
ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS

ESTUDIOS SOBRE LOS DURMIENTES METALICOS



PROGRAMA.—I. Introduccion.—II. Material de construccion.—Fundicion, hierro o acero.—III. Perfil del durmiente.—Uniones del riel con el durmiente.—IV. Descripcion i crítica de los principales perfiles i uniones.—V. Conservacion de la via, etc. ensayos.—VI. Consideraciones económicas.—VII. Conclusiones de los congresos de ferrocarriles.

OBRAS CONSULTADAS.—Anales de trabajos públicos de Francia.—The Engineering and mining Journal.—Opúsculos varios.—Actas de los congresos de ferrocarriles de Bruselas i Milan.

Santiago, Julio 1.º de 1889

D. V. SANTA MARIA

I

INTRODUCCION

No entraré a hacer la historia de los durmientes metálicos, ni a recordar todos los sistemas ensayados, ni las diversas facetas de su fabricacion, enumerando asi las diversas causas del mal éxito de muchos de los sistemas primitivos que han sido usados en Holanda, Bélgica i Alemania; exceptuando el Egipto i las Indias, donde los durmientes metálicos, por causas climáticas, se han impuesto desde el primer momento.

Si el pasado de los durmientes metálicos no ha sido feliz, el presente, en muchas partes, se puede considerar como en via de ensayo, cuyos resultados van siendo mas i mas felices i sus condiciones económicas mas i mas aceptables; de modo que el porvenir les queda abierto i es permitido esperar bien pronto un éxito mas o menos completo de las vías metálicas. Este dia estará tanto mas cercano para cada pais, cuanto mas escasas i costosas sean las maderas, que hasta ahora, sirven para abastecer las necesidades de la conservacion de las líneas existentes i contruccion de las líneas nuevas.

Antes de entrar a examinar sumariamente los diversos sistemas mas recomendados de vias metálicas, voi a recordar aquí, el objeto del durmiente i su comportamiento en las vias ferras, en vista de los esfuerzos que los solicitan constantemente.—El durmiente debe servir de punto de apoyo al riel i es el intermediario, para transmitir al suelo, las presiones de las locomotoras, carros, etc., que circulan en la via i que pasan sobre los rieles. Hai pues, que examinar desde luego, el sistema de union del riel con el durmiente, i despues, las acciones que se producen en el contacto de los durmientes con el suelo.

Se comprende facilmente que, para que la via se conserve en buen estado i que no ocasione sino un mínimun de gastos de manencion, es necesario que sus condiciones de estabilidad sean perfectamente atendidas; es decir, que los esfuerzos ejercidos por el riel contra el durmiente, los órganos que los unen, no den lugar al desarrollo de fuerzas moleculares que sobrepasen los límites de la elasticidad que caracteriza las materias que se emplean. Es preciso tambien, que las acciones que se orijnan en el contacto del durmiente con el lastre, no den lugar a presiones extremas que este material no pueda soportar, o bien que ocasionen la dislocacion de los elementos que lo componen.

Si las presiones soportadas por los rieles, son de tal naturaleza que se producen esfuerzos que sobrepasan los límites de la elasticidad de la materia, en el contacto del riel con el durmiente se producen deformaciones por causa del servicio forzado; se provocan los vencimientos de las luercas que aferran las eclisas contra los rieles, se saltan los clavos que unen los rieles con los

durmientes; se tritura i se destruye el lastre i se producen naturalmente dislocaciones de los elementos. Es necesario entónces, que constantemente los agentes de la via, corrijan, enderecen i levanten los durmientes, para volverlos a colocar en su posicion primitiva de alineacion i nivel: en una palabra, efectuar una serie de trabajos odiosos i que afectan de una manera mui sensible a los gastos de conservacion i explotacion de la línea, por cuanto el rodar deja de ser suave i el material de transporte experimenta choques que provocan un desgaste i deterioro extraordinario.

Conocido i fijado el rol que desempeñan los durmientes en las vias férreas, podemos decir, cualquiera que sea el sistema que se adopte, es preciso, antes de emplearlo, en la línea tal o cual, determinar tan exactamente como sea posible los esfuerzos que los elementos del durmiente i del lastre deben resistir; i del conocimiento de estos esfuerzos deducir las dimensiones de sus diferentes partes.

De modo que, las dimensiones i resultados de ensayos practicados con durmientes metálicos en Holanda, Alemania, Béljica etc, i que apuntaremos mas adelante, no son absolutas i no las podriamos aplicar indistintamente a nuestras líneas férreas, que tienen jeneralmente perfiles mas accidentados que las líneas europeas; para hacer una aplicacion de estos sistemas entre nosotros, necesitaríamos estudiar en detalle las dimensiones de los durmientes que convendria ensayar. Mas adelante, tendré ocasion de dar a conocer un tipo que fué estudiado para nuestra línea de Santiago a Valparaiso, teniendo presente que el radio mínimo de sus curvas es de 180 metros; que su gradiente máxima es de 2.5% aun en las curvas i dentro de los túneles i que el peso de las locomotoras remolcadoras del Tabon es de 80 toneladas.

