

ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

SUPERSTRUCTURA

DE LA VIA FÉRREA PARA TROCHA DE 1,68 M.

Por RAÚL CLARO SOLAR i RUPERTO ECHEVERRÍA S.

(Continuación)

I. Plataforma poco consistente. — En el cuadro siguiente pueden consultarse las cantidades de materiales necesarias para el establecimiento de la superestructura por kilómetro de simple vía en recta.

DESIGNACION DE LOS MATERIALES	Unidades	Cantidades, por kilómetro de vía
Lastre	m ³	1.863,000
Durmientes	núm.	1.417,000
Rieles	tons.	77,000
Eclisas	»	4,357
Pernos para eclisas	»	0,700
Sillas de asiento	»	9,750
Sillas de detencion	»	0,000
Pernos para sillas	»	0,000
Escarpías	»	2,678

NOTA.—Las cantidades relativas a sillas de asiento, sillas de detencion i pernos para estas sillas corresponden al caso en que la pendiente de la línea es inferior a 0,01. Para pendientes de 0,01 i mas, esas cifras deberán modificarse en la forma siguiente:

Sillas de asiento	tons.	8,450
Sillas de detencion	»	1,700
Pernos para sillas	»	0,210

5 Caso especial.—Al estudiar los perfiles de lastre hemos considerado el caso en que, sobre un subsuelo consistente, haya interes en reducir en lo posible el ancho de la plataforma.

En el cuadro siguiente pueden consultarse las cantidades de materiales necesarias en tal caso para el establecimiento de la superestructura por kilómetro de simple vía en recta.

DESIGNACION DE LOS MATERIALES	Unidades	Cantidades, por kilómetro de vía
Albañilería para los muros guarda lastre	m ³	407,000
Lastre.....	núm.	1,103,000
Durmientes.....	tons.	1,417,000
Rieles.....	»	77,000
Eclisas.....	»	4,357
Pernos para eclisas.....	»	0,700
Sillas de asiento.....	»	9,750
Sillas de detencion.....	»	0,000
Pernos para sillas.....	»	0,000
Escarpías.....	»	2,678

NOTA.—Las cantidades relativas a sillas de asiento, sillas de detencion i pernos para estas sillas corresponden al caso en que la pendiente de la línea es inferior a 0,01. Para pendientes de 0,01 i mas, esas cifras deberán modificarse en la forma siguiente:

Sillas de asiento.....	tons.	8,450
Sillas de detencion.....	»	1,700
Pernos para sillas.....	»	9,210

B. Cubicacion de los materiales de la superestructura por kilómetro de vía en curva.

6. *Jeneralidades.*—En las vías en curva, la cubicacion de los materiales variará no solo con la consistencia de la plataforma sino tambien con el radio de la curva.

Hemos visto, en efecto, que la distribucion de las sillas de detencion en una curva de radio superior a 500 m. está sujeta a las reglas dadas para la enrielladura en recta con pendiente superior a 0,01; por el contrario, cuando el radio de la curva es inferior a 500 m. habrá que colocar 5 sillas de detencion por riel.

Por otra parte, en este último caso la banqueta de lastre del lado exterior de la curva tiene 1,00 m. de ancho a partir del riel mientras que en las curvas de radio superior a 500 m. el ancho de dicha banqueta es el mismo que se ha adoptado para las rectas.

7. *Plataforma consistente.*—En el cuadro siguiente pueden consultarse las cantidades de materiales necesarias para el establecimiento de la superestructura por kilómetro de simple vía en curva.

