

## Materiales para durmientes

POR

VÍCTOR M. NAVARRETE

---

(Conclusión)

### LASTRE

Siendo el lastre uno de los más importantes elementos para obtener una buena línea y conservación económica, toda atención que se preste al uso correcto de él, es deseable. El objeto del lastre es:

- 1.º Para drenar el agua y alejarla de los durmientes.
- 2.º Sostener los durmientes en posición.
- 3.º Para transmitir la carga del durmiente a la calzada, etc.

La tendencia del lastre de hundirse poco a poco en la calzada, por efecto del tráfico, nos hace ver que este asunto necesita considerable atención; mientras más delgada es la capa del lastre, mayor es la pérdida debida al hundimiento del lastre en la calzada.

Este hundimiento resulta del pobre drenaje de las líneas, y que la presión sobre la calzada excede su poder de soportar las cargas aplicadas.

El lastre ideal sería aquel que reuniera las siguientes condiciones:

- 1.º No retener el agua.
- 2.º Tener adherencia al durmiente; ofrecer la mayor fricción al movimiento del durmiente, como sea posible.
- 3.º No desintegrarse bajo la acción del tráfico, rameo, y a la acción de los elementos.
- 4.º Facilidad de ser rameado.
- 5.º Estar libre de suciedad y no formarla.
- 6.º Prevenir el crecimiento de yerbas.
- 7.º Ser de poco costo, etc.

La selección del material usado como lastre depende de muchas circunstancias. La clase de lastre usado tiene una gran relación al costo de conservación del material rodante y con el volumen del tráfico de pasajeros.

El desgaste de los muñones y todas las partes expuestas al movimiento de la maquinaria, es aumentado considerablemente por un lastre sucio.

En ferrocarriles especialmente destinados al servicio de pasajeros, es más importante evitar el polvo y suciedad, con el uso de un lastre limpio, que evitar el hmo y las cenizas, ocasionadas por el uso de antracita o aceite como combustible, o los bruscos movimientos de una línea. Un lastre que no drena bien, guarda la humedad alrededor de los durmientes, lo que acelera la putrefacción.

Las cortaduras por el riel y planchas, ocasionadas en los durmientes, son más rápidas en lastre que contienen areniscas, como el cascajo, ripio, escorias granuladas, arena y granito desintegrado.

La arenisca trabaja entre el riel o planta y el durmiente, aumentando la demolición de la madera.

Si la plancha de asiento es de un diseño que permita la fuerte adherencia al durmiente, este inconveniente desaparece grandemente.

Desde el punto de vista de la última economía, el lastre conveniente es el que por unidad de línea y un volumen dado de tráfico, sección del riel, calidad del durmiente, hace el interés anual sobre el primer costo del lastre, más el costo anual de renovación de durmientes, más el costo anual de rellenamiento, alineamiento y emparejadura, un minimum.

## MATERIALES USADOS

Los ferrocarriles americanos usan los siguientes materiales para lastre:

- |   |  |
|---|--|
| 1 Piedra chancada.                        | 6 Ripio de río.                            |
| 2 Escoria bruta.                          | 8 Cenizas.                                 |
| 3 Cascajo lavado y arneado.               | 7 Horteno y cascajo cementoso o arcilloso. |
| 5 Escoria granulada.                      | 9 Arenas y conchas,                        |
| 5 Granito desintegrado y arcilla quemada. | 10 Tierra.                                 |

### LASTRE DE PIEDRA CHANCADA

La experiencia de los ferrocarriles americanos ha demostrado que el lastre de piedras chancadas es el que más conviene desde el punto de la última economía. La mejor calidad se obtiene de chancar el basalto o cualquiera otra roca dura. Un lastre de piedra chancada de buena calidad no debe pulverizarse bajo la acción del tráfico o las herramientas. Los mejores resultados se han obtenido con el uso de piedras de tal tamaño, que puedan pasar, en cualquiera posición, a través de un anillo de  $2 \frac{1}{2}$  pulgadas de diámetro y que no puedan pasar a través de un anillo de  $\frac{3}{4}$  de pulgada de diámetro.

The American Railway Engineering Association recomienda las siguientes pruebas físicas para el lastre de piedra chancada:

- Peso por unidad—un máximo.
- Absorción de agua por unidad de peso—un mínimo.
- Porcentaje de deterioración—un mínimo.
- Dureza—un máximo.
- Valor de cementación—un mínimo.
- Prueba a la compresión—un máximo.

El ferrocarril Pensylvania acepta granitos basálticos o rocas ígneas o cualquier otro material apropiado. Estos deben quebrarse en una forma cúbica, no demasiado grandes para pasar por un anillo de 3 pulgadas de diámetro, y no tan pequeños, para no pasar por un anillo de  $1\frac{1}{4}$  pulgadas. Las rocas basálticas deben tener una resistencia al aplastamiento de no menos de 12 000 libras por pulgada cuadrada, las rocas calcáreas y todas los demás materiales de esta clase deben resistir al aplastamiento no menos de 10 000 libras por pulgada cuadrada.