Cuando una via está bien calculada para los esfuerzos que debe recibir del material rodante, los trabajos de conservacion, son la consecuencia del contacto del durmiénte con el lastre; i estos son los que se prestan para realizar en ellos sensibles economías i por este mismo motivo, los estudiaremos con algun detalle. Si se observa el movimiento ondulatorio del riel bajo el rodar de las locomotoras i vagones, se constata: que los durmientes colocados a uno i otro lado del que soporta el eje mas pesado de una loco-

motora fuertemente cargada i con gran velocidad, sufren esfuerzos de solevantamientos tales, que es casi imposible impedirlos por completo. Estos esfuerzos son tanto mayores, cuanto la velocidad de los trenes que trafican por la via sea mas considerable, i ellos tienen por efecto, no solo levantar los durmientes verticalmente, sino que tambien los empujan mas o ménos a ambos lados del plano de la via, a derecha o izquierda, segun los movimientos laterales del convoi, i segun los resbalamientos de las ruedas que obran mas o ménos violentamente en un sentido o en otro. Los ejes que siguen del que ha provocado el solevantamiento de los durmientes, los comprimen de una manera violenta sobre el lastre, i se producen entónces, en los contactos de estos últimos con el plan que sirve de suelo, esfuerzos tanto mas perturbadores, cuanto que la altura del solevantamiento i las dislocaciones laterales han sido mas considerables. En estos casos, las presiones de los durmientes contra el lastre, llegan a veces a los límites de la elasticidad, los cuales en una via bien construida i bien lastreada no deben ir mas allá.

No se puede entónces disminuir los gastos de conservacion, si el nuevo tipo de durmientes no consulta disposiciones convenientes para disminuir los solevantamientos i reducir las presiones que se ejercen en los contactos con el riel i del durmiente con el lastre; i seria lo único que justificaria la sustitucion de un tipo de durmientes por otro mas costoso, en caso de duracion comparable. Por otra parte, no se pueden disminuir los esfuerzos que ejerce el riel contra los durmientes i piezas de union, en una línea dada i con material rodante fijo, si no se cambia el tipo del riel; i para impedir el solevantamiento de los durmientes o se aumenta la fuerza que se opone a ellos, que es el peso de las mismas piezas, o bien, se buscan disposiciones convenientes que hagan solidario el mayor cubo posible de lastre. Las fuerzas, de dislocacion no se disminuyen sino aumentando en cuanto es posible las superficies de contacto, procurando así fuertes frotamientos; sin embargo, hai que estudiar los elementos del durmiente para que, este aumento de superficie de contacto con el lastre, no comprometa sus condiciones de resistencia i no impida el fácil rameo de la via, dejando siempre espedito el escurrimiento de las aguas de lluvia.

Como se ve, para estudiar un tipo de durmiente, que mas pueda convenir a una línea dada, segun su tráfico, lastre, material rodante, tipo de riel, etc., se presenta un problema mui complejo que resolver; pero, cuando se trata de sustituir un tipo ya existente i mas o ménos probado, cuyos resultados se conocen, el problema, si bien es siempre complejo, presenta por lo ménos un punto mui fijo i determinado que tiene que servir de base, cual es el gasto de conservacion i mantencion de la via, que en ningun caso debe aumentar, i la estabilidad de la misma que no debe disminuir. En una palabra, no debe desmejorar lo existente con la sustitucion de un tipo de durmiente por otro.

Los cálculos que orijinan estas clases de operaciones son siempre complejos; pero, concretando los puntos de estudio i limitándose al exámen crítico de los diferentes tipos de durmientes metálicos, con los cuales se quiere reemplazar los durmientes actuales de madera, las operaciones son siempre mas fáciles, puesto que *se reducen a buscar las relaciones entre las resistencias al solevantamiento* presentadas por dos tipos i determinar las presiones que ellos orijinan sobre el suelo, asegurándose si los elementos que componen el durmiente propuesto, han sido estudiados para resistir a las fuerzas de deformacion a que van a ser sometidos.

Mr. Constamin, sin indicar reglas ni cifras, cree poder establecer que con la via con riel Viñola, en caso de durmientes de madera, es necesario que estos presenten una superficie de apoyo sobre el lastre, por lo ménos de 0.25 de ancho, para las líneas traficadas por trenes rápidos. De modo que, si tomamos esta cifra como normal, para las líneas de 1 m. 50 de trocha, para que un nuevo sistema de durmiente, sea metálico o nó, pueda útilmente reemplazar a la madera, en las vias normales europeas, es necesario que presente, en igualdad de duracion, desde luego una superficie de apoyo útil mayor que la del durmiente de madera, sin llegar por esto a un precio de costo excesivo.

