

un total de 95.628,34^{m³} excepto la parte comprendida entre los perfiles 604 a 607 y que va en desmonte y que no siendo más que 483,11^{m³} no los tendremos en cuenta para nuestras consideraciones; ahora bien desde el perfil 626 al 648 de desmonte tenemos 68.994,35^{m³}, y como desde este último al 669 tenemos 51.964,04^{m³} de terraplén nos conviene formar el primero con tierras de préstamo y el segundo con el producto del desmonte, así debe atacarse el desmonte desde el perfil 648 hacia atrás. Nada decimos del resto de este trozo por carecer de importancia el movimiento de tierras.

2.º Trozo

En este consideramos los desmontes comprendidos entre los números 706 y 712 y el comprendido entre el 716 y 722. El primero que nos ha de dar el material necesario para la construcción de los dos muros de entrada y salida del puente puede empezar su excavación por el lado de este y como cantera avanzando a medida que sea necesario en la obra para no tener que hacer un depósito de materiales y que el transporte se haga de una vez; y el segundo que ha de distribuirse entre los terraplenes anterior y posterior

debe ser atacado por ambos lados empleando el desmonte comprendido entre los perfiles números 744 al 753 en el terraplén anterior. En esta clase de terreno donde los taludes se sostienen perfectamente aunque sean verticales durante el tiempo de la escavación y donde la polvora lanzando las piedras obstruye los pasos puede desde luego darse todo el ancho a la trinchera.

4.º Crozo:

Los son los desmontes de importancia que tenemos que hacer en este trozo, el comprendido entre los perfiles 865 y 877 con cota máxima de 16.80 el cual es necesario repartir en los terraplenes que han de formarse a uno y otro lado y cuyo ataque debe hacerse por ambos extremos y el comprendido entre los perfiles 902 a 904 de cota hasta de 25.93 la cual nos da bastante carga por la consistencia del terreno para hacer un túnel de 400 metros de longitud, pero considerando que suponiendo una sección a este de 20 metros y teniendo en cuenta de ir revestido por no poderse sostener el terreno sin re-

vestimiento y dar lugar a filtraciones nos conviene más la escavación completa pues el aumento de gastos del revestimiento excede con mucho al que produce la escavación total; además debiendo emplear una gran cantidad de piedra en la manposteria del puente viaducto sobre el Alberche nos conviene la escavación para obtenerla al pie de obra como sucede en esta. Análogamente a lo que dijimos al referir el primer desmonte del segundo trozo de esta sección debe verificarse este a medida de que las necesidades de la obra de fábrica lo exijan.

Materiales de que puede disponerse. Así como en las dos primeras secciones hemos tratado de evitar todo lo posible el empleo de la piedra para las obras de fábrica por la escasez de este material, en esta sección están abundante que casi para nada hacemos uso del ladrillo que es difícil de obtener y costoso en esta sección. Además de la mucha piedra procedente de los desmontes que podemos tomar para la manposteria ordinaria y rellenos se en-

encuentra el granito en sus diferentes variedades inmediato a la vía en abundancia y mucha creta también muy próxima en el pueblo de Colmenar del Arroyo de muy buenas calas y para el primer trozo en las canteras de Valdemorillo a menos de 3 kilómetros de distancia.

Para la construcción del puente viaducto sobre el Alberche disponemos primero de la piedra que ha de producir el desmonte a la entrada del puente y servirá para emplearla en el muro y viaducto de entrada y en la otra orilla también de la que ha de producir el desmonte de la 4.^a sección para las manposterías del viaducto de salida: 2.^o de las canteras que a menos de 500 metros se encuentran en la entrada del valle de San Martín cuyas canteras fueron explotadas por los frailes del convento hoy derruido que se encuentra inmediato a la carretera, el cual está hecho con buenos sillares, pudiendo adquirirse sus materiales de muy buena calidad y que darían

La insuficiente piedra de sillera, no solo para el viaducto sino para todas las obras de fábrica de la 11.ª sección.

Puentes.