Siempre debe usarse horquetas especiales para poner el lastre en la vía, para evitar el polvo y la suciedad.

Los males ocasionados por las suciedades del lastre se pueden curar de dos maneras: 1) Levantando la línea y poniendo una capa de 4 a 10 pulgadas de material nuevo y 2) Limpiando el lastre.

La tendencia en el pasado fué la de usar el primer sistema, que es con mucho el más costoso. La práctica, sin embargo, ha demostrado que iguales resultados se pueden obtener con mucho menos gastos, removiendo el lastre y limpiándolo de las suciedades adquiridas durante su uso.

Esto se puede obtener: 1) Sacando el lastre de la línea y volviéndolo a su lugar con horquetas especiales, lo que resulta en que la suciedad pasa a través de los huecos de la horqueta;

2) Removiendo el lastre de la línea y amereándolo antes de colocarlo nuevamente en ella. Este segundo método es muy económico cuesta un 50% menos que el primero.

Después de limpiar el lastre, un 5 a 20% de lastre nuevo es necesario para reemplazar aquellas partículas de roca que han sido desintegradas por la acción de los elementos, tráfico y continuo rameo.

En terminales el lastre debe limpiarse con intervalos de 1 a 3 años; en líneas de mucho tráfico debe hacerse cada vez que la renovación de durmientes tenga lugar.

La cantidad de suciedad que como término medio se obtiene, es de 30% del total del lastre, removido de las líneas para limpiarlo.

La mayoría de los ferrocarriles americanos que usan la piedra chancada como lastre, tienen sus canteras propias. Otras lo obtienen de particulares.

Es interesante dar el espectro de las capas de lastre usadas por algunos ferrocarriles americanos.

NOMBRE DEL FERROCARRIL	CLASE DEL LASTRE	ESPESOR DEL LASTRE BAJO EL DURMIENTE	
		<i>Al centro</i>	<i>En las puntas</i>
Baltimore y Ohio.....	(Roca, escoria dura, cascajo, escoria granulada, cenizas).	12 plg.	12 plg.
Boston y Maine.....	(Cascajo).....	12 »	12-15 »
Canadian Pacific.....	(Roca, cascajo, cenizas).....	7 »	9-9½ »
Chicago y Alton.....	(Roca, escoria, cascajo).....	12 »	13½ »
Chicago, Burlington y Quincy.....	(Roca, cascajo, cenizas).....	8-12 »	8-12 »
Chicago Great Western..	(Roca, cascajo, cenizas).....	12 »	13 »
	Tráfico medio.....	9 »	10 »
	Tráfico liviano.....	6 »	7 »
Pennsylvania.....	(Roca, cascajo, cenizas, etc).	18 »	18 »
Pennsylvania.....	(Roca, cascajo, cenizas), tráfico liviano.....	6 »	7 »
Rock Island Lines y St. Louis y San Francisco.....	(Roca, escoria, cascajo, cenizas, granito desintegrado, arena, etc).....	6-10 »	6-10 »
St. Louis Southwestern..	(Roca, cascajo, arena, cenizas)	12 »	13 »

Por supuesto que el espesor del lastre varía con la naturaleza del terreno, intensidad del tráfico, etc., siendo, por lo tanto, una cuestión local.

No hablaremos aquí de los otros materiales usados como lastre, porque son bien conocidos por los ferrocarriles chilenos.

Considero de gran importancia los siguientes datos prácticos, recojidos en mi trabajo en el Departamento de la Conservación de la Vía, en el ferrocarril Pennsylvania, en lo relativo a la cuestión lastre.

1) Durmientes en lastre de rocas chancada duran en servicio un año más que en lastre de cascajo.

2) Durmientes en lastre de cascajo, duran un año más que en lastre de escoria.

3) Durmientes usados en lastre de cascajo, duran dos años más que los usados en lastre de cenizas.

4) La vida de durmientes al natural, en lastre de cenizas, es de 4 a 5 años, en cascajo de 6 a 7 años, dependiendo del tonelaje que pasa sobre ellos.

## DRENAJE

El más importante acontecimiento de la conservación económica de la vía, el correcto drenaje de las líneas y de la calzada.

El peor enemigo de la calzada es el agua, y lo más distante que esta se pueda tener o lo más pronto que se pueda retirar de la calzada y de los durmientes, constituirá la mejor protección de la vía.

Siendo el drenaje de la línea efectuado por el lastre y la corona de la calzada, se comprende que se debe prestar especial atención a la calidad del lastre usado y a la pendiente lateral que se le debe dar a la calzada, como también al estado de conservación de las acequias laterales y drenes, si existieran.

La práctica usada por los ferrocarriles chilenos de cubrir los durmientes completamente con el lastre, es una mala práctica que, además de no permitir una cuidadosa inspección de los durmientes, conserva a éstos en un estado de humedad permanente, lo que acelera la putrefacción.