A causa de esta importancia que se ha dado al peso de la via, independientemente de su rijidez, la compañía del Estado Neerlandesa i del Estado Belga, han hecho esperiencias para determinar los pesos de los durmientes de madera de encina, i han

llegado a los resultados siguientes:—1.º Los durmientes nuevos de encina tienen diferentes pesos reales, llegando esta diferencia hasta el 42%: los mas pesados fueron de 72 kilogramos i los mas livianos de 45 kilogramos, es decir, 5 kilogramos ménos que los durmientes de acero de 50 kilogramos que se colocaron desde hace algunos años.—2.º Entre los durmientes antiguos, que aun sirven, pero ya al fin de su duracion se han constatado diferencias de 32%, variando su peso de 52 a 35 kilogramos.—3.º El peso del durmiente de madera disminuye sensiblemente con la edad, pierde su parte blanda, se reduce considerablemente su ancho, o sea la base de la via, de manera que pierden mas de un 23% de su peso, siendo el término medio de 59 kilogramos por durmiente nuevo i 45 el de los viejos. Estas simples cifras bastan, segun Mr. Past, para demostrar la debilidad del fundamento de la teoria que atribuye gran influencia al peso de los durmientes. El secreto de un buen durmiente, para Mr. Past, no está en su peso, pero sí en la forma apropiada i en una rijidez suficiente de perfil, debiendo componerse de una materia que no se debilite, con una base de apoyo i largo suficientes. De esperiencias hechas por Mr. Kuepper, ingeniero de la via de Sant Gothard, por medio de un aparato ingenioso para medir la flexion de los durmientes, al pasaje de los vehículos, ensayando perfiles diferentes, demuestra la influencia importante del largo del durmiente. Sin embargo, la esperiencia, tambien demuestra, que una via con durmientes de madera exige mayor conservacion a partir del segundo año de colocados los durmientes, por cuanto estos van disminuyendo en su peso, puesto que en este tiempo aun no se hace sentir la falta de decadencia de la madera por efecto de la podredumbre: de modo que, si bien la influencia del peso no será el único factor de un buen durmiente, el cual debe encontrarse debidamente combinado con un perfil adecuado i ríjido; pero, no se puede aseverar, tampoco, que sea indiferente para la estabilidad de la via.

Los durmientes de roble que se emplean en nuestras líneas del Estado en actual explotacion, miden 2 m. 75 de largo i tienen 0.25 x 0.15 de escuadra; por consiguiente, si se quieren sustituir por cualquier sistema de via metálica, para que la línea no desmejore en cuanto a su apoyo, seria necesario que ellos tuviesen

una superficie de contacto útil mayor que $2.75 \times 0.25 = 0.6875$ metros cuadrados. El volumen de estos durmientes es de $2.75 \times 0.25 \times 0.15 = 0.103125$ metros cúbicos; i como en la práctica raras veces se consiguen grandes partidas de verdadero roble pellin, que es mas denso que el agua, i ya se han jeneralizado mucho los durmientes de rauli i otras especies de maderas mas livianas que el pellin de roble, supondremos simplemente una densidad de 850 kilogramos por metro cúbico, previniendo que el ciprés que se usa constantemente en toda la línea de Santiago a Valparaiso, i en muchos otros puntos de la línea, tiene por densidad 640 a 670 kilogramos por metro cúbico: podemos, por consiguiente, decir que el término medio del peso de un durmiente es de 87.65 kilogramos. La escuadria de estos durmientes es de $0.25 \times 0.15 = 0.0375$ metros cuadrados, i como el lastre segun los perfiles debe tener en la corona de la formacion un ancho de 3 m. 25 por lo ménos, es decir, 0.50 a ambos lados de las cabezas de los durmientes, el prisma de lastre que se opone a los movimientos laterales, a mas de los frotamientos de la superficie de contacto del durmiente, tiene un volumen de 0.01875 metros cúbicos. Como el lastre comunmente usado entre nosotros es el cascajo, le podemos suponer una densidad de 1370 kilogramos por metro cúbico, de modo que el prisma anterior representa una resistencia de 25.69 kilogramos.

Los durmientes que se exigen para las líneas nuevas miden 2 m. 75 de largo con una escuadra de 0.25×0.125 ; es decir que presentan una superficie de apoyo de $2.75 \times 0.25 = 0.6875$ metros cuadrados, como el anterior, pero su volumen es solo de 0 m. c. c. 0.859375 metros cúbicos, i su peso medio puede estimarse en 73 kilogramos. Los durmientes que se exigen para las líneas de un metro de trocha miden 1 m. 80 de largo i tienen 0.20×0.125 de escuadra, de modo que el ancho de la base de apoyo es solo de 0.20 i su superficie de contacto con el lastre de $1.8 \times 0.20 = 0.360$ metros cuadrados, pudiendo calcularse su peso medio en 38.25 kilogramos.

Tales son, por consiguiente, para nosotros, los puntos de partida para las comparaciones con los sistemas metálicos que quie-

ran reemplazar nuestros durmientes de madera que se emplean en nuestras líneas férreas,

Mui pocos durmientes llenan las condiciones necesarias para igualar la estabilidad de las líneas de trocha normal; por esto se explica que, hasta ahora, el uso del durmiente metálico no se generaliza en los climas i países donde las maderas son relativamente baratas i su duracion no es despreciable i puede ser atendida i aun duplicada con procedimientos de inyecciones de creosota u otras sustancias adecuadas. En los países cálidos, o donde las maderas se conservan difícilmente, es donde realmente las vías metálicas han prestado verdaderos servicios i son irremplazables.

