

MADRID, 15 DE MAYO DE 1881.

TOMO XXIX.

NÚM. 9.º

SUMARIO.

Longitudes virtuales de un trazado de camino de hierro por M. Charles Baum, extractado por M. P. M. Lefèvre (continuacion).—Tranvías aéreos de Bilbao.—Los tranvías del porvenir: Locomotoras de aire comprimido.—Bibliografía.—Parte oficial.—Subastas.—Obras públicas. Ultramar.—Noticias varias. Personal.—Suetos.

LONGITUDES VIRTUALES

DE

UN TRAZADO DE CAMINO DE HIERRO

POR

M. CHARLES BAUM

EXTRACTADO POR M. P. M. LEFÈVRE.

(Continuacion.)

CAPÍTULO II.

Método abreviado para determinar las longitudes virtuales relativas al trabajo mecánico.

Las bases sobre las que M. Baum funda su método para la determinacion de las longitudes virtuales son las siguientes:

1.ª La longitud virtual de una rampa es la relacion que existe entre la resistencia que un tren en marcha y á una velocidad dada tiene que vencer al marchar por la misma, y la que el mismo tren, á la misma velocidad, tendría que vencer para marchar sobre una rasante horizontal.

2.ª Las fórmulas á que dá la preferencia monsieur Baum para el cálculo de la resistencia que tiene que vencer un tren para marchar á una cierta velocidad sobre una rasante horizontal, son las de MM. Vuillemin, Dieudonné y Guéhard.

3.ª Para tener en cuenta las resistencias que las curvas oponen á la marcha del tren, las transforma en resistencias equivalentes sobre rampas, valiéndose para ello de los datos experimentales calculados por varios Ingenieros.

4.ª Las resistencias que se oponen á la marcha de los vehículos se calculan separadamente de las que se oponen á la marcha de la locomotora y tender.

Y 5.ª El estudio para el cálculo de la longitud virtual de un trazado se hace teniendo sólo en cuenta el tráfico de mercancías, por ser el más importante sobre los caminos de hierro.

Fórmula de la longitud virtual.

El objeto de M. Baum al tratar la cuestion que estamos examinando, es única y exclusivamente establecer una fórmula práctica y sencilla que aproximadamente nos dé la longitud virtual de un trazado. Para sus cálculos, considera una máquina de mercancías del tipo de las que se emplean en el Bourbonnais, en que la separacion de los ejes varía de 2^m,75 á 3^m.

Si se considera una seccion en rampa y curva, la fórmula que expresa la longitud virtual será:

$$LV = L + \alpha L + \delta L, \text{ ó bien } LV = L(1 + \alpha + \delta)$$

en la que L representa la longitud real de la seccion αL , el incremento de la longitud virtual, debida á la rampa δL , el incremento de la misma longitud, debido á la resistencia que opone la curva, y por último, Lv la longitud virtual de toda la seccion.

Como vemos; para poder aplicar la fórmula anterior, es indispensable que determinemos ántes los valores de α y δ .

Determinacion del coeficiente α . Teniendo en cuenta la base primera, tendremos que si se designa por I la rampa que se considera, por R_I la resistencia que se opone á la marcha de un tren sobre la rampa mencionada, por R_0 la que se opone á la marcha del tren á la misma velocidad en una rasante horizontal, y por α el aumento de longitud virtual, debido á la rampa I .

$$\alpha = \frac{R_I - R_0}{R_0}$$

Pasemos, pues, á determinar los valores de R_I y R_0 , para lo que calcularemos separadamente, segun se indica en una de las bases, las resistencias correspondientes á los vehículos, tender y máquina.

Resistencia de los vehículos. La fórmula de que hace uso M. Baum para el cálculo de la re-

sistencia que se opone á la marcha de un tren de vehículos en una alineación recta cuya pendiente sea I , y en la hipótesis de que se haga uso para lubricar los muñones de los ejes, de la grasa y aceite, es la adoptada por la Compañía del Este... $P (2 + 0,05 V \pm I)$, en la que la velocidad V se halla comprendida entre 12 y 32 kilómetros por hora.

Resistencia del tender. Para calcular esta resistencia se admite que el peso en carga del tender es próximamente los $\frac{5}{9}$ del peso M de una máquina de tres ó de cuatro ejes acoplados, y la fórmula que M. Baum emplea es también la adoptada por la Compañía del Este para determinar la resistencia que se opone solamente á la marcha del tender.

Tendremos, pues, que la resistencia sobre una rampa I será $\frac{5}{9} M (2,6 + 0,09 V \pm I)$.

