

# SUPERSTRUCTURA

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

Por RAÚL CLARO SOLAR i RUPERTO ECHEVERRIA S.

-----  
(Continuacion)

En conformidad a estas ideas i a las observaciones ántes formuladas i que están en todo de acuerdo con las conclusiones del Congreso de Ferrocarriles de 1900 (1), hemos proyectado los perfiles tipos de lastradura para simple i doble via, que se acompañan.

Esos perfiles contemplan los tres casos jenerales de la práctica: el de una plataforma mui consistente; el de una plataforma de consistencia media, i el de una plataforma poco consistente.

Hemos dicho ya que, si la inconsistencia de la fundacion fuera mui grande, seria necesario reemplazar a ésta en una cierta profundidad por una capa de materiales artificiales, en cuyo caso se tendrá una plataforma incluida en uno u otro de los casos expresados anteriormente.

Hemos estudiado tambien un perfil tipo para el caso en que, tratándose de un subsuelo resistente, haya interes en reducir el ancho de la plataforma a un mínimo, como pasa en los cortes rocosos profundos, en los túneles, etc.

'3. *Distribucion de los durmientes.*—Los durmientes constituyen en la superestructura un cierto número de apoyos compresibles sobre que descansan los rieles i que transmiten al lastre las presiones que de éstos reciben; en consecuencia, las fatigas i las deformaciones que en los diversos elementos se producen al paso del material rodante estarán íntimamente relacionadas con la distribucion que para los durmientes se adopte (2).

Se comprende que miéntras menor sea la distancia entre los durmientes menores

-----  
(1) BALLAST.—(B. du C. des Ch. de F.) Junio, 1901.

(2) PIÉRON.—Eclissage. (B. du C. des Ch. de F.) Agosto, 1889.

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

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

BIRK.—De la construction des joints des rails. (B. du C. des Ch. de F.) Febrero, 1897.

TRATMAN.—La voie anglaise et la voie américaine. (B. du C. des Ch. de F.) Julio, 1898.

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

AST.—Les joints des rails. (B. du C. des Ch. de F.) Septiembre, 1900.

serán las fatigas i deformaciones a que nos referimos; pero la disminución de esa distancia se encuentra naturalmente limitada por las consideraciones que detallamos a continuación.

Desde luego, es evidente que en el estudio del establecimiento de la superestructura debe tratarse de tener para la vía una misma rigidez en todos sus puntos. Si se considera ahora que la junta es mas débil que el cuerpo del riel, se verá la necesidad de subordinar la distribución de los durmientes intermedios a la que se fije para los de junta.

Por la misma consideración de que ésta es un punto débil, se concluye que hai interés en reforzarla en lo posible i, en consecuencia, en acercar tanto como se pueda los durmientes que la soportan.

Observando que se trata de realizar una junta al aire, la distancia mínima a que los durmientes podrán colocarse dependerá de la necesidad de verificar su atraque de una manera completa. En la práctica i con durmientes de madera, se ha reconocido que para ello es necesario que la distancia entre sus caras interiores no sea inferior a 23 cm. con durmientes de 24 cm. de ancho; es verdad que, mediante la adopción de dispositivos especiales, se ha podido reducir todavía ese intervalo, pero la subjeción que de tales dispositivos resulta no se compensa con las ventajas que proporcionan.

De acuerdo con las indicaciones anteriores, hemos fijado en 49 cm. la distancia entre ejes de los durmientes de junta, lo que significa dejar entre ellos un espacio libre de 24 cm.

Acabamos de decir que la separación entre esos durmientes fija el máximo de distancia que debe existir entre los intermedios para uniformar la resistencia de la vía. La práctica indica a este respecto que, en las condiciones normales de establecimiento de la superestructura, la relación entre la luz del tramo de junta i la del tramo intermedio varía entre 0,60 i 0,65 (1), lo que conduciría a aceptar como separación máxima entre los durmientes intermedios las cifras de 81,7 cm. a 75,4 cm. Hemos adoptado la de 73,5 cm. porque ella se presta a una mas fácil distribución de los durmientes, realizando al mismo tiempo en forma satisfactoria la uniformidad de resistencia a que acabamos de referirnos.

Si nos colocamos en el medio del riel, en una línea de simple vía, observamos que la influencia de la junta se hará sentir tanto mas cuanto mas próximo se encuentre de aquélla el tramo de riel que se considera. Según esto parecería natural, adoptando para el tramo del medio la luz de 73,5 cm., reducir gradualmente esa cifra hasta llegar a 49 cm. en la junta, de acuerdo con la práctica de algunas Compañías de Ferrocarriles; pero este dispositivo introduce en la enrielladura una complicación que no se justifica suficientemente por aquella consideración i que ademas es difícil de mantener en la práctica.

En cambio, los tramos inmediatos a la junta se encuentran sin discusión en condiciones desfavorables con relación a los tramos intermedios i, en consecuencia, habrá que

(1) COÛARD.—Recherches expérimentales des conditions de stabilité des voies en acier. (R. G. des Ch. de F.) 1887-1888-1889.

KLEMMING —Efforts des bandages sur les rails. (B. du C. des Ch. de F.) Marzo, 1892.

aproximar mas los durmientes en aquéllos que en éstos. Siguiendo las indicaciones de la práctica, que recomienda fijar en 0,8 la razon entre el tramo de juntaura i los de contra-juntaura, hemos adoptado para estos últimos la luz de 61 cm.

De acuerdo con las observaciones anteriores hemos distribuido los durmientes en la forma siguiente, para cada riel:

un tramo de juntaura, 490 mm.....	490 mm.
dos tramos de contra-juntaura, 2 × 610 mm.....	1.220 »
catorce tramos intermedios, 14 × 735 mm.....	10.290 »
	<hr/>
	12,000 m.

Se llega así a tener 17 durmientes bajo cada riel de 12 metros de largo, o sea 1.417 por kilómetro, esto es, mas o ménos el número de durmientes que se emplea en la superestructura tipo en uso actual. La inspeccion del cuadro núm. 1 manifiesta asimismo que ese número de durmientes no es exagerado.

La distribucion anterior, estudiada para las líneas de simple via, servirá tambien para las de doble via con preferencia a las distribuciones disimétricas que acostumbra algunas Compañías i que no parecen justificadas suficientemente en la práctica, si se tiene en cuenta la complicacion que introducen en la enrielladura.

4. *Eclisaje de los rieles.*—Hemos dicho que el ensamble longitudinal de los rieles se realizará por medio de eclisas cantoneras que descansarán sobre los durmientes de juntaura.

Habiendo fijado ya las formas i dimensiones de los elementos constitutivos de dicho ensamble, así como la distancia entre aquellos durmientes, nos queda solo por estudiar los detalles del eclisaje.

Desde luego, entre los extremos de los rieles debe quedar un cierto espacio libre que permita el juego de la dilatacion i que dependerá directamente de las variaciones de temperatura. Al fijar las dimensiones de los agujeros correspondientes de las eclisas i de los rieles i el diámetro de los pernos de ensamble, deben, pues, tomarse en cuenta esos efectos así como la necesidad de que el eclisaje pueda colocarse fácilmente en la via.

Para fijar bien este punto debe precisarse la importancia de los cambios de temperatura a que el riel ha de estar espuesto. A este respecto pueden aceptarse como temperaturas extremas—10° C. i + 50° C. i como temperatura media + 15° C.; el máximo de dilatacion que los rieles colocados a esa temperatura media pueden experimentar corresponderá, pues, a una variacion de temperatura de 35° C., i el máximo de acortamiento, a una variacion de temperatura de 25° C; en total las variaciones de temperatura corresponderán a un máximo de 60° C. (1).

Aceptando con Stevart la cifra de 0,0000108 como coeficiente de dilatacion del acero, tendremos los resultados siguientes, para las dilataciones i contracciones del riel de 12 m. de largo:

(1) AST.—Les joints des rails.—(B. du C. des Ch. de F.) Septiembre, 1900.

STEVART.—Le rail continu ou le joint soudé.—(B. du C. des C. de F.) Marzo, 1902.

dilatacion máxima, a partir de + 15° C.....	0,0045 m
contraccion máxima, a partir de + 15° C.....	0,0032 »
dilatacion total, a partir de —10° C.....	0,0078 »

Si suponemos, por consiguiente, que se enriele al mínimo de temperatura aceptado, la distancia entre los extremos de los rieles debe ser como mínimo igual a 0,0078 m. para que ellos se toquen al producirse la temperatura máxima de + 50 C; al enrielar a una temperatura de + 20°, la juntura debe permitir en uno i otro sentido una misma dilatacion, igual como mínimo a 0,0039.

Debe por otra parte observarse que en la práctica los movimientos de los rieles debidos a las variaciones de temperatura se dificultan por las ligazones que aquéllos presentan i que, en consecuencia, el aumento o disminucion del intervalo de juntura será solo una fraccion de las cifras anotadas anteriormente.

De acuerdo con esta observacion hemos estudiado el eclisaje en forma tal que, cuando los ejes de los agujeros de los rieles i de las eclisas i los ejes de los pernos de amarria estén en coincidencia, el intervalo entre los extremos de aquéllos sea igual en término medio a 0,004 m.; la misma disposicion asegura una juntura de 0,0125 m. en el máximo de apartamiento de los rieles.

Naturalmente, al hacer los cálculos anteriores se han tenido en vista las tolerancias que fija para las dimensiones de los órganos ensamblados el «Cuaderno de condiciones jenerales para la provision de rieles de acero i accesorios de la via», i que son:

olerancia admitida en la posicion i diámetro de los agujeros de los rieles.	0,0005 m
»       »       en el diámetro de los agujeros de las eclisas.....	0,00025 »
»       »       »       »       del cuerpo del perno.....	0,0005 »

Se vé, segun esto, que en el caso mas desfavorable, i que no debe presentarse en la práctica, la solucion de continuidad en la juntura alcanzará como máximo a 0,0125 m. La caída que las ruedas experimentarían al salvar esa juntura no podría dar lugar a ningun temor, pues ella es completamente despreciable si se tienen en vista las irregularidades que pueden presentar las superficies de rodadura de los rieles. (1).

