

MADRID, 15 DE OCTUBRE DE 1877.

TOMO XXV.

NÚM. 20.

SUMARIO.

Memoria redactada por el Ingeniero Jefe de Obras públicas de la isla de Puerto-Rico, D. Leonardo de Tejada (continuacion).— Resistencia de materiales (continuacion).—Ferro-carriles del Noroeste.—Parte oficial.—Sustancias.

MEMORIA

REDACTADA POR EL INGENIERO JEFE DE OBRAS PÚBLICAS DE LA ISLA DE PUERTO-RICO,

D. LEONARDO DE TEJADA.

(Continuacion.)

Datos relativos á varios proyectos de líneas férreas de sistema ordinario, estudiados para esta Isla por el Ingeniero inglés Mr. Webb.

Como hemos dicho anteriormente, tres son las líneas estudiadas en Puerto-Rico por el Ingeniero inglés Mr. Webb para establecer en ellas ferro-carriles de sistema ordinario, existiendo en esta Jefatura el proyecto completo de una de ellas, la de la Capital á Arecibo, y algunos planos y datos para los presupuestos referentes á las otras dos, la de Ponce á Guayama y Arroyo, y la de Yabucoa á Humacao. La longitud de la línea de la Capital á Arecibo, segun el proyecto, es de 78 kilómetros, y su coste total kilométrico resulta ser, por término medio, de 58.000 pesos, de los cuales, 14.000 corresponden á las expropiaciones, explanaciones y obras de fábrica de la vía, y los 24.000 restantes, á las demas obras, como vía, estaciones, etcétera; material fijo, material móvil y accesorios.

La longitud de la línea de Ponce á Guayama y Arroyo es de 66 kilómetros: el coste total calculado es, por término medio, de 54.000 pesos por kilómetro, costando 9.000 las expropiaciones, explanaciones y obras de arte, y 25.000 las demas obras.

Por último, la longitud de la línea de Yabucoa á Humacao es sólo de 24 kilómetros; el coste total medio kilométrico calculado para la misma es de 46.000 pesos, de los cuales, 20.000 corresponden á las expropiaciones, explanaciones y obras

de fábrica de la vía, y los otros 26.000, á las demas obras.

Las condiciones fijadas en los proyectos respectivos de dichas líneas férreas, tanto en lo relativo al trazado general como á las construcciones de la vía, estaciones y material que se ha de emplear para su explotacion, hacen que su coste sea relativamente muy alzado con respecto al que tendrían estas mismas líneas, aunque se mantuviese el mismo ancho de vía, si se tratase de obtener la mayor economía compatible con su buena construccion y explotacion, lo que podría conseguirse plegando más al terreno el trazado horizontal y el vertical, aunque sin variar las condiciones generales de los mismos, adoptando el sistema de rails Vignoles, sobre traviesas de madera en vez del de ■ sobre cojinetes y placas de fundicion, ejecutando las obras de fábrica con toda la economía compatible con la seguridad de la vía y de la marcha de los trenes; dando menor importancia á las construcciones, tales como estacion, almacenes, talleres, etc., y por último, reduciendo el material móvil al necesario para la explotacion, en las circunstancias actuales, sin perjuicio de aumentarlo más adelante si las necesidades del servicio lo exigiesen.

El terreno entre la Capital y Arecibo es en general fácil y llano para los manglares que se encuentran á la salida de la Capital, y los numerosos caños, rios y cursos de agua que deben atravesarse cerca de las desembocaduras de los mismos en el mar, por la conveniencia de no separar el trazado de la costa, hacen que el coste de la línea resulte mayor de lo que podría esperarse, dadas la facilidad del terreno y la pequeña importancia de los movimientos de tierra en todo el trayecto.

Entre Ponce, Guayama y Arroyo el terreno es tan fácil y llano, que el coste kilométrico calculado para las explanaciones y obras de fábrica de la vía en esta seccion, puede considerarse como el mínimo á que podría llegarse en cualquiera línea férrea de sistema ordinario que se estableciera en esta Isla.

Entre Yabucoa y Humacao, el trazado sigue un terreno muy ondulado, pero que no tiene nada de

difícil; así es que plegándose más á él podría reducirse considerablemente el coste de 20.000 pesos por kilómetro, que es el calculado por Mr. Webb, para las explanaciones y obras de fábrica, debiendo advertir que de éstos, 19.000 corresponden á la explanaciones, y sólo 1.000 á las obras de fábrica.