DESIGNACION DE LOS MATERIALES	Unidades	Cantidades, por kilómetro de vía
Lastre.....	m ³	1,473,000
Durmientes.....	núm.	1,417,000
Rieles.....	tons.	77,000
Eclisas.....	»	4,357
Pernos para eclisas.....	»	0,700
Sillas de asiento.....	»	6,497
Sillas de detencion.....	»	4,253
Pernos para sillas.....	»	0,525
Escarpías.....	»	2,678

NOTA.—Las cantidades relativas a lastre, sillas de asiento, sillas de detención i pernos para estas sillas corresponden al caso en que el radio de la curva es inferior a 500 m. Para radios superiores a 500 m., esas cifras deberán modificarse en la forma siguiente:

Lastre	m ³	1.355,000
Sillas de asiento.....	tons.	8,450
Sillas de detención.....	»	1,700
Pernos para sillas.....	»	0,210

8. *Plataforma de consistencia media.*—En el cuadro siguiente pueden consultarse las cantidades de materiales necesarias para el establecimiento de la superestructura por kilómetro de simple vía en curva.

DESIGNACION DE LOS MATERIALES	Unidades	Cantidades, por kilómetro de vía
Lastre	m ³	1.709,000
Durmientes	núm.	1 417,000
Rieles.....	tons.	77,000
Eclisas.....	»	4,357
Pernos para eclisas	»	0,700
Sillas de asiento	»	6,497
Sillas de detención	»	4,253
Pernos para sillas.....	»	0,525
Escarpías.....	»	2,678

NOTA.—Las cantidades relativas a lastre, sillas de asiento, sillas de detención i pernos para esta, sillas corresponden al caso en que el radio de la curva es inferior a 500 m. Para radios superiores a 500 m. esas cifras deberán modificarse en la forma siguiente:

Lastre	m ³	1.576,000
Sillas de asiento.....	tons.	8,450
Sillas de detención	»	1,700
Pernos para sillas.....	»	0,210

9. *Plataforma poco consistente.*—En el cuadro siguiente pueden consultarse las cantidades de materiales necesarias para el establecimiento de la superestructura por kilómetro de simple vía en curva.

DESIGNACION DE LOS MATERIALES	Unidades	Cantidades, por kilómetro de vía
Lastre.....	m ³	1.953,000
Durmientes	núm.	1.417,000
Rieles.....	tons.	77,000
Eclisas	»	4,357
Pernos para eclisas	»	0,700
Sillas de asiento.....	»	6,497
Sillas de detención.....	»	4,253
Pernos para sillas.....	»	0,525
Escarpías.....	»	2,678

NOTA.—Las cantidades relativas a lastre, sillas de asiento, sillas de detención i pernos para estas sillas corresponden al caso en que el radio de las curvas es inferior a 500 m. Para radios superiores a 500 m, esas cifras deberán modificarse en la forma siguiente:

Lastre.....	m ³	1,805,000
Sillas de asiento.....	tons.	8,450
Sillas de detención.....	»	1,700
Pernos para sillas.....	»	0,210

10. *Caso especial.*—En el caso en que se emplee el perfil estrecho que hemos estudiado para el lastre, se obtiene la siguiente cubicación para los materiales de la superestructura por kilómetro de simple vía en curva.

DESIGNACION DE LOS MATERIALES	Unidades	Cantidades, por kilómetro de vía
Albañilería para los muros guarda lastre	m ³	407,000
Lastre.....	m ³	1,114,000
Durmientes.....	núm.	1,417,000
Rieles.....	tons.	77,000
Eclisas.....	»	4,357
Pernos para eclisas.....	»	0,700
Sillas de asiento.....	»	6,497
Sillas de detención.....	»	4,253
Pernos para sillas.....	»	0,525
Escarpias.....	»	2,678

NOTA.—Las cantidades relativas a sillas de asiento, sillas de detención i pernos para estas sillas corresponden al caso en que el radio de la curva es inferior a 500 m. Para radios superiores a 500 m, esas cifras deberán modificarse en la forma siguiente:

Sillas de asiento.....	tons.	8,450
Sillas de detención.....	»	1,700
Pernos para sillas.....	»	0,210

C. Observaciones acerca de la cubicación de los materiales de la superestructura por kilómetro de vía en las líneas de mediana i de pequeña circulación.

En las líneas a que ahora nos referimos, el número de durmientes por kilómetro es inferior al adoptado para las vías de gran circulación. Esta circunstancia influirá sobre la cubicación de los materiales aumentando el cubo de lastre i disminuyendo el número de sillas de asiento i de escarpas por kilómetro de vía. Por lo demás, en las curvas el número de sillas de detención varía con el radio i la pendiente.

