na próxima; y en ella ó bien se agota pronto el espacio disponible, ó bien los terrenos tienen demasiado valor para poderlos utilizar como vertederos. Los brazos destinados á ser cegados, después de hechas rectificaciones, también se utilizan para depositar en ellos los productos dragados; mas cuando nada de esto es posible, hay que recurrir ó bien al transporte con gánguiles, á veces á larga distancia, ó bien al sistema de enviar los materiales mezclados con agua por medio de cañerías forzadas. Esto último solo puede hacerse cuando se trata de arena ó mejor de fango. Las gravas y cantos rodados no es tan común encontrarlos; pero caso de haberlos, si no tienen empleo para la defensa de márgenes ó para lustres y construcciones, hay que transportarlos en gánguiles.

Estos conviene en general que sean de grandes dimensiones, capaces de cargar de 200 á 300 metros cúbicos y con máquina propia, que les permita alcanzar una velocidad de 6 á 8 millas. Cuando la distancia á que haya de verterse sea pequeña, podrán emplearse gánguiles ó barcazas de menores dimensiones, que sean transportados por un remolcador.

Los elevadores pueden ser fijos ó flotantes; éstos son en general más convenientes, porque permiten irlos colocando frente á los terrenos que se han de rellenar.

La operación de elevar los productos, como se dijo antes, es, á veces, más costosa que el dragado y no permite el transporte más que á distancias de 150 á 200 metros de la orilla. El elevador, establecido en la parte baja del Sena, es susceptible de descargar 4.000 toneladas en diez horas; el sistema es de rosario central, elevando los productos hasta 14,50 metros sobre la línea de flotación, desde donde corren por un largo conducto inclinado.

En el transporte por cañería forzada se pueden enviar los productos á 1.800 metros, y en el Garona se espera llegar hasta 2.500 metros.

El elevador inyector del Garona está establecido sobre dos pontones. El aparato motor es una máquina Compound de 600 caballos. Dos bombas rotativas, de 0,40 metros conjugadas, aspiran é impelen los productos del dragado. Otra bomba, de 0,30 metros de diámetro, proporciona el agua necesaria para diluir el fango. La experiencia demuestra que para obtener el rendimiento máximo, la bomba de inyección debe tener algo más velocidad que la de aspiración; cuando ésta da 200 vueltas, aquélla debe dar 217 ó 218. La cañería forzada es de 0,40 metros de diámetro y tiene en el arranque una vuelta en forma de cuello de cisne para evitar que los productos inyectados vuelvan hacia atrás cuando cesa de funcionar la bomba; esta disposición da mejor resultado que el empleo de válvulas, que no siempre funcionan con regularidad.

El trabajo útil depende en primer término de la clase de materiales aspirados; la arena no corre bien en la cañería forzada, y con frecuencia se producen atascos, que se vencen con facilidad inyectando una cantidad de fango, que se limpia mucho mejor que cinco ó seis veces su volumen de agua.

La mezcla de agua y fango en proporciones convencionales, corre mejor en la cañería forzada que el agua pura. Esta mezcla es también algo compresible y con ella no son de temer los golpes de ariete. El trabajo útil diario en 1896 ha sido de 2.452 metros cúbicos; pero el elevador es susceptible de mayor rendimiento con un servicio continuo de gánguiles, puesto que uno de 100 metros cúbicos no tarda en descargarse más que de ocho á 10 minutos. El precio del metro cúbico elevado y transportado en 1896 ha sido de 0,169 pesetas, muy inferior al de todos los demás sistemas de depósito en las orillas, sobre todo si se calcula el metro cúbico hectométrico.

Por este medio pueden rellenarse, en condiciones económicas, los terrenos bajos y marismas que existen en muchas rías, haciéndoles adquirir un valor que permite exigir á los propietarios ribereños que contribuyan á los gastos de transporte y depósito.

