

cocia). El aparato instalado en dicho faro ha sido comparado con otro construido con arreglo al sistema cuyo privilegio han obtenido MM. Barbier et Fenestre. Este último ha dado, según sus autores, un resultado superior en un 30 por 100 al del primero.

Actualmente la casa Barbier va á remitir al Japón un aparato de segundo orden de luz giratoria construido según los mismos principios.

Madrid 5 de Septiembre de 1887.

FRANCISCO LIZÁRRAGA.

PUENTES METALICOS

(Conclusión.)

VI.

DISTRIBUCIÓN MÁS ECONÓMICA DE UNA LUZ TOTAL L EN VARIOS TRAMOS.

Cuando hay que establecer un puente de longitud total L dividida en varios tramos, hay dos elementos que, á medida que disminuyamos el número de aquéllos, variarán en cuanto á su coste en sentido contrario, y son las pilas y el metro lineal de cuchillos del puente.

¿Cuál será, pues, la distribución en tramos ó el número de éstos que hay que adoptar para que la suma de esos dos elementos, ó en resumen, para que el coste total del puente sea un mínimo?

Las fórmulas encontradas en el párrafo (3) permiten resolver este problema con toda precisión, como vamos á ver.

Observemos ante todo que dada la longitud total L del puente y su anchura, hay en él varios elementos, cuyo coste permanece constante ó próximamente constante, cualquiera que sea la distribución que se haga de tramos, y son: el piso, sea de madera ó afirmado, la infraestructura del piso (hierros Zorés, planchas onduladas, largueros y viguetas transversales), la barandilla y los arriostramientos, y también el coste de los dos estribos. Representaremos por V_0 el coste de todos estos elementos constantes.

El coste de una pila aislada, puesto que su anchura varía en muy estrechos límites con la magnitud de los tramos, podrá suponerse también independiente del número de éstos, y podrá calcularse una vez determinado el sistema de fundación y la altura de la rasante. Sea V su coste total, incluso el de las placas de asiento y cajas de rodillo (ó cojinetes de apoyo si se trata de arcos) de los cuchillos.

Sea x el número que buscamos de tramos que han de componer la luz total L . La luz de cada uno será $\frac{L}{x}$, y el número de pilas $(x-1)$.

El peso de un cuchillo de un tramo será por la fórmula (5).

$$P = \frac{p \frac{L^2}{x^2}}{C - \frac{L}{x}} = \frac{p L^2}{C x^2 - L x};$$

y el de los dos cuchillos de todos los tramos metálicos

$$P_1 = \frac{2 p L^2}{C x^2 - L x} x = \frac{2 p L^2}{C x - L};$$

Si llamamos π el precio de la unidad de peso puesta en obra, resultará que el coste total V_p del puente será el siguiente:

$$V_p = V_0 + V (x-1) + \frac{2 p L^2 \pi}{C x - L} \dots \dots (1).$$

Para resolver el problema propuesto hay que encontrar el valor de x , que hace un mínimo la expresión anterior, y para esto sabido es que basta igualar á cero la derivada, y deducir de la ecuación resultante el valor de x .

La derivada es la siguiente:

$$\frac{d V_p}{d x} = V - \frac{2 p L^2 \pi C}{(C x - L)^2} = 0;$$

De esta ecuación se deduce

$$x = L \left\{ \frac{1}{c} + \sqrt{\frac{2 p \pi}{c V}} \right\};$$

tomando para x la raíz positiva.

Este valor de x resuelve el problema enunciado más arriba, y se ve que depende, no sólo del coste de la pila, sino también del tipo de vigas ó cerchas adoptado y de la carga p por metro lineal.

Generalmente resultará para x un valor fraccionario, y es claro que habrá que tomar el número entero que más se le aproxime.

Si x resulta menor que 1, habrá que adoptar un solo tramo de luz L .

Como en la fundación de las pilas suelen ocurrir gastos no previstos por inundaciones ú otras causas, aconsejamos como regla general tomar para x el número entero inmediatamente inferior al fraccionario que resulte de la fórmula anterior.

La ecuación (1) representa una hipérbola, una de cuyas asíntotas es una recta paralela al eje de ordenadas V_p y situada á la distancia $x = \frac{L}{c}$ de él, y

no cabe duda que el valor encontrado antes para x corresponde á un mínimo y no á un máximo de V_p .

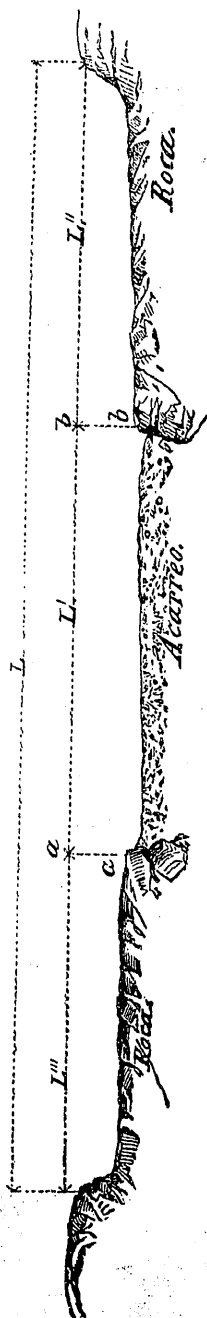
Por medio de este valor de x podría demostrarse que en muchos puentes construidos, la distribución de tramos llevada á cabo dista mucho de corresponder al coste mínimo de aquél.

