



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO.

**“MANTENIMIENTO DE VÍAS FÉRREAS EN LÍNEA NB
DE KCSM, CELAYA GUANAJUATO”**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

JOSÉ EDUARDO HERNÁNDEZ DE LA CRUZ.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN:

ING. GABRIEL RUÍZ GONZÁLEZ

Bosques de Aragón, Nezahualcóyotl, Estado de México a 06 de mayo de 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS.

A Dios principalmente por guiar mis pasos, por darme la fuerza, motivación y sabiduría para concluir una etapa tan importante, por dejarme compartirla con las personas que siempre han estado para impulsarme y ayudándome a seguir conquistando cada objetivo. Pero sobre todo por regalarme la dicha de tener una familia que alimenta mi alma de sueños, que cree en mí y por permitirles mostrarme el gran amor de Dios a través de ellos.

A mis Padres... GRACIAS INFINITAS, este logro les pertenece totalmente, porque jamás tuvieron obstáculo alguno para brindarnos lo necesario, gracias por siempre darnos el mejor ejemplo de esfuerzo, de amor infinito, pero sobre todo gracias por la confianza de dejarnos crecer en libertad para alcanzar el vuelo, sin duda el título más hermoso que pueden tener es el de ser padres, y aun así les queda corto. No cabe duda que Dios no se midió al ponerlos en nuestras vidas.

A mis Hermanos... Cada palabra, cada cariño y regaño me han convertido en la persona que soy, gracias por mostrarme el camino, por su amor, sus consejos, gracias por cuidarme en mis momentos más frágiles... Dios los bendiga siempre.

A mi Diosa del mar que me enseñó a bailar bajo la tormenta... Y cuando llegó la calma se fue, despidiéndose desde el puerto de los bellos atardeceres...

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I GENERALIDADES DE VÍAS FÉRREAS.

I.1.- INFRAESTRUCTURA DE LA VÍA FÉRREA.

I.2.- TERRACERÍAS.

I.3.- SUB-BALASTO.

I.4.- BALASTO.

I.5.- DURMIENTES.

I.6.- RIEL.

I.7.- FIJACIONES.

I.8.- GEOMETRIA DE LA VÍA.

CAPÍTULO II TIPOS DE MANTENIMIENTO A VÍAS FÉRREAS.

II.1.-FACTORES QUE OCASIONAN EL DETERIORO DE LA VÍA FÉRREA.

II.2.- ESFUERZOS EN LA VÍA.

II.2.1.- ESFUERZOS VERTICALES.

II.2.2.- ESFUERZOS LONGITUDINALES.

II.2.3.- ESFUERZOS TRANSVERSALES.

II.3.- CONSERVACIÓN DE VÍAS FÉRREAS.

II.3.1.- REHABILITACIÓN DE VÍAS FÉRREAS.

II.4.- MAQUINARIA USADA EN EL MANTENIMIENTO DE VÍAS FÉRREAS.

II.4.1.- MAQUINARIA LIGERA.

II.4.2.- MAQUINARIA PESADA.

CAPÍTULO III CASO PRÁCTICO, MANTENIMIENTO DE VÍAS FÉRREAS EN LÍNEA NB DE KANSAS CITY SOUTHERN MÉXICO (KCSM).

III.1.- SOLICITUD DE VENTANA DE TRABAJO.

III.2.- PREPARACIÓN DE LA MÁQUINA DESGUARNECEDORA.

III.3.- PREPARACIÓN DE LA VÍA.

III.4.- DESGUARNECIDO DE VÍA.

III.4.1.- PROCESO DE DESGUARNECIDO DE VÍA.

III.4.2.- USO DE GEOTEXTIL EN VÍA NB KCSM.

III.4.3.- LEVANTAMIENTO DE MEDIDAS GEOMÉTRICAS EN LA VÍA.

III.4.4.- TIRO DE BALASTO.

III.4.5.- PERFILADO Y BATEO DE VÍA.

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFÍA.

INTRODUCCIÓN.

El ferrocarril es el conjunto de dos rieles de acero, los cuales están sujetos el uno al otro a una misma distancia, colocados sobre durmientes (de madera o concreto), que a su vez es soportado por una cama de balasto. Por donde circulan equipos ferroviarios de una o más máquinas y carros acoplados entre si conformando un tren.

El sistema ferroviario es el medio de transporte más grande y de menor costo en comparación con otros medios de transporte como el terrestre carretero o el transporte aéreo, realizando la comparativa en relación a tonelada-kilometro; haciendo que este medio crezca con mayor rapidez, así como su infraestructura, modernizando y ampliando las vías férreas existentes en el país.

El presente trabajo pretende dar una muestra de la importancia del mantenimiento a las vías férreas de nuestro país ya que durante los últimos 20 años ha ido en aumento el volumen de mercancía que se transporta por este medio, después de más de cincuenta años de ir en declive, la participación del ferrocarril en el mercado de transporte terrestre, a partir de su privatización, registró una notable recuperación, al pasar del 19% en 1995, al 25% en 2010. De ahí que se deba rescatar y mantener la infraestructura de los ferrocarriles. Actualmente la empresa **Kansas City Southern México (KCSM)** tiene concesionados una gran cantidad de kilómetros de vías férreas, poco más de 4,300 kilómetros, de los más de 26 000 kilómetros totales en el país, las cuales unen al Océano Pacífico por la parte del puerto de Lázaro Cárdenas y el Golfo de México, por la parte de Tampico y Veracruz, así como el centro de México y desarrollándose hacia el noreste del país.

En 1996, **Kansas City Southern (KCS)**, junto con Transportes Marítimos Mexicanos (TMM), compraron la concesión del **Ferrocarril del Noreste** que unía al Puerto de Lázaro Cárdenas con la Ciudad de México y hacia el cruce fronterizo en Laredo pasando por Monterrey (Línea B). La empresa conjunta se llamó inicialmente Transportación Ferroviaria Mexicana (TFM) en 1998, pero en 2005 pasó a denominarse KCS de México cuando KCSL compró los intereses de TMM. KCSM ha sido el primero en tener Vías Clase 5 (hasta 145 km/h) con promedio de velocidad de 111 km/h y picos de hasta 119 km/h. Actualmente más

del 70% de sus durmientes son de concreto y desean obtener casi el 100% de vía soldada (eliminar planchuelas).

Durante el proyecto de mantenimiento a las líneas de **KCSM** y dentro de la actividad de **desguarnecido** se puede notar la importancia que estas actividades tienen para mantener la vida útil de los elementos de vía, así como la conservación de terraplenes y drenajes que intervienen dentro del trazo de la misma, así como de algunos aspectos importantes que se deben tomar en cuenta a la hora de efectuar dicho trabajo, al igual que los métodos y materiales que suelen usarse dependiendo las condiciones y necesidades del tramo.

En este trabajo se muestra el método de Desguarnecido de vía con el uso de un geotextil entre el terraplén y la cama de balasto, se describe dónde y cómo se aplica un geotextil de este tipo y en que beneficia dicho material al mantenimiento de una vía férrea.

CAPÍTULO I GENERALIDADES DE VÍAS FÉRREAS.

Las vías férreas han cobrado gran importancia con el paso de los años, desde hace más de 150 años el ferrocarril ha sido un medio masivo de transporte, tanto de pasajeros como de carga comercial, el ferrocarril conlleva una enorme derrama económica y social, además del gran patrimonio cultural que ha dejado a lo largo y ancho de nuestro país, ya que fue una herramienta fundamental durante la revolución mexicana y principal medio de transporte de la industria hasta la actualidad.

Durante todo este tiempo se han desarrollado miles de kilómetros de vías férreas, contando a su paso con túneles, puentes, estaciones y talleres, que ha servido de centro de trabajo a miles de personas, todas estas obras de infraestructura han traído incontables beneficios a la comunidad, conectando distintas localidades llevando cada vez más y mejores recursos, así como empleos.