Por otra parte constituye un derroche innecesario de dinero, por el aumento de cubicación del lastre, costo de obra de mano, etc. Con la introducción en los ferrocarriles del Estado, del «Block System», aparecerá otro inconveniente por esta práctica, cual es la de remover todo el lastre que cubre los durmientes, hasta una profundidad de una pulgada, bajo la cara superior del durmiente, para evitar los cortos circuitos, al usar los rieles como conductores.

En todos los Congresos Ferroviarios, reunidos en Europa y América, se ha aconsejado desechar esta práctica por perniciosa. Lo propio han hecho los ferrocarriles americanos, hace muchos años, por razones análogas.

A este respecto, conviene hacer notar que la variación de temperatura en el Este, alcanza a más de 100 grados Fahrenheit.

## ESPECIFICACIONES PARA INSPECCION Y RENOVACION DE DURMIENTES

El estudio de la cuestión inspección y renovación de durmientes, nos demuestran que estas deben hacerse siguiendo ciertas regulaciones, que introduzcan una economía en los trabajos de conservación.

Como información se adjuntan las especificaciones usadas por la mayoría de los Ferrocarriles americanos en esta clase de trabajos.

### RECORD DE LOS DURMIENTES EN SERVICIO

Cuando los durmientes eran abundantes y baratos, no existía gran necesidad de llevar records de la vida y servicio de los durmientes. Pero las condiciones han cambiado. El alto costo del material y obra de mano, etc., y el futuro uso de durmientes preservados, hace necesaria la implantación de un sistema uniforme de llevar estos records para obtener de ellos las informaciones que permitan estudiar con cierta claridad esta materia, por demás importante. La verdadera dificultad está en la imposibilidad de obtener datos exactos de los jefes de cuadrillas, hombres que están a cargo directamente de los durmientes en servicio. Las informaciones que los ferrocarriles americanos persiguen son las siguientes: 1) Extensión de la división. 2) Longitud de toda la línea principal. 3) Promedio de durmientes por milla. 4) Promedio de durmientes renovados por milla. 5) Porcentaje de renovaciones. 6) Número total de durmientes renovados. 7) Clase de madera usada. 8) Número de cada clase renovado. 9) Costo de los nuevos durmientes en la uña. 10) Variación de temperatura y cantidad de agua lluvias. 11) Fecha cuando los dur-

mientes fueron colocados y removidos. 12) Porcentaje de líneas en curva, del total de línea principal. 13) Porcentaje de línea principal con planchas de asiento. 14) Clase de lastre y porcentaje de cada uno. 15) Peso del riel. 16) Porcentaje de durmientes preservados. 17) Preservativo usado. 18) Cantidad inyectada por unidad de volumen. 19) Promedio del costo de un durmiente preservado, en el punto de distribución. 20) Promedio del costo de un durmiente al natural, en el punto de distribución. 21) Promedio de la vida de durmientes preservados. 22) Promedio de vida de durmientes al natural. 23) Costo total de renovaciones por milla de línea. 24) Tonelaje bruto sobre la línea por año. 25) Peso máximo de las locomotoras. 26) Número de durmientes renovados en líneas laterales. 27) Porcentaje de durmientes renovados, en líneas laterales. 28) Número de durmientes usados en la línea principal, colocados en líneas laterales.

### SUBSTITUCION DE LOS DURMIENTES DE MADERA

Todos los durmientes hasta el presente diseñados para substituir los durmientes de madera, se pueden clasificar en:

- a) *Compuestos*, en que las partes esenciales de ellos son compuestas de dos o más materiales.
- b) *Concreto*, en que la parte esencial de ellos es el concreto pleno o concreto armado.
- c) *Acero*, en que la parte esencial de ellos es el acero.

Los durmientes de substitución deben su existencia como resultado de la creciente dificultad de obtener y del creciente costo de los durmientes de madera.

Con una o dos excepciones, todos los durmientes de substitución están en un estado de experimentación en los ferrocarriles americanos.

Sin embargo, el durmiente de substitución es una consideración muy importante en las construcciones modernas de la vía.

Los ferrocarriles americanos principiaron la experiencia con durmientes de acero en 1900. Un ingeniero francés, Vautherin, inventó en 1868 un durmiente de acero; desde entonces éstos se han usado en Alemania en un número creciente, hasta que en 1914 un 40% del kilometraje total era soportado por durmientes de acero. Al mismo tiempo de haber sido usados en Alemania, los durmientes de acero han tenido una aceptación extensiva en Holanda, Francia, Bélgica, Suiza, India, Méjico y varios otros países de Sud América y Africa.

El éxito de los durmientes de substitución depende de los siguientes puntos:

1. Costo del durmiente.
2. Poder del durmiente para resistir las fuerzas destructivas del tráfico, las cuales tienden a quebrar el durmiente en dos, golpearlo y moverlo fuera de línea.
3. Carácter de las amarras del riel, etc.