Seria fácil formar los cuadros de cubicación para cada uno de los casos que hemos considerado anteriormente; pero, como la multiplicación de tales cuadros puede acarrear confusiones, hemos creído preferible desglosarlos de la presente memoria, agregándolos a ella bajo la forma de anexo. Pueden, pues, consultarse las cifras correspondientes en los planos adjuntos i en el cuadro núm. 6 B; al mismo tiempo, en el cuadro núm. 6 A he-

mos resumido la cubicacion de los materiales por kilómetro de simple vía para las líneas de gran circulacion.

§ II.—Líneas de doble vía

A. Cubicacion de los materiales de la superestructura por kilómetro de vía en recta.

1. *Plataforma consistente.*—En el cuadro siguiente pueden consultarse las cantidades de materiales necesarios para el establecimiento de la superestructura por kilómetro de doble vía en recta.

DESIGNACION DE LOS MATERIALES	Unidades	Cantidades, por kilómetro de vía
Lastre	m ³	3,085,000
Durmientes	núm.	2,834,000
Rieles	tons.	154,000
Eclisas	»	8,714
Pernos para eclisas	»	1,400
Sillas de asiento	»	19,500
Sillas de detencion	»	0,000
Pernos para sillas	»	0,000
Escarpias	»	5,356

NOTA.—Las cantidades relativas a sillas de asiento, sillas de detencion i pernos para estas sillas corresponden al caso en que la pendiente de la línea es inferior a 0,01. Para pendientes de 0,01 i mas esas cifras deberán modificarse en la forma siguiente:

Sillas de asiento	tons.	16,900
Sillas de detencion	»	3,400
Pernos para sillas	»	0,420

2. *Plataforma de consistencia media.*—En el cuadro siguiente pueden consultarse las cantidades de materiales necesarios para el establecimiento de la superestructura por kilómetro de doble vía en recta.

DESIGNACION DE LOS MATERIALES	Unidades	Cantidades, por kilómetro de vía
Lastre	m ³	3,516,000
Durmientes	núm.	2,834,000
Rieles	tons.	154,000
Eclisas	»	8,714
Pernos para eclisas	»	1,400
Sillas de asiento	»	19,500
Sillas de detencion	»	0,000
Pernos para sillas	»	0,000
Escarpias	»	5,356

Las cantidades relativas a sillas de asiento, sillas de detencion i pernos para estas sillas corresponden al caso en que la pendiente de la línea es inferior a 0,01. Para pendientes de 0,01 i mas, esas cifras deberán modificarse en la forma siguiente:

Sillas de asiento.....	tons.	16,900
Sillas de detencion.....	»	3,400
Pernos para sillas.....	»	0,420

3. *Plataforma poco consistente.* — En el cuadro siguiente pueden consultarse las cantidades de materiales necesarias para el establecimiento de la superestructura por kilómetro de doble vía en recta.

DESIGNACION DE LOS MATERIALES	Unidades	Cantidades, por kilómetro de vía
Lastre	m ³	3,955,000
Durmientes	núm.	2,834,000
Rieles.....	tons.	154,000
Eclisas	»	8,714
Pernos para eclisas.....	»	1,400
Sillas de asiento.....	»	19,500
Sillas de detencion.....	»	0,000
Pernos para sillas.....	»	0,000
Escarpias.....	»	5,356

NOTA. - Las cantidades relativas a sillas de asiento, sillas de detencion i pernos para estas sillas corresponden al caso en que la pendiente de la línea es inferior a 0,01. Para pendientes de 0,01 i mas esas cifras deberán modificarse en la forma siguiente:

Sillas de asiento.....	tons.	16,900
Sillas de detencion.....	»	3,400
Pernos para sillas.....	»	0,420

4. *Caso especial.* — En el caso en que se emplee el perfil estrecho que hemos estudiado para el lastre, se obtiene la siguiente cubicacion para los materiales de la superestructura por kilómetro de doble vía en recta.