Sin embargo, sucede muchas veces, que no es por causa de podredumbre de las maderas que, los ajentes de la vía, tienen que reemplazar los durmientes, sino que la continua renovacion de los clavos que unen los rieles con los durmientes concluyen, como pasa jeneralmente entre nosotros, por rasgarlos e imposibilitarlos. A causa del fuerte movimiento lateral i de las desnivelaciones correspondientes a las líneas mal lastreadas, como las nuestras, los clavos aflojan constantemente i concluyen por ovalar los agujeros de los durmientes o por rasgarlos, i este, se imposibilita al cabo de dos a tres años, no por que esté podrido, sino por que ya no hai donde volver a clavar convenientemente el riel. Éste defecto, se salva completamente ahora con la *vía metálica*, i es una de las ventajas reales del sistema, puesto que puede representar fuertes economías en los gastos de conservacion de la vía.

Para evitar este inconveniente tan serio en las vías de madera, i que los durmientes queden inútiles aunque sanos, por las continuas clavaduras i reclavaduras de la vía, i contrarestan tambien los solevantamientos, que son la causa de este mal, sobre todo en vías mal lastreadas, se ha tocado a veces el recurso de anmentar la seccion del riel; medida que ha sido tomada, actualmente, por algunas líneas de gran tráfico donde están usando el riel llamado Goliat de 50 kilogramos de peso por metro corrido. El remedio es bastante costoso i su eficacia si no se lastrea bien la línea i se pone en perfectas condiciones para no desnive-

larse, es dudosa. Por poca flexion que dé el riel, siempre que los apoyos falten, o descansen mal sobre el suelo, habrá desarrollo de esfuerzos mas que suficientes para levantar un tanto los clavos i tener que ser repasados constantemente por los hombres encargados de la conservacion. Asi es que, la práctica no ha sancionado aun, ni ha puesto bien de manifiesto, las ventajas de los rieles pesados sino con líneas bien construidas i bien niveladas; i en tales casos, los rieles de peso normal han funcionado i funcionan, aun con trenes cuyas velocidades alcanzan a 90 kilómetros por hora, sin que les falte la estabilidad para un buen servicio.

Otra medida que se ha tomado para contrarestar este mal, es aumentar la altura de la seccion del riel, sin aumentar su peso: se aumenta así su momento de inercia i por consiguiente su resistencia a la flexion, procurando así que las desnivelaciones de la vía o la falta de lastre, sean menos sensibles i produzcan menos sollevamientos en los durmientes. Con las vías de madera este remedio es peligroso, por cuanto aumentando la altura del riel, se aumentan los esfuerzos que se transmiten a los clavos, etc. para evitar volcamientos i vencer las acciones laterales; por otra parte, esta manera de proceder disminuye la rigidez del riel en el sentido transversal quedando mas espuesto a las deformaciones por causa de los choques continuos con los rebordes de las ruedas. Por estos motivos, con las vías de madera, no se toca este recurso, i en la práctica se hace preferible aumentar el número de durmientes por kilómetro de vía, es decir disminuir el tramo, para disminuir los esfuerzos de flexion, i no aumentar la altura de la seccion del riel.

Con las vías metálicas se hace mas fácil tocar este recurso se puede sin disputa aumentar un tanto la altura del riel sin aumentar su peso, por cuanto son mas firmes las uniones de los rieles con los durmientes, y por cuanto se puede contrarestar, la falta de rijidez transversal del mismo riel, estudiando de una manera conveniente su perfil; es decir que, para la vía metálica, este problema no se resuelve aumentando el número de durmientes por kilómetro, sino buscando una relacion conveniente entre el tráfico de la línea, peso de las locomotoras que exige la explota-

cion, combinada con una seccion de riel estudiada para satisfacer convenientemente a estas necesidades.

Se ve pues, por lo espuesto anteriormente, que hai consideraciones jenerales que abogan en pró de las vías metálicas, i que si ellas no han hecho un camino fácil, hasta ahora, ha sido, en primer lugar por su costo i despues por las dificultades de tener perfiles adecuados; pero, dados los progresos de la metalurjia que han subsanado en su mayor parte estas dificultades, los ensayos de vías metálicas se repiten con mayores frecuencias, i sus resultados satisfactorios hacen que no se pueda dudar que dicho sistema tiene abierto su porvenir.

Los solos puntos de las líneas donde no deben ponerse durmientes metálicos, desde el primer momento, son aquellos donde hai terrenos movedizos i pantanosos: felizmente, estos casos son raros i en trechos cortos en una línea. En esos lugares, la vía se hunde constantemente, y por consiguiente deben levantarse los durmientes con suma frecuencia a su altura primitiva, operaciones siempre mas costosas con las vías metálicas que con las vías de madera. La conservacion de estas partes de la vía es menos costosa con durmientes de madera, por su forma i no presentar perfiles que dejen huecos que rellenar constantemente cada vez que se levante el durmiente. Por consiguiente, un durmiente metálico, de perfil distinto al del durmiente de madera, no debe ponerse en estos lugares, sino despues de la consolidacion perfecta de la infra-estructura de la vía.

II

MATERIAL DE CONSTRUCCION.—FUNDICION, HIERRO I ACERO

El poco éxito obtenido al principio con las aplicaciones de los durmientes metálicos, fué debido, en gran parte, al material empleado en su fabricacion. Sin disputa, la fundicion no es el metal adecuado para un uso semejante: quebradiza por naturaleza, i prestándose poco para obtener perfiles mas o ménos complicados, sin que sus espesores sean excesivos, i por consiguiente sus pesos i costo exajerados, este metal, no era posible que encon-

trara un campo de aplicacion en la fabricacion de los durmientes metálicos.