Resistencia de la máquina. Según los resultados obtenidos por MM. Vuillemin, Guéhard y Dieudonné, la resistencia de las máquinas aisladas puede considerarse como formada de los tres elementos siguientes: 1.º Resistencia á la rodadura de la máquina considerada como vehículo. 2.º Resistencia debida al rozamiento del mecanismo. Y 3.º Resistencia á que dan lugar los incrementos del rozamiento procedentes de la presión del vapor.

M. Baum sólo tiene en cuenta el primero de los tres elementos citados, porque es el único que tiene alguna influencia sobre el esfuerzo tangencial, que las ruedas motrices ejercen sobre los carriles para remolcar los vehículos, y determina su valor adoptando como base la fórmula que dá la resistencia á la rodadura del tender, es decir, $2,6 + 0,09V$. Ahora bien; la Compañía del Este asigna para el coeficiente de rozamiento de los muñones en las cajas de grasa del tender el valor $f = 0,043$, y para la máquina $f = 0,052$, de cuyos datos deduce M. Baum para la determinación de la resistencia por tonelada de máquina en rasante horizontal la expresión siguiente:

$$\frac{52}{43} (2,6 + 0,09V) = 3,16 + 0,11V,$$

y en el caso de que la marcha tenga lugar sobre una rampa I , se tendrá $M (3,16 + 0,11V + I)$.

De la comparación hecha por M. Baum entre los resultados obtenidos con el empleo de esta fórmula, y los deducidos directamente de expe-

riencias practicadas por la Compañía del Este, resulta que la diferencia es muy pequeña, lo que indica la aproximación con que esta fórmula está calculada.

Reuniendo las tres resistencias que acabamos de determinar, tendremos en conocimiento de la resistencia total que se opone á la marcha de un tren completo, es decir, de los valores de R_0 y R_I indispensables para obtener el valor de α .

Tendremos, pues, para el caso de una rasante horizontal:

$$(1) R_0 = P (2 + 0,05V) + \frac{5}{9} M (2,6 + 0,09V) +$$

$$M (3,16 + 0,11V) = P (2 + 0,05V + M (4,6 + 0,16V),$$

y sobre una rampa ó pendiente I

$$(2) R_I = P (2 + 0,05V \pm I) + M (4,6 + 0,16V \pm I).$$

Ahora bien; como lo que nos interesa es tener el valor de α en función solamente de I , veamos el medio de eliminar M , P y V .

Para eliminar la primera, determina M. Baum la relación que existe entre el peso M de la máquina y el peso del tren remolcado, fundándose en que la experiencia ha demostrado que la adherencia de una máquina varía entre $\frac{4}{5}$ y $\frac{4}{10}$, y adoptando para la generalidad de los casos $\frac{4}{7}$.

Ahora bien; como el esfuerzo tangencial ejercido por las ruedas motrices debe ser superior, ó al menos igual á la resistencia del tren completo, establece la siguiente fórmula:

$$\frac{4.000 M}{7} \geq P (2 + 0,05V \pm I) + M (4,6 + 0,16V \pm I).$$

de donde se deduce

$$\frac{M}{P} = \frac{2 + 0,05 V \pm I}{438,26 - 0,16 V \pm 4,55 I}$$

sustituyendo los valores M_0 y M_I de M deducidos de esta ecuación, el primero para el caso en que la rasante sea horizontal, y el segundo para el de una rampa ó pendiente I en las ecuaciones (1) y (2) respectivamente, tendremos:

$$R_0 = 442,86 P \frac{2 + 0,05 V}{438,26 - 0,16 V} \quad (3)$$

$$R_I = 442,86 P \frac{2 + 0,05 V \pm I}{438,26 - 0,16 V \pm 4,55 I} \quad (4)$$

valores que, sustituidos en la expresión de α , nos dan

$$\alpha = \frac{\pm 441,36 I \mp 0,0825 I V}{276,52 + 6,59 V \mp 3,1 I \mp 0,0775 IV - 0,008 V^2} \quad (5)$$

Finalmente, para eliminar V establece monsieur Baum la siguiente fórmula, deducida de la experiencia que expresa la velocidad en funcion de la rampa.

$$V = 25 - 0,568 I + 0,0045 I^2 \quad (6)$$

y sustituyendo este valor de V en la ecuacion (5) y dando á los términos de que forma parte I el signo correspondiente á la rampa, se obtiene para α el siguiente valor:

$$\alpha = \frac{439,3 I + 0,0468 I^2 - 0,00037 I^3}{436,5 - 8,55 I + 0,0693 I^2 - 0,00031 I^3} \quad (7)$$

en el que se han despreciado los términos en I^4 , pudiendo simplificar aún más la expresion de α cuando la rampa sea inferior á 0,001, en cuyo caso pueden despreciarse los términos en I^3 .