DESIGNACION DE LOS MATERIALES	Unidades	Cantidades, por kilómetro de vía
Albañilería para muros guarda lastre...	m ³	480,000
Lastre	m ³	2,689,000
Durmientes	núm.	2,834,000
Rieles.....	tons.	154,000
Eclisas	»	8,714
Pernos para eclisas	»	1,400
Sillas de asiento.....	»	19,500
Sillas de detencion.....	»	0,000
Pernos para sillas.....	»	0,000
Escarpias.....	»	5,356

NOTA.—Las cantidades relativas a sillas de asiento, sillas de detencion i pernos para estas sillas corresponden al caso en que la pendiente de la línea es inferior a 0,01. Para pendientes de 0,01 i mas, esas cifras deberán modificarse en la forma siguiente.

Sillas de asiento.....	tons.	16,900
Sillas de detencion.....	»	3,400
Pernos para sillas.....	»	0,420

B. Cubicacion de los materiales de la superestructura por kilómetro de vía en curva.

5. *Jeneralidades.*—Valen a este respecto las observaciones formuladas al tratar de la cubicacion de los materiales de la superestructura por kilómetro de simple vía en curva, las que, segun hemos visto, se referian a la diversa distribucion que se debe dar a algunos de dichos materiales en conformidad con la consistencia de la plataforma i con el radio de la curva.

Hemos debido no obstante prescindir en los cuadros de cubicacion que siguen del cubo de lastre necesario por kilómetro de vía para las curvas de radios superiores a 500 m. En efecto, como la inclinacion de los durmientes i luego dicho cubo varia con el peralte i como el peralte en las curvas a que nos referimos es variable, habria necesidad de considerar el cubo de lastre para cada una de ellas, lo que introduciria en los cuadros una complicacion innecesaria. Por lo demas, los datos correspondientes aparecen indicados en los planos adjuntos.

6 *Plataforma consistente* —En el cuadro siguiente pueden consultarse las cantidades de materiales necesarias para el establecimiento de la superestructura por kilómetro de doble vía en curva.

DESIGNACION DE LOS MATERIALES	Unidades	Cantidades, por kilómetro de vía
Lastre.....	m ³	3,634,000
Durmientes.....	núm.	2,834,000
Rieles.....	tons.	154,000
Eclisas.....	»	8,714
Pernos para eclisas.....	»	1,400
Sillas de asiento.....	»	12,994
Sillas de detencion.....	»	8,506
Pernos para sillas.....	»	1,050
Escarpias.....	»	5,356

NOTA.—Las cantidades relativas a sillas de asiento, sillas de detencion i pernos para estas sillas corresponden al caso en que el radio de la curva es inferior a 500 m. Para radios superiores a 500 m. esas cifras deberán modificarse en la forma siguiente:

Sillas de asiento.....	tons.	16,900
Sillas de detencion.....	»	3,400
Pernos para sillas.....	»	0,420

7. *Plataforma de consistencia media.*—En el cuadro siguiente pueden consultares las cantidades de materiales necesarias para el establecimiento de la superestructura por kilómetro de doble vía en curva.

DESIGNACION DE LOS MATERIALES	Unidades	Cantidades, por kilómetro de vía
Lastre	m ³	4,086,000
Durmientes	núm.	2,834,000
Rieles	tons.	154,000
Eclisas	»	8,714
Pernos para eclisas	»	1,400
Sillas de asiento	»	12,994
Sillas de detencion	»	8,506
Pernos para sillas	»	1,050
Escarpias	»	5,356

NOTA.—Las cantidades relativas a sillas de asiento, sillas de detencion i pernos para estas sillas corresponden al caso en que el radio de la curva es inferior a 500 m. Para radios superiores a 500 m., esas cifras deberán modificarse en la forma siguiente:

Sillas de asiento	tons.	16,900
Sillas de detencion	»	3,400
Pernos para sillas	»	0,420

8 *Plataforma poco consistente.*—En el cuadro siguiente pueden consultarse las cantidades de materiales necesarias para el establecimiento de la superestructura por kilómetro de doble vía en curva.