El fracaso del mayor número de durmientes de concreto ha resultado de no satisfacer la segunda condición, mientras los durmientes de acero y compuestos han fallado por el no cumplimiento de las condiciones 2 y 3,

### DURMIENTES DE ACERO

Los manufactureros de durmientes de acero reclaman las siguientes ventajas de los durmientes de acero sobre los de madera:

- a) Vida más larga.
- b) Reducción del desgaste del riel.
- c) Reducción de obra de mano en la conservación.
- d) Hacen una línea superior, debido a las pocas alteraciones introducidas por renovaciones, una trocha más permanente, una amarra del riel al durmiente más firme, y que la eficiencia del durmiente para sostener la línea es un 100% más durante toda la vida del durmiente.
- e) Una última economía en el material rodante, en reparaciones y trabajos de conservación.

Pero la mayoría de los durmientes de esta clase, experimentados, no han justificado estas ventajas.

Sin embargo los durmientes de acero han logrado quedarse en servicio, y el desarrollo de un diseño más eficiente es cuestión de tiempo.

Ningún diseño puede ser utilizado en todas las condiciones: para un tráfico intenso se requiere una sección fuerte; para un tráfico liviano, una sección correspondiente, etc.

Para satisfacer estas condiciones, The Carnegie Steel Co. está manufacturando durmientes de diferentes pesos.

Algunos ferrocarriles americanos, considerando los durmientes de acero muy costosos, para usos ordinarios, los están usando exclusivamente para renovación de durmientes de cambio y cruzamientos, donde ellos ofrecen marcadas ventajas en permanencia de la trocha y una mínima alteración de las conexiones de agujas y enclavamiento.

Muchos de los durmientes probados han sido muy sonoros, debido a las partes de acero que trabajan sueltas. La experiencia de otros ferrocarriles ha probado que durmientes de acero, en lastre de roca chancada, dan mejor resultado cuando las partículas de piedras son menores que las que forman el lastre usado con durmiente de madera.

#### DURMIENTES DE ACERO CARNEGIE

Es el único durmiente de sustitución usado en gran número en los ferrocarriles americanos y que ha pasado la época de experimentación. Aunque a este diseño se le han hecho un número de cambios de tiempo en tiempo, desde su primer introducción en 1900.

El primer durmiente laminado fué una «U» invertida. En 1900 el ferrocarril Bessemer y Lake Erie instaló 750 de éstos, pesando cada uno 199 libras. Los durmientes actualmente en uso, son de sección doble «T», el primero fué laminado en 1904. Estos durmientes pesaban 20 libras por pie lineal, la sección fué una doble «T» as métrica, en que la base era dos veces el ancho de la cara superior, esta sección es conocida con el nombre de M-21.

Por detalles y dimensiones generales de todas las secciones manufacturada por la Carnegie Steel Co.,—Sobre 1 000 000 de estos durmientes están en servicio en el ferrocarril Bessemer y Lake Erie, y en 1914, 87% de la doble vía entre North Bessemer y Conneaut Harbor, una distancia de 141 millas, fué tendida con estos durmientes. Pero en algunos casos la sección M-21, probó ser demasiado liviana, lo que resultó en la quebradura del alma del durmiente, bajo el riel. En la actualidad también se lamina un durmiente más fuerte, que pesa 27,75 libras por

pié lineal, cuya ección es conocida con el nombre de M-28. La cuestión del espaciamiento de los durmientes de acero, es muy importante; una línea del más reciente grado de práctica standard, requiere 20 durmientes por riel de 33 pies de longitud.

El método de prolongar la vida de los durmientes de acero se ha obtenido sumergiéndolos en un baño de alquitrán de carbón caliente, después que el durmiente haya sido calentado a 500 grados Fahrenheit.

Bajo condiciones normales, la vida de los durmientes de acero se ha estimado de 15 a 20 años, cuando es colocado en lastre. En concreto es indestructible.

Otros durmientes de acero, en uso en líneas de experimentación en algunos ferrocarriles americanos, son: Universal Steel, Baird, Boughton, Coffman, Hanson, Kimball, Maxey Morgan, McCune, Rohm, etc. Muchos de estos durmientes han resultado un fracaso, mientras que otros han dado mediocres resultados. Los durmientes Morgan, son laminados de durmientes viejos, y tienen una sección muy similar a los durmientes Carnegie.

En México se ha usado con bastante éxito el durmiente de acero tipo Post, inventado por Mr. Post, de los ferrocarriles del Estado de los Países Bajos. La vida de éstos en servicio, se dice que ha sido de 25 a 35 años.

Su peso es alrededor de 125 libras por durmiente. La experiencia con éstos durmientes ha demostrado que ellos no guardan alineamiento ni superficie tan bien como los de madera.

En Suiza los durmientes de acero usados en túneles, se han oxidado, en forma de ser renovados de la línea a los 8 y 10 años.

En la India, en el North Western R. R., los durmientes de acero perdieron un 41% de su peso original en 4 años de servicio.