Como podrá observarse, el coste de las explanaciones y obras de fábrica de la vía varia en las tres líneas de 9.000 á 20.000 pesos, á pesar de que el terreno en todas ellas es sumamente fácil, y de que en la tercera, donde está más accidentado y donde el coste de las explanaciones es de consideración, el de las obras de fábrica es insignificante. Puede asegurarse desde luego, que en terreno muy difícil y accidentado, donde los movimientos de tierra y los desmontes en roca sean considerables, y donde hayan de ser numerosos los túneles, puentes, viaductos, etc., el coste de las explanaciones y obras de fábrica de la vía sería mucho mayor y llegaría y aún excedería de 35.000 pesos por kilómetro, si el ferro-carril que se estableciese fuese de sistema ordinario. Afortunadamente los trayectos verdaderamente difíciles que se encuentran en toda la línea son relativamente cortos; eso sumando en total una longitud mayor de 50 kilómetros; es decir, el décimo de los 500 kilómetros que próximamente habría de tener la línea de la costa.

Teniendo en cuenta las reducciones que podrán hacerse en los precios calculados por Mister Webb, aun conservando el sistema de vía ordinario, el coste de las explanaciones y obras de arte, no excedería de 10 á 12.000 pesos por kilómetro en los 450 kilómetros en que el terreno es fácil y poco accidentado, pero no bajaría de 30 á 35.000 en los 50 kilómetros restantes.

Coste probable del ferro-carril económico.

Recordando ahora lo que expusimos anteriormente, es decir, que cuando el terreno es fácil y poco accidentado, la economía que se obtiene en el coste de las explanaciones y obras de arte por la adopción de la vía estrecha en vez de la ordinaria, es próximamente de 35 por 100, y cuando por el contrario es difícil, llega y aún excede del 50 por 100, se deduce que el coste de las explanaciones y obras de arte para el ferro-carril de la costa sería por término medio de 7.000 á 8.000 pesos por kilómetro, á excepcion de los 50 kilómetros de terreno

no difícil, en que dicho coste kilométrico no bajaría de 15 á 18.000 pesos.

Además son tan favorables las circunstancias en que se encontraría la línea por la especial configuración del terreno, que sin grandes rodeos en fuertes pendientes, podría reducirse á 6.000 ó 7.000 pesos el coste medio kilométrico de las explanaciones y obras de arte, en los 450 kilómetros de terreno fácil; en los 50 restantes no bajaría seguramente de los 15.000 á 18.000 pesos antes indicados. El coste medio de las explanaciones y obras de arte en toda la línea puede calcularse, pues, en unos 8.000 pesos por kilómetro.

El coste medio kilométrico calculado por Mister Webb para vía, estaciones, talleres, etc., material fijo de estaciones, material móvil y accesorios, varia en las tres líneas estudiadas de 24 á 26 pesos; es decir, que puede tomarse como término medio el de 25.000 pesos. En general, á no ser en circunstancias muy excepcionales de trazado y de localidad que exijan un material especial ó mayor número de estaciones, los gastos de esta naturaleza deben ser próximamente iguales en líneas que se hallen en circunstancias análogas, y en que el sistema de vía y de material empleado sean los mismos.

Para el ferro-carril de la costa, con el sistema de vía estrecha y con las condiciones que hemos expresado antes, los gastos en este concepto pueden asegurarse, sin temor de equivocarse, que no excederían de 12.000 pesos por kilómetro, dados los precios actuales del hierro y materiales que deberían importarse de Europa y la economía con que habrían de ejecutarse todas las construcciones.

Siendo el precio medio calculado para el coste de las explanaciones y obras de arte el de 8.000 pesos por kilómetro, y el de las demás obras y material de vía y estaciones el de 12.000, resulta que el coste medio total del ferro-carril sería próximamente de 20.000 pesos por kilómetro.

Suponiendo á la línea una longitud de 500 kilómetros, el coste de las explanaciones y obras de arte ascendería á cuatro millones de pesos, y el total de ferro-carril, á diez millones de pesos.

Coste probable de las carreteras del litoral, y capitalización de los gastos de conservación de las mismas.