Dentro de la construcción de una vía férrea intervienen distintos elementos que hacen que funcione de manera eficiente, principalmente se requiere de una buena terracería que ayude a transmitir las cargas y esfuerzos ocasionados por el tonelaje que es transportado por los trenes, de ahí la importancia de mantener una infraestructura totalmente eficiente, que cumpla con los parámetros de calidad de materiales y pruebas de laboratorio, como la prueba Proctor estándar para determinar el grado de compactación del material, la resistencia de los agregados gruesos al desgaste por abrasión, prueba los ángeles, expansión del suelo y valor relativo de soporte. De igual importancia son los materiales usados en el tendido de la vía, usando acero de calidad para los rieles y fijaciones, así como la selección de los durmientes adecuados a cada zona donde cruce nuestra vía, siendo estos los principales materiales con los que se trabaje durante su mantenimiento y rehabilitación, sin dejar de lado todos aquellos aparatos de vía como lo son: las agujas de cambio, las juntas mecánicas, juntas aislantes, aparatos de dilatación; y de la misma importancia que los anteriores está toda aquella señalización que ayude al correcto transitar del tren entre **vías principales** y vías secundarias como **espuelas, escapes o estaciones y patios de maniobras**.

A continuación, se definen cada una de ellas:

Vía principal: vía principal por donde se mueven trenes con previa autorización del despachador.

Espuela: vía particular dentro de la propiedad del cliente en donde se sitúan los carros para su carga o descarga.

Escape o ladero: vía férrea auxiliar conectada por ambos extremos para evitar el encuentro, permitir el paso de trenes o para almacenar equipo ferroviario.

Estación: tratándose del Servicio Público de Transporte Ferroviario de Carga, son las instalaciones donde se realiza la recepción, almacenamiento, clasificación, consolidación y despacho de bienes. Tratándose del Servicio Público de Transporte de Pasajeros, las instalaciones en donde se efectúa el ascenso y descenso de pasajeros.

Patio: un sistema de vías dentro de límites definidos por medio de las placas respectivas, destinado a la formación de trenes, almacenamiento de carros u otros fines, y sobre las cuales pueden efectuarse movimientos no autorizados por el horario ni por órdenes de tren, pero sujetos a las señales y reglas prescritas o a instrucciones especiales.



Fig.1- Patio de KCSM en Escobedo Guanajuato.

En resumen, las principales responsabilidades de una vía férrea deben ser el guiar correctamente al material rodante sobre ella evitando que estos se lleguen a descarrilar por cuestiones de deterioro de la vía, además de soportar los esfuerzos verticales, horizontales y longitudinales que le producen la circulación de los trenes cuyos pesos rondan las 30 toneladas por un furgón vacío, todos estos esfuerzos se deberán transmitir correctamente a la infraestructura de vía

(terraplén) a través de la superestructura de vía (riel, fijaciones, durmientes y balasto) todo esto para garantizar una óptima circulación de los trenes así como de una disponibilidad operativa de los mismos.

I.1.- INFRAESTRUCTURA DE LA VÍA FÉRREA.

Usualmente la sección estructural de una vía férrea estará constituida por: el Cuerpo del Terraplén, la capa Subrasante, el Sub-balasto y el Balasto, las características de un proyecto determinado pueden hacer conveniente la utilización de otras capas o la eliminación de alguna de las enumeradas. El terreno natural juega un papel importante en el comportamiento general, por lo que se considera parte de la sección estructural de apoyo de la vía.

El terreno natural se puede definir como la franja de terreno afectada por la construcción del camino y su función es soportar las cargas transmitidas por las terracerías.

A su vez el cuerpo del terraplén será usado en partes donde se necesite dar altura y al mismo tiempo sirve para alojar las obras de drenaje.

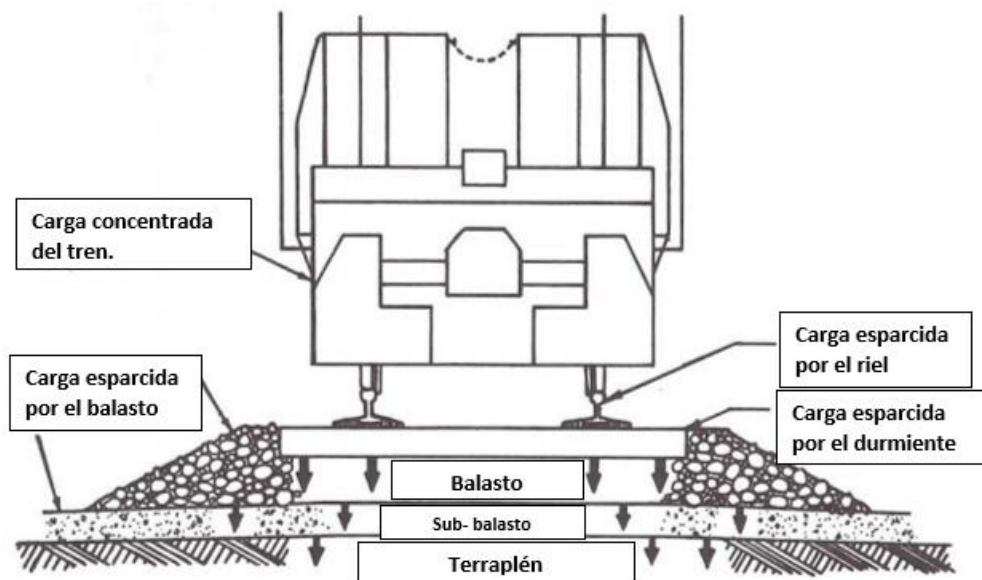


Fig.2- Transferencia de cargas en estructura de vía férrea.

El terraplén cumple con la función primordial de soportar los esfuerzos transmitidos por el paso del tren a través de los elementos de vía instalados en la parte superior, este deberá estar debidamente compactado para evitar las deformaciones y por ende evitar mantenimientos costosos o inhabilitar la vía,

además de contar con un bombeo adecuado para facilitar la salida de agua y evitar encharcamientos que debiliten al cuerpo del terraplén.

El volumen de tránsito y las cargas que se mueven sobre la red ferroviaria, llevan a dividirla en tres tipos de vías férreas, de tal manera que se puedan utilizar los materiales térreos en una forma donde la calidad de estos va a variar en forma gradual (se proponen tres calidades de material), dependiendo de la importancia de la vía dentro de la red.

Desde el punto de vista de utilización de materiales para la sección estructural de Vías Férreas, se define la obra por ejecutar según tres tipos de Vías:

1) Vías Férreas Tipo I: Son las vías férreas que soportarán el paso de cargas superiores a los 30 millones de toneladas netas/año. Serán incluidas aquí las vías electrificadas.

2) Vías Férreas Tipo II Son las vías férreas que soportarán el paso de cargas entre 10 millones y 30 millones de toneladas netas/año.

3) Vías Férreas Tipo III Son las vías férreas que soportarán el paso de cargas inferiores a los 10 millones de toneladas netas/año.

La utilización de materiales según los tres tipos de vías anteriormente descritas, hacen necesario matizar la calidad de los materiales de acuerdo a tres tipos de calidad definidos (en orden decreciente) como:

- Calidad Deseable (óptima)
- Calidad Adecuada (intermedia)
- Calidad Tolerable (mínima aconsejable).

I.2.- TERRACERÍAS.

En una vía férrea al igual que en los pavimentos se considera que las capas inferiores de la sección estructural son irreparables dentro de un esquema económico razonable, cuando en esas capas hay graves deficiencias, no quedan otras alternativas que la rehabilitación total, o encarar una conservación prohibitiva.

Las capas subrasante y sub-balasto son necesarias como liga entre una terracería de buen comportamiento y el sistema de balasto y riel. Resultaría antieconómico e inconveniente desde el punto de vista estructural, exigir una terracería de tan alta calidad como para poder estar en contacto directo con el sistema de balasto y riel.