En las marismas de Burdeos los propietarios abonan de 500 á 600 francos, y á veces más, por hectárea, satisfaciendo también los gastos de cerramiento por medio de diques susceptibles de contener los fangos. Con la arena no es fácil obtener estas ventajas, porque no mejora los terrenos en que se deposita.

Puede también ser útil conocer los precios; el año de 1896, en el Garona se trabajó con cinco dragas de potencia diversa, habiéndose transportado los productos á una distancia media de 4.350 metros.

El precio medio resulta ser de 0,627 pesetas, descomponiéndose como sigue:

	Pesetas.
Extracción	0,193
Transporte	0,228
Elevación	0,176
Descarga	0,030
TOTAL	0,627

Los precios mínimo y máximo de extracción fueron de 0,145 pesetas y 0,625 el primero obtenido con una draga que extrajo 400.968 metros cúbicos en doscientos treinta y ocho días efectivos de trabajo, habiendo estado armada doscientos ochenta y un días.

El detalle es el siguiente:

Draga	Carbón	0,017 pesetas.	0,072 pesetas.
	Engrasado	0,013 —	
	Personal	0,042 —	
Gastos de parada			0,003 —
Idem generales de taller			0,007 —
Reparaciones			0,056 —
Idem generales de servicio			0,007 —
TOTAL			0,145 pesetas.

El precio máximo corresponde al trabajo en un terreno de grava aglomerada que ofreció dificultades especiales.

El precio á que resultó el metro cúbico con dragas de succión varió entre 0,12 y 0,30 pesetas.

(Se continuará.)

FERNANDO G. ARENAL.

REVISTA EXTRANJERA

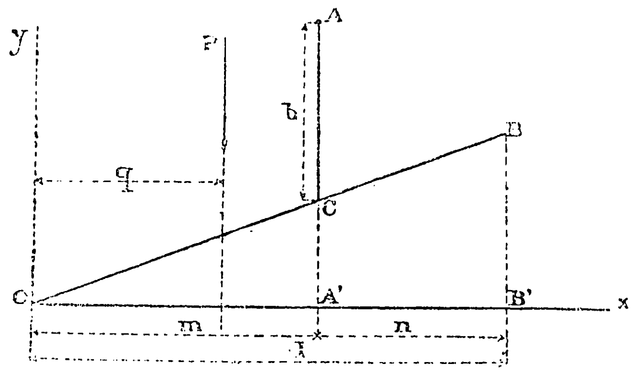
Puentes de fábrica articulados.—Apéndice.

MÉTODO GENERAL PARA EL TRAZADO DE LA CURVA DE PRESIONES EN UNA BÓVEDA DE TRIPLE ARTICULACIÓN (1)

1. *Cálculo algebráico.*—Admitiremos que el arco sea disimé-

(1) A la memoria de M. Bourdelles sobre los puentes articulados, cuya traducción se terminó en el último número, acompañan dos notas relativas al cálculo de estos puentes. No podemos publicar ambas á causa de su excesiva extensión, pero damos á conocer la segunda, que consideramos interesante, y cuya extensión es moderada. Es debida á M. J. Résal.

trico. Colocaremos el origen de los ejes coordenados Ox, Oy en el centro de la articulación O del arranque (fig. 1).



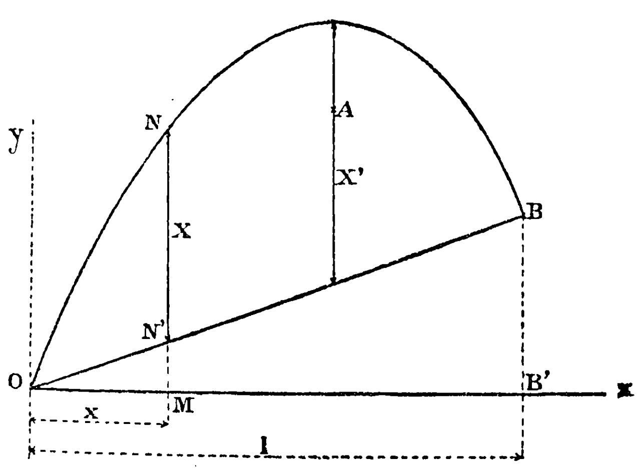
(Fig. 1.ª)