Descartado este punto, pasamos a ocuparnos de la manera como se ha constituido el eclisaje, que se realiza con dos eclisas cantoneras unidas al alma de los rieles por medio de pernos.

Renunciando a todo dispositivo que introduzca complicacion en el ensamble, nos hemos concretado a asegurar el contacto de los espaldones del riel con las eclisas mediante la apretadura de los pernos de amarria; la forma en cuña de las eclisas i el espacio libre de 0,004 m. dejado entre ellas i los rieles permiten renovar su apretamiento cada vez que el ensamble se haya aflojado por efecto del desgaste de las superficies en contacto. La for-

(1) BIRK.—De la construction des joints des rails. (B. du C. des Ch. de F.) Febrero, 1897.

FLAMACHE.—Les joints des rails. (B. du C. des Ch. de F.) Mayo, 1897.

TRAUTWEILER.—Note sur la question du joint des rails. (B. du Ch. des Ch. de F.) Septiembre.



ma rectangular dada al filete de los pernos i el dispositivo especial de la tuerca tipo Halpin, que la hace obrar en forma de resorte, asegurarán a la juntura contra el desapretamiento, especialmente si se tiene cuidado de vijilar el eclisaje en los primeros meses que siguen a su colocacion.

Por lo demas, las tuercas de los pernos irán al interior de la via i las cabezas al exterior, lo que permite apreciar fácilmente el estado de las amarras.

El refuerzo de la juntura, al cual hemos tendido mediante la adopcion de la distancia de 49 cm. entre los ejes de los durmientes que la soportan, se asegura todavía haciendo que las eclisas descancen sobre aquellos durmientes. Esta solucion tiene la ventaja de dar al eclisaje las buenas cualidades de la juntura en puente sin acarrear los inconvenientes que caracterizan a esta última, i de proporcionarle una ancha base de asiento. (1).

Entrando a tratar ahora de la disposicion de la juntura en la via, debemos observar desde luego que el tipo de eclisa adoptado no se presta para proporcionar por sí solo a los rieles la inclinacion que deben tener, solucion que complicaria el perfil de las eclisas originando en la práctica confusiones, sin acarrear ventaja alguna desde que se proyecta entallar los durmientes.

Por fin hemos aceptado sin mayor discusion las junturas correspondientes, pues las junturas cruzadas, aparte de introducir una complicacion en la enrielladura, no han dado en la práctica buenos resultados.

En los tipos de enrielladura que acompañan al presente informe pueden consultarse las indicaciones complementarias del estudio anterior. Conviene, sin embargo, insistir sobre la manera como se reglará en la práctica la distancia de colocacion entre los extremos de los rieles, distancia que deberá variar segun sea la temperatura a que se verifique la enrielladura.

Algunas Compañías de Ferrocarriles realizan esta operacion guiándose por tablas calculadas de antemano; otras usan plantillas que no son sino la traduccion material de esas tablas i que consisten en planchuelas metálicas o de madera de diversos espesores que se colocan entre los extremos de los rieles en el momento de eclisarlos. Creemos conveniente combinar ambas soluciones, indicando desde luego el cuadro de espesores calculado segun las temperaturas de colocacion i en conformidad al cual deben construirse las plantillas.

Temperaturas a que se verifica la enrielladura, en 0° C	Espacio libre mínimo entre los extremos de los rieles, en mm
Bajo 0	8,0
Entre 0 i 10	6,5
Entre 10 i 20	5,5
Entre 20 i 30	4,0
Entre 30 i 40	2,5
Sobre 40	1,5

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

FLAMACHE.—Les joints des rails. (B. du C. des Ch. de F.) Mayo, 1897.

5. *Amarras del riel sobre los durmientes.*—Para tratar esta cuestion debemos distinguir los trozos de via en horizontal o en pequeña pendiente de los que presentan una inclinacion pronunciada.

En efecto, al considerar las acciones solicitantes de la superestructura, hemos visto que obran sobre ella esfuerzos longitudinales que tienden a hacer avanzar los rieles sobre los durmientes i el conjunto de los rieles i de los durmientes sobre el lastre i que tales efectos, de importancia especial en las líneas de doble via, deben siempre considerarse en las secciones en fuerte pendiente i en la proximidad de las estaciones en las líneas de simple via.

Debemos ahora observar que, para pendientes inferiores a 0,01, las resistencias debidas al rozamiento bastan por sí solas para oponerse al avance de la superestructura (1) i que, en consecuencia, no habrá que preocuparse de arbitrar medios tendentes a contrarrestar ese movimiento sino en las secciones de la via cuyas pendientes sean superiores a 0,01.

Por estas consideraciones trataremos por separado del descanso del riel sobre el durmiente en las alineaciones en horizontal o en pendientes inferiores a 0,01 i en las alineaciones en pendientes superiores a 0,01.

a) *Secciones de via en horizontal o en pendientes inferiores a 0,01.*—Hemos dicho ya que el riel irá apoyado sobre 17 durmientes, espaciados en la forma indicada i que se colocarán normales a la via; hemos justificado tambien la necesidad de interponer una silla de asiento entre la zapata del riel i los durmientes i de aumentar el número de escarpas que los unen.

Las consideraciones a que acabamos de referirnos aconsejan el empleo de sillas sobre todos los durmientes i a esta solucion hemos tratado de llegar, si bien hemos debido renunciar a ella para los durmientes de la juntura.

En efecto, para poder colocar sillas sobre estos durmientes, habria sido necesario, o bien disponer el ala horizontal de las eclisas a cierta altura con relacion a la base del riel para poder colocar la silla, o bien proyectar una silla especial sobre la cual descansaran los rieles i las eclisas. La primera solucion habria traído como consecuencia reducir considerablemente la rijidez de la juntura i quitarle las ventajas que se derivan del apoyo de las eclisas sobre los durmientes; ademas, habria sido necesario que las escarpas que fijan el riel i la silla atravesaran el ala horizontal de las cantoneras, solucion que hemos tratado precisamente de evitar independizando a éstas de los medios empleados para impedir el avance longitudinal de los rieles. Por su parte, la segunda disposicion introduciría la complicacion de un nuevo tipo de silla i los inconvenientes consiguientes.

Si se considera ahora que el apoyo del eclisaje sobre los durmientes de juntura presenta una ancha base de asiento debido a la presencia de las eclisas, si se considera tambien que la proximidad de los durmientes de juntura i de los de contrajuntura tiende a reducir las presiones que se trasmiten a aquéllos por la accion del material rodante, se llega forzosamente a la conclusion de que no hai razones suficientes que aconsejen preferir la colocacion de la silla a la rijidez de la juntura o a la complicacion que resultaria del empleo de un nuevo tipo de silla.

(1) MICHEL.—Lignes parcourrues par des trains rapides. (B. du C. des Ch. de F.) Julio, 1889.

Son estas consideraciones las que nos han inducido a no colocar sillas de asiento sobre los durmientes de junta, haciendo descansar directamente sobre ellos el conjunto del riel i de las eclisas. La anarra del eclisaje sobre dichos durmientes se realiza mediante el empleo de 3 escarpías en el extremo de cada durmiente, escarpías que se clavarán a ellos i que se apoyarán contra la parte superior del ala horizontal de las eclisas; con esta disposicion no quedan las escarpías en contacto con los rieles sino indirectamente por medio de las eclisas, pero ello no acarreará inconvenientes siempre que se vijilen con esmero las juntas durante los primeros meses de su colocacion.

Por lo que respecta al apoyo del riel sobre todos los demas durmientes, él se realizará con interposicion de una silla de asiento la cual se fijará a aquéllos por tres escarpías que apoyarán sus cabezas contra la zapata del riel.

Debemos recordar aquí que las sillas de asiento proyectadas no se prestan para dar por sí solas al riel la inclinacion que debe tener en la via, i que, en consecuencia, habrá necesidad de entallar los durmientes, como se hace en la actualidad.

La superficie de la entalla, destinada a recibir las sillas, deberá tener la inclinacion que presentan las llantas del material rodante en servicio, inclinacion igual a  $\frac{3}{10}$  segun se manifiesta en las figs. 1 i 2; el ancho de las entallas deberá ser suficiente para que reciban las sillas, en los durmientes intermedios, i el conjunto del riel i de las eclisas, en los durmientes de junta.

Debemos insistir ademas sobre la clavadura misma de las escarpías.

Como lo observa Dudley, el choque del martillo con que se clavan es causa de gran número de roturas en los rieles; ese choque tambien tendria una influencia funesta sobre las sillas, especialmente sobre las de detencion. Ademas al emplear sillas, la colocacion de las escarpías es mucho mas rigurosa i exige, por consiguiente, mayor cuidado del que puede tenerse clavándolas a combo.

Las observaciones anteriores i las que se refieren a la desgarradura de la madera por efecto de la penetracion de los clavos, desgarradura que en un durmiente seco puede orijinar su destruccion, nos han movido a aceptar la perforacion previa del durmiente ántes de la clavadura; esta disposicion está por lo demas de acuerdo con las conclusiones del Congreso de Ferrocarriles de 1889, que dicen: «la perforacion anticipada de los durmientes se recomienda aun hasta para los clavos en forma de cuña.»

La perforacion de que se trata se llevará a cabo una vez colocado el durmiente sobre la via i mediante un taladro cuyo diámetro sea inferior en 0,002 m. al diámetro de la circunferencia inscrita en el octógono de la seccion de la escarpía (1).