El hierro, prestándose fácilmente a la laminacion, con un costo relativamente bajo, fué naturalmente desde el principio el metal escogido para las aplicaciones prácticas de las vías metálicas; sin embargo, no se podian tomar con él, perfiles muy complicados, por cuanto las soldaduras de los paquetes quedaban mal hechas, i al poco tiempo de uso, los durmientes de hierro sufriendo las trepidaciones constantes de la vía, eran esfoliados i maltratados. Estos hechos, hicieron fracasar mas de un ensayo, i retardaron considerablemente el desarrollo de las vías metálicas, las que solo principiaron a vencer estas resistencias cuando la mayor parte de las dificultades de la laminacion fueron subsanadas por los progresos de los procedimientos metalúrgicos.

Ultimamente, el acero, metal compacto i homogéneo, que se funde con facilidad i se deja laminar en mejores condiciones que el hierro, sin estar espuesto a esfoliaciones, es naturalmente, el metal escogido para las vías metálicas, i con tanto mayor razon cuanto que su precio se reduce cada dia mas i mas.

No seria posible, tal vez, o por lo menos seria muy costoso obtener, con el hierro, en estos casos, un buen material, haciendo pasar por los laminadores las diferentes capas de paquetes, las cuales quedarian mas o menos soldadas i no presentarian la homogeneidad necesaria que es la que se consigue con el acero.

Se puede pues casi asegurar, que el mal éxito obtenido anteriormente con perfiles de alguna complicacion como los Wauthering, ha sido debido, sobre todo, a su mala calidad, que no igualaba, ni con mucho, a los que producen las forjas actuales.

Desde el extremo de los durmientes metálicos, los procedimientos de fabricacion i elaboracion han hecho progresos enormes. El método de *laminador con perfil variable*, es decir a calibre periódico, aplicado por la industria a diversos productos, ha permitido, en muchas ocasiones, economizar la materia en gran escala. Una de las mas importantes aplicaciones de este principio, ha sido la de los durmientes metálicos. Este procedimiento, que permite alejar o aproximar los cilindros, permite que un

mismo tren de laminadores pueda fabricar durmientes de diferentes espesores.

El acero, colocado como durmiente, no se amohosa mas que los rieles. Pocas compañías usan precauciones especiales, para prevenirse contra la oxidacion del metal, como por ejemplo la galvanizacion, el alquitran, el minio, etc., por cuanto se ha notado que la oxidacion es insignificante. En los durmientes colocados en las líneas de gran tráfico, despues de veinte años de servicio, la disminucion de su peso no ha sido mas de un cuatro por ciento.

Dados estos antecedentes, se ve que el acero fundido, i homogéneo, será el material escojido para la laminacion de los durmientes metálicos de la actualidad i del porvenir.

Mr. Bricka, en su informe al Ministerio de Trabajos Público de Francia, sobre los durmientes metálicos, dando cuentas de los inconvenientes del uso del hierro martillado, empleado casi esclusivamente en los durmientes metálicos hasta 1878, dice lo siguiente: «Los esfuerzos transversales, producidos por el pasaje de los trenes ejercen sobre los durmientes, en los puntos de reunion con los rieles, una compresion enérgica cuando las fibras vecinas no soportan ningun esfuerzo directo; la despegadura, bajo estos choques sucesivos, de fibras paralelas es casi inevitable con el hierro mediocre,» i es a esta causa que debe atribuirse la facilidad con la cual los durmientes metálicos se han rasgado en los ensayos hechos en Béljica i Francia, cuando los hierros no eran de buena calidad.

El acero dulce, jeneralmente empleado ahora, da excelentes resultados. Las condiciones de resistencia impuestas comunmente a este metal son las siguientes: Resistencia a la *traccion* 45 kilogramos con 15 por ciento de estiramiento mínimo a 35 por ciento de encojimiento de la seccion mínima. La maleabilidad i ductibilidad de este metal es tal que puede doblarse en frio, i en casos de desrriamientos, los durmientes se desforman sin romperse: en fin, este metal resiste bien la oxidacion, como lo hemos dicho, i su precio es sensiblemente igual al del hierro.

III

PERFIT DEL DURMIENTE—UNIONES DE LOS RIELES CON LOS
DURMIENTES

Como lo hemos dicho, el perfil del durmiente debe ser perfectamente calculado con relacion a los esfuerzos que tiene que soportar para impedir sus deformaciones; i su forma debe ser tal que dé, a la vez, una *gran resistencia a la flexion, con un peso moderado, procurando la mayor base horizontal posible i disposiciones adecuadas para impedir los resbalamientos laterales.*

Determinada la seccion del durmiente, teniendo presente el material rodante de la via, los accidentes del perfil longitudinal, queda siempre por estudiar el nudo gordiano de las vias metálicas: *el sistema de amarra del riel con el durmiente.*

Siendo estos puntos de vital importancia, puesto que de ellos depende la estabilidad de la via, haremos, aunque sumariamente, la reseña de los esfuerzos que deben tenerse presentes para el cálculo i determinacion de las secciones transversales de estas piezas.