La plataforma o cuerpo de terraplén debe estar conformada por capas de suelos bien compactadas y de óptima calidad, la subrasante y/o plano de formación debe poder soportar las cargas que le transmite el balasto.

El plano de formación debe tener inclinación suficiente entre 3 a 4 cm por metro para facilitar el escurrimiento del agua de lluvia.

El comportamiento de la plataforma no siempre está asegurado, pueden producirse asentamientos y deformaciones que por lo general son causadas por mala calidad del suelo y compactación deficiente.

Los materiales usados para conformar el cuerpo del terraplén deberán tener ciertas características como una granulometría que vaya entre el 80% < 76mm y 95% < 200mm, una compactación con prueba proctor estándar al 95% \pm 2% con un espesor adecuado de 100 cm o mayor.

Mientras que para las capas de sub-balasto y balasto los espesores se definen en el siguiente esquema. Aclarando que cada una de las capas necesita especificaciones distintas acerca de las propiedades de los materiales usados en ellas.

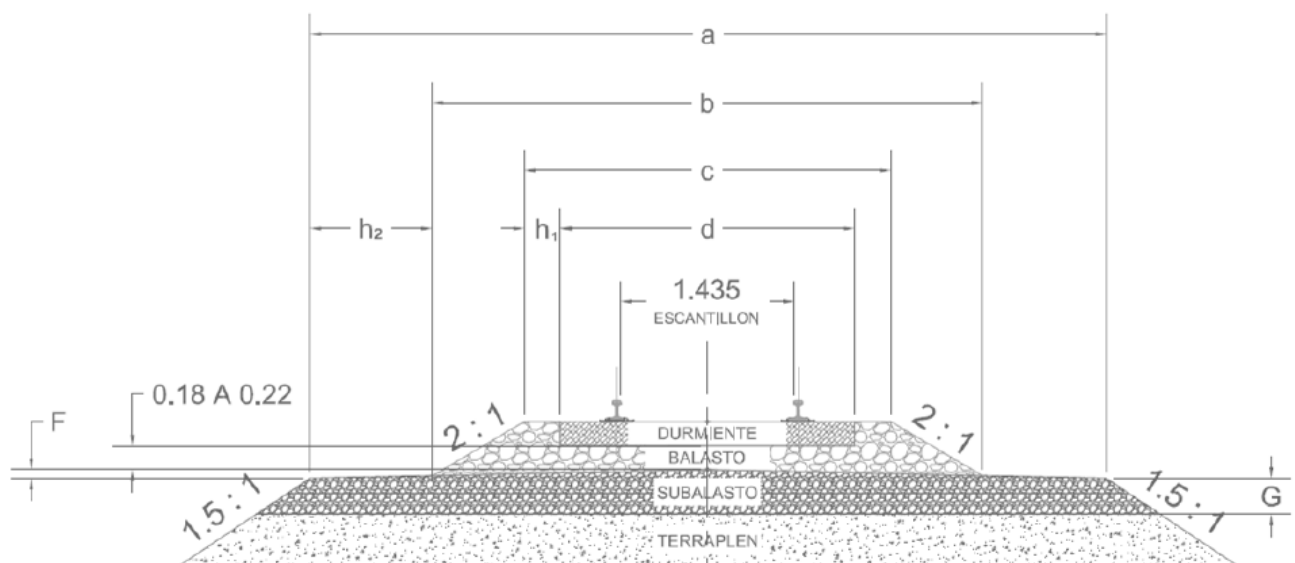


Fig. 3 – Sección transversal de una vía.

Letra para localización	Parámetros	Dimensión mínima
a	Ancho de corona del terraplén	660 cm
b	Base sección del balasto	456 cm
c	Corona de sección de balasto	304 cm
d	Longitud de durmiente madera	244 cm
h ₁	Ancho de hombro de balasto	30 cm
h ₂	Ancho de hombro del terraplén	102 cm
E	Espesor mínimo de balasto bajo el durmiente	20 cm
F	Bombeo del sub-balasto	2%
G	Espesor del sub-balasto	30 cm

Tabla 1.- parámetros para sección de vía.

I.3.- SUB-BALASTO.

Como definición el sub-balasto es la capa de material seleccionado que se construye sobre las terracerías terminadas, resistente a la penetración de balasto y cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas en tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en estas.

El Sub-balasto es un Material granular seleccionado, normalmente procedente del machaqueo de rocas adecuadas para su fabricación, con tamaño de partículas de 2 a 30 mm, extendido en capas de 30 cm. de espesor, debidamente compactadas, con un límite líquido máximo de 40%, un índice plástico máximo de 12%, un valor de soporte relativo mínimo de 20%, expansión máxima del material de 2% y sumamente importante un grado de compactación con prueba Proctor de 100% ± 2%.

Entre sus funciones principales se encuentran:

- a) Protección de la plataforma del punzonamiento del balasto
- b) Reparto de las cargas sobre el terreno
- c) Impermeabilización de la plataforma

I.3.1.- Materiales para sub-balasto.

Los materiales que se emplean en el tendido del sub-balasto deberán ser de los tipos que se indican a continuación:

I.3.3.- Materiales que no requieren tratamiento.

Los materiales que no requieren tratamiento son pocos o nada cohesivos; como limos, arenas y gravas, que al ser extraídos quedan sueltos y que no contienen más de 5% de partículas mayores a 76mm (3”).

I.3.4.- Materiales que requieren ser disgregados.

Estos materiales se refieren a los cohesivos como los tepetates, caliches, conglomerados, aglomerados y rocas muy alteradas, que al ser extraídos resultan terrones que pueden disgregarse por la acción del equipo de disgregación y que una vez disgregados no contienen más de 5% de partículas mayores a 76mm o 3”.

I.3.5.- Materiales que requieren ser cribados.

Son aquellos materiales poco o nada cohesivos, como las mezclas de gravas, arenas y limos, que al ser extraídos quedan sueltos y contienen entre 5% y el 25% de material mayor a 76mm 3”, por lo que requieren ser cribados por una malla para eliminar el material mayor de 76mm.

I.3.6.- Materiales que requieren ser triturados parcialmente cribados.

Son aquellos materiales poco o nada cohesivos, como las mezclas de gravas, arenas y limos, que al ser extraídos quedan sueltos y contienen entre el 25% y el 75% de partículas mayores a 76mm que deben ser triturados y cribados por la malla de 3”.

I.3.7.- Materiales que requieren ser triturados totalmente cribados.

Los materiales que requieren ser triturados y cribados por la malla de 76mm son los que provienen de piedra extraída de manto de roca, piedra de pepena, piedra suelta de depósitos naturales o desperdicios.

I.3.8.- Ejecución de sub-balasto.

La construcción del sub-balasto se iniciará cuando las terracerías estén completamente terminadas.

Cuando se empleen más de dos materiales diferentes se mezclarán en seco con el objetivo de obtener un material homogéneo.

El material se deberá extender parcialmente con motoconformadora y se procederá a incorporar agua por medio de riegos y mezclados sucesivos hasta alcanzar la humedad fijada y obtener la homogeneidad requerida. A continuación, se extenderán capas sucesivas, cuyo espesor será tal que permita obtener el grado de compactación adecuado cada capa deberá obtener un grado de compactación no menor al 95% cada capa deberá escarificarse y regarse, si es necesario, para permitir ligarse debidamente a la capa siguiente. Durante las tangentes el compactado deberá ser de las orillas hacia el centro y en curvas será desde la parte interior hasta la parte exterior.