DESIGNACION DE LOS MATERIALES	Unidades	Cantidades, por kilómetro de vía
Lastre	m ³	4,545,000
Durmientes	núm.	2,834,000
Rieles	tons.	154,000
Eclisas	»	8,714
Pernos para eclisas	»	1,400
Sillas de asiento	»	12,994
Sillas de detencion	»	8,506
Pernos para sillas	»	1,050
Escarpias	»	5,356

NOTA.—Las cantidades relativas a sillas de asiento, sillas de detencion i pernos para estas sillas corresponden al caso de que el radio de la curva es inferior a 500 m. Para radios superiores a 500 m., esas cifras deberán modificarse en la forma siguiente:

Sillas de asiento	tons.	16,900
Sillas de detencion	»	3,400
Pernos para sillas	»	0,420

9. *Caso especial* — En el caso en que se emplee el perfil estrecho que hemos estudiado para el lastre, se obtiene la siguiente cubicacion para los materiales de la superestructura por kilómetro de doble vía en curva.

DESIGNACION DE LOS MATERIALES	Unidades	Cantidades, por kilómetro de vía
Albanilería para los muros guarda lastre	m ³	515,000
Lastre.....	m ³	2,905,000
Durmientes.....	núm.	2,834,000
Rieles.....	tons.	154,000
Eclisas.....	»	8,714
Pernos para eclisas.....	»	1,400
Sillas de asiento.....	»	12,994
Sillas de detencion.....	»	8,506
Pernos para sillas.....	»	1,050
Escarpias.....	»	5,356

NOTA. — Las cantidades relativas a sillas de asiento, sillas de detencion i pernos para estas sillas corresponden al caso en que el radio de la curva es inferior a 500 m. Para radios superiores a 500 m, esas cifras deberán modificarse en la forma siguiente:

Sillas de asiento.....	tons.	16,900
Sillas de detencion.....	»	3,400
Pernos para sillas.....	»	0,420

CAPÍTULO VI

Observaciones complementarias

1. *Generalidades.* — Conviene ahora estudiar el nuevo tipo de superestructura bajo el punto de vista económico, i es evidente que el mejor camino para realizar este estudio consiste en comparar el costo de los materiales i del establecimiento de la superestructura en dicho tipo i en el existente.

Por lo demas, i para no complicar las observaciones que vamos a formular, hai interés en reducir esa comparacion a una línea de simple vía establecida en recta i en pendiente inferior a 0.01. De mas está decir que solo tendremos en cuenta un kilómetro de vía.

2. *Superestructura-tipo existente.* — En el principio de esta memoria hemos anotado los elementos que caracterizan el tipo de superestructura mas reforzada que existe en la actualidad para trocha ancha.

Refiriéndonos a aquellos datos i aplicando como precios unitarios los precios de los últimos presupuestos formados por la Direccion de Obras Públicas, hemos calculado el

cuadro siguiente, en el que puede consultarse el costo de los materiales i del establecimiento de la superestructura por kilómetro de vía.

DESIGNACION	Unidades	Cantidades	PRECIOS	
			Por unidad	Parciales
A. <i>Materiales</i>				
Lastre.....	m ³	1.785,000	0,55	981,75
Durmientes.....	núm.	1.422,000	1,95	2.772,90
Rieles.....	tons.	79,400	102,40	8.130,56
Eclisas.....	»	2,984	132,65	395,83
Pernos para eclisas.....	»	0,611	405,90	248,00
Escarpías.....	»	1,991	287,10	571,62
B. <i>Colocacion de los materiales</i>				
Lastradura.....	m ³	1.785,000	0,35	624,75
Enrielladura.....	kilóm.	1,000	450,00	450,00
Costo de la superestructura por kilómetro de simple vía en recta.			\$ 14.175,41	

3. *Superestructura-tipo propuesta.*—Refiriéndonos a la cubicacion de los materiales hecha en el capítulo anterior i a los precios de los últimos presupuestos formados por la Direccion de Obras Públicas, hemos calculado el cuadro siguiente.