Si la capa de lastre sobre la cual reposa el durmiente, se mantuviera inamovible i no fuera constantemente chancada i triturada por la accion del paso de los trenes, un durmiente perfectamente rameado, i que presente una superficie de apoyo sobre el suelo, suficientemente grande, para no ejercer sobre él presiones excesivas, no deberia trabajar, sino a la compresion i servir de cojinete o intermediario para repartir sobre el lastre las presiones que orijinan las fuerzas P. P. (fig. 1) del rodar del material sobre la via. En este caso, la aplicacion de las fórmulas mas elementales darian las dimensiones mas convenientes para resistir a estos esfuerzos, i para contrarestar tambien, debidamente, las fuerzas horizontales Q. Q. ocasionadas por los movimientos laterales del material rodante, i desarrollo de reacciones, etc., que ocasionan las curvas, debidas a la fuerza centrífuga i condiciones de construccion del equipo de las líneas férreas, que obligan a

mantener las ruedas fijas invariablemente a los ejes. Pero, en realidad, estas circunstancias no se presentan, sino excepcionalmente en una vía; i lo comun es que, la capa central del lastre $a b c d e$, se solidifique mas que los prismas $f f$ de los extremos. De modo que existe siempre, mas o menos, la tendencia de doblarse el durmiente, al rededor del punto central c . Esta tendencia será tanto mas acentuada, i las fuerzas $P P$ que actuan teniendo sus puntos de aplicacion en los descansos de los rieles, hacen sentir mas o menos su accion, segun el estado de la línea; para el cálculo, conviene tomar como base, las situaciones extremas que puedan producirse, i en el caso actual, se encontraria representada por una viga solicitada, como lo muestra la fig. 3, apoyada en su punto central c , debiendo resistir a dos fuerzas equidistantes i de igual intensidad $P P$; por consiguiente, para el cálculo se pueden considerar las dos mitades del durmiente co i cp como encontradas en el punto c i libres en los extremos c i p , con las fuerzas $P P$ aplicadas en los puntos m i n , siendo las distancias cm i cn iguales a la mitad de la trocha de la vía. Se comprende fácilmente ahora que, teniendo presente los gastos de conservacion, nunca serán demasiados, los cuidados i vijilancia que ejerza el personal de la vía para impedir que se produzca este fenómeno, i el durmiente quede espuesto a los esfuerzos extremos que se han considerado en la fig. 3, i que para evitar esto, lleguen muchas veces a procurar efectos contrarios rameando fuertemente los durmientes en los puntos $s s$ en cierto trecho debajo de los rieles (fig. 4) dejando enteramente suelta la parte central c , lo que tambien es criticable por cuanto provoca la deformacion de los durmientes como lo manifiesta la fig. 5; deformacion tan peligrosa i que fatiga tanto el material, como la anterior. Los durmientes de madera, en estos casos, se quebran constantemente en los puntos m i n , debajo de los rieles. Si se quisiera tener presente en los cálculos estas circunstancias, tendríamos que considerar los durmientes (fig. 5) como piezas apoyadas en sus extremos p i o sometidas a la accion de las fuerzas $P P$, cuyos puntos de aplicacion se encuentran equidistantes del centro c , siendo la distancia cm i cn iguales a la mitad de la trocha de la vía.

Para determinar la intensidad de las fuerzas P , P' , etc. (fig. 4) que actúan sobre los rieles i los durmientes, hai que considerar la distancia a que se encuentran colocados los durmientes de centro a centro (fig. 6) i el peso que gravita sobre los ejes del material rodante: pero, para tomar en cuenta en los cálculos, los desperfectos de la vía, se supone que falle el apoyo del lastre, durmiente por medio, así es que si los durmientes se encuentran espaciados de 0.90 de centro a centro, se consideran para el cálculo de los rieles sus uniones i de los durmientes como si se encontrasen colocados de 1.8 de centro a centro.

Las fuerzas laterales que se desarrollan se calculan tambien de una manera mas o ménos precisa, aplicando las fórmulas de las fuerzas centrífugas, conociendo el radio de las curvas i la velocidad de los trenes. Hai que tener presente tambien el empuje del viento sobre los vehículos, el cual se determina conociendo la superficie herida por el viento i su velocidad. Los esfuerzos debidos a los movimientos laterales son difíciles de calcular, por cuanto ellos dependen de una serie de circunstancias muy variables: despues de examinar los resultados de varias esperiencias, se ha considerado que pueden ser evaluados de una manera conveniente por medio de una fórmula empírica que dice, que el esfuerzo lateral es igual a $0.15q$, llamando q el peso de los trenes que circulan en la vía.

Determinados los esfuerzos que actúan sobre el durmiente, se procede a estudiar el perfil que satisfaga las exigencias del tráfico; porque, como lo hemos dicho antes, la mayor parte de las dificultades que se han presentado hasta la fecha, en las vías metálicas, han sido debidas a defectuosas construcciones de perfiles inadecuados para las exigencias del tráfico; pero, ahora hai la seguridad que un perfil bien estudiado, se puede elaborar convenientemente, dando perfectas garantías sin que se necesite un lastre especial para la colocacion de estos durmientes.