Durmientes de acero en otro ferrocarril de la India, están todavía en servicio después de 16 años. En los ferrocarriles del Estado de los Países Bajos, el 70% del total de durmientes Post, estaban en servicio a los 13½ años de haber sido colocados en la vía.

Algunos ferrocarriles americanos usan con mucha ventaja los durmientes de acero en ciertos lugares de la vía, como ser Estaciones de Agua, en donde los durmientes de madera se empapan en agua, resultando una putrefacción temprana, en hoyos ceniceros o en otros lugares donde las locomotoras pavan por largo tiempo, cayendo cenizas calientes en la línea, lo que resulta en quemaduras de los durmientes de maderas.

#### DURMIENTES COMPUESTOS

El tipo general de esta clase de durmientes, es un casco de acero lleno con cemento o concreto asfáltico.

Los representantes principales de este tipo son: durmientes Atwood, Buhner, Champión o Nacional, Internacional, Jennings, Mechlin, Simplex y Snyder, etc. Todos ellos están en la época experimental.

El más importante de éstos es el durmiente Snyder. Más de 5 000 durmientes Snyder, hay en servicio, 150 en el ferrocarril Cornwall y Lebanon, 2 600 en el patio de Midvale Steel Co., y 2 566 en líneas del ferrocarril Pennsylvania. El durmiente consiste en un casco de 516 de pulgada, de espesor, 7 pulgadas de ancho y 6 de profundidad, con la base abierta. El casco se llena con una mezcla de asfalto y piedras

chancadas, bajo presión hidráulica. Cada durmiente pesa de 600 a 700 libras. Se han usado en tráfico bajo pequeñas velocidades.

El durmiente Jennings consiste en un casco de acero, relleno con madera bajo cada riel. No se pone relleno en la parte media del durmiente. Varios de éstos fueron colocados en las líneas del Baltimore y Ohio, en 1906, pero en 1908 fueron removidos por considerarse insuficientes para la línea principal.

En Francia, se han hecho muy prolijos experimentos con durmientes de composición, por el Ingeniero francés G. Cuenot, por encargo del Ministro de Trabajos Públicos. El durmiente experimentado era una viga de madera, protegida por una coraza de acero, siendo la unión de estos dos elementos tan íntima, que uno viene en ayuda del otro para resistir las fuerzas a las cuales estos elementos están sometidos como una entidad.

### DURMIENTES DE CONCRETO ARMADO

Como se ha visto, la renovación de durmientes es causada por la putrefacción y desgaste mecánico por el riel y clavos.

La tendencia presente del uso de durmientes preservados, planchas de asiento, clavos de rosca y otros dispositivos más, llegará a ser en los años venideros. Estas mejoras triplicarán o cuadruplicarán la vida de los durmientes, y es en competencia con tales durmientes que un durmiente de concreto armado debe hacerse.

A este respecto, debe tenerse en cuenta que un tal durmiente no puede llamarse con éxito hasta que no haya resistido satisfactoriamente los efectos de un tráfico de primera clase, por un término de años mayor al servicio obtenido con los durmientes preservados, haciendo una línea suave, rígida y fácil de ser recorrida, ser manufacturado, puesto en la vía, y conservado a un costo razonable.

Una de las condiciones del uso del concreto en la fabricación de durmientes, es que las características del material no estén en conflicto con el uso que se intenta darle, y esto parece ser el punto principal de la cuestión. En otras palabras, ¿será posible para un material comparativamente elástico, si es usado con armaduras transversales, resistir los choques de los trenes, y en caso de proveerse de suficiente material para éstos, se obtendrá una línea conveniente y será fácil mantenerla?

Suponiendo que un durmiente de concreto cumpla con estos requerimientos, todavía queda la siguiente pregunta: ¿Cómo pueden ser establecidos rápidamente los méritos de un diseño dado?

Los ferrocarriles necesitan pruebas en servicio, más que argumentos, desde que es costoso y muy peligroso instalar en la Vía durmientes de concreto de un diseño cuyos méritos no se hayan probado plenamente.

En muchos casos, los durmientes han sido hechos defectuosamente, lo que ha resultado un fracaso total, mientras que otros diseños han ignorado las lecciones deducidas de los primeros fracasos.

Los durmientes de madera pueden ser juzgados por inspecciones superficiales al ser instalados en la vía, pudiendo desecharse los dudosos.

Esto no se puede hacer con los durmientes de concreto, pues ellos dependen exclusivamente de la inspección original.

También se debe recordar que la madera muestra señales antes de fallar, mientras que el concreto puede no exhibir ningún signo importante, antes de producir una mala quebradura en la línea.

Del estudio de numerosos fracasos y sus causas, se deduce la necesidad de una cuidadosa manufactura e inspección.

Un material rodante en perfecto estado, corriendo por una línea rígida, elimina la mayor parte de las objeciones a los durmientes de concreto; pero desde que ambos el material rodante y las líneas están muy lejos de ser perfectas, es necesario considerar los elementos envueltos.