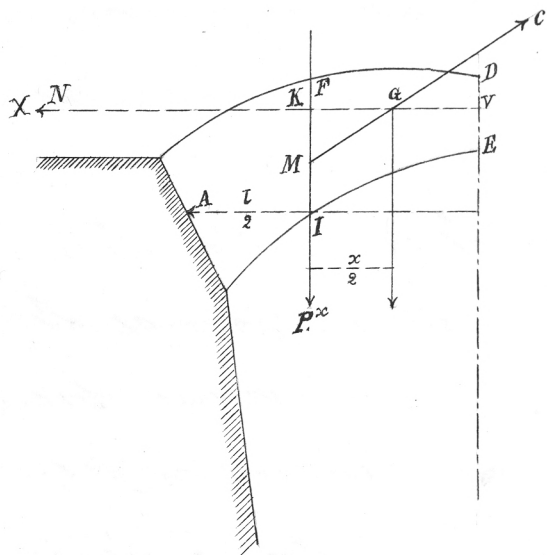
Tres son los puentes de esta sección de los cuales el puente viaducto sobre el Alberche es el de mayor importancia de toda la línea por lo cual haremos su descripción y cálculos detenidamente después de describir los dos primeros.

Puente sobre
el arroyo de la
Hunta.

El arroyo de la Hunta limite en el punto que lo atravesamos del terreno primitivo y el diluviano bien encajado entre dos laderas de pendiente muy rápida y con un lecho de 50 metros y muy profundo, de modo que el problema que hemos de resolver en las condiciones de economía y facilidad de la construcción consiste en salvar esta corriente con un solo tramo de la menor longitud posible, y lo hemos resuelto proyectando un puente de hierro en arco en arco de un tramo de 50 metros con una flecha de 10 metros apoyado en dos estribos que forman los muros de entrada y salida del mismo desechando el tramo metálico

recto por las consideraciones que después diremos.

Antes de entrar á determinar las principales dimensiones que han de tener las diferentes piezas que lo forman, haremos algunas consideraciones sobre los puentes de esta clase.



Supongamos desde luego un arco sencillo sometido á un peso p uniformemente repartido por metro sobre toda la longitud: sea O

el punto medio de la clave podemos suponer el esfuerzo de la otra mitad del arco en la clave está representado por la fuerza N que pasa por O . Consideraremos una sección cualquiera FI y busquemos los esfuerzos que sufre la parte del arco comprendida entre esta sección y el eje de la clave, estas fuerzas son la horizontal N y el peso $p x$ cuya resultante pasa por el medio de OK puede determinarse fácilmente el punto M

de aplicación de las resultantes de estas acciones sobre FI pues formando equilibrio las tres fuerzas p. x. c. y. N. estarán representadas por los tres lados del triángulo G. K. M. y por consiguiente el lugar geométrico de los puntos M. es una parábola cuya ecuación referida á los ejes de las X y de las Y será

$$y = \frac{p x}{2r}$$

así esta parábola representa los puntos de paso de las diversas resultantes sobre cada sección del arco; la longitud de la tangente comprendida entre este punto y la horizontal OX representa el valor y la dirección de esta resultante.

Es sencillo deducir de aquí la marcha que debe seguirse para determinar las dimensiones del arco, pero es preciso suponer que la curva para por el arranque del arco, de otra manera el problema sería indeterminado y ya veremos más adelante el medio de introducir esta condición y así tendremos fija la curva de presiones puesto que será una parábola en la cual conocemos la posición del eje y dos de sus

puntos O y A.

Tenemos llamando f y $\frac{z}{2}$ las ordenadas del punto A

$$f = \frac{p z^2}{8 N} \text{ de donde } N = \frac{p z^2}{8 f}.$$

Observaremos que para las mismas condiciones de sobrecarga la componente horizontal N crece en razón inversa de la flecha f y proporcionalmente al cuadrado de la luz; siendo N conocida se deducirá sea gráficamente o por el cálculo el valor de una resultante cualquiera y entonces es fácil deducir las secciones que debe darse a la T que forma el arco puesto que la fuerza G se descompondría en cada sección de dos F, F' que darían