Designaremos por l la distancia horizontal OB' entre las articulaciones de los arranques, ó sea, la luz de la bóveda; por m la distancia OA' medida horizontalmente entre la articulación central y la del origen; por n la distancia horizontal A'B' á la otra articulación de arranque B; y, finalmente, por b la distancia vertical AC del punto A á la recta inclinada OB que une las articulaciones de los arranques.

No designaremos por ninguna letra el desnivel BB' de las articulaciones de los arranques, porque esta longitud, aunque necesaria para definir la forma de la bóveda, no interviene en los cálculos.

La carga disimétrica del arco es descomponible en cierto número de pesos definidos por su magnitud P y la distancia horizontal q de su línea de acción al origen.

Consideremos la viga recta horizontal OB' de igual luz que la bóveda, simplemente apoyada en sus extremos O y B'. Si se supone que esta viga sostiene exactamente la misma carga que la bóveda, la curva representante de los momentos flectores se trazará con la recta OB como línea de cierre, llevando sobre ella la longitud NN' = X (fig. 2) dada, para la sección arbitraria M



(Fig. 2.ª)

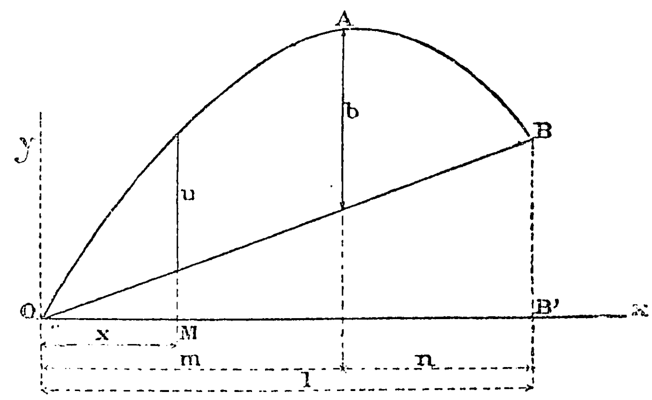
cuya abscisa es x, por la relación conocida:

$$\mathrm{X} = \frac{l-x}{l} \sum_{o}^{x} \mathrm{P}q + \frac{x}{l} \sum_{x}^{l} \mathrm{P}\,(l-q).$$

Esta curva de momentos flectores es un polígono funicular relativo al sistema de pesos que constituye la carga de la bóveda.

La curva de presiones buscada, que es un polígono funicular relativo al mismo sistema de pesos, se obtendrá amplificando ó reduciendo las ordenadas X de la primera en una relación tal que la línea trazada pase por la articulación A.

Designemos por X' el valor del momento flector hallado para la sección de la viga situada en la vertical A de la articulación central ($m = n$) (fig. 3):



(Fig. 3.ª)

$$\mathrm{X}' = \frac{n}{l} \sum_{o}^{m} \mathrm{P}q + \frac{m}{l} \sum_{m}^{l} \mathrm{P}\,(l-q).$$

Llamemos u á la ordenada variable de la curva de presiones medida sobre la recta de los arranques OB.

Tendremos:

$$\frac{u}{\mathrm{X}} = \frac{b}{\mathrm{X}'}$$

$$u = \mathrm{X}\,\frac{b}{\mathrm{X}'}$$

Bastará multiplicar las ordenadas X de la primera curva por la razón constante $\frac{\mathrm{X}'}{b}$, para obtener las ordenadas correspondientes de la segunda.

