüe que se ha de obtener no tiene influencia, cuando el ancho del puente no permite emplear el sistema de vigas, antepechos ó de vigas intermedias excediendo la altura de las vias (so pena de aumentar esta anchura), los inconvenientes que acabamos de citar desaparecen en gran parte, y por medio de disposiciones accesorias pueden eliminarse enteramente. El ejemplo del puente de Asnières es seguramente una feliz aplicacion de este sistema en las circunstancias mas convenientes en que puede emplearse: el desagüe es mas que suficiente; como el puente tiene cuatro vias, el empleo de vigas intermedias hubiera aumentado el ancho mas de cinco metros y un tercio próximamente la longitud de las pilas. Por otra parte, la posicion de las vias en la parte superior de las vigas que, segun hemos dicho, no presenta gran inconveniente para un puente de 52 metros de luz, ha permitido aprovechar toda la altura de las vigas para enlazarlas por medio de cruces de San Andrés, colocadas de cuatro en cuatro metros. El puente enlazado de este modo ha presentado un sistema tan unido, un conjunto tan rígido, que cuando pasa un tren sobre una de las vias, la medida de las oscilaciones que se producen no ha dado nunca una flexion de tres milímetros, mientras que la flexion teórica deberia ser próximamente de diez. Esta circunstancia proviene de que las presiones ejercidas sobre las vigas que sostienen las vias, se transmiten á las inmediatas por medio de las cruces de San Andrés, y que en realidad el puente no trabajará bajo la presion máxima, y no necesita el máximo de resistencia para que se ha calculado sino cuando pasen á la vez cuatro trenes. Seguramente en las circunstancias en que este puente se encuentra, cualquier otro sistema hubiera presentado menos ventajas.

Puentes tubos. Nos resta citar un sistema de puentes célebres por la admirable aplicacion que ha hecho Stephenson en Inglaterra: son los puentes tubos. Todo el mundo conoce, en efecto, los puentes de Menai y de Conway, cuya construccion ha revelado los inmensos recursos que el arte podia hallar en el empleo de los puentes de palastro. Dejando á un lado estas magnificas obras construidas en condiciones especiales por las dificultades numerosas que habia que vencer, tanto en la construccion, como en la colocacion, debe dudarse que este

sistema encuentre en lo sucesivo muchos imitadores. Se sabe, en efecto, que el puente de Menai se compone, propiamente hablando, de dos puentes separados, cada uno de los que sirven para el paso de una via. Parece mas lógico, en general, interesar toda la obra á la vez, y esta condicion puede llenarse con un puente de vigas-antepechos. Por otra parte, un puente de este sistema, en el cual se coloquen las vias en la parte inferior y las vigas estén contraventeadas ó enlazadas por la superior, no es otra cosa que el puente tubo de Stephenson, comprendiendo á la vez las dos vias y economizando dos paredes verticales.

Principales formas de vigas. Terminaremos esta ligera esposicion diciendo algunas palabras sobre la forma de las vigas empleadas en la construccion de los puentes rectos. Pueden dividirse en dos clases principales, vigas de simple y de doble pared.

Vigas de simple pared. Para las vigas de una gran altura, es decir, que corresponden á grandes aberturas, las vigas de pared sencilla son preferibles: sin embargo, no permiten refuerzos ó nervios horizontales sino de un ancho limitado á no dejar una gran estension de palastro abandonada en falso sobre la pared vertical; resulta por esto que en el caso de alturas de consideracion, siendo el ancho de estas vigas muy pequeño respecto á la longitud, quedan en condiciones desfavorables en cuanto al alabeo. En este caso es de la mayor importancia enlazar intimamente las diferentes vigas de un puente. Por desgracia no hay sobre este punto una serie de esperiencias que serian muy interesantes y útiles para determinar el ancho del nervio horizontal que puede colocarse en una pared vertical, sin que deje de verificarse la hipótesis indispensable para la resistencia, la cual consiste en que todas las fibras de una seccion paralela al eje neutro trabajen igualmente: por lo demas, este ancho depende del espesor: creemos que en las condiciones ordinarias no puede darse á este ancho mas de 0,^m40 á 0,^m60. En el puente de Asnières, en que las vigas están colocadas en la entrevista, y donde convenia aprovechar para la viga todo el ancho disponible, el nervio horizontal tiene un metro, pero hay dos paredes verticales.

Vigas de doble pared. Las vigas tubulares, á mas de grandes dimensiones, presentan el inconveniente de tener dos paredes verticales y una seccion que puede fácilmente variar de forma, especialmente bajo la accion de cargas cuya resultante no pase por el eje de las vigas, y que tienden á producir una forma paralelograma; este inconveniente puede evitarse por medio de un aumento de metal empleado en canes colocados en los ángulos y en escuadras que refuerzen interiormente las paredes adaptándose á su forma. En el puente de Asnières se han tomado con gran esmero estas precauciones; se han colocado tambien en la parte superior ó inferior del tubo bandas de palastro que le atraviesan completamente y le trasforman en un rectángulo de ángulos invariables: la pequeña dimension de las vigas ha hecho que estas disposiciones sean poco costosas.

Vigas celulares. Se emplean frecuentemente en Inglaterra vigas cuyas partes superiores é inferiores están formadas de una especie de tubos, ya rectangulares, ya cilindricos. Esta forma puede imitarse en ciertos casos: creemos, sin embargo, que es preciso no perder nunca de vista dos condiciones importantes: 1.º que las celdillas deben siempre construirse de modo que sean accesibles el mayor número de remaches: 2.º que la pared vertical debe atravesar las celdillas en toda su estension, de manera que resulte un enlace íntimo entre las partes superiores é inferiores, lo cual se ha descuidado con frecuencia en las vigas construidas en Inglaterra. Por lo demás parece evidente que, á igualdad del momento de inercia, resistirán mejor estas vigas que las de doble T cuando tengan dimensiones algo considerables, y están menos espuestas al alabeo que siempre en estas vigas precede á la rotura.