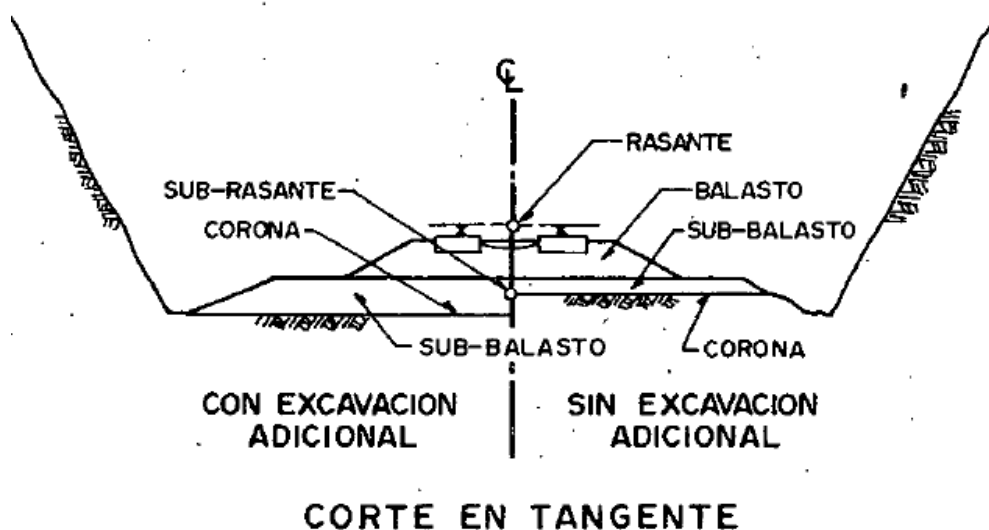


Fig.4 Corte de infraestructura con excavación y sin excavación.

Se puede notar que en una sección con excavación la capa de sub-balasto aumenta para compensar la falta de material estable, pudiéndose sustituir con algún otro material tratado, como tepetates o producto de excavaciones en buenas condiciones. Mientras que en una sección sin excavación adicional debida al buen estado del terreno, solo es necesario colocar una capa de sub-balasto sobre la terracería debidamente compactada.

I.4.- BALASTO.

El balasto es el material pétreo seleccionado que se coloca sobre la capa de sub-balasto, debajo de los durmientes y entre ellos, cuya función principal es dar la firmeza necesaria a la vía transmitiendo las cargas distribuidas a las capas

inferiores, subsecuentemente el balasto cumple con la función de drenar el agua pluvial hacia los drenajes o cunetas establecidos. El uso de balasto en las vías férreas trae consigo beneficios desde el punto de vista económico en la construcción de la misma, así como la posibilidad de corregir la geometría de la vía a lo largo de su vida útil mediante operaciones de bateo y perfilado, de igual forma para la renovación y mantenimiento de la vía resulta práctico el uso de este material. Sin embargo, existe cierta fricción entre las diferentes partículas del balasto que van desgastando sus caras perdiendo paulatinamente parte de las principales propiedades requeridas a la banqueta de balasto (principalmente la estabilidad lateral y asentamiento verticales), teniendo que proceder a acciones periódicas de bateo y en última instancia a su renovación parcial/total. En el ámbito de los esfuerzos verticales, el balasto debe cumplir tres funciones principales:

- a) Contribuir a proporcionar elasticidad y amortiguamiento a la vía, para reducir la magnitud de las fuerzas dinámicas ejercidas por los vehículos.
- b) Disminuir el nivel de presiones que llegue a la superficie de la plataforma, para evitar que supere la capacidad resistente.
- c) Soportar la abrasión que las partículas pueden tener como consecuencia de su contacto con infraestructuras rígidas, tal como sucede en las vías que discurren sobre puentes de concreto. A lo que conlleva un efecto cementante, que ocasiona endurecimiento de la capa de balasto.

El balasto puede ser de roca ígnea triturada o escoria de fundición. La roca puede ser basalto (principalmente), granito, andesita o riolita.

Dentro de las funciones más importantes que aporta la capa de balasto al conjunto de la infraestructura, podemos decir que se trata de una serie de condiciones que ayudan a la transferencia uniforme de cargas, producidas por el material rodante, hacia la plataforma de las terracerías, estas tensiones son recibidas a través de los rieles, que a su vez se apoyan en una placa de asiento sobre cada durmiente. De igual forma esta capa de 20 a 35 cm de balasto ayuda a la vía brindando cierta elasticidad y amortiguamiento ante la transferencia de cargas, lo que le permite una gran estabilidad tanto en tangente como en curva

con su debido peralte y alabeo, dotando de esta manera una mayor calidad operativa y confort a la circulación.

El balasto ofrece una estabilización de los durmientes, frente a las cargas longitudinales y transversales producidas por los trenes.

El hecho de que la estructura de balasto sea semirrígida, permite realizar correcciones del perfil en caso de deformaciones mediante el bateo, nivelación y estabilización.

La granulometría del balasto permite un eficiente drenaje de la estructura de vía eliminando de esta manera los problemas de hielo en zonas de climas extremos y sobre todo permite evitar hundimientos debido al ablandamiento de los taludes o incluso del mismo cuerpo del terraplén.

Para cumplir las funciones mencionadas, es necesario disponer de un cierto espesor de balasto. Esta magnitud se sitúa entre 25 y 35 cm ya que con valores inferiores no se lograría el objetivo perseguido y con valores superiores se incrementaría el asiento de vía y previsiblemente el aumento también de los defectos geométricos; partiendo de estos conceptos se dice que es necesaria la intervención adecuada para el mantenimiento y en su caso la rehabilitación de una vía, cumpliendo los parámetros establecidos para cumplir su función operativa, en algunos casos mal practicados se ha querido recuperar los niveles de la vía y colocando más balasto en las zonas donde existen hundimientos y realizando el bateo correspondiente, sin embargo estos son remedios poco eficientes que aumentan el costo de reparación a largo plazo, lo correcto debería ser un desgarnecido de vía adecuado, la reparación si fuera el caso, del terraplén, y entonces sí el balastaje de las zonas trabajadas.

I.4.1.- Material para balasto.

Los materiales que se seleccionen para obtener balasto provendrán generalmente de manto de roca, depósitos o piedra de pepena, los cuales necesitan trituración total y cribada por las mallas necesarias. El material utilizado proviene de rocas con altas resistencias a compresión e impacto. Estas suelen tener origen ígneo o metamórfico, aunque en algunas partes del mundo se utilizan también rocas sedimentarias.

Las especificaciones para balasto se han establecido desde hace mucho tiempo, sin que hasta la fecha hayan sufrido ninguna modificación y sin que, hasta donde se sabe, se haya dedicado a este tema un monto de reflexión correspondiente a su importancia.

En la actualidad la mayoría de los balastos que se recomiendan consideran un material sumamente uniforme, comprendido entre las mallas de 64 mm (2 1/2") y la de 4.76 mm (No.4).

El tamaño debe estar comprendido entre 2 y 6 cm, pues si es menor de 2 cm, el drenaje es ineficaz, y se logra un menor grado de arriostamiento transversal.

Si es mayor de 6 cm, puede plantear dificultades para hacer con precisión los trabajos de nivelación.

En la siguiente tabla se muestra la granulometría recomendada según la empresa Ferromex para vías principales y laderos.

TAMAÑO No. (ver nota 1)	TAMAÑO NOMINAL O ABERTURA DE LA MALLA	PROCENTAJE QUE PASA									
		3" 76.2 mm	2 1/2" 63.5 mm	2" 50.8 mm	1 1/2" 38.1 mm	1" 25.4 mm	3/4" 19.1 mm	1/2" 12.7 mm	3/8" 9.5 mm	No. 4 (47.5mm)	No.8 (2.38 mm)
24	2 1/2" – 3/4"	100	90-100	---	25-60	---	0-10	0-5	---	---	---
25	2 1/2" – 3/8"	100	80-100	60-85	50-70	25-50	---	5-20	0-10	0-3	---
3	2" – 1"	---	100	95-100	35-70	0-15	---	0-5	---	---	---
4A	2" – 3/4"	---	100	90-100	60-90	10-35	0-10	---	0-3	---	---
4	1 1/2" – 3/4"	---	---	100	90-100	20-55	0-15	---	0-5	---	---
5	1" – 3/8"	---	---	---	100	90-100	40-75	15-35	0-15	0-5	---
57	1" – No. 4	---	---	---	100	95-100	---	25-60	---	0-10	0-5

Tabla 2.- Granulometría. Nota: los números de granulometría 24, 25, 3, 4A y 4 son para vía principal.