La cantidad de elasticidad requerida por la línea, es una cuestión que todavía no está determinada prácticamente y depende del diseño y conservación del material rodante. El uso de locomotoras desequilibradas y carros con ruedas defectuosas corriendo a grandes velocidades, requiere una línea diseñada y mantenida para permitir cierta flexibilidad; pero probablemente estos defectos se eliminarían por sí solos con la construcción de una línea suficientemente maciza.

Con durmientes de madera y particularmente con rieles livianos o lastre pobre, se nota una pequeña hendidura del durmiente bajo las cargas dinámicas. En el caso de líneas flexionadas en el centro, el durmiente actúa como una viga cantilever, con el apoyo en el centro.

Suponiendo que el material rodante no sea mejorado grandemente, que el lastre y riel no puedan dar un apoyo uniformemente elástico, y que los durmientes largos se curven al centro, es esencial que un durmiente largo, de concreto armado, se comporte como una viga cantilever y resista los choques, quede en posición longitudinal mantenido de tal manera, que la deformación vertical de un riel, no sea en exceso comparada con la del otro riel, causando una sobrecargadura del equipo.

Considerable dificultad se ha experimentado en mantener las amarras, principalmente debido a la putrefacción, pero en parte debido a la vibración del movimiento, que tiende a soltar el durmiente del riel. Ambos elementos y en adición, la fácil renovación de rieles a causa del desgaste y amarras quebradas, deben ser consideradas.

Putrefacción y deterioración en los durmientes de concreto, serán un mínimo; pero, si se usan bloques de asiento, deben ser renovados de tiempo en tiempo, lo mismo que los rieles, y las amarras deben ser de tal naturaleza de no soltarse y no ser inaccesibles. En el caso de durmientes de maderas es una cuestión comparativamente fácil la renovación de durmientes y rieles, como también amarras quebradas por descarrilamientos, etc., un acontecimiento nunca presente, en el caso de los durmientes de concreto, hasta la fecha diseñados.

Los carros al desrielarse tienen la tendencia de destruir los durmientes y cortar las amarras por considerable distancia; si el durmiente mismo no es el dañado, son las amarras, lo que trae como consecuencia la falla de muchos durmientes y, por consiguiente, su renovación.

Desde que en el «Block System» los rieles son usados como conductores, es posible que se produzcan cortos circuitos a través de la armadura del concreto, lo que hace necesario, por consiguiente, poner suficiente concreto entre el metal en contacto con el durmiente y la armadura.

Además de las corrientes para señales, los requerimientos de la tracción eléctrica producen corrientes inducidas en la armadura del durmiente, que en presencia de la humedad absorbida causan acciones electrolíticas.

Alguna absorción se puede esperar con concreto no muy impermeable, lo que hace necesario el establecimiento de un espesor mínimo de concreto que rodea las armaduras.

Aparentemente la cuestión de la elevación de la línea introduce algunas dificultades, cuya importancia depende del diseño de los durmientes y del carácter de la calzada. Las consideraciones precedentes, se aplican más especialmente a las líneas principales, y es posible que los durmientes de concreto, inadecuados para este servicio, encuentren un uso muy particular en desvíos y patios. Los desvíos y patios no están sujetos a grandes velocidades, tan dañosas a los durmientes, además la calzada es más uniforme. En algunas situaciones el uso de los durmientes de concreto tendrá una marcada ventaja sobre los de madera y acero, especialmente donde la línea esté expuesta al fuego, en climas muy húmedos y en donde los de madera sean atacados por insectos; también en curvas muy pronunciadas, pues permiten menos separación de los rieles,

Volviendo a la cuestión de costo, es evidente que la cantidad de madera para maderas obtenible y el incremento de vida dada a ésta por métodos modernos de protección y preservación, determinarán el precio para el cual los durmientes de concreto armado sean comercialmente posibles. La cantidad de madera existente, es ciertamente una cuestión incierta, si se supone que el consumo presente del país se mantenga por un número de años, que la plantación de árboles para durmientes no se generalice en Chile, como ha pasado en Francia, Alemania, etc., y que los métodos preservativos y protectivos, como también la mejora de las amarras presentes, no reciban pronto una aplicación general, entonces el precio de los durmientes seguirá en rápido aumento.

El uso general del acero y concreto reduce el porcentaje de estructuras de madera; pero el aumento de las construcciones totales, debido al natural desarrollo del país y el creciente uso de las maderas en artes, etc., prevendrán una disminución del consumo.

Algún alivio se puede obtener con la expansión de una actitud más inteligente hacia los bosques, en el sentido de la replantación.

El único método aparente de alguna proporción por el cual se puede reducir el costo de los durmientes de madera, parece ser el establecimiento de un sistema de plantaciones, para crecer una nueva reserva de durmientes durante la vida de un durmiente completamente protegido, que puede ser de 20 a 30 años.