Veamos ahora cuál sería el coste de las carreteras y caminos del litoral que figuran en los pla-

nos respectivos aprobados, y cuál el importe de la capitalización de los gastos de conservación de éstos. Según los datos y proyectos que obran en esta Jefatura, el coste de la carretera de Cataño á Mayagüez varía según los trozos, resultando por término medio de 9.000 pesos por kilómetro, de los cuales 6.000 corresponden á explanaciones y obras de fábrica, y los 3.000 restantes á afirmado y obras accesorias.

El coste de la carretera entre Mayagüez y Ponce, según los proyectos aprobados, es por término medio, de 7.000 pesos por kilómetro, de los cuales, 5.000 corresponden á las explanaciones y obras de fábrica, y el resto al afirmado y obras accesorias.

En general, el coste calculado para las carreteras del litoral varía de 6.000 á 10.000 pesos por kilómetro, y puede tomarse el de 8.000 pesos como un tipo muy aproximado á aquel á que seguramente resultaría si se llevasen á cabo las obras.

Siendo la longitud de las carreteras de primer orden de Cataño á Mayagüez y de este punto á Ponce, de 275 kilómetros, de los cuales sólo hay 20 ejecutados y en conservación, por haber desaparecido hasta las explanaciones de algunos otros pequeños trozos construidos, resulta que faltan por ejecutar aún 255.

La longitud de la carretera de segundo orden de la Capital á Fajardo, es de 56 kilómetros, y de 64 la del camino vecinal de Ponce á Guayama, que por unir dos cabeceras de departamento y por su importancia, debería clasificarse como carretera de segundo orden, lo que da un total de 120 kilómetros; el coste kilométrico de estas carreteras, sería próximamente el mismo que el de las de primer orden, porque el ancho de aquéllas se ha supuesto en los proyectos estudiados el mismo que para los de segundo orden, y aún para las de tercero en los trozos difíciles.

El número total de kilómetros de carretera que faltan por construir, pues, de 575, que á razón de 8.000 pesos por kilómetro, importarían tres millones de pesos. El coste medio anual de su conservación, deducido del de las ya construidas que conservan por el Estado, sería de 300 pesos por kilómetro; de modo que el importe total de la conservación de los 575 kilómetros ántes indicados, más los 20 kilómetros ya ejecutados, ascendería á 118.500 pesos. Capitalizada esta cantidad al 6 por 100, resulta 1.795.000 pesos, que agre-

gados á los tres millones de pesos ántes indicados, dan un total de 4.975.000 pesos.

Hay que tener en cuenta además, que la línea del litoral comprende no sólo las carreteras á que nos hemos referido, sino 125 kilómetros de caminos vecinales. El capital necesario para la construcción de los citados caminos y para producir al tipo del 6 por 100 de interés la cantidad que anualmente habría de invertirse en su conservación, no bajaría seguramente de 525.000 pesos, que unidos con los 4.975.000 calculados para las carreteras, dan un total de 5.500.000 pesos. Este sería, pues, el capital necesario para las carreteras y caminos del litoral; mientras que, como he dicho ántes, el coste total del ferro-carril sería de 10.000.000 de pesos, y el de sus explanaciones y obras de arte, de 4.000.000 solamente. Aun poniéndonos en las condiciones más desfavorables, es decir, que resultase aumentada en 40 ó 50 kilómetros de longitud calculada para el ferro-carril, y que el coste medio kilométrico de las explanaciones y obras de arte fuese mayor de 8.000 pesos, con tal que no excediese de 10.000, todavía resultaría mayor el capital necesario para las carreteras y caminos que para la construcción de las explanaciones y obras de arte del ferro-carril. Se ve, pues, que aún sin tener en cuenta los mayores beneficios que el ferro-carril reportaría al país, todavía sería más conveniente bajo, el punto de vista económico para el Estado y para los pueblos, la adopción de él en vez de las carreteras y caminos del litoral, si la subvención que habría de darse á la compañía ó compañías concesionarias fuese menor ó igual al importe de las explanaciones y obras de arte.

Indicadas las condiciones generales del país; la del terreno en la proximidad de su costa; el movimiento de viajeros y mercancías que se verifica á lo largo de ella; la longitud y condiciones que habría de tener el ferro-carril de circunvalación; su coste probable; el de las carreteras y caminos vecinales á los cuales debería sustituir, y la conveniencia de esta sustitución, tenemos ya cuantos documentos son indispensables para determinar si será necesario subvencionar la construcción de la línea férrea, y para fijar, si lo fuese, el tipo de la subvención.