Los primeros durmientes metálicos pecaban por su debilidad, porque se preocupaban, erróneamente, de darles un peso tal, que su precio de costo no excediese del de los durmientes de madera. De esta debilidad resultaron numerosos inconvenientes en las explotaciones, i por eso muchas compañías abandonaron los dur-

mientes metálicos despues de sus primeros ensayos; pero otras, estudiando sus defectos, los remediaron aumentando la seccion, i algunas de ellas cayeron en el extremo contrario, exajerando el peso, i llegaron a colocar en la via durmientes de 75 kilógramos, cuando los primitivos solo pesaban 25 o 30 kilógramos.

El uso de laminadores pudiendo dar *perfiles variables*, es decir a calibres periódicos, aplicado últimamente, ha permitido una economia en gran escala de la materia, permitiendo que salgan de los laminadores durmientes metálicos provistos de la inclinacion de $1/20$ en las superficies de apoyos i de un refuerzo en la lámina del tablero, en este mismo punto, condensando así la materia donde ella debe encontrarse. Esta innovacion ha dado por resultado, como lo veremos al describir algunos tipos de los durmientes usados, una economia notable en el peso de los durmientes, que varía en un 10 a un 20% , segun el perfil, i ademas, evita toda complicacion de sillas de inclinacion. Este procedimiento no disminuye, de ninguna manera, la resistencia del metal, lo que no sucedia con los antiguos procedimientos empleados, para obtener, sin sillas, las inclinaciones de $1/20$, como eran, por ejemplo, las inflecciones por medio de golpes, etc.

En todas partes, donde los accidentes del terreno impiden los trazados cómodos i fáciles, se encuentran curvas mas o ménos cerradas, o de corto radio, i en tales circunstancias, cuando se usan durmientes metálicos con perfiles mal estudiados, la experiencia ha demostrado que hai una tendencia mui marcada a correrse la via; es decir que el esfuerzo horizontal que desarrolla el paso de un tren, en un momento dado contra el riel exterior, no se encuentra debidamente contrarrestado, e impele la via a moverse lateralmente resbalando sobre el lecho del camino.

Estos resbalamientos laterales, no ocurren jamas con los durmientes de madera, siempre que la capa de lastre se encuentre bien conservada i con su ancho correspondiente. El rozamiento que se desarrolla en el contacto de la madera con las piedrecillas del lastre, las cuales, por causa de las presiones, provocan hendiduras i se incrustan mas o ménos en la superficie de apoyo del durmiente poniéndolo áspero, son jeneralmente suficientes, por sí solas, para contrarrestar las acciones laterales. I en una línea

bien tendida, hai a mas de esto, el prisma de lastre que se encuentra frente a las cabezas de los durmientes que se opone tambien a estos resbalamientos.

Es preciso, entonces, tener mui presentes estos hechos al hacer el estudio de los perfiles de los durmientes metálicos para un caso dado, i combinarlo de tal manera que no exija un lastre especial i que, sin embargo, tenga la adherencia necesaria con la cama de la via, para provocar rozamientos suficientemente fuertes: hacer que los extremos de los durmientes presenten combinaciones i disposiciones adecuadas para procurar las mismas ventajas que los durmientes de madera que se quieren reemplazar, es decir que arrastren consigo el mayor prisma de lastre posible, cuando se trate de resbalamientos transversales.

Hai tambien que tener mui presente, al hacer el estudio de un perfil de durmiente metálico, la clase de suelo que sirve de cama a la via, para segun eso, ver cuál debe ser el mínimun de la superficie de apoyo necesario para no transmitir presiones indebidas; si este mínimun conduce a dimensiones exajeradas, hai que procurar aumentar el número de durmientes por kilómetro corrido de via, sin que por esto sea permitido acercar los durmientes indefinidamente, por cuanto, mas allá de cierto mínimun, el rameo de la línea seria completamente defectuoso. La práctica ha demostrado, que usando en cada caso durmientes metálicos debidamente perfilados, no se necesita ni un lastre especial, ni materiales de gran dureza para ramearlos convenientemente i mantener en buen estado los niveles de la via, procurando una fácil salida a las aguas de lluvia.

Hasta aquí solo hemos hablado de las vias metálicas sobre durmientes, dejando completamente a un lado las vias establecidas sobre largueros. A este respecto, Mr. Bricka, en su informe ya citado, hace presente que este sistema se habia desarrollado durante algunos años en Alemania; pero ahora se ha abandonado por cuanto se han convencido que las ventajas que se obtienen con ellas son mas teóricas que reales. Así la economia que se pensaba obtener con los largueros, en razon de la disminucion del largo de los soportes, por metro corrido de via, se encuentra compensada, por la necesidad de multiplicar las amarras para mante-

ner la trocha. Es sumamente difícil, con largueros, mantener la trocha de una manera regular, como se hace con los durmientes; a mas de eso, las salidas de las aguas de lluvia es casi imposible de realizar prácticamente i económicamente.

El defecto de solidariedad entre los dos largueros, constituye un peligro de desriamiento; i por otra parte, para reemplazar un larguero, o su colocacion en las curvas, son operaciones largas, difíciles i costosas. «Estos inconvenientes, dice Mr. Bricka, son ahora reconocidos de una manera jeneral» i esplican el abandono de este sistema, i agrega mas adelante: «La via sobre durmientes es el solo sistema de vias metálicas que ha soportado con éxito una esperiencia prolongada. Se puede ahora considerar este éxito como completo, i la sustitucion del metal a la madera depende en realidad de la relacion de sus precios.»