Los números de granulometría 5 y 57 son para vías particulares

I.5.- DURMIENTES.

Los durmientes son una parte fundamental dentro de una vía ya que estas piezas permiten unir transversalmente los rieles que servirán de guía a los vehículos además de soportar la carga emitida por los mismos y transmitirlas a la infraestructura de la vía, en la actualidad la mayoría de los durmientes usados son de concreto reforzado para tramos de vía principal y durmientes de madera para tramos donde se requieran aparatos como cambios de vía, cruces

ferroviarios, aparatos de dilatación o en curvas, donde se requiere mayor flexibilidad que la que ofrece un durmiente de concreto.

Desde los orígenes del ferrocarril se empleó la madera como elemento soporte del carril. Las propiedades físicas y mecánicas de la misma, y la abundancia de recursos naturales en esta materia prima en la mayoría de los países hizo factible la utilización de este material. Posteriormente fueron conociendo los esfuerzos y trabajos a los que se ven sometida la estructura de la vía, reafirmando la utilización de la madera.

Bajo la acción del tiempo y los esfuerzos de fatiga, los durmientes de madera comienzan a perder sus propiedades y el agrietamiento de las mismas provoca el aflojamiento de las fijaciones, dejando de cumplir su función de mantener la posición del riel en el durmiente. Esta problemática se resolvió usando durmientes de concreto presforzado ya sea monobloque o bi-bloque, aunado a un cambio en las fijaciones ya que con durmiente de madera usualmente se utiliza el clavo de vía para anclar el durmiente al riel, el cual es remplazado en los durmientes de madera por fijaciones de tornillo tirafondo, o fijaciones elásticas.

I.5.1.- Funciones del durmiente.

El durmiente sea de madera o concreto o cualquier otro material, cumple con las funciones básicas de mantener la distancia entre rieles para guardar la geometría de la vía. A lo que se le conoce como Trocha o bien escantillón de vía, que en México y parte gran parte del continente Americano, el escantillón de la vía ronda la distancia de 1,435 mm.

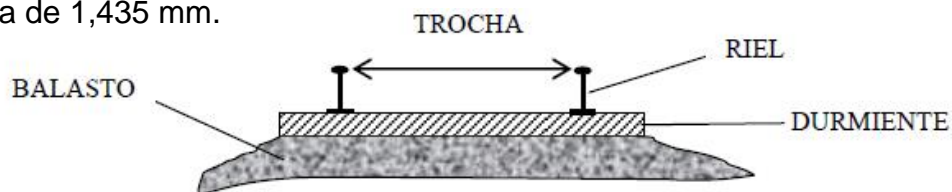


Fig. 5 - Trocha de vía.

De igual forma el durmiente debe proporcionar la estabilidad necesaria al riel, y poder transmitir los esfuerzos de este a las capas inferiores de balasto y terracerías, lo que se traduce a soportar los esfuerzos verticales y horizontales provocados por el paso de vehículos férreos, todo esto permitiendo la amortiguación ante los esfuerzos recibidos. Otra de las funciones importantes es

reducir los efectos acústicos ocasionados por las ruedas y el peso del tren sobre el riel.

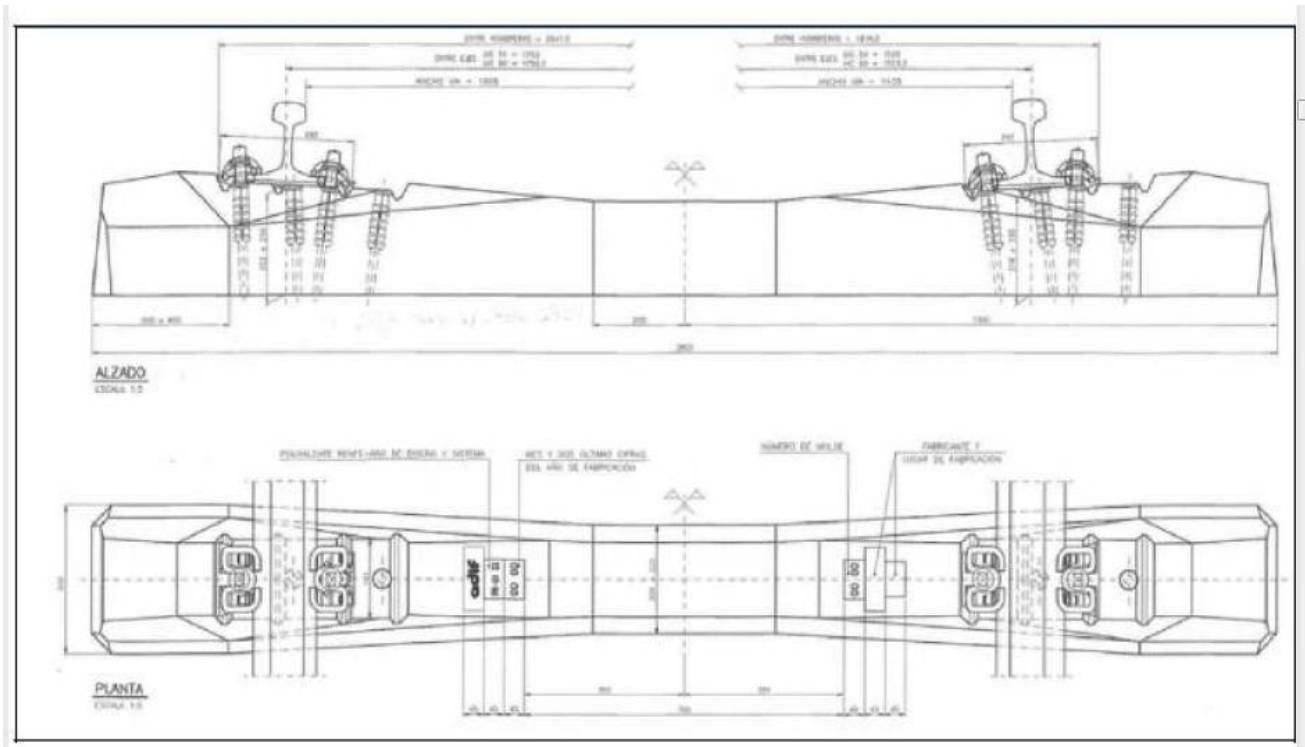


Fig. 6- Durmiente de concreto monobloque.

I.5.2.- Tipos de durmiente.

Durante mucho tiempo se ha recurrido a la explotación de la madera como materia prima para realizar los durmientes del ferrocarril, sin embargo con el paso del tiempo se ha tratado de mejorar las prestaciones de esta pieza con otro tipo de material, desde acero, plástico, y concreto hidráulico reforzado o presforzado, siendo este último material el más recomendable debido a su durabilidad, propiedades mecánicas ante los esfuerzos inducidos por las cargas del tren, y su gran resistencia a las afectaciones climáticas como el cambio de temperatura, la erosión y corrosión.

Los durmientes de madera impregnada o impermeabilizada se fabrican con madera de pino o encino, es el más común y el de mayor demanda debido a su fácil manejo e instalación y a su bajo costo, por lo regular en este tipo de durmiente se usa clavo de vía para fijar el riel al durmiente. Especificaciones: Para el cuerpo de la vía, debe ser de madera nueva impregnada sin defectos en la zona de asiento del riel y con escuadría mínima de 17.78 X 20.32 X 243.84

cm, 17.78 X 22.86 X 274.32 cm. Este durmiente tiene una vida útil muy corta debido a la exposición de la madera a la intemperie, por lo que no es recomendable para vías de alta velocidad, sin embargo su uso está destinado a zonas de maniobra o de aparatos de vía.