Observaremos que en ciertas ocasiones las necesidades de la navegación ú otras de otra índole podrían obligar á adoptar una distribución de claros que no fuera la más económica.

El cálculo anterior supone que todas las pilas tienen próximamente igual coste, es decir, que el perfil transversal del río en que ha de establecerse el puente es *homogéneo* en toda su longitud, bajo el punto de vista de la dificultad de la fundación. Si el perfil presenta discontinuidad en este sentido, el problema puede también resolverse fácilmente.

Sea dado el perfil siguiente, y supongamos determinada la longitud total L que ha de tener el puente.

Empezaremos por colocar en a y b dos pilas, que dividirán la luz L en otras tres L' , L'' y L''' ; calcularemos después el coste de una pila en la sección L' y otras dos en las secciones L'' y L''' , y á cada una de esas longitudes se aplicará el cálculo expuesto, con lo cual resultará un puente de tramos grandes en L' y tramos más pequeños en L'' y L''' .



VII

En todo lo expuesto se supone que no varía el coeficiente de resistencia del material, y el que hemos adoptado en los cálculos de estabilidad de los puentes de hierro de los que hemos deducido los valores de C es de seis kilogramos por milímetro cuadrado, tanto para la tensión como para la comprensión, de modo que las fórmulas obtenidas en el párrafo (3) se refieren sólo á puentes de hierro laminado.

Pero pudiera emplearse otro material, por ejemplo el acero, en que el coeficiente de resistencia fuera otro, y entonces serían también distintos los valores de C en la fórmula general $P = \frac{pL^3}{C - L}$ que da el peso de las vigas ó cerchas, cualquiera que sea el material de que se construyan.

Fácilmente pueden deducirse de los ya hallados los nuevos valores de C para el acero, por ejemplo, según vamos á ver.

Supongamos dos cerchas completamente iguales, de igual luz y sometidas á la misma carga total C por metro lineal (incluso su correspondiente peso propio). Sean P y P_1 los pesos de los cuchillos de hierro y acero que han de soportar esa carga.

Como los cuchillos y la carga total son iguales, lo serán también los esfuerzos sobre cada barra componente del esqueleto, y por consiguiente, las secciones transversales de éstas y sus volúmenes y pesos estarán entre sí en la misma relación que los correspondientes coeficientes de resistencia; de modo que tendremos $P_1 = \frac{R_1}{R} P$, siendo R_1 y R los coeficientes respectivos de resistencia del acero y del hierro.

Sea C_1 el valor del coeficiente numérico C para el acero.

Veamos la forma que toma la ecuación $P = \frac{pL^3}{C - L}$, cuando queremos que aparezca en ella la carga total c en lugar de la exterior p que no comprende el peso propio.

$$\text{Para esto tenemos } c = p + \frac{P}{L}, \text{ ó } p = c - \frac{P}{L}.$$

Sustituyendo y despejando P , resulta

$$P = \frac{cL^3}{C}.$$

Según esa fórmula los pesos P y P_1 de las dos cerchas iguales de hierro y acero con igual carga total que consideramos, serán:

$$P = \frac{c L^2}{C} \text{ y } P_1 = \frac{c L^2}{C_1}$$

$$\text{de donde } \frac{C_1}{C} = \frac{P_1}{P} = \frac{R_1}{R}$$

Lo que demuestra, generalizando, que los valores de la constante C , para diversos materiales, están en la misma relación que los coeficientes de resistencia.

Para el acero tendremos, pues, tomando como coeficiente de resistencia 10 kilogramos por milímetro cuadrado:

$C_1 = 430.$		para las vigas parabólicas.
$C_1 = 367.$		para las vigas rectas.
$C_1 = 650.$		para los arcos.
$C_1 = 467.$		para las vigas continuas.

Y estos valores, como digimos, son los límites teóricos de las luces, que pueden alcanzarse con los diversos tipos de cuchillos de acero.

Se ve, pues, que con este material podrían muy bien construirse vigas de 350 metros de luz y arcos de 500 metros de luz.

Igualmente podríamos calcular los valores de C para el mismo hierro, si en lugar de 6 kilogramos adoptásemos como coeficiente de resistencia el de 7 kilogramos por milímetro cuadrado.

Estos valores de C serían, para el coeficiente de 7 kilogramos por milímetro cuadrado, los siguientes:

$C_2 = 301.$		para las vigas parabólicas.
$C_2 = 257.$		ídem id. rectas.
$C_2 = 455.$		para los arcos.
$C_2 = 327.$		para las vigas continuas.

JOAQUIN PANO.

MADRID: 1888.

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE GREGORIO JUSTE.

Calle de Pizarro, número 15, bajo.