Necesidad de subvencionar la construcción del ferro-carril.

Ya hemos dicho que los ferro-carriles de inte-

res general, deben considerarse bajo dos puntos de vista distintos: como vías destinadas á facilitar y hacer más económicos los trasportes y las comunicaciones, reportando con ello al país ó la comarca los beneficios consiguientes, y como empresas mercantiles en las cuales se trata de obtener un interes razonable para los capitales invertidos.

(Se continuará.)

RESISTENCIA DE MATERIALES.

Método nuevo para el trazado de la curva de presiones en las bóvedas de fábrica,

POR

M. SZYSTOWSKI.

(Continuación.)

Las curvas de que hablamos sólo las construyó Mr. Peaucellier para las juntas de arranque; pero es fácil repetir esta construcción para todas las de la bóveda considerada, y superponer en seguida las zonas así encontradas, una sobre otra. Determinaremos por esta superposición un cierto contorno, en el cual estarán contenidos todos los empujes que se producen en la clave, para los cuales la curva de presiones permanece siempre encerrada en el contorno de que no debe salir; es decir, entre el intrados y el trasdos.

Para evitar esta serie de operaciones, muy largas y laboriosas, hé aquí el método á que se puede recurrir:

Consideremos una bóveda $J_0 j_0$ Hh y una junta cualquiera $J_0 j_0$; tracemos una hipérbola mn , cuyas ordenadas MM' en cada punto de la clase $J_0 j_0$ representen el empuje P . Compongamos el empuje P con la fuerza R , y obtendremos una resultante que pasará por el punto j . Sabemos, por otra parte, que la fuerza R es la resultante de las fuerzas exteriores que obran sobre la porción de la bóveda $J_0 j_0$ jJ ; tracemos ahora por el punto j una tangente jO al intrados, y por el punto O de intersección de la tangente con la fuerza R , tiremos una horizontal OMM' que encuentre á la junta de la clase en el punto M de aplicación del empuje P , que está representado sobre la figura por la recta MM' .

Supongamos que la junta $J'j'$ se encuentra á una distancia infinitamente pequeña de la junta Jj , y hacemos por esta nueva junta una hipérbola ts .

Peaucellier demuestra que esta nueva hipérbola ts cortará á la primera mn en el punto M' .—Si consideramos el punto M' como perteneciente á la curva formada por las intersecciones sucesivas de una serie de hipérbolas correspondientes á los diferentes puntos del intrados, el trazado de esta curva envolvente reemplazará ventajosamente á todas las operaciones que deberíamos efectuar siguiendo el método general.—La observación que acabamos de hacer permite enunciar el problema en los términos siguientes: «Hallar el lugar geométrico de los puntos M' , es decir, la curva de los empujes tal, que la resultante de las fuerzas P y R permanezca siempre tangente al intrados.»

Para resolver este problema, emplea Mr. Peaucellier una curva auxiliar que determina de la manera siguiente:

Llamamos $P=MM'$ al empuje en la clave; tomando los momentos, con relación al punto j se tendrá

$$P \times MK = R \times jf = W$$

representando por W el momento de la fuerza R con relación á j .

Admite, después, que la ecuación anterior se satisface también para el punto j' colocado á una distancia infinitamente pequeña del punto j , cuando el valor del empuje P y su punto de aplicación sobre la junta $J_0 j_0$ de la clave, permanecen los mismos.

En efecto, introduzcamos en la ecuación precedente los valores correspondientes á la nueva posición j' del punto j , y tendremos:

$$P [Mk + d(Mk)] = W + dW,$$

$$\text{ó bien: } P \times Mk + P \times d(Mk) = W + dW,$$

$$\text{pero } P \times Mk = W;$$

por consiguiente:

$$P \times d(Mk) = dW.$$

Designemos por y la longitud $j_0 k$, tendremos:

$$Mk = y + Mj_0 = y + c,$$

$$d(Mk) = dy + c = dy.$$

Reemplazando en la ecuación general $d(Mk)$ por su valor deducido de antes, y resolviendo con relación á P , resulta:

$$P = \frac{dW}{d(Mk)} = \frac{dW}{dy}.$$

Se ve, por consiguiente, que es siempre posible hallar el valor del empuje P construyendo la curva de los momentos W considerada como fun-