Durmientes de acero, estos durmientes son poco frecuentes debido a su comportamiento en la vía, ya que son muy propensos a cambios de temperatura, además del peso que rondan los 180 a 200 kg. La ventaja de estos durmientes es que no necesitan clavos placas o fijaciones para ser instalados en el riel, ya que cuentan con sistema de fijación incluida.

Durmiente de concreto: Dentro de los durmientes de concreto se encuentran los durmientes de tipo **bibloque** que consisten en dos dados de concreto unidos por un perfil de acero que permite mantener el escantillón de vía adecuado, y conservar la estructura misma del durmiente, generalmente este tipo se usa en vías nuevas donde se busca economizar al ser una sección menor de concreto.

El durmiente **monobloque** consiste en un durmiente de concreto presforzado o reforzado de sección transversal rectangular o trapezoidal uniforme o variable a lo largo de este. Es el más usado debido a la resistencia del material a su rentabilidad en relación al tiempo de vida que ofrece y principalmente debido a su peso y estructura contribuye a que la vía mantenga su geometría, además de transmitir debidamente los esfuerzos verticales y transversales.

I.6.- RIEL.

Dentro de los elementos que conforman el emparrillado de la vía, existe uno que es el encargado de soportar directamente el peso de los vehículos y las acciones dinámicas generadas por la velocidad y el estado de conservación de la vía y el vehículo, este elemento es llamado **Riel o Carril**, tiene la principal tarea de mantener en todo momento dentro de la vía a las ruedas del equipo que esté sobre él, cumpliendo la función de rodadura. En algunas vías se suelen soportar cargas hasta de 35 Ton/eje. En vías de alta velocidad se llegan a alcanzar velocidades arriba de los 180 km/hr y dependiendo la topografía del terreno el riel puede estar exigido y colocado a radios reducidos y sufren por tanto altas fuerzas de empuje lateral por las propias ruedas del tren. Para soportar todas estas exigencias el riel debe contar con altos estándares de calidad, alta

resistencia al desgaste, soportar y resistir a la compresión, alta resistencia a la fatiga, un límite elástico muy alto, así como resistencia a la rotura, el riel debe poder ser solado en cualquier tramo que lo requiera por lo que la pureza de sus materiales debe estar garantizada. Todas estas características se han ido desarrollando con el paso de los años y el estudio minucioso del ferrocarril.

I.6.1.- Estructura del riel.

El perfil de riel usado se reconoce por su singular forma de viga I. Los distintos tipos de riel se pueden reconocer por su distinto peso por metro lineal, que se encuentra estandarizado en algunos valores de referencia: 45kg/ml, 49kg/ml, 54kg/ml, y 60kg/ml. Es importante señalar que uno de los parámetros más importantes del riel es su momento de inercia respecto al eje horizontal. Los valores que corresponden a los dos últimos tipos de riel que son los más usados en la actualidad, son respectivamente: 2.346cm^4 y 3.055cm^4

El riel está formado por: **Hongo o cabeza**, es la que se utiliza como superficie de rodamiento y está expuesta a las mayores solicitaciones sufriendo el mayor desgaste. Debe tener un alto y ancho suficiente, dependiendo del calibre de cada riel. Se le puede seguir dando forma con una amoladora, mientras no se consuma demasiado el peralte permitido por seguridad, en todo caso se deberá sustituir el flanco activo al de mejor estado del mismo riel o sustituir el riel completo.

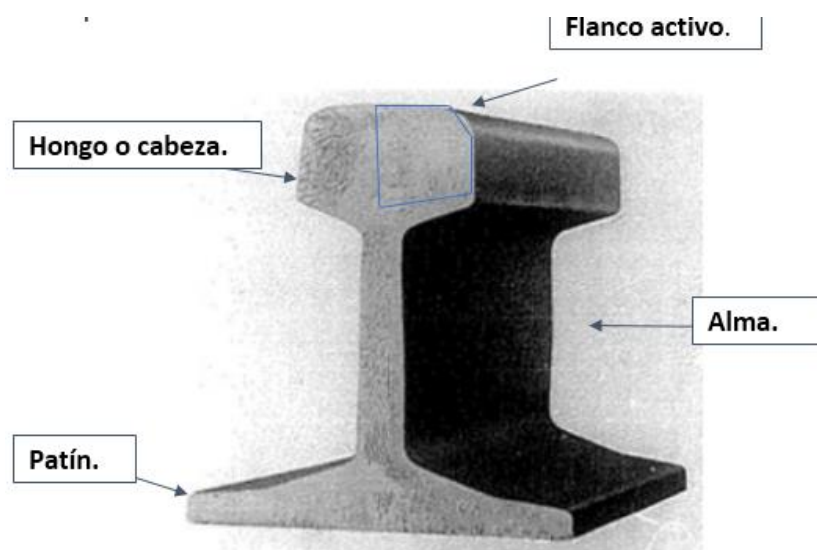


Fig. 7- perfil de riel

El flanco activo se refiere a la parte del hongo del riel donde asienta la rueda del vehículo férreo y es la zona donde se presenta mayor desgaste.

Alma, es el elemento de espesor reducido que tiene la función de unir el hongo con el patín, asegurando la transmisión de las cargas desde el hongo al patín. Suele haber agrietamiento o fisuras en esta parte del riel y es de suma atención revisar periódicamente por medio de ultrasonidos, para evitar que el riel llegue a fracturarse y por ende haya un descarrilamiento.

Patín, constituye la base del riel y su parte inferior es plana, lo que permite su apoyo a los durmientes y debe tener un ancho suficiente, con el fin de distribuir la carga a los durmientes.

1.6.2. Composición metalúrgica.

Los rieles se fabrican de acero y a título informativo la composición química de sus componentes es:

Carbono – de 0,37 a 0,73 % - Con él aumenta la dureza y la resistencia al desgaste, pero también influye en la fragilidad.

Manganeso – de 0,86 a 1,74 % - Tiene influencia en la dureza, la resistencia al desgaste y a la tenacidad (no frágil), pero disminuye la soldabilidad.

Silicio – 0,30 % - Aumenta la dureza, la resistencia al desgaste y facilita la laminación del riel.

Azufre y Fósforo, menos de 0,05 % - No son deseables porque dan fragilidad, pero es muy costosa su eliminación.

Variando estos componentes y de acuerdo al proceso de fabricación utilizado se consiguen distintas calidades de rieles. A través de las cargas y de la circulación de los trenes los rieles se desgastan en vertical y lateralmente por el contacto de la pestaña de las ruedas. El mayor desgaste lateral de los rieles se produce en el riel exterior de las curvas. En vía recta por deficiencias en la alineación y nivelación se dan los desgastes laterales.

Los desgastes de los rieles en las juntas dependen fundamentalmente del estado de éstas y del balasto.

I.7.- FIJACIONES.

Mucho se ha hablado del gran esfuerzo que se requiere para mantener el emparrillado de la vía unida y de los elementos que cumplen esta función, sin embargo las fijaciones son el elemento de vía más pequeño pero de gran importancia ya que sin este simplemente no se lograría el objetivo de mantener la vía unida, desde los inicios del ferrocarril ha ido evolucionando la forma, de sujetar el riel al durmiente, inicialmente se hacía con una escarpia o clavo de vía; una escarpia básicamente es un clavo de vía que en su extremo superior está doblado en ángulo recto para sujetar de esta manera el patín del riel.