Vigas en celosía. Ultimamente se han construido en Inglaterra muchas vigas conocidas con el nombre de celosías: son generalmente vigas en forma de doble T, cuya pared vertical está formada de enrejados mas ó menos unidos de barras de hierro lisas ó reforzadas. Estas vigas, de una construcción sencilla y seguramente económica y racional, son juzgadas de muy diversa manera, y su uso no se estiende tanto como podria creerse. El reparo que con mas fundamento se les puede poner, es que la pared vertical, compuesta de barras separadas, no está tan bien enlazada con los nervios ó refuerzos horizontales como en una viga de pared llena, cuya clavazon es continua en toda su longitud. Esta objecion nos parece, sin embargo, mas especiosa que formal. Puede formarse indudablemente una viga de dos T sencillas de palastro, y dar á los brazos verticales de estas T una altura suficiente, para que reunidas por una celosía, la viga que así resulta formada esté enlazada por un número de remaches mas que suficiente para el esfuerzo que sufre cada barra del enrejado. Creemos, pues, que volverán á usarse estas vigas, que en un cierto número de casos pueden hacer muy buen servicio por su ligereza relativa, por la sencillez de su construcción, por la economía que resulta de sustituir el hierro con el palastro, y en fin, porque realmente su mayor inconveniente es no presentar un aspecto agradable, inconveniente poco importante en las obras, cuya verdadera belleza consiste en el empleo mas razonable del material.

Curvatura de las vigas. Se da generalmente á las vigas un cierto encorvamiento: téngase entendido, que puesto que no se introducen fuerzas horizontales, no tiene influencia alguna sobre la resistencia de la viga, y no sirve para otro objeto que para que aparezca la viga recta cuando está colocada. Por otra parte, es una dificultad bastante grande para la construcción, y que no tiene importancia sino bajo el aspecto que presenta el puente.

Nos limitaremos á estas indicaciones generales. Sabemos que muchas de ellas exigirían un desarrollo mas considerable. El estudio detallado de cada uno de los sistemas que hemos examinado rápidamente solo bajo la relacion de sus caracteres mas

notables, presenta un campo bastante vasto para que merezca una especial atención; pero las cuestiones de detalles, por lo mismo que las condiciones particulares de las aplicaciones tienen mucha influencia en su solución, pierden gran parte de su interés en un exámen general. Por la misma razon nos hemos abstenido de hablar de los métodos de cálculo en los diferentes sistemas, y á mas de que sería preciso para su esposicion entrar en desarrollos un poco largos, el cálculo de un puente metálico no es sino una parte secundaria del problema. Este cálculo no ofrece por otra parte grandes dificultades, y no debe entrarse en él sino cuando ya se ha fijado la parte principal de la cuestión; la elección del sistema que es mas conveniente adoptar.

COMPARACION ENTRE LOS PUENTES DE PALASTRO DEL SISTEMA ORDINARIO Y DEL DE TOWN, POR MR. PRUSMANN, MECÁNICO (1).

Cinco son los principales sistemas de puentes de palastro, y todos ellos han sido puestos en práctica con mas ó menos ventaja. Los puentes tubulares de R. Stephenson, los construidos sobre vigas tubulares como los del Sambre, los puentes suspendidos por péndolas ó placas de palastro de vigas tubulares curvas, los formados por vigas de sección en forma de T ó doble T como los del camino de hierro de Hannover y el del circuito de Paris; y finalmente, los del sistema de Town como el construido sobre el Saale en Prusia, ó el de Kintzig en el gran ducado de Baden, forman un cuadro completo de las aplicaciones del palastro á la construcción de puentes.

Bajo tres puntos de vista distintos entre sí pueden compararse estos diversos sistemas, y así lo haremos, refiriéndonos tan solo á los dos últimos.

1.º *Gasto inicial.*—El problema que en este caso debe resolverse, consiste en hallar cuál de los dos sistemas en cuestión presenta mayor resistencia á peso igual del palastro empleado, y fácilmente se comprende, que en tal concepto, á igualdad de resistencia el mas barato será aquel que exija menor cantidad de material, salvo la modificación que deba introducirse por la diferencia entre los precios del palastro en ambos estados.

Los experimentos emprendidos con este objeto por la dirección de caminos de hierro de Hannover, sobre modelos al octavo de la ejecución, han dado los siguientes resultados.

1.º Los puentes de palastro del sistema ordinario se rompen en su punto medio por la separación de las partes verticales que se desgarran por los puntos en que los revites las atraviesan, plegándose ligeramente las estremidades que se apoyan sobre los estribos.

2.º Los del sistema de Town se rompen al contrario por aplastamiento en los puntos de apoyo.

3.º A igualdad de peso resisten en la relacion de 1,92 á 1.

El precio de 100 kilogramos de palastro, tal como se emplea en los puentes sobre vigas continuas, es de 61 frs., al paso que es solo de 40 á 45 en los del sistema Town; mas como á igualdad de resistencia, estos últimos exigen mas cantidad de palastro, es preciso para hacer una justa apreciación, comparar los

(1) Creemos oportuno, despues del anterior artículo, insertar un extracto del que se ha publicado en uno de los últimos números del *Notiz-Blatt* de Hannover.