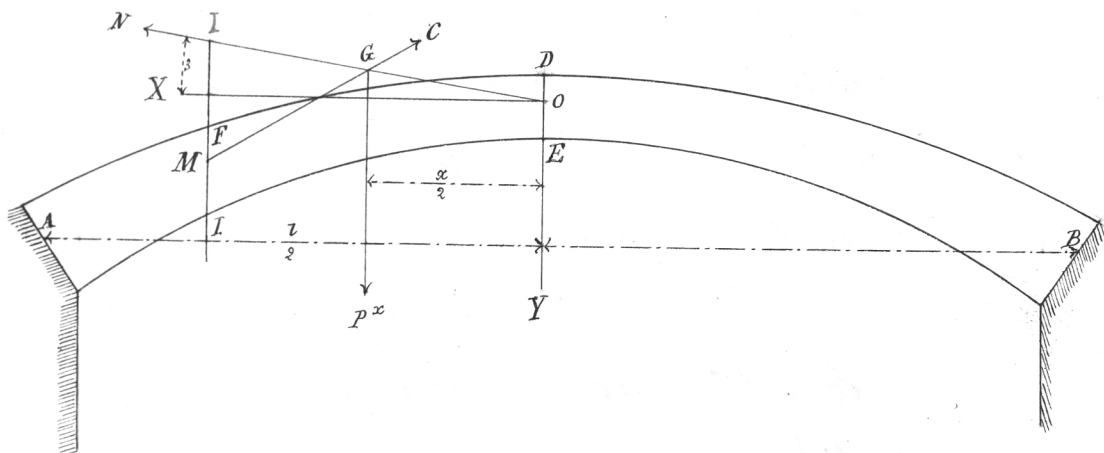
$$F = R S \text{ y } F' = R' S''$$

en la cual R y R' son los coeficientes de resistencia y S y S'' las secciones.

Hemos supuesto que el peso por metro era constante pero esta condición no puede ser satisfecha por completo porque el peso del arco varia desde la clave hasta los arranques. Se puede introducir en el cálculo esta condición que

será imprescindible para el caso de un puente metálico cuyo peso es mucho menor con relación á la sobre-carga.

Partiendo de estas consideraciones vamos á calcular un arco suponiendo su peso repartido uniformemente sobre una porción de su longitud.



Supongamos que el tramo lleva en su mitad una sobre-carga cuya resultante será $\frac{px}{2}$ pasando por el medio del semitramo y $\frac{px}{2}$ el peso del medio arco. Supongamos tambien determinados los puntos de aplicación de la resultante en los estribos considerando una porción del arco tal como la *FIDE* del arco estará en equilibrio por las tres fuerzas lados del triángulo y dará

$$\frac{MI}{GI} = \frac{px}{N}$$

pero $MI = y + x \operatorname{tang.} \alpha$

y $GI = \frac{x}{2} = \cos. \alpha$

de donde la ecuación de las curvas de las presiones será

$$y = \frac{p x^2}{2N \cos. \alpha} - x \operatorname{tang.} \alpha$$

para la mitad DA del arco. Análoga ecuación tendremos para la otra mitad que sería

$$y' = \frac{p' x^2}{2N \cos. \alpha} - x \operatorname{tang.} \alpha$$

así la curva de presiones se compone en este caso de dos arcos de parábola que tienen un punto común de tangencia en O, y cuyos ejes son verticales.

Para determinar los valores de N y α bastará introducir la condición de que las dos curvas pasen por A y B es decir que en las ecuaciones precedentes $x = \frac{l}{2}$ y $x = -\frac{l}{2}$ $y = f$ introduciendo estos valores será

$$f = \frac{p l^2}{8N \cos. \alpha} - \frac{l}{2} \operatorname{tang.} \alpha$$

$$f = \frac{p' l^2}{8N \cos. \alpha} + \frac{l}{2} \operatorname{tang.} \alpha$$

ecuaciones que sumadas nos dan

$$N \cos. \alpha = \frac{(p+p')}{2} \times \frac{l^2}{8f}$$

en cuya fórmula vemos que la componente horizontal de N difiere del valor encontrado anteriormente