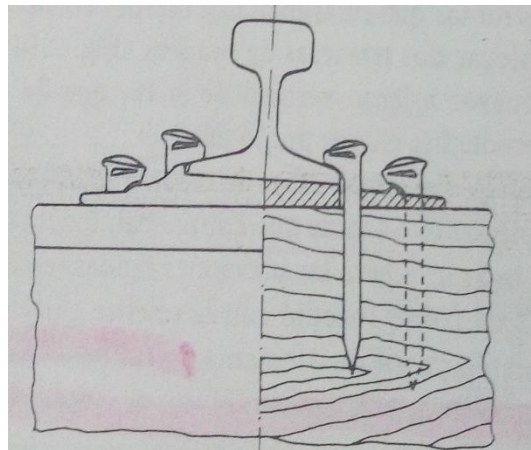


Fig.- 8 fijaciones clavo de vía.

Sin embargo con el paso del tiempo se fue descubriendo que este tipo de fijación no era el mejor debido a que la madera se deterioraba por lo que se aflojaba el clavo con el paso del tren y sus vibraciones, se empleó entonces **la fijación tipo tirafondo**, esta fijación es un tornillo tirafondo que se introduce dentro del durmiente ya sea de madera o concreto y queda anclado debido a la cuerda que el mismo va haciendo previa guía troquelada, mientras que con la cabeza del tornillo aprieta una placa que a su vez sujeta al patín del durmiente.

Posterior a esto se realizaron diversos estudios determinando que la vía necesitaba cierta elasticidad vertical debido a los esfuerzos sometidos por las cargas que ejercen sobre el riel, es entonces como surgen las **fijaciones tipo elásticas**, las fijaciones elásticas (sin silletas), tenemos el **clip de Pandrol**, la

sujeción Vossloh, fijación RN y Nabla. Fijación elástica con silleta, podemos destacar las **Nabla**.

I.7.1 Funciones de las fijaciones.

Las principales funciones que deben desempeñar las fijaciones son las siguientes: fijar en todo momento el riel al durmiente, asegurar que el escantillón de vía no cambie o se alteren las medidas; facilitar la transferencia de cargas desde el riel hasta la infraestructura de la vía, poseer buena resistencia mecánica y elástica además de contribuir al aislamiento eléctrico entre los rieles y básicamente mantener una vida útil prolongada.

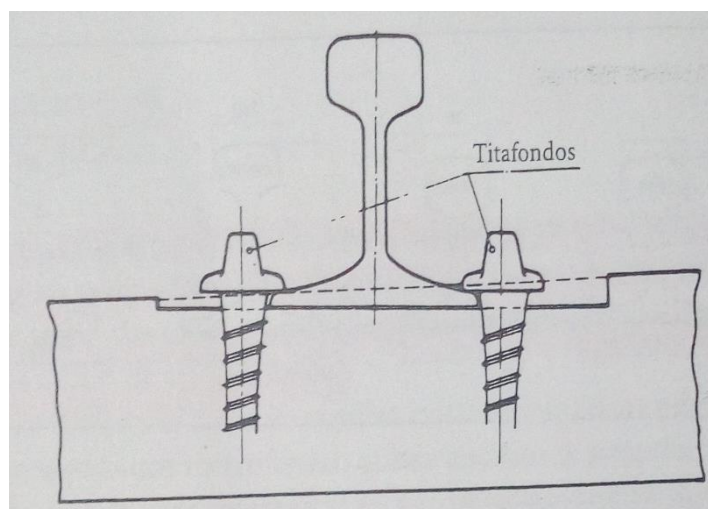


Fig.9 - fijación Tirafondo.

I.8.- GEOMETRIA DE LA VÍA.

El trazado ideal de un ferrocarril sería en donde su desarrollo se realice en horizontal, este objetivo es inalcanzable, el trazado debe adaptarse al terreno, por lo tanto en la práctica las alineaciones con rampas y pendientes también están constituidas por sucesión de rectas y curvas.

Las alineaciones rectas en alzada están caracterizadas por un perfil, por su longitud y la inclinación de su plano tangente en cada punto.

El signo de esa inclinación depende del sentido de la circulación, denominándose rampas a los tramos que se gana en altura y pendiente en aquellos otros sectores que se pierde altura.

Las alineaciones en recta donde se presenta desniveles (rampas y pendientes), surge como necesidad de enlazar rasantes de pendientes diferentes y nacen las **curvas verticales**.

Estas curvas verticales pueden ser convexas cuando se enlaza rampa con pendiente y curvas cóncavas cuando se enlaza pendientes de distintos gradientes y pendiente con horizontal.

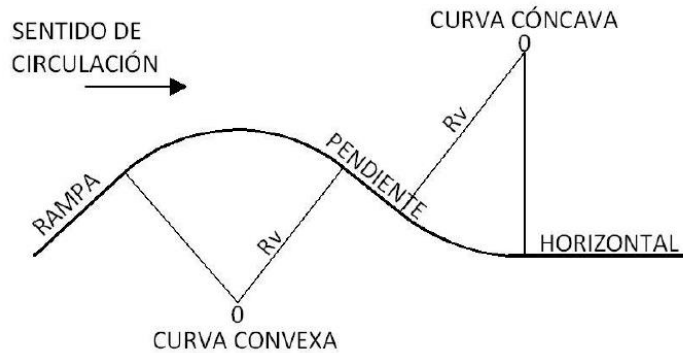


Fig.10- Altimetría, rampas y pendientes.

I.8.1- PERALTE.

Se denomina peralte a la diferencia de cota que existe entre ambos rieles de la vía en curva. Se lo consigue mediante una elevación gradual del riel exterior en relación con el interior, manteniendo a éste al mismo nivel que la recta.

Las principales misiones del peralte son:

- Producir una mejor distribución de las cargas en ambos rieles.
- Reducir la degradación y desgaste de los rieles y del material rodante.
- Compensar parcialmente o totalmente el efecto de la fuerza centrífuga.
- Proporcionar confort a los pasajeros.

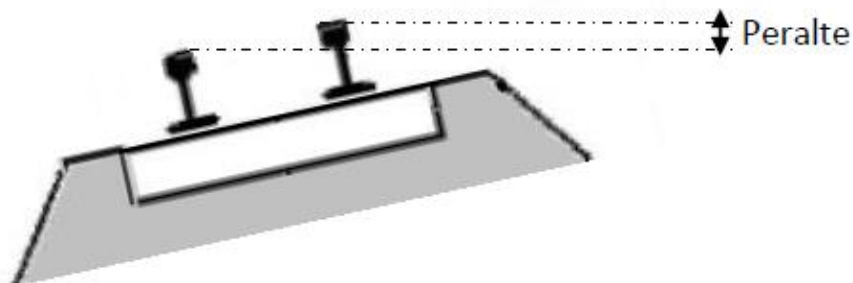


Fig. 11- Diagrama de peralte.

Dentro de la transición de una recta hacia una curva es importante mantener la continuidad del peralte, así como ir graduando la curvatura de los rieles en plano vertical, la cual no debe ser brusca, por tal razón se incorporan curvas de transición. En la curva de transición también el peralte varía en función de los distintos radios que esta va adoptando.

Obviamente que esta curva de transición tiene una longitud que cuando más larga es tenemos mejor inscripción del material rodante y mejor compensación de la fuerza centrífuga.

I.8.2- Escantillón de vía.

El escantillón de vía o Trocha (nombre usado en países sudamericanos) es una separación constante entre los dos rieles de la vía, esta separación es el parámetro geométrico que más caracteriza a un ferrocarril.

El escantillón se mide a 14 mm por debajo del plano de rodadura de ambos rieles y en forma perpendicular al eje de la vía.



Fig. 12- Escantillón de vía

La elección de la medida del escantillón de vía es una de las primeras decisiones cuando se proyecta una nueva línea, para que tenga posibilidad de conectarse con otras líneas ferroviarias tanto en el mismo país como los limítrofes.

Es muy interesante resaltar que al tener diferentes medidas de escantillón en un mismo país y/o región dificulta la explotación integral de sus líneas de ferrocarriles, así como la conectividad con países vecinos.

El escantillón está como cualquier parámetro geométrico está expuesto a tolerancias que varían en función de la clase de vía y su alineación ya sea en recta como en curva.