Muchos diseños de durmientes de concreto armado, radicalmente diferentes, han sido patentados. Los siguientes tipos de esta clase de durmientes han sido experimentados hasta cierto límite:

Affex, Alfred, Bates, Brukner, Chenoweth, Corell, Keifer, Kimbal y Percival. Algunos de éstos han sido un fracaso, mientras otros prometen buenos resultados. La mayoría de los anteriormente nombrados son muy pesados y difíciles de manejar; pero cuando ellos están en la línea, su peso los ayuda a conservar el alineamiento.

El durmiente de concreto, Percival, consiste en un block de concreto armado, con la parte media de sección triangular y en los extremos sección rectangular. Los rieles descansan en planchas de madera, de 2 pulgadas de espesor, las cuales son sujetas a los durmientes por clavos de rosca. El durmiente es armado con barras de  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$  de pulgada, colocadas en las esquinas. En 1906 el ferrocarril Florida East Coast, instaló 16 durmientes de este tipo. En 1914 estaban en la línea dando buen servicio.

## DURMIENTE CORELL

Este durmiente es extremadamente sencillo en su construcción. Consiste en dos bloques de concreto armado, de una manera especial. Los bloques son de 10 pulgadas de ancho por 36 de largo y 8 de espesor.

Los dos bloques son conectados por dos barras de fierro.

En el centro de cada block se hace un sacado de 12 pulgadas de largo, por 4 pulgadas de ancho, en la parte superior. El sacado va reduciéndose hacia el fondo, hasta formar un rectángulo de 3 a 3½ pulgadas, por 11 pulgadas de largo. Esos sacados se rellenan con bloques de madera de las mismas dimensiones, a los cuales va clavado el riel. Los bloques de madera sobresalen una pulgada de la superficie del concreto, formando así una línea tan elástica como si fuera construída con durmientes de madera. El espacio abierto entre los dos bloques de concreto, permite al durmiente una mayor flexibilidad dejando la rigidez donde más se necesita. Estos durmientes todavía aunque están en los comienzos de la experimentación, prometen buenos resultados. En algunos ferrocarriles del Oeste, cerca de San Francisco, se han probado en líneas bastante ocupadas y en algunos patios de tráfico muy intenso. Hasta aquí han dado buen resultado. Las siguientes son las ventajas principales reclamadas por su autor, sobre los demás durmientes de su clase diseñados y de los de madera.

1. La vida de este durmiente será de 5 a 7 veces mayor que la de los durmientes de madera.

2. El centro abierto de este durmiente da rigidez donde es necesaria y elasticidad donde se requiere. Firma una línea más suave, lo que reduce el desgaste del material rodante.

3. Los gastos de conservación son reducidos de un 25%, por un mejor aliniamiento, relleno, estable y la eliminación del flexionamiento al centro.

4. Los bloques de madera retienen el clavo, lo mismo que las maderas más duras y todavía éstos se pueden renovar.

5. El durmiente puede ser tendido entre durmientes de madera.

6. No requieren amarras complicadas y costosas para el riel.

7. Ambas clases de clavos pueden usarse: clavos comunes o de rosca.

8. Las dos barras que conectan los bloques de concreto, no forman parte de la armadura de éstos, ni tienen ninguna relación entre sí.

9. El durmiente es simple en diseño, fácil de hacer, comparativamente bajo en precio y eficiente.

10. No existen conexiones metálicas entre el durmiente y el riel. Los bloques de madera son aisladores.

11. La colocación de estos durmientes en la vía no requiere el uso de herramientas especiales.

12. El durmiente no es atacado por el fuego ni por la putrefacción.

Como se ve, éstas son muy buenas razones; pero es necesario esperar el resultado de pruebas en servicio antes de aceptar las ventajas ofrecidas. Conviene hacer notar aquí que muchos de los manufactureros de durmientes de concreto armado han parado su construcción durante la guerra, debido a los altos precios del cemento y acero.

## OPINIONES DE VARIOS FERROCARRILES AMERICANOS SOBRE EL USO DE DURMIENTES DE SUBSTITUCION

Atchiton, Topeka y Santa Fé R. R.—(M. C. Blanchard, Ingeniero Jefe, Oct. 1917).—Durmientes de acero Universal.—Colocados en el patio de Chicago, en Mayo de 1911, donde están todavía, con la excepción del cambio de aislador de fibra. Se ha observado considerable corrosión, pero no para hacer el durmiente inservible.

Bressmer y Lake Erie R. R.—(H. T. Poster, Ingeniero Jefe, Dic. 1917).—Durmientes Carnegie. Han dado excelentes resultados; se están usando con rieles de 130 libras, sección Pennsylvania System, en 7 millas de líneas, con nuevos dispositivos para amarras.

Cleveland, Cincinnati, Chicago y St. Louis R. R.—(C. A. Paquette, Ingeniero Jefe. 1917).—Carnegie. Como se ha informado anteriormente, nosotros tenemos una milla de línea tendida con estos durmientes, al este de Greensburg, Indiana. Uno de éstos fué removido de la línea, a causa de fallas en el ala superior del durmiente, bajo el riel, el cual se quebró. Los durmientes fueron puestos en la vía en 1906. Uno de los durmientes renovados pesó 174½ libras, siendo el peso original de 179 libras, lo que significa una pérdida de peso debido a la corrosión de 2½ libras en 11 años de servicios.