A pesar de que hemos evitado en esta memoria entrar en detalles sobre la preparacion de los durmientes, creemos conveniente indicar desde luego que, ántes de colocar definitivamente los materiales metálicos de la enrielladura, deben alquitranarse los agujeros para las escarpías i las entallas de los durmientes. Solo así se conseguirá asegurar a éstos toda la duracion de que son susceptibles.

En los planos adjuntos pueden consultarse todos los detalles relativos al descanso

---

(1) HERZENSTEIN.—Renseignements techniques relatifs aux traverses en bois. (B. du C. des Ch. de F.) Julio, 1895.

del riel sobre los durmientes. Como se indica en esos planos, las sillas de asiento se colocarán con diversa orientacion de un durmiente al siguiente, de modo que el número de escarpas quede repartido de un modo igual i simétrico a cada lado del riel; esta disposicion se justifica si se tiene en cuenta que los esfuerzos horizontales tienden a hacer jirar al riel tanto hacia el exterior como hacia el interior de la vía i que las sillas hacen solidarías a todas las amarras.

De acuerdo con la disposicion adoptada para la enrielladura, podemos observar que, para cada 12 metros de vía, se emplearán 30 sillas de asiento o sea 15 sillas por riel de 12 metros. Siendo el peso de cada silla de 3,9 k., se tendrá así para el peso de las sillas por riel 58,5 k., es decir, 4,875 k./m<sup>1</sup>; el tipo de superestructura adoptado equivaldria pues, bajo este punto de vista, al que consultara un riel de 43,375 k/m<sup>1</sup> con apoyo directo sobre los durmientes, i es un hecho reconocido que un riel de este peso no puede ser colocado sin silla en una enrielladura bien establecida i para una línea de grande importancia.

b) *Secciones de vía en pendientes iguales o superiores a 0,01.*—El sistema jeneral de enrielladura en estas secciones de vía será el que ya hemos indicado; pero ahora habrá que preocuparse de impedir el avance de los rieles sobre los durmientes i del conjunto de estos elementos sobre el lastre.

Debemos no obstante observar que, en las alineaciones i dentro de los límites de pendientes que hemos aceptado, este último efecto queda contrarrestado por la resistencia que el lastre opone al desplazamiento de la superestructura. En cuanto al avance de los rieles, habrá que combatirlo por el empleo de sillas de detencion en número tanto mas considerable cuanto mayor sea la pendiente.

No existiendo reglas que permitan fijar el número i la distribucion de dichas sillas en cada caso de la práctica, se hace necesario estudiar este punto por comparacion con las normas de las Compañías de Ferrocarriles que mas se han ocupado de él. El Estado Belga fija su riel de 52 k/m<sup>1</sup> fijando las eclisas a los durmientes de la juntura i colocando ademas trozos de eclisas en los dos durmientes centrales, con lo que dispone de 4 amarras por riel de 9 m.; la Compañía de Paris a Lyon i al Mediterráneo fija tambien las eclisas i emplea ademas 3 o 5 sillas de detencion segun la pendiente, llegando así a un total de 7 amarras por riel de 12 m. i de 45 k/m<sup>1</sup>; análogas disposiciones emplean otras compañías, como el Norte Emperador Fernando, etc.

Tratando aquí especialmente de líneas de simple vía, hemos creído conveniente no exajerar en lo que se refiere a las sillas de detencion i hemos adoptado la colocacion de dos sillas de detencion por riel de 12 m., distribuyendo estas sillas en la forma que se indica en los planos adjuntos.

Como ya lo hemos observado, el empleo de este elemento de la superestructura debe extenderse a las secciones de vía, aun en horizontal, situados en las inmediaciones de una estacion a 600 m. adelante de la aguja extrema, para cuyo efecto se considerarán esas secciones como si tuvieran una pendiente superior a 0,01. (1).

En cuanto a los detalles de la colocacion de las sillas de detencion, son ellos análo-

(1) HALLOPEAU.—Qualité des aciers pour rails et accessoires de la voie. (B. du C. des Ch. de F.) Agosto, 1889.

gos a los que se refieren a las sillas de asiento; la abertura de los hoyos que ellas exigen en el alma del riel se efectuará en el momento de colocarlas, a mano o mecánicamente. (1).

Una cuestion que debe tenerse presente aquí es que las sillas permitan la libre dilatacion de los rieles. Tomando en cuenta las tolerancias fijadas en el «Cuaderno de condiciones jenerales para la provision de rieles de acero i accesorios de la via», hemos estudiado los detalles del ensamble de manera que esos movimientos puedan producirse sin dificultad.

6. *Observacion.*—No queremos terminar lo que al estudio del establecimiento de la superestructura en recta se refiere sin insistir sobre la necesidad de estudiar con detenimiento el acordamiento vertical de dos secciones de via de inclinaciones diferentes.

Esta materia, hasta ahora poco contemplada entre nosotros, tiene sin embargo importancia; pero hemos creído preferible reservar su estudio para tratarlo posteriormente al mismo tiempo que los acordamientos horizontales de la via.

## § II.—*Superestructura de la via en curva*

1. *Jeneralidades.*—Al estudiar las acciones solicitantes de la superestructura hemos tenido ocasion de anotar las circunstancias que intervienen para dificultar la circulacion del material rodante en las curvas. Esa dificultad se traduce en la práctica por una conservacion, mas difícil de la via, por un mayor deterioro de los vehículos i por una resistencia a la traccion mas considerable; en consecuencia, se hace indispensable adoptar en el establecimiento de la superestructura aquellas disposiciones que tiendan a reducir tales efectos a un mínimo. (2).

Resulta de aquí que la enrielladura de las curvas debe estar sometida a un criterio diverso que la de las alineaciones: en efecto, en aquéllas no se podrán disponer las dos filas de rieles a un mismo nivel; no se podrá tampoco muchas veces conservar el mismo juego que se deja en línea recta entre las pestañas de las ruedas de los vehículos i las cabezas de los rieles; por fin, habrá en jeneral que adoptar disposiciones especiales para que el material rodante pase de las secciones de la via en alineacion a las de la via en curva sin experimentar sacudidas bruscas.

Por otra parte, en la disposicion de los materiales de la superestructura, habrá que tomar en cuenta las circunstancias especiales en que las curvas se encuentran colocadas.

De acuerdo con estas observaciones, debemos ocuparnos sucesivamente del peralte de las curvas, de su ensanche i de su acordamiento con las alineaciones inmediatas; debemos asimismo considerar las disposiciones que afectarán los materiales de la superestructura al ser colocadas en una curva.

(1) RAILWAY AND ENGINEERING REVIEW.—Mayo 14, 1898.

(2) POCHEZ.—Théorie du mouvement en courbe. (R. G. des Ch. de F.) 1883.

MICHEL.—La circulation des locomotives et des wagons dans les courbes. (R. G. des Ch. de F.) 1884.

ROY.—Passage des locomotives dans les courbes. (R. G. des Ch. de F.) 1884.

MICHEL.—Lignes parcourues par des trains rapides. (B. du C. des Ch. de F.) 1889.

BANDERALI.—Matériel roulant. (B. du C. des Ch. de F.) Agosto, 1889.

DU BOUSQUET.—Passage dans les courbes. (B. du C. des Ch. de F.) Agosto, 1892.

Demás está decir que en este estudio tendremos siempre en vista el material rodante en actual servicio, pues la facilidad de la circulación en las curvas resulta precisamente de proporcionar el establecimiento de la superestructura a las condiciones del equipo.

2. *Peralte*.—Nadie discute la necesidad de peraltar las curvas, es decir, de dar cierta sobreelevación al riel exterior con respecto al interior; en cambio, la cuestión de fijar esa sobreelevación es un punto discutible i con relación al cual varía la práctica de las diversas Compañías de Ferrocarriles.

Si se considera que el peralte está destinado a contrabalancear la influencia de la fuerza centrífuga sobre los vehículos en movimiento, se concluye que su valor estará íntimamente relacionado con la velocidad de circulación, de la cual la fuerza centrífuga es una función directa. Ahora bien, como los diversos trenes no están animados todos de una misma velocidad en una curva dada, se presenta desde luego la dificultad de fijar la velocidad que permite calcular el peralte.

Muchas Compañías de Ferrocarriles peraltan las curvas en atención a la velocidad máxima; otras dan a la vía un peralte superior al que es necesario para contrarrestar el máximo de la fuerza centrífuga; por fin las hai que peraltan las curvas de acuerdo con una velocidad media fijada prudencialmente en cada caso.

Para poder comparar entre sí estas diversas soluciones, es necesario examinar los efectos que se producen en un vehículo en movimiento sobre una curva peraltada, a causa de las diversas acciones que lo solicitan; esos efectos se traducen por un frotamiento de deslizamiento de las llantas de las ruedas sobre las cabezas de los rieles i por un frotamiento de la pestaña de la rueda de adelante contra el riel exterior.

El frotamiento de deslizamiento es debido simplemente a que las ruedas de los vehículos circulan sobre dos filas de rieles de diferente desarrollo, i en consecuencia el peralte no tiene influencia apreciable sobre él. El segundo de los efectos apuntados es debido al conjunto de las acciones transversales que tienden a desplazar el vehículo, haciendo que su eje delantero presente cierta inclinación con respecto al radio de la curva; su importancia depende directamente del peralte, como vamos a verlo.

En efecto, si el peralte es superior al que bastaría para contrarrestar la influencia de la fuerza centrífuga, la componente horizontal de la pesantez tratará de arrastrar el vehículo hacia el centro de la curva, disminuyendo, en consecuencia, la influencia del empuje radial i la resistencia a la tracción que de él se derivan; en cambio, esa misma componente tratará de apoyar la rueda de atrás del vehículo sobre la cabeza del riel interior, aumentando la inclinación de la pestaña de la rueda con respecto a la dirección elemental del riel, es decir, el *ángulo de cizalle* del vehículo, i orijinando por esta causa un suplemento de resistencia a la tracción que puede compensar la disminución de resistencia a que acabamos de referirnos.