Existen las tolerancias de construcción, de mantenimiento y de seguridad.

En México se una medida de escantillón de 1,435mm que es la medida estándar en la mayor parte del mundo.

Para una mejor circulación del material rodante por las curvas de radios reducidos, se recurre dotar a la curva de un sobreoancho que debe ser ganado durante la curva de transición, de tal forma que en el punto de tangencia entre la curva circular y de transición se alcance el valor máximo, a razón de 1 mm por metro.

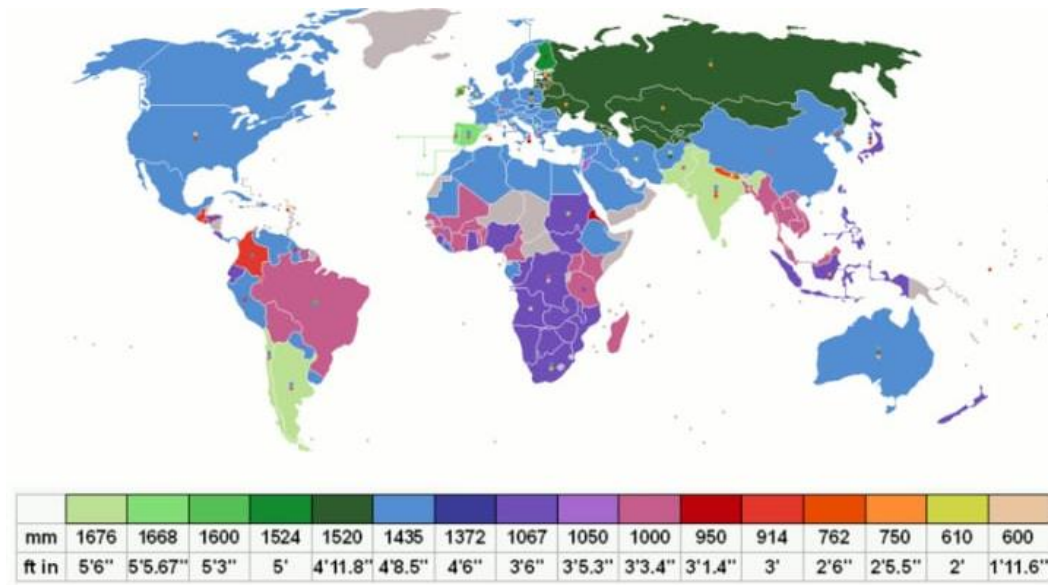


Fig. 13- Medidas de escantillón en el mundo.

CAPÍTULO II

TIPOS DE MANTENIMIENTO A VÍAS FÉRREAS.

Para poder introducirnos al tema de mantenimiento debemos conocer cuáles son los factores que ocasionan el deterioro de la vía férrea, así como en qué condiciones se considera que es necesario realizar dichos mantenimientos, y los tipos y métodos de mantenimiento para cada parte de la vía ya que algunas partes necesitan mantenimiento menor y otras requieren maquinaria pesada para poder rehabilitar la vía o evitar su deterioro, en este último caso se estaría hablando de una **Rehabilitación de vía** que resultaría más costosa que haber realizado adecuadamente y en tiempo los mantenimientos de conservación para alargar la vida útil de la vía, sin embargo con el paso del tiempo hay partes dentro de la estructura que son necesarias renovar, como el balasto triturado por el paso de los ferrocarriles o durmientes que se han roto.

Igual de importante es saber en qué momento es necesario realizar los mantenimientos para tener un balance económico y práctico, nuevamente evitando llegar a realizar una renovación debido a sus altos costos.



Fig. 154 - Renovación de balasto, Nuevo León México.

II.1.-FACTORES QUE OCASIONAN EL DETERIORO DE LA VÍA FÉRREA.

La principal función de los trenes actualmente en nuestro país es transportar mercancía de un punto a otro con gran eficiencia, reduciendo gastos y llevando mayor cantidad de productos en un viaje, de aquí se desprende uno de los principales problemas que es el sobre tonelaje aunado a las velocidades con las que transitan los trenes, ocasionan graves problemas a la estructura e infraestructura de la vía, estas prácticas de sobre carga han ido imponiendo nuevas exigencias para la circulación actual y poniendo en evidencia el importante papel que juega la vía dentro de los objetivos de conseguir mayor tonelaje transportado a velocidades competitivas para satisfacer las necesidades operativas de las distintas empresas e industrias de nuestro país.

Para poder sustentar el criterio de la necesidad de la conservación de la vía y mejorar las condiciones de estabilidad de la misma, es necesario realizar una evaluación más precisa de la relación entre los defectos de la vía y los movimientos perturbadores que estas provocan en el equipo rodante bajo formas de oscilaciones anormales.

La amplitud de estas oscilaciones que parten desde las suspensiones elásticas del material rodante agravadas por los defectos geométricos de la vía se potencia aún más con el incremento de la velocidad.

Esto nos da la pauta de la importancia de la conservación de la vía, que deben realizarse en función de las velocidades establecidas orientada en los parámetros geométricos. Todos los movimientos anormales de los vehículos son combinaciones de los siguientes seis movimientos.

Balanceo, es el movimiento de la parte superior del vehículo alrededor de un eje paralelo a la vía. Estos son producidos por defectos aislados nivelación transversal (**alabeo**) y tienen una influencia nefasta en la alineación de la vía produciendo desgaste anormal del riel.

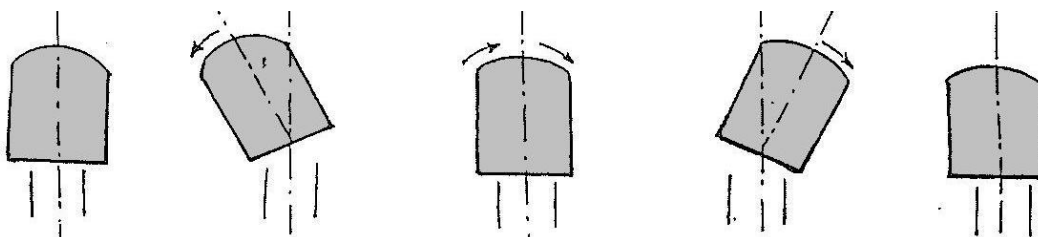


Fig. 15.- Esquema de Balanceo de un tren.

Cabeceo, es el movimiento de la parte superior del vehículo alrededor de un eje horizontal perpendicular al riel. Todo vehículo adquiere este movimiento cuando el primer eje encuentra un defecto de perfil del riel (juntas bajas y pendientes bruscas).

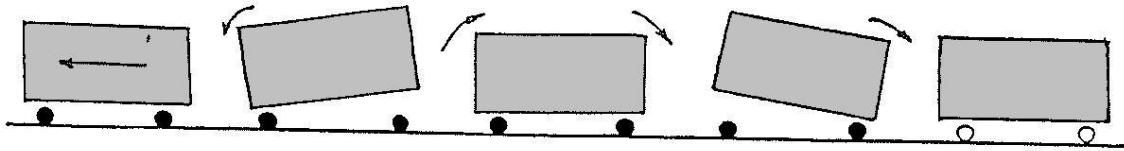


Fig. 16.- Esquema de cabeceo de un tren.

Lazo, es el movimiento del vehículo completo alrededor de un eje vertical perpendicular al eje de la vía. Es el más importante desde el punto de vista de la estabilidad y resultan de los movimientos de pivoteo y de traslación. Estas oscilaciones provienen de la necesidad de admitir un juego entre las pestañas de las ruedas y las líneas directrices de la vía, aún en recta para facilitar el rodamiento. El juego permite a los vehículos oscilar de derecha a izquierda y viceversa bajo la influencia de las características del trazado (recta, curvas, transiciones, peralte, etc.).

Este fenómeno se produce sin choque mientras la fuerza transversal no sea lo suficientemente grande para provocar el deslizamiento transversal de la rueda sobre el riel.