El valor numérico del empuje Q está dado por el cociente

$$\mathrm{Q} = \frac{\mathrm{X}'}{b} = \frac{1}{lb}\left[n \sum_{o}^{m} \mathrm{P}q + m \sum_{m}^{l} \mathrm{P}\,(l-q)\right].$$

La ecuación de la curva de presiones puede escribirse así:

$$u = \frac{\mathrm{X}}{\mathrm{Q}} = \frac{1}{\mathrm{Q}}\left[\frac{l-x}{l} \sum_{o}^{x} \mathrm{P}q + \frac{x}{l} \sum_{x}^{l} \mathrm{P}\,(l-q)\right].$$

Las ordenadas u deben ser llevadas verticalmente sobre la recta oblicua de los arranques OB, y no sobre el eje horizontal OB'x.

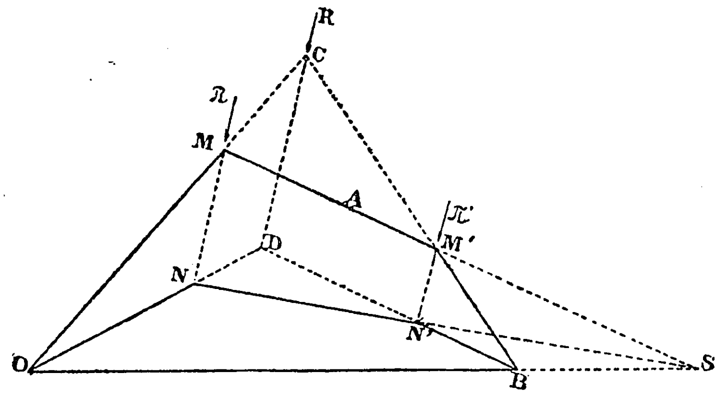
2. *Trazado gráfico.*—La estática gráfica permite sustituir á los cálculos precedentes una construcción geométrica sencilla. Admitamos que se hayan determinado las magnitudes y la dirección:

1.° De la resultante π de los pesos directamente aplicados al primer trozo de bóveda OA.

2.° De la resultante π' de los pesos aplicados directamente al segundo trozo de bóveda AB.

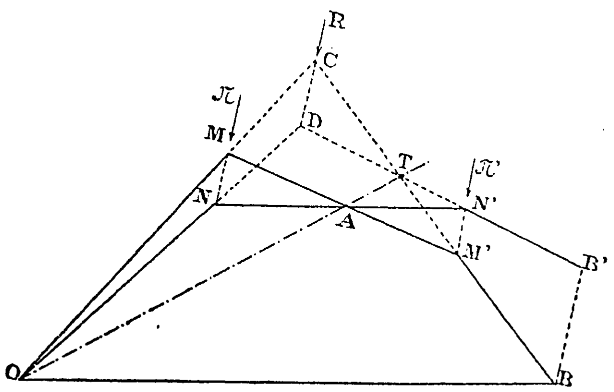
3.° De la resultante general de todos los pesos R, cuyas componentes son, por consiguiente, π y π' ($\mathrm{R} = \pi + \pi'$).

Fig. 4.—Unamos el punto D, tomado arbitrariamente sobre la línea R, con las articulaciones de los arranques O y B. Unamos los puntos de encuentro N y N' de estas rectas con las líneas de acción de π y de π', y prolonguemos la recta NN' hasta su intersección en S con la línea de los arranques OB. Finalmente, unamos este punto S con el centro de la articulación A de la clave y tomemos las intersecciones de esta recta con π y π'.



(Fig. 4.ª)

La línea quebrada OMM'B, que pasa por las tres articulaciones, es la curva de presiones para los dos pesos π y π'.



(Fig. 5.ª)

Fig. 5.—Unamos la articulación de arranque O con el punto D tomado arbitrariamente en la línea de acción de R. La recta OD corta á la vertical π en el punto N, que unimos á la articulación A por una recta que corta en N' á la vertical π'. Juntemos DN' y prolonguemos esta recta hasta B', en la vertical de la articulación B.

La recta OA, que reune la articulación O á la central A, encuentra en T á la recta DB'.