DESIGNACION	Unidades	Cantidades	PRECIOS	
			Por unidad	Parciales
<i>A. Materiales</i>				
Lastre.....	m ³	1,395,000	0,55	767,25
Durmientes.....	núm.	1,417,000	1,95	2,763,15
Rieles.....	tons.	77,000	102,40	7,884,80
Eclisas.....	»	4,357	132,65	577,96
Pernos para eclisas.....	»	0,700	405,90	284,13
Sillas de asiento.....	»	9,750	131,60	1,283,10
Escarpías.....	»	2,678	287,10	768,85
<i>B. Colocacion de los materiales</i>				
Lastradura.....	m ³	1,395,000	0,35	488,25
Enrielladura.....	kilóm.	1,000	530,00	530,00
Costo de la superestructura por kilómetro de simple vía en recta.			\$ 15,347,49	

4. *Comparación entre el costo de ambos tipos de superestructura.*—Los resultados anteriores nos permiten formular la siguiente comparación:

costo por kilómetro de la superestructura-tipo propuesta.....	\$ 15.347,49
costo por kilómetro de la superestructura-tipo existente.....	14.175,41
diferencia.....	\$ 1.172,08

Se ve, pues, que la superestructura que proponemos tiene un costo kilométrico superior en 8% a la que existe en la actualidad.

Si se tienen ahora presentes las ventajas del nuevo tipo de superestructura, ventajas que ya hemos detallado en los capítulos anteriores, i si se considera su mayor capacidad de resistencia, puesta en evidencia en el capítulo VII de la segunda parte de esta memoria, se concluye que ese mayor costo kilométrico es insignificante en vista de las ventajas obtenidas.

SEGUNDA PARTE

Cálculos justificativos

CAPÍTULO I

LASTRE

1. *Generalidades.*—Los trenes en reposo o en movimiento sobre una vía férrea determinan en los diversos elementos de la superestructura i sobre la plataforma fatigas i deformaciones cuya importancia dependerá de la intensidad de las acciones solicitantes i de la capacidad de resistencia así como de la rigidez de la vía.

En la primera parte de esta memoria hemos estudiado en detalle lo que a las acciones solicitantes se refiere. Toca, pues, ahora calcular, en vista de los resultados a que entonces llegamos, la magnitud de los efectos de fatiga i de deformación a que acabamos de referirnos.

En realidad, la determinación rigurosa de tales efectos no ha podido realizarse hasta ahora a pesar de las investigaciones de distinguidos ingenieros; pero dichas investigaciones, i especialmente los trabajos de Zimmermann i Ast, permiten darse cuenta de ellos en una forma suficientemente exacta en la práctica.

Sin entrar en detalles, que por lo demás pueden consultarse en las publicaciones que existen sobre el particular (1), observaremos desde luego que para el cálculo de los diversos elementos de la superestructura aplicaremos las fórmulas de Zimmermann, dando preferencia, sin embargo, a las de Ast por su mayor facilidad de aplicación en las cuestiones que se relacionan con el lastre.

(1) AST.—Relation entre la voie et le matériel roulant. (B. du C. des Ch. de F.) Agosto, 1892.

AST.—Les traverses des chemins de fer et leur assise. (B. du C. des Ch. de F.) Enero, 1895.

FLAMACHE.—Recherches sur la flexion des rails. (B. du C. des Ch. de F.) Octubre, 1903.

2. *Solicitud del lastre.*—Las acciones que el material rodante determina sobre la vía son transmitidas por los rieles a los durmientes, por éstos al lastre i por este último al subsuelo.

En rigor, deberíamos considerar en el cálculo del lastre el conjunto de dichas acciones solicitantes; pero en la práctica no interesa sino la consideracion de las presiones verticales que los durmientes le transmiten.