Durante mucho tiempo fué causa de desprestijio de las vias metálicas la defectuosa union que se procuraba entre los durmientes i el riel. A estas uniones no se les ha criticado falta de solidez, por cuanto basta calcular convenientemente sus dimensiones para estar a salvo de semejante reproche; pero sí por ser molestas i engañosas de modo que no se prestan para un servicio cómodo i económico de atencion i conservacion. Sin embargo, apesar de estos inconvenientes, no se ha podido ménos que reconocer que bajo el punto de vista de seguridad de la via, no hai comparacion entre las uniones que procuran los durmientes metálicos con las que se consiguen por medio de los clavos o tornillos con los durmientes de madera. Esta consideracion ha sido tomada tan en cuenta por los ingenieros que se han ocupado de las vias metálicas, que, como ya lo hemos dicho, no ha habido inconveniente para pensar en estos casos en aumentar el alto de la seccion del riel, sin aumentar su peso por metro corrido.

La objecion mas seria hecha contra las uniones de los durmientes de hierro o acero, es el contacto metálico que existe entre el riel i el durmiente. Por mui perfecta que sea esta union entre el riel i las piezas que procuran su alianzamiento, la mas pequeña fraccion de contraccion o expansion desigual entre las diversas

piezas de metal, debidas a los cambios de temperatura, deja a los rieles cierto juego que les permite vibrar, i de ahí producirse cristalizaciones perjudiciales i que comprometen la solidez del metal i un ruido tan fuerte que se hace casi imposible que un pasajero pueda conversar con otro.

La tendencia jeneral, ahora, es tratar de evitar el contacto metálico entre los durmientes i los rieles, i para ello se intercalan trozos de madera interpuestos entre los rieles i el durmiente, solucion que ha sido mui usada últimamente. Todos los que se han ocupado de esta cuestion están mas o ménos de acuerdo en dar importancia al hecho de quitar el contacto metálico entre el riel i el durmiente; sin embargo, la grave subjecion de introducir trozos de madera, ha hecho que se estudie con esmero una buena union metálica, i no hai que dudar que se llegará a una solucion completamente satisfactoria i a hacer desaparecer, si no del todo, por lo ménos de una manera práctica, las objeciones que se hacen a este respecto. Como lo veremos al estudiar los diversos tipos, los progresos hechos constantemente, hacen creer que esta solucion no se encuentre mui lejana.

Otra de las dificultades que se presentan para las uniones metálicas, es que hai que combinar sistemas o juegos de piezas, mas o ménos ingeniosas para atender a las exigencias de la via, es decir, la inclinacion de $1/20$ con que son colocados los rieles, las alzas convenientes en las curvas; sobre todo, las disposiciones necesarias para atender, en estos puntos, al ensanche conveniente de la trocha, exceso que, como se sabe, varía con el radio de curvatura. Muchos i mui variados sistemas se han imaginado; pero solo en estos últimos años se ha llegado a soluciones convenientes i fáciles, que no exigen un número complicado de piezas conjuntamente con disposiciones cómodas para que los agentes de la via puedan atender al ensanche, etc., sin recurrir a piezas especiales.

Dada las disposiciones de estas piezas, es casi imposible estudiarlas de una manera jeneral i como ya hemos analizado los esfuerzos que las solicitan, i a los cuales tienen que resistir, veremos sus disposiciones de detalle al describir los diferentes tipos mas usados.

Mr. Bricka, dice a este respecto, en su informe ya citado al Ministerio Frances de Trabajos Públicos lo siguiente: «Lo que se puede considerar como cierto es que el problema de las uniones está resuelto desde hace algun tiempo, i que con los diversos sistemas que vamos a indicar, se puede obtener una solidaridad perfecta del riel con el durmiente, los que se mantienen a la pasada de los trenes como si formaran una sola pieza.»

Resumiendo tenemos: que para que un perfil de durmiente metálico sea satisfactorio se necesitan los requisitos siguientes:

1.º Que sus dimensiones sean debidamente calculadas con relacion a los esfuerzos que tienen que soportar, repartiendo la materia de una manera conveniente para no exajerar su peso.

2.º La superficie de contacto con el lastre debe ser suficiente, para que no exija un material especial, trasmitiendo al suelo cargas proporcionales a su naturaleza.

3.º La forma del perfil debe ser tal, que permita el rameo fácil, sin exigencias de herramientas ni disposiciones especiales.

4.º La superficie de rozamiento contra el lastre i las disposiciones de sus cabeceras, deben ser tales, que impidan los resbalamientos, oponiendo una resistencia suficiente contra los movimientos laterales.

5.º Las uniones de los rieles con los durmientes deben presentar en jeneral las disposiciones siguientes: 1.º Ser bastante fuertes para resistir convenientemente los esfuerzos que tienen que soportar; 2.º Tener el menor número de piezas especiales o complicaciones, para que su manejo, al enrielar o renovar la via, no sea engorroso; i 3.º No dejar juegos entre sus piezas que puedan permitir vibraciones que deterioren el material de la via.

(Continuará).

INSTITUTO DE INGENIEROS

Conferencia sobre los durmientes metálicos usados en las líneas férreas.