Tracemos la recta BT, que encuentra en M' á la vertical π' y en C á la R.

Tracemos la recta CO, que corta en M á la vertical π, y después la recta MM', la cual pasará, necesariamente, por la articulación A.

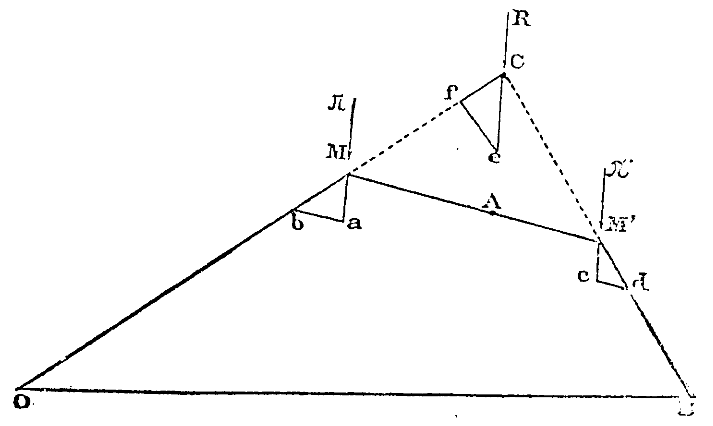
Recaemos en la línea quebrada OMAM'B de la figura precedente, que es el polígono funicular relativo á los dos pesos π y π' que pasa por la articulación A, es decir, la curva de presiones relativa á estos dos pesos.

Conociendo este polígono, es fácil determinar las longitudes representativas de las reacciones oblicuas de los apoyos sobre la bóveda.

Supongamos que los pesos π, R y π' estén representados en la escala convenida de las fuerzas por las longitudes de los segmentos verticales

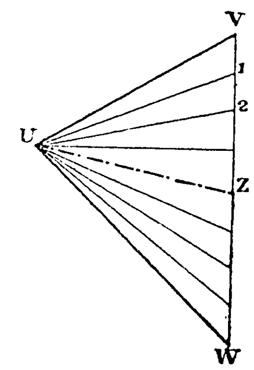
$$Ma,\ Ce \text{ y } M'c \text{ (fig. 6).}$$

Si *ba* y *cd* son paralelas á MM', y si *ef* es paralela á BC, la reacción de la bóveda sobre el apoyo O estará representada por la ongitud *ef* ó por la longitud M'*d*.



(Fig. 6.ª)

Llevemos desde el punto U sobre dos paralelas á OM y M'B las longitudes UV y UW (fig. 7) de las dos reacciones medidas



(Fig. 7.ª)

así en la figura. Unamos VW y tracemos la recta UZ paralela al lado MM'.

Se tendrá

$$VW = R$$
$$VZ = \pi$$
$$ZW = \pi'$$

Llevemos sobre VW, á continuación y en su orden de sucesión, á partir del arranque O, las longitudes representativas V_1, $_{1\text{-}2}$, $_{2\text{-}1}$ de todas las fuerzas parciales P_1, cuya suma es R. Unamos estos puntos de división al polo U. El haz de rectas que así se obtiene nos dará las direcciones de los lados sucesivos del polígono, que es la curva de presiones buscada.

Partiremos de la recta OM (paralela á UV), la cual limitaremos en su encuentro á la derecha con la vertical de la fuerza 1; después trazaremos la paralela á U_2 hasta que encuentre á la fuerza 2, etc., hasta el último lado, que será paralelo á UW. El lado de este polígono, que pasa por la articulación A, será paralelo á UZ.

Si en vez de fuerzas aisladas se tratara de una carga continua con una ley cualquiera de repartición, el polígono funicular se transformaría en una curva tangente en los puntos O, A y B á las rectas OM, MM' y M'B. Esta propiedad resulta de que las cargas aisladas π y π' son, respectivamente, las resultantes de los pesos aplicados á la bóveda entre OA y OB.