Naturalmente, mientras mayor sea el peralte, en mayor grado tenderá a producirse esa compensación; podrá aun suceder que la influencia de la componente horizontal debida a la pesantez llegue a predominar sobre las acciones contrarias, determinando accidentes o desplazamientos de la vía.

Resulta de lo anterior que no hai ventaja en calcular el peralte en vista de una velocidad superior al máximo admisible en la circulación.

Ahora bien, si el peralte se calcula para la velocidad máxima, quedará garantizada



por completo la seguridad de los trenes rápidos de pasajeros; pero en cambio los trenes de pequeña velocidad, que sin duda son los mas numerosos i cargados, producirán un efecto mui perjudicial sobre la conservacion de la via i del material rodante (1).

La solucion contraria, que consistiria en proporcionar el peralte para la velocidad de los trenes lentos, tendria en cambio los inconvenientes opuestos a los anotados i pondria en peligro la seguridad de los trenes de pasajeros; esto, sin contar las oscilaciones bruscas de los vehículos a su paso por las curvas, las que harian mui defectuosa la circulacion.

Estas consideraciones de carácter opuesto ponen en evidencia que la solucion racional es aquella que, partiendo de un término medio aceptable, calcule el peralte para una velocidad intermedia entre la de los trenes rápidos i lentos.

En rigor, esa velocidad media deberia ser influenciada por la proporcion en que figuran tales trenes en la explotacion de la línea que se considera; pero en la práctica habria mucha dificultad para llegar a un resultado definitivo en esta materia, i por tal motivo se ha aceptado una relacion empírica que satisface dentro de cierto límite a aquellas consideraciones teóricas. Dicha relacion ha debido tomar en cuenta el radio de la curva, por cuanto la velocidad de los trenes podrá ser tanto mayor cuanto mayor sea dicho radio.

Partiendo de estas observaciones i teniendo presente las velocidades efectivas de circulacion i los límites aceptados para ellas en los diversos países (2), pueden aceptarse los valores de la velocidad  $V$  en kilómetros por hora dados por la fórmula siguiente, en la cual  $R$  es el radio de la curva:

$$V = 3\sqrt{R}$$

Fijada ya la velocidad que servirá de base al cálculo peralte  $\sigma$ , queda éste determinado, pues sabemos que su valor es dado para una línea de trocha  $a$  por la fórmula:

$$\sigma = \frac{aV^2}{127R}$$

Si combinamos con esta fórmula la que nos fija el valor de  $V$  en funcion del radio, obtenemos:

$$\sigma = \frac{1}{14}a$$

Llegamos así a una expresion del peralte, funcion de la trocha únicamente, i, por consiguiente, a un peralte constante para una trocha dada.

Debemos observar sin embargo que la constancia del peralte se referirá solo a las curvas en que la velocidad  $V = 3\sqrt{R}$  sea inferior o igual al máximo fijado para la circulacion en curva.

Entre nosotros los Reglamentos no consignan disposicion alguna sobre el particular i en la práctica se observa que la circulacion en las curvas abiertas se hace con una velocidad análoga a la de las alineaciones. Por tal motivo creemos aceptable fijar en 80 kilómetros por hora el valor máximo de  $V$  para las líneas de gran circulacion.

(1) ENGERTH.—Cheminement des rails. (B. du C. des Ch. de F.) Junio, 1900.

(2) PHILIPPE.—Chemins de fer à une et à deux files de rails comparés au point de vue de la circulation en courbe. (Annales des ponts et chaussées). 1901.



Reemplazando  $V$  por esta cifra en la fórmula  $V = 3\sqrt{R}$ , se llega a fijar en 710 m. el radio de la curva bajo el cual el peralte queda constante.

Para curvas de radio mayor, el peralte irá disminuyendo i se calculará por la fórmula

$$\sigma = \frac{a V^2}{127 R}$$

dando a  $V$  el valor máximo de 80 km. por hora.

Como se vé, la solución que hemos adoptado nos conduce a un peralte máximo igual a  $\frac{1}{14}$  de la trocha. En la práctica se han aceptado peraltes mas considerables; pero la razones espuestas anteriormente nos han aconsejado adoptar aquel resultado (1), lo que está por lo demás de acuerdo con las conclusiones del Congreso de Ferrocarriles de 1892, que dicen: «el Congreso constata una tendencia jeneral a disminuir los peraltes i « aun a suprimirlos completamente en los puntos en que la velocidad es muy reducida».

Recordando que para nuestros ferrocarriles de trocha ancha  $a$  es igual a 1,68 m, tendremos como valor máximo del peralte

$$\frac{1,68}{14} = 0,12 \text{ m.}$$

Por lo demas, en el cuadro que sigue hemos agrupado todos los datos que permiten fijar el peralte para una curva cualquiera, en las líneas de gran circulacion.

Radio de la curva, en m.	Velocidad, en kilómetros por hora	Peralte, en m.m	Radio de la curva, en m.	Velocidad, en kilómetros por hora	Peralte, en m. m.
250	47	120	800	80	105
300	52	120	900	80	93
350	56	120	1.000	80	84
400	60	120	1.500	80	56
450	64	120	2.000	80	42
500	67	120	2.500	80	33
550	70	120	3.000	80	28
600	74	120	4.000	80	21
700	79	120	5.000	80	17

En las líneas de mediana i de pequeña circulacion se calcularán los peraltes de acuerdo con las observaciones anteriores i teniendo presente que el valor máximo de la velocidad solo alcanza a 60 km. por hora.

3. *Ensanche*—Hemos dicho ya que a veces no se puede conservar en la enrielladura de las curvas el mismo juego que se deja en línea recta entre las pestañas de las ruedas de los vehículos i las cabezas de los rieles: se presenta entónces la necesidad de aumentar ese juego, esto es, de dar a la curva un ensanche mas o ménos considerable.

Para que se comprenda la influencia que el ensanche tiene sobre la circulacion debemos recordar que, cuando un vehículo de un tren recorre una curva, una de sus ruedas delanteras se apoya contra el riel exterior miéntras que la rueda de atras del lado opuesto lo hace contra el riel interior; resulta de aquí que la rueda delantera forma con la direccion elemental del riel un cierto ángulo de cizalle, orijinando por esta causa un aumento de la resistencia a la traccion, una fatiga suplementaria de la vía en el sentido transversal i un desgaste mas rápido de las cabezas de los rieles i de las pestañas de las ruedas.

Si se considera que los inconvenientes anotados aumentan con el ángulo de cizalle i que éste crece a su vez con el ensanche, se comprenderá la conveniencia de limitar dicho ensanche a los límites estrictamente indispensables. Importa, pues, fijar esos límites.

En realidad, la única razon atendible que aconseja ensanchar las curvas es la que se refiere a la facilidad de la circulacion. Bajo este punto de vista el ensanche será indispensable siempre que las ruedas opuestas del vehículo que se considere se encuentren a un mismo tiempo en contacto con los rieles exterior e interior de la curva respectivamente; en efecto, en tal caso, el vehículo no podrá avanzar sin ejercer una presion considerable sobre uno u otro de esos rieles, presion que tendrá por efecto deformar la vía i hacer mui difícil el paso por la curva del sistema rectangular formado por las ruedas montadas sobre ejes ríjidos.

Es fácil, por lo demas, comprender que en ningun caso se podrá ni siquiera descender hasta ese límite, pues es indispensable contar con un juego de algunos milímetros para tener en cuenta las desigualdades que se producen en la colocacion de la vía o en el calaje de los ejes. En la práctica se fija en 10 mm. el mínimo de juego total necesario en estas condiciones.

De las observaciones anteriores se desprende que el dar o no ensanche en las curvas es una cuestion relativa a cada caso de la práctica i que depende esclusivamente del juego de la vía en línea recta, del radio mínimo que se haya fijado para las curvas i de la disposicion del material rodante.

Como puede verse en las figs. 1 i 2, dicho juego tiene un valor mínimo de 20 mm.; por otra parte, hemos fijado en 250 m. el radio mínimo de las curvas en plena vía; por fin, la observacion del material rodante en servicio actual nos ha permitido reconocer que el vehículo que necesita disponer de un mayor juego para la circulacion en curva es la locomotora de 3 ejes acoplados, en la cual los ejes extremos se encuentran a una distancia de 4,575 m. Debemos, no obstante, observar que el espaciamiento entre dichos ejes extremos debe aumentarse en cierta proporecion para tomar en cuenta la distancia a la cual la accion de las pestañas se ejerce sobre el riel hácia adelante o hácia atras del

punto de contacto con la llanta; por este motivo admitiremos para el intervalo a que nos referimos la cifra de 4,800 m.

Con estos datos podemos calcular si la circulación del vehículo que consideramos en la curva de radio mínimo exige o no el aumento del juego de 20 mm. que la vía presenta en línea recta. Para ello observaremos que el juego necesario es igual a la flecha subtendida en dicha curva por una cuerda de 4,800 m. de largo.

Como esa flecha tiene por valor

$$\frac{4,800^2}{8 \times 250} = 11,5 \text{ mm.}$$

quedará un margen para la circulación de

$$20 - 11,5 = 8,5 \text{ mm.}$$

Si recordamos que el juego mínimo se fija ordinariamente en 10 mm., vemos que en rigor habría que ensanchar en 1,5 mm. la curva de 250 m. de radio. Pero debe tenerse presente que el juego de 20 mm. es un mínimo que aumentará rápidamente en la práctica i que esta observacion, reforzada con lo que podria hacerse respecto a la forma de la pestaña, basta para justificar la supresion de un ensanche tan insignificante.

Todavía mas, la supresion de ese ensanche es una solucion satisfactoria por cuanto se evitan así los inconvenientes que de él se derivan para la colocacion de la vía. Ello está por lo demas de acuerdo con las conclusiones del Congreso de Ferrocarriles de 1892, que dicen: «para todas las curvas de radio igual o superior a 500 m., el juego de la vía « puede quedar el mismo que en recta, i eso, aun para las líneas cuyo juego de vía en « recta no es sino el mínimo práctico de 10 mm.; para las curvas de radio inferior a 500 m. « parece útil ensanchar la vía, pero este ensanche debe ser tanto mas débil cuanto mayor « es el juego de la vía en recta, dependiendo ademas de la forma del perfil de la pestaña.»

4. *Acordamientos*.—En el establecimiento de una vía férrea, las curvas pueden unirse a las alineaciones inmediatas, sea tanjencialmente, sea mediante enlaces especiales que permitan pasar gradualmente del radio infinito que corresponde a la seccion en línea recta al radio correspondiente a la curva que se considera.

El objeto de tales enlaces es evitar los inconvenientes que se derivan del acordamiento tanjencial, haciendo desaparecer los efectos tan funestos que dicho acordamiento tiene sobre la conservacion de la vía i del material rodante: puede decirse que en la actualidad no se construyen ya ferrocarriles sin aplicar esas disposiciones que han llegado a ser indispensables (1).

En la práctica, la única razon que se invoca en favor del acordamiento tanjencial es la consideracion de simplificar el establecimiento de la enrielladura. Pero, si se tiene presente que, disponiendo de tablas convenientemente establecidas, la realizacion de enlaces

(1) LEBER.—Passage du matériel dans les courbes. (B. du C. des Ch. de F.) Agosto, 1892.

DU BOUSQUET.—Passage dans les courbes. (B. du C. des Ch. de F.) Agosto, 1892.

ENGERTH.—Cheminement des rails. (B. du C. des Ch. de F.) Julio, 1900.

PHILIPPE.—Chemins de fer à une et à deux files de rails. (Annales des ponts et chaussées). 1901.

WRONECKI.—Tables pour le tracé des courbes. 1903.

especiales es una operacion sencilla i espedita i si se consideran ademas las ventajas anexas a tales enlaces, se verá que aquella razon no basta en manera alguna para justificar su rechazo.

El gran desarrollo que exigiria un estudio completo de esta cuestion nos obliga, sin embargo, a limitarnos a las consideraciones ya espuestas, dejando ese estudio para un informe posterior. Por el momento nos bastará declarar que creemos indispensable la adopcion de enlaces parabólicos ú otros análogos, opinion que está, por lo demas, de acuerdo con las conclusiones del Congreso de Ferrocarriles de 1892.

5. *Disposicion de los diversos elementos de la superestructura.*—En jeneral, esa disposicion estará sometida a consideraciones análogas a las que se refieren al establecimiento de la vía en línea recta, adoptándose en ella el mismo espesor de lastre bajo los durmientes, el mismo número de durmientes por riel, el mismo eclisaje, etc. Pero existirán siempre entre ambas disposiciones diverjencias que trataremos en detalle a continuacion.

a) *Lastre.*—En las curvas estrechas, es decir, en aquellas cuyo radio sea inferior a 500 m., se cuidará de aumentar el ancho de la banqueta de lastre del lado exterior de la curva con el objeto de oponerse al desplazamiento lateral de la vía, llevando a 1,00 m. el ancho de dicha banqueta.

Todavía mas, en curvas muy cerradas habrá que adoptar dispositivos especiales para interesar en la resistencia trasversal a la masa de lastre comprendida entre los durmientes i bajo ellos; pero nos reservamos tratar esta cuestion por separado en uno de los números siguientes.

Demas está observar que la cara superior de la plataforma se dispondrá en las curvas de simple vía paralelamente a los durmientes; es decir, con la inclinacion determinada por el peralte.

b) *Distribucion de los durmientes.*—Los durmientes se colocarán normales a la vía, con escepcion de los de las juntas que tendrán direcciones paralelas entre sí i que formarán un mismo ángulo con los radios de la curva que pasan por su centro respectivo. La distancia entre los durmientes es medida por la cuerda del arco de curva comprendida entre sus centros.

Nada de especial debe observarse sobre la forma en que se dispondrá i colocará el eclisaje en las curvas.

c) *Amarras del riel sobre los durmientes.*—El riel deberá descansar sobre todos los durmientes intermedios con interposicion de una silla, sea de asiento, sea de detencion.

Hemos observado ya que los esfuerzos trasversales tienden a ensanchar la vía en las curvas i hemos constatado que el empleo de sillars de asiento se opondrá a la fraccion de ese ensanche debido al deslizamiento de los rieles i que el empleo de sillars de detencion combatirá eficazmente la fraccion debida a la jiracion de aquellos en torno de la arista exterior de su zapata. Todavía mas, dichas sillars dispensan del empleo de los tirantes de amarra de uso tan frecuente para mantener a una distancia invariable las dos filas de rieles opuestos.

Se comprende, pues, por el papel especial que desempeñan en las curvas las sillars de detencion, que su número debe variar segun el radio, siendo tanto mayor cuanto menor sea éste.

Procediendo por comparación con lo acostumbrado en otros ferrocarriles, hemos aceptado la colocación de 5 sillars por riel en la enrielladura de las curvas hasta 500 m. de radio; para curvas de radios superiores hemos seguido las mismas reglas dadas al tratar de la enrielladura en recta con pendiente mayor de 0,01.

*d) Distribucion de los rieles.*—La distribución de los rieles en las curvas debe tener en cuenta el desarrollo diferente de las filas interior i exterior, diferencia tanto mayor cuanto menor es el radio de la curva.

Es cierto que una curva podría enriellarse con rieles de un solo largo; pero en tal caso las juntas de los rieles de la fila interior irían avanzando continuamente con respecto a las de la fila exterior i la no concordancia de estas juntas sobre un mismo radio de la curva traería como consecuencia la necesidad de oblicuar los durmientes de la junta en límites inaceptables en la práctica; por otra parte, las vibraciones producidas por el paso del material rodante sobre las juntas no se producirían simultáneamente en las dos filas de rieles i la circulación adolecería de las dificultades consiguientes.

En vista de estas observaciones se acostumbra enriellar las curvas mediante la combinación de rieles del tipo normal i de rieles cortos. Aun así, la concordancia de las juntas no quedará asegurada, pues para ello sería necesario disponer de un tipo de riel corto para cada radio de curva; pero a lo ménos puede limitarse el avance de una junta con respecto a la otra dentro de ciertos límites aceptables en la práctica.

Para fijar este límite seguiremos el criterio que consiste en determinar la longitud del riel corto de manera que en la curva de radio mínimo, es decir, en una curva de 250 m. de radio, se tengan juntas concordantes.

Podemos calcular fácilmente el desarrollo del riel interior que corresponderá en dicha curva a un desarrollo del riel exterior igual a 12 m., para la trocha de 1,68 m.; en efecto observando que el radio de 250 m. se refiere al eje de la curva i estableciendo la proporcionalidad entre los arcos i sus radios respectivos, obtendremos para el desarrollo buscado el valor

$$12 \frac{250 - \frac{1,74}{2}}{250 + \frac{1,74}{2}} = 11,915 \text{ m.}$$

Adoptando esta longitud como largo del riel corto, vemos que en una curva cualquiera el avance máximo de las juntas interiores con respecto a las exteriores no excederá de 8,5 cm., cifra perfectamente aceptable en la práctica: bastará, pues, una sola longitud de riel corto para la enrielladura de las curvas.

Conviene ahora estudiar la forma en que se distribuirán los rieles largos i cortos para llevar a cabo esa enrielladura.

Sea una curva de radio R; llamemos  $l$  el desarrollo de la fila interior de rieles i  $l + \Delta l$  el desarrollo correspondiente para la fila exterior.

Como vamos a colocar en la fila exterior solo rieles largos, su número  $n$  se calculará por la relación.

$$n = \frac{l + \Delta l}{12}$$

En la fila interior vamos a colocar rieles largos i cortos; luego, si representamos por  $n'$  el número de los primeros i por  $n''$  el de los segundos, podemos escribir

$$12 n' + 11,915 n'' = l$$

Pero, por otra parte, el número total  $n' + n''$  de rieles de la fila interior debe ser igual al número  $n$  de rieles de la otra fila; luego

$$n' + n'' = \frac{l + \Delta l}{12}$$

Combinando las dos últimas ecuaciones obtenemos para  $n''$  el valor

$$n'' = \frac{\Delta l}{0,085}$$

lo que fija de hecho el valor de  $n'$ .

Segun esto podemos concluir que el número de rieles cortos por emplear en la fila interior se determinará dividiendo la diferencia  $\Delta l$  entre los desarrollos de ambas filas de rieles por la diferencia entre el riel largo i el riel corto.

Aplicando esta conclusion a un kilómetro de vía i dando a  $R$  una serie de valores a partir de 250 m., hemos formado el cuadro siguiente, en el cual puede consultarse el número de rieles largos i cortos necesarios para la enrielladura de un kilómetro de curva de radio dado.

Radio de la curva, en metros	DISTRIBUCIÓN DE LOS RIELES POR KILÓMETRO DE VÍA		Radio de la curva, en metros	DISTRIBUCIÓN DE LOS RIELES POR KILÓMETRO DE VÍA	
	Rieles de 12,000 metros	Rieles de 11,915 metros		Rieles de 12,000 metros	Rieles de 11,915 metros
250	86	82	900	145	23
260	89	79	1.000	147	21
270	92	76	1.100	149	19
280	95	73	1.200	151	17
290	97	71	1.300	152	16
300	99	69	1.400	153	15
350	109	59	1.500	154	14
400	117	51	1.600	155	13
450	122	46	1.800	157	11
500	127	41	2.000	158	10
550	131	37	3.000	161	7
600	134	34	4.000	163	5
700	138	30	5.000	164	4
800	142	26			

NOTA. - En realidad, las longitudes de vía enrielladas en la forma indicada en el presente cuadro no corresponderán exactamente a un kilómetro, por cuanto hemos debido redondear los números fraccionarios de rieles que resultan del cálculo exacto.

En la práctica, la colocación de los rieles en la fila interior deberá asegurarse que el avance o retraso de la junta de dicha fila con respecto de la exterior no exceda nunca de 8,5 cm.

5. *Detalles de ejecución.*—En lo que se refiere al establecimiento del lastre, a la colocación i atraque de los durmientes, a la colocación i clavadura de las sillas, etc., nada de nuevo puede agregarse a lo indicado para la enrielladura de las rectas. Deben, sin embargo, darse aquí algunas indicaciones complementarias.

Desde luego, en las curvas de pequeño radio habrá necesidad de encorvar los rieles, pues de otra manera los jarretes del polígono que se obtendría perjudicarían enormemente a la circulación i dañarían la conservación de la vía i del material rodante.

Naturalmente, la fijación del radio de curva bajo el cual es necesaria la encorvadura es una cuestión mas bien práctica, que hemos resuelto por comparación, fijándolo en 400 m.; observaremos de paso que esta solución está de acuerdo con las conclusiones del Congreso de Ferrocarriles de 1892.

Es fácil, por lo demás, apreciar qué influencia tendrá sobre la enrielladura de una curva de 400 m. de radio la colocación en ella de rieles de 12 m. sin encorvar. La flecha en el centro subtendida en dicha curva por una cuerda de 12 m. de largo será igual a

$$\frac{6,00^2}{2 \times 400} = 0,045 \text{ m}$$

i la inclinación que corresponderá a esa flecha valdrá

$$\frac{0,045}{6,00} = 0,0075$$

que es la tangente de un ángulo de 26'. Se vé, pues, que el jarrete resultante es despreciable.

En cuanto a la operación de encorvar los rieles, ella debe realizarse con tornillos de presión en la forma ordinaria.

Otro punto sobre que conviene insistir es la manera de realizar el peralte de la vía.

El peralte puede darse: o bien antes de llegar a la curva, de manera que en el origen de ésta el riel exterior haya adquirido su peralte definitivo; o bien dentro de la curva, en cuyo caso en el origen de ésta el peralte sería nulo; o bien parte antes de la curva i parte dentro de ella, en cuyo caso en el origen de la curva habría cierto peralte, pero inferior al que debe existir.

El primer sistema tiene el inconveniente de favorecer a la circulación en curva con detrimento de la circulación en recta, pues peraltar el riel exterior en la recta trae como consecuencia echar los vehículos contra el riel interior, ocasionando en la vía fatigas exageradas i esfuerzos de torsión en el material rodante. El segundo sistema favorece a la circulación en recta, pero en cambio habrá en el origen de la curva un trozo en que el peralte será insuficiente i en el cual se producirán todos los inconvenientes anexos a esta circunstancia. Por fin, el tercer sistema tendrá los inconvenientes de los dos anteriores, si bien mitigados por su combinación.



Las observaciones anteriores suponen que la union de la curva circular con las alineaciones se haga tangencialmente. Pero hemos insistido ántes sobre la necesidad de recurrir al enlace parabólico, i en este caso es evidente que el segundo de los dispositivos recordados es el que se impone.

En efecto, siendo el peralte funcion inversa del radio, es evidente que, al pasar en la curva de enlace del radio  $\infty$  infinito al radio  $R$ , el peralte deberá pasar del valor 0 al valor  $\sigma$ , que corresponde a este radio; el paso se hará entónces de una manera gradual i en forma tal que en el oríjen de la curva de enlace el peralte sea 0 i que vaya aumentando progresivamente hasta tomar su valor  $\sigma$  en el oríjen de la curva circular. No habrá así ningún punto en que el peralte sea superior o inferior al previsto, i, por consiguiente, se tendrá la solucion ideal.

Proponemos efectivamente este sistema, que es, sin duda, el mas racional i que permite sacar el provecho máximo de los enlaces parabólicos.

Dependiendo, pues, la forma en que se dé el peralte de la manera de realizar el enlace, nos limitaremos a lo ya dicho sobre el particular, reservándonos para tratar con detenimiento esta cuestion en el informe que a los enlaces se refiera.

6. *Disposiciones especiales para el caso de curvas muy cerradas.*—Ya hemos visto que para curvas de radio inferior a 500 m se dará un ensanche a la banqueta de lastre del lado exterior de la via. Este refuerzo bastará en jeneral para asegurar la estabilidad de las curvas estrechas; pero pueden presentarse circunstancias escepcionales que hagan necesario preocuparse especialmente de esta cuestion.

Diversos procedimientos se han usado en tales casos, de los cuales algunos tienen por objeto impedir el desrielamiento de los trenes i otros el desplazamiento trasversal de la via. Entre los primeros debe citarse el empleo de un guarda-riel contra la fila interior de la curva; entre los segundos, el clavado de estacas frente a las cabezas exteriores de los durmientes, el establecimiento de tablonés fijados a los durmientes paralelamente a la via i que interesan en el desplazamiento a la masa de lastre colocados entre ellos, etc. (1).

El estudio de esta cuestion nos ha conducido a aceptar el empleo del guardariel interior para las curvas de 300 m. i ménos de radio, siempre que se encuentren colocadas en situacion escepcionalmente desfavorable, sea bajo el punto de vista de la velocidad con que los trenes toman la curva, sea por las consecuencias que un accidente tendría en el punto que se considera.

En los mismos casos i siempre que haya temor de que pueda producirse un desplazamiento trasversal de la superestructura, hemos aceptado la colocacion de los tablonés solidarios de los durmientes de que hemos hablado.

En los planos adjuntos se han dibujado los perfiles tipos aplicables a los puntos especiales de que tratamos.

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

SABOURET.—Points spéciaux de la voie. (B. du C. des Ch. de F.) Marzo, 1895.

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

MICHEL.—Etudes sur la stabilité des voies des chemins de fer. (R. G. des Ch. de F.) 1885.

§ III. — *Establecimiento de la superestructura en las líneas de mediana i de pequeña circulación*

El estudio hecho anteriormente ha tenido solo en vista las grandes líneas. En consecuencia, debemos ahora ocuparnos de las líneas de mediana i de pequeña circulación.

En estas últimas el tráfico es ménos intenso que en aquéllas i las velocidades mas reducidas; de aquí que se necesiten en ellas motores ménos poderosos i cargas de rueda ménos considerables. Segun esto i tanto bajo el punto de vista de las acciones estáticas como de los efectos dinámicos, la superestructura de las líneas de mediana importancia se encontrará en mejores condiciones de sollicitacion que la de las grandes líneas, i podrán introducirse en su establecimiento algunas simplificaciones que se traducen en la práctica por un menor gasto de construccion i de conservacion.

Refiriéndonos al estudio hecho anteriormente, es evidente que esas simplificaciones no pueden referirse a la disposicion i perfil de la cama de lastre ni a las disposiciones adoptadas para el descanso de los rieles sobre los durmientes ni para el ensamble lonjitudinal de aquéllos. No cabe otra modificacion que disminuir el número de durmientes por kilómetro de via.

Las consideraciones ya formuladas acerca de la necesidad de reforzar la juntura aconsejan, sin embargo, conservar la distancia de 49 cm. que hemos fijado para los durmientes que la soportan; en cambio no hai inconveniente para distanciar mas los durmientes de contrajuntura i especialmente los durmientes intermedios. De acuerdo con estas observaciones i teniendo siempre en vista asegurar a la via una rijidez i una estabilidad suficientes, hemos distribuido los durmientes a lo largo del riel en la forma siguiente:

1 tramo de juntura .....	490	490 mm.
2 tramos de contrajuntura.....	2 × 715	1.430 »
12 tramos intermedios.....	12 × 840	10.080 »
		<hr/>
		12,000 m.

Se llega así a 15 durmientes por riel de 12 m. o sea a 1.250 durmientes por kilómetro de via.

Por fin, habiendo aceptado en la línea a que ahora nos referimos pendientes hasta de 0,03, debemos tener en cuenta esta circunstancia al fijar el número de sillas de detencion que se emplean por riel de 12 m. Ese número será de

2 sillas de detencion para pendientes comprendidas entre .....	0,01 i 0,02
3 » » » » » iguales o superiores a.....	0,02

Se entiende que estas cifras se refieren al establecimiento de la via en recta. En las curvas de ménos de 500 m. de radio se colocarán 5 sillas de detencion por riel; 3 sillas en el caso de curvas de radios superiores a 500 m. i pendiente de 0,02 i mas, i 2 sillas en las mismas curvas con pendiente inferior a 0,02.

§ IV. - *Observaciones acerca de la aplicacion del nuevo tipo de superestructura a las líneas existentes*

Hasta aquí solo hemos tenido en vista el establecimiento de una via nueva construída con el nuevo tipo de superestructura proyectado. Debemos ahora tratar de la aplicacion gradual de dicho tipo a la superestructura de las líneas existentes, cuestion que presentará en la práctica ciertas dificultades.

Desde luego conviene descartar las reparaciones locales de la superestructura, que tienen por objeto el reemplazo de uno o mas rieles, de uno o mas durmientes, el enderezamiento de la línea, la renovacion del atraque en ciertos puntos, etc. Todas ellas se ejecutarán como se ha hecho hasta el presente, i los materiales que se retiren de la via serán reemplazados por otros del mismo tipo a que aquéllos pertenezcan.

El reemplazo de la superestructura existente por la que proponemos solo se llevará a efecto gradualmente i sobre estensiones de via de cierta consideracion, i las operaciones necesarias para efectuarlo realizarán el nuevo perfil tipo correspondiente del lastre, la nueva distribucion de los durmientes i el empleo del nuevo riel de 12 m. con todos sus accesorios.

En la union del trozo de via establecido en conformidad al nuevo tipo con las secciones existentes, se tropezará con ciertas dificultades de detalle cuya solucion conviene indicar.

Desde luego, el reemplazo de cierto número de rieles de 9,144 m. por rieles de 12 m. de largo solo podrá efectuarse fácilmente en caso que se trate de un número de rieles de 9,144 tal que su longitud total sea múltiplo de 12, 21 por ejemplo. En caso contrario, los últimos rieles de 12 m. quedarán largos i en consecuencia, habrá que disponer de rieles recortados de diversas longitudes que permitan llenar los espacios que quedan entre las dos secciones de via consideradas; en el cuadro siguiente indicamos las longitudes que deben presentar esos trozos de rieles viejos para poder realizar la enrielladura, admitiendo que se reemplace como mínimo de una vez 6 rieles de 9,144 m.

Número de rieles de 9,144 m., reemplazados	Largo total de estos rieles, en m.	Número de rieles de 12,000 m., colocados en su lugar	Largo total de estos rieles, en m.	Largo del trozo de riel necesario para terminar la enrielladura, en m.
6	54,864	4	48,000	6,864
9	82,296	6	72,000	10,296
13	118,872	9	108,000	10,872
18	164,592	13	156,000	8,592
21	192,000	16	192,000	0,000

Con esta distribucion u otra análoga cualquiera, se podrá salvar la dificultad de que tratamos.

En la union de los rieles nuevos con los antiguos se tendrá tambien otra dificultad a consecuencia de la diferencia entre los tipos de ambas eclisas (1) Pero ella se subsanará fácilmente mediante la construccion en el pais de varios pares de eclisas que presenten la variación de perfil i de disposicion necesaria para realizar la juntura

Demas está mencionar la dificultad que puede presentar la distribucion desigual de los durmientes en ambas superestructuras, pues ella no tendrá otra influencia que la de colocar uno o mas durmientes en una posicion distinta de la que han de tener defitivamente.

## CAPÍTULO V

### Cubicaciones

#### § 1.—*Líneas de simple via*

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

1. *Jeneralidades.*—La cubicacion de los materiales de la superestructura deberá necesariamente variar segun la naturaleza de la plataforma, pues con ella varia la disposicion adoptada para el perfil del lastre: bajo este punto de vista debemos considerar tres casos, segun que se trate de una plataforma consistente, medianamente consistente o poco consistente.

Del mismo modo la inclinacion de la via fija el número de sillas de detencion i luego el de sillas de asiento que deben emplearse. Si recordamos las reglas dadas para la distribucion de aquellas sillas en las líneas de gran circulacion, nos vemos obligados a distinguir para la cubicacion las secciones de via en pendientes inferiores a 0,01 de las que presentan una inclinacion superior a aquélla.

2 *Plataforma consistente.*—En el cuadro siguiente pueden consultarse las cantidades de materiales necesarias para el establecimiento de la snperestructura por kilómetro de simple via en recta.

DESIGNACION DE LOS MATERIALES	Unidades	Cantidades, por kilómetro de via
Lastre .....	m <sup>3</sup>	1.395,000
Durmientes.....	núm.	1.417,000
Rieles.....	tons.	77,900
Eclisas.....	»	4,357
Pernos para eclisas .....	»	0,700
Sillas de asiento.....	»	9,750
Sillas de detencion .....	»	0,000
Pernos para sillas.....	»	0,000
Escarpas.....	»	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 sea 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

(1) SANDBERG. —Disposition du joint de rails de profil different. (B. du C. des Ch. de F.) Abril, 1898.

3. *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 recta.

DESIGNACION DE LOS MATERIALES	Unidades	Cantidades, por kilómetro de vía
Lastre.....	m <sup>3</sup>	1,625,000
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
Escarpas.....	»	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 sea inferior a 0,01. Para pendientes de 0,01 i mas, esas cifras deberán modificarse en lo forma siguiente:

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

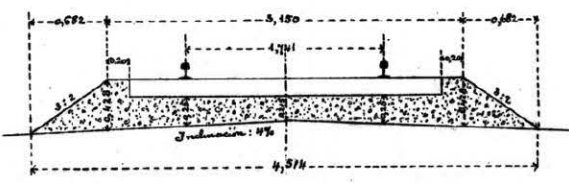
(Continuará)



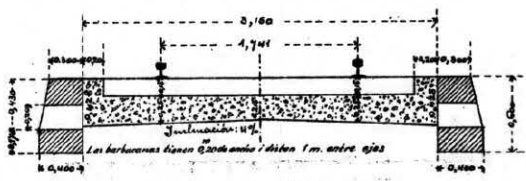


Simple via en recta.

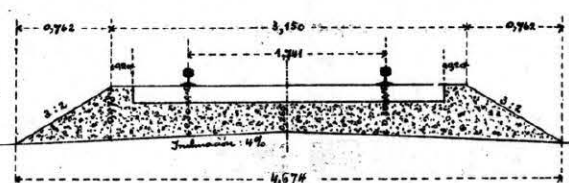
Plataforma consistente - Tipo normal.



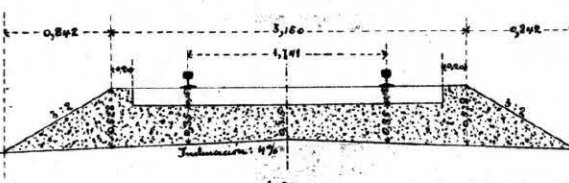
Plataforma consistente - Tipo estrecho.



Plataforma de consistencia media

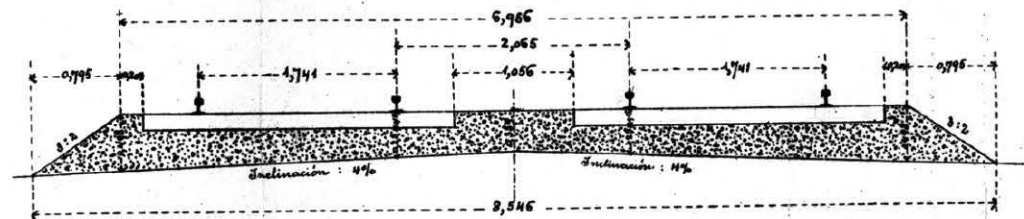


Plataforma poco consistente.

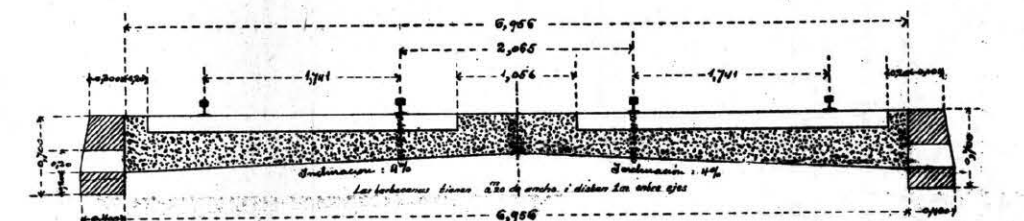


Doble via en recta

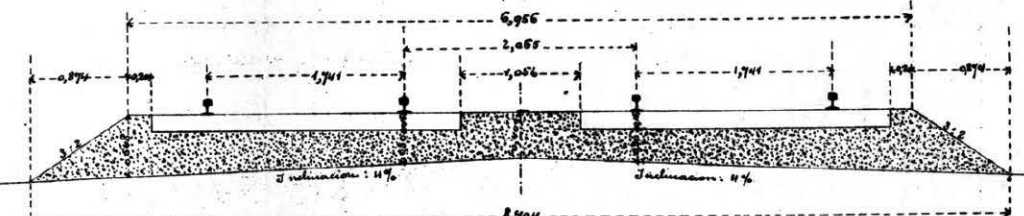
Plataforma consistente - Tipo normal.



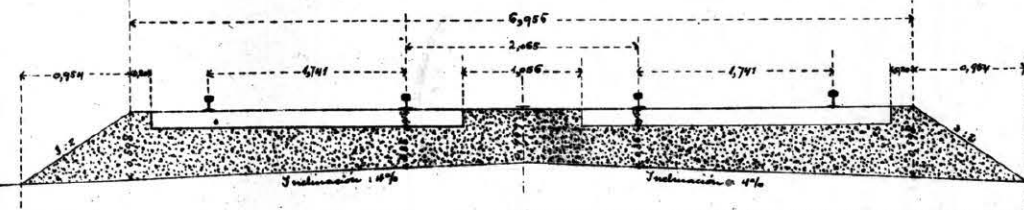
Plataforma consistente - Tipo estrecho.



Plataforma de consistencia media



Plataforma poco consistente.



Cantidad de lastre por kilometro de simple via, en metros cúbicos.

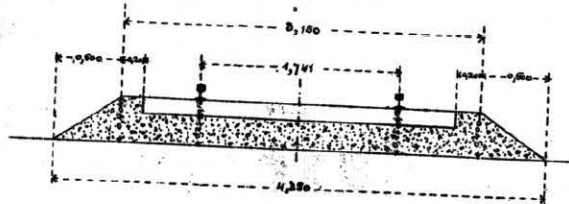
Naturaleza de la Plataforma	Lineas de gran circulacion.			Lineas de mediana y de pequeña circulacion.		
	Rectas.	Curvas de radio:		Rectas.	Curvas de radio:	
		igual o superior a 500 m.	inferior a 500 m.		igual o superior a 500 m.	inferior a 500 m.
Plataforma consistente - Tipo normal	1395	1365	1473	1418	1373	1490
" consistente - Tipo estrecho	1103	1114	1114	1120	1131	1131
" de consistencia media	1635	1576	1709	1642	1593	1726
" poco consistente.	1863	1805	1953.	1880	1832	1970

Cantidad de lastre por kilometro de doble via, en metros cúbicos.

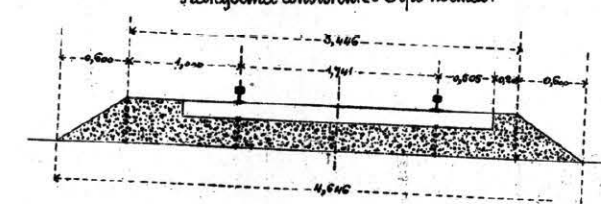
Naturaleza de la plataforma	Rectas	Lineas de gran circulacion.										
		Curvas de radio igual a:										
		5000 ms	4000 ms	3000 ms	2500 ms	2000 ms	1500 ms	1000 ms	900 ms	800 ms	710 a 500 ms.	
Plataforma consistente - Tipo normal	3.085	3.085	3.086	3.089	3.092	3.096	3.107	3.191	3.230	3.295	3.374	3.634
" consistente - Tipo estrecho	2.689	2.689	2.690	2.691	2.692	2.695	2.701	2.762	2.794	2.843	2.905	2.905
" de consistencia media	3.516	3.516	3.518	3.521	3.523	3.527	3.538	3.622	3.661	3.728	3.809	4.086
" poco consistente.	3.955	3.955	3.957	3.960	3.962	3.966	3.977	4.062	4.101	4.171	4.251	4.545

Simple via en curva.

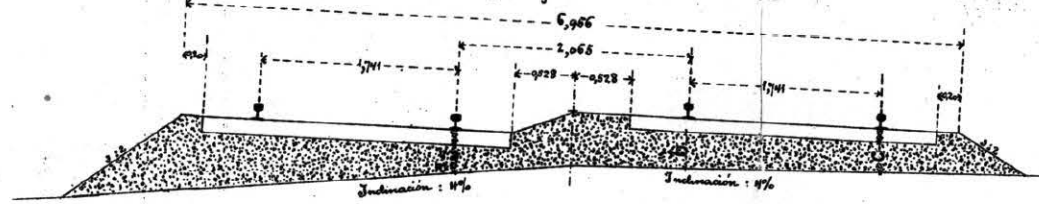
Radio igual o superior a 500 metros  
Peralte correspondiente - Plataforma paralela a los durmientes.  
Plataforma consistente - Tipo normal.



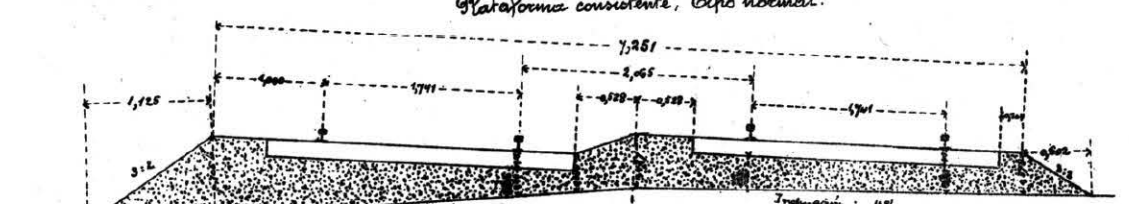
Radio inferior a 500 metros  
Peralte de 0,120 m. - Plataforma paralela a los durmientes.  
Plataforma consistente - Tipo normal.



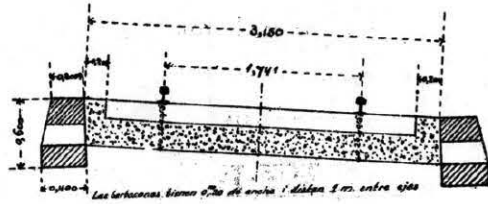
Radio igual o superior a 500 mts.  
Peralte correspondiente.  
(En cotas no indicadas orzadas con el peralte)  
Plataforma consistente - Tipo normal.



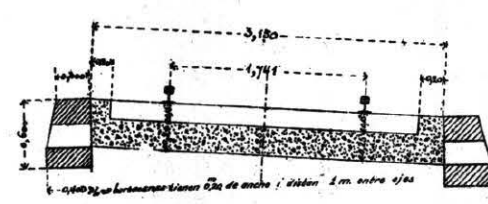
Radio inferior a 500 mts.  
Peralte de 0,120 m.  
Plataforma consistente - Tipo normal.



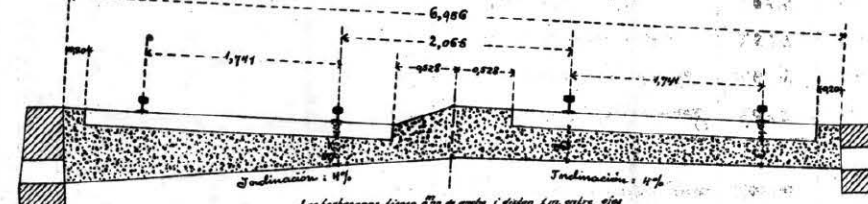
Plataforma consistente - Tipo estrecho



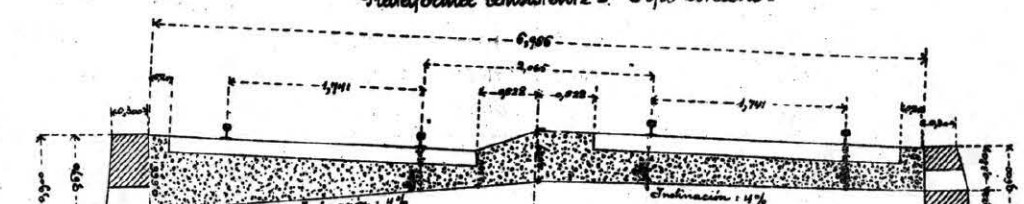
Plataforma consistente - Tipo estrecho.



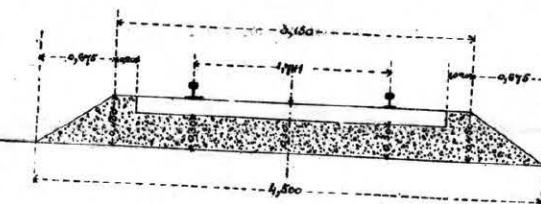
Plataforma consistente - Tipo estrecho.



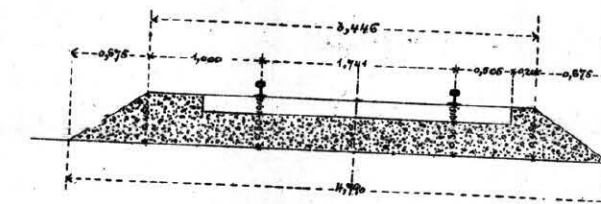
Plataforma consistente - Tipo estrecho.



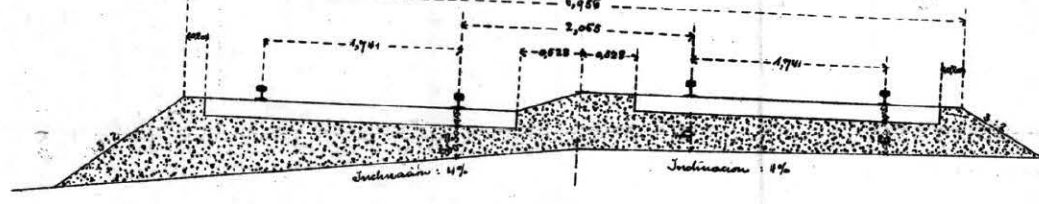
Plataforma de consistencia media



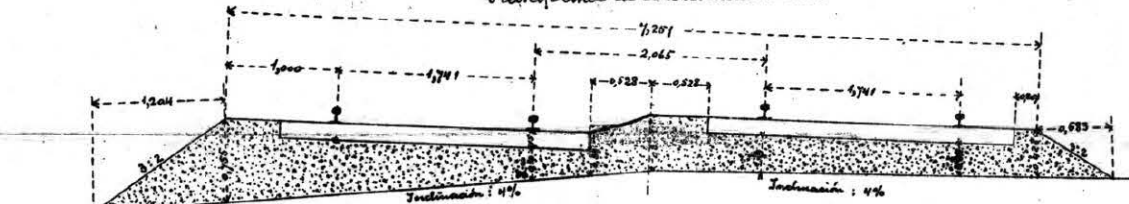
Plataforma de consistencia media



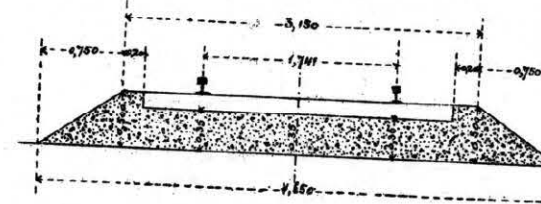
Plataforma de consistencia media



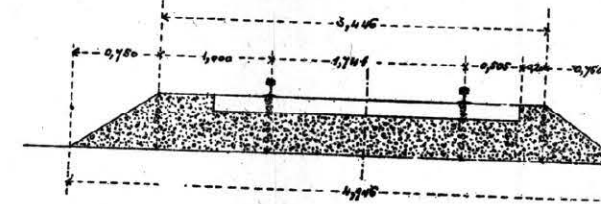
Plataforma de consistencia media



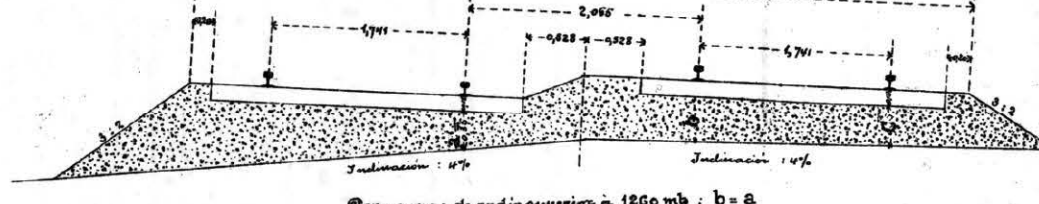
Plataforma poco consistente.



Plataforma poco consistente.



Plataforma poco consistente.



Plataforma poco consistente.