Por lo demas, es evidente que la magnitud de tales presiones por centímetro cuadrado i luego la importancia de los hundimientos que el lastre ha de experimentar, dependerán directamente de la naturaleza, formas i dimensiones de los durmientes, de la forma en que se haya realizado su atraque i de la intensidad de las acciones verticales que el durmiente recibe de las cargas en movimiento.

Hemos indicado ya que el atraque de los durmientes solo se llevará a cabo hácia sus extremos i en una estension de 0,50 m. a uno i otro lado del eje del riel, i hemos fijado además las características del durmiente, que son:

largo.....	21	275 cm.
ancho.....	b	25 cm.
altura.....	h	15 cm.
momento de inercia.....	I'	7.031 cm ⁴
módulo de flexion.....	$\frac{I'}{V'}$	937 cm ³
coeficiente de elasticidad.....	E'	100.000 k./cm ²

Debemos ahora fijar la intensidad de las acciones verticales P que los durmientes reciben de los rieles i transmiten al lastre; esas presiones, que han recibido en la práctica el nombre de *cargas de riel*, tendrán un valor máximo cuando la rueda mas pesada que se tiene en vista en el cálculo de la superestructura llega a plomo del durmiente que se considera.

En realidad, la carga G de esta rueda no se transmite íntegramente al durmiente, pues la rigidez del riel interviene para repartir parte de dicha presion sobre los durmientes vecinos. Segun esto, aquél no recibirá sino una fraccion de la carga G que variará con el modo de construccion de la vía i con la reparticion de las cargas de rueda.

La aplicacion de la teoría al estudio de este problema en los diversos casos que pueden presentarse segun la distribucion de los durmientes i el espaciamiento de los ejes de las locomotoras, en una superestructura como la que nos ocupa, arroja la conclusion de que el valor de P varia entre 0,4 i 0,5 G ; estos resultados están por lo demas de acuerdo con las esperiencias realizadas por Wasintynski en el ferrocarril de Varsovia a Viena i en el curso de las cuales, operando con una locomotora de ejes bastante espaciados, se obtuvieron valores de P que variaban entre 0,39 i 0,45 G (1).

Debe aquí observarse que las locomotoras de ejes mas cargados son, por lo jeneral, aquellas en que la distancia entre los ejes es mayor, miéntras que los vehículos con ejes

(1) WASIUTYNSKI.—Les déformations momentanées de la voie. (B. du C. des Ch. de F. Junio, 1900.

mui próximos tienen un tonelaje mas reducido para cada uno de ellos. En el cálculo de una superestructura, en el cual se parte de las cargas de eje máximas, no es lógico por consiguiente aceptar para P el valor máximo que se obtiene en el caso de ejes mui próximos: mas natrual parece darle un valor intermedio, i por este motivo lo hemos fijado en

$$P=0,45 G$$

El valor de G que figura en esta fórmula ha sido calculado ya i es el que corresponde a la accion estática o dinámica de la rueda mas cargada, a plomo de los durmientes. Aplicando las cifras ya obtenidas, tendremos:

para la carga de rueda estática

$$P=0,45 \times 9.000=4.050 \text{ k.}$$

para la carga de rueda dinámica

$$P=0,45 \times 13.500=6.075 \text{ k.}$$

De acuerdo con el estudio anterior, el estado de sollicitacion del lastre será el que indica la fig. 3, en la cual se han achurado las secciones en que se realiza el atraque.

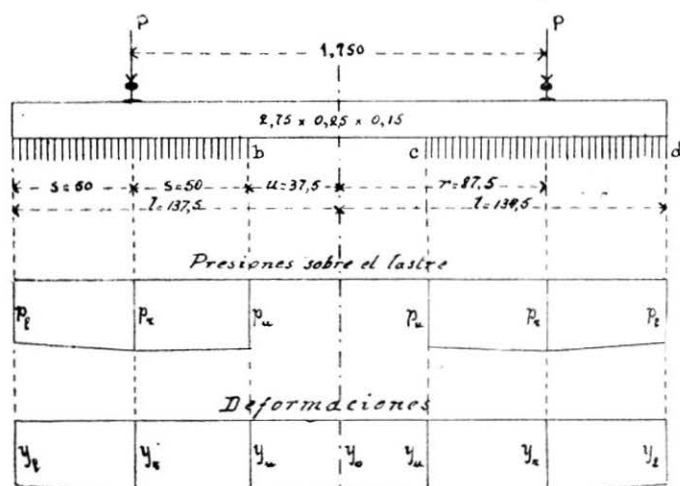


Fig. 3

3. *Coeeficiente del lastre.*—Caracterizada ya la sollicitacion del lastre, debemos considerar en detalle los fenómenos que se producen en él bajo la accion de los esfuerzos exteriores.

Siendo el lastre una fundacion elástica, se deformará por efecto de las cargas que los durmientes le trasmiten i esa deformacion se traducirá por un descenso del durmiente en el lastre, descenso variable en las diversas secciones de aquél i que dependerá de múltiples circunstancias.

Si admitimos que las presiones que el lastre recibe son inferiores a su límite de

elasticidad i tambien que bajo ese límite la compresion y del lastre es proporcional en cada punto a la presion p por unidad superficial ejercida en ese mismo punto, esta hipótesis, conocida bajo el nombre de *lei de Winckler*, nos permitirá relacionar entre sí los hundimientos producidos con las presiones que los determinan.

En efecto, si representamos por C la presion por centímetro cuadrado necesaria para producir un hundimiento del lastre igual a un centímetro, la lei de proporcionalidad que acabamos de admitir tendrá por expresion

$$p=Cy \quad (1)$$

Esta ecuacion nos permitirá determinar el valor de la presion p por cm^2 producida sobre el lastre en un punto del durmiente cuyo hundimiento sea y , siempre que se conozca el valor de C . De aquí la importancia de fijar previamente este coeficiente, que mide la elasticidad de la fundacion i que ha recibido en la práctica el nombre de *coeficiente del lastre* o mas exactamente de *coeficiente del asiento de los durmientes*.

Como se comprende, el valor de dicho coeficiente será variable con la naturaleza del lastre i de la fundacion, con la forma en que se realice el atraque de los durmientes i con la construccion de la via. Su determinacion exacta solo podrá realizarse experimentalmente, pero en todo caso se pueden aprovechar las experiencias llevadas a cabo en otros paises para fijar los límites entre los cuales varia su valor.

Esas experiencias (1) nos indican que el coeficiente que nos ocupa varia ordinariamente entre 3 i 9. Pero, como lo observa Ast, «cuando se establece una via nueva, será « siempre posible, aun sobre una infraestructura de consistencia inferior pero cuidadosa- « mente saneada, tener una capa de lastre tal que la resistencia de la via sea caracteri- « zada por un coeficiente de lastre igual a 5. Coeficientes de lastre mas elevados no pue- « den ser obtenidos sino con un subsuelo mui consistente o rocoso, o recurriendo a la « interposicion de un empedrado; no pueden, pues, ser considerados como admisibles sino « en secciones especiales de la via.

«En el curso de la explotacion, la elasticidad i la rijidez del lastre disminuyen de « una manera continua a causa del deterioro experimentado por sus partículas, tanto « bajo la influencia de las acciones mecánicas del tráfico i de los trabajos de endereza- « miento de la via como bajo la de los agentes atmosféricos.

«Teniendo en vista esta reduccion de resistencia del lastre, conviene atribuir en los « cálculos a su coeficiente un valor mas débil, es decir

$$C=3$$

Adoptaremos, pues, para C el valor arriba indicado.

(Continuará)

(1) AST.—Les traverses des chemins de fer et leur assise. (B. du C. des Ch. de F.) Enero, 1895.

AST.—Renforcement des voies en vue de l'augmentation de la vitesse des trains. (B. du C. de Ch. de F.) Mayo, 1895.

WASIUTYNSKI.—Déformations momentanées de la voie. (B. du C. des Ch. de F.) Noviembre, 1898.

BAUCHAL.—De la question du ballast. (B. du C. des Ch. de F.) Junio, 1900.