Influencia de las curvas. Las numerosas experiencias practicadas por MM. Polonceau, Forquenot, Vuillemin, Guébbard y Dieudonné, Ræckl, Weber y Boedecker, con el objeto de determinar la resistencia que las curvas oponen á la marcha de un tren, no han sido traducidas en fórmulas, y sólo quedan la fórmula de los Ingenieros ingleses y la fórmula alemana, que trasforman la resistencia sobre una curva en una equivalente sobre una rampa, y no difieren sino en el valor del coeficiente K .

Si se designa por r el radio de la curva que se considera, la resistencia R que opone á la marcha de un tren es igual á la que corresponde á una rampa $\frac{k}{r}$ y tendremos:

$$Rr = k = 0,914 \text{ fórmula inglesa.}$$

$$Rr = k = 0,760 \text{ fórmula alemana.}$$

M. Baum adopta para calcular el valor de ϵ , que es el que en la expresion de la longitud virtual determina la influencia de las curvas, un término medio entre los valores asignados á k en las fórmulas inglesa y alemana, y establece la fórmula siguiente: $Rr = 837$, ó lo que es lo mismo, supone que la resistencia que opone una curva de radio r á la marcha de un tren, es equivalente á la opuesta por una rampa $\frac{837}{r}$, y para obtener ϵ bastará sustituir en la expresion (7) $\frac{837}{r}$ en vez de I ; y como para un radio de 100 metros la rampa equivalente sería inferior á 0,001, se pueden despreciar los términos en I^3 , resultando en definitiva:

$$\epsilon = \frac{32,787 + 446,594 r}{48,549 - 7456 r + 436,5 r^2}$$

Ecuacion de la longitud virtual. Reemplazando α y ϵ por sus valores en la expresion $Lv = L(1 + \alpha + \epsilon)$ de la longitud virtual, tendremos:

$$\left(Lv = L + \frac{439,3 I + 0,0468 I^2 - 0,00037 I^3}{436,5 - 8,55 I + 0,0693 I^2 - 0,00031 I^3} + \frac{32,787 + 446,594 r}{48,549 - 7456 r + 436,5 r^2} \right) \quad (9)$$

fórmula en la que r está expresado en metros é I en milímetros.

Para que pueda encontrarse con facilidad la longitud virtual de un trazado, ha formado M. Baum tablas, en las que están calculados los valores de α para rampas variables de 0,00001 en 0,00001, y comprendidas entre 0,00 y 0,003, y los valores de ϵ correspondientes á radios de 100 á 7.000 metros.

(Se continuará.)

TRANVÍAS AÉREOS DE BILBAO.

Motivos de salud me llevaron á fines del verano de 1880 á la invicta villa de Bilbao, en la que ya conocia las industrias que más directamente se relacionan con mis estudios especiales; habia visitado con detenimiento las importantes ferrerías de Baracaldo y de Santa Ana de Bolueta, acerca de las cuales he tenido ocasion, no ha mucho, de escribir algunas palabras, y habia recorrido tambien algunas de las minas más importantes de Somorrostro, Triano, Galdames, etcétera. Para ocupar en algo útil y referente á mi profesion el tiempo que habia de permanecer allí, me dediqué á hacer un estudio, aunque ligero, de los ferro-carriles aéreos establecidos en la localidad, acerca de los cuales nada se habia publicado todavia en aquella época. Posteriormente se ha ocupado de ellos en un excelente artículo inserto en los *Anales de la Construcción y de la Industria*, el ilustrado Ingeniero de Caminos D. J. M. Oraa; pero como quiera que en dicho artículo, que abarca otra porcion de medios de transporte económicos, se hace una descripcion muy somera de éstos, me ha parecido que no sería de todo punto inoportuno dar á luz los apuntes que yo habia reunido, que pueden servir para dar una idea más elemental de los tranvías aéreos á las personas que no tengan conocimientos anteriores acerca de estas vías, destinadas casi siempre á transportes mineros.

Los criaderos minerales se encuentran, por punto general, en sitios escarpados y de difícil acceso, que es muy costoso relacionar con las grandes vías de comunicacion por medio de caminos ordinarios á causa de los grandes desniveles que hay necesidad de salvar, y muchas veces de los grandes barrancos que atraviesan el