Elgin Joliet y Eastern R. R.—(A. Montzheimer, Ingeniero Jefe. 1917).—Carnegie. «Este es un durmiente ideal para nuestro objeto, y hasta aquí no han causado ningún inconveniente.

Conservan la línea en buena condición, guardando alineación y superficie, requieren muy poca atención.

*Durmiente Bates.*—Estos durmientes están todavía en buena condición, aparentemente lo mismo que cuando fueron colocados. Estos durmientes han estado en servicio durante 5 años; fueron instalados en 1912. La armadura de acero que hace la conexión entre los dos bloques de concreto armado, parece dar a la línea la misma cantidad de elasticidad, como si fueran durmientes de madera y creo que ésta es una gran ventaja.

Erie R. R.—*Percival.*—Hasta aquí han dado entera satisfacción, en lo concerniente al desgaste mecánico, están en servicio once años.

New York Central R. R.—(G. W. Kittredge, Ingeniero Jefe. Agosto, 1917).—*Carnegie.*—Los durmientes de acero, sobre los cuales hemos informado anteriormente fueron puestos en servicio en lugares donde las locomotoras limpian sus fuegos, sobre líneas existentes, donde los durmientes de madera serían destruidos por el fuego. Este es el único lugar donde los durmientes de acero están ahora en uso, y para este objeto dan comparativamente buen servicio.

Northern Pacific R. R.—(L. Yager, Ingeniero Jefe. 1917).—*Carnegie y Universal.*—No hemos extendido el uso de durmientes de acero Carnegie y Universal más allá de los usados en 1916. El objeto del uso de estos durmientes fué el de prevenir la destrucción de los durmientes de maderas, por cenizas calientes de las locomotoras en las estaciones de agua, carboneras, etc.

Duluth y Iron Range R. R.—*Carnegie.*—En 1905 se colocaron en la vía 2 000 durmientes de acero Carnegie; ellos están todavía en servicio dando muy buenos resultados.

Duluth, Missabe y Northern R. R.—*Carnegie.*—Este ferrocarril ha instalado

22 400 durmientes, en 1908 y 1909, los cuales están dando excelentes resultados.

Pennsylvania R. R. Lines West of Pittsburg.—*Champion*.—En Mayo de 1917 se renovaron 203 durmientes *champion*, de la vía después de 3 años 5 meses de servicio. En un gran número de durmientes, el concreto se disgregó por falta de unión con la armadura, saliéndose por los extremos del durmiente.

El resultado fué que el durmiente no fué bien calculado, no dejando nada para el ensanchamiento del concreto.

*Riegler*.—En Mayo de 1908 se instalaron 15 de estos durmientes de acero, encontrándose al presente en buena condición.

La experiencia ha demostrado que éstos son buenos durmientes, cumpliendo con todos los requerimientos. La única objeción es su costo. Es probable que éstos durmientes; serían muy económicos usados en túneles u otros lugares donde el costo de conservación sea alto.

*Kimbal*.—No eficientes en servicio.

Pennsylvania R. R. Lines East of Pittsburg.—(G. W. Coughlin, Engineer M. W. Sep. 1917).—*Standard Steel Tie*.—De 500 instalados en 1905, en la División de Philadelphia, muchos de ellos se quebraron. Hay 100 durmientes de roble a la mano para renovaciones.

*Snyder*.—900 de estos durmientes de composición fueron instalados en 1905, en la División de Philadelphia, y fueron removidos del servicio en 1917, a causa de desintegración del relleno.

*Carnegie*.—De 2 780 en servicio, 160 fueron removidos en Febrero de 1917, a causa de fallas en el alma del durmiente, 10 removidos en Julio de 1917, a causa de soldaduras de los pernos. Los restantes en buena condición.

---

## CONCLUSIONES GENERALES

Tengo el honor de someter a la consideración del Primer Congreso de Ferrocarriles que se reunirá en Santiago, Chile, en el mes de Septiembre de 1920, las siguientes conclusiones encaminadas a resolver el problema de la provisión de durmientes, en los ferrocarriles chilenos y a reducir los crecidos gastos de renovación de los mismos.

1. Pedir al Gobierno el despacho de una ley que regule la explotación y replantación de bosques.
2. Uso de métodos preservativos de los durmientes, contra la putrefacción, insectos, etc.
3. Uso de otras maderas nacionales apropiadas para la confección de durmientes.
4. Uso de métodos protectivos de los durmientes contra el desgaste mecánico causado por el riel y clavo.
5. Modernización de los trabajos de la conservación de la vía.
6. Instalación de una línea de experimentación.
7. Experimentación con durmientes de acero, durmientes de composición y de concreto armado.

New York City U. S. A., Julio 4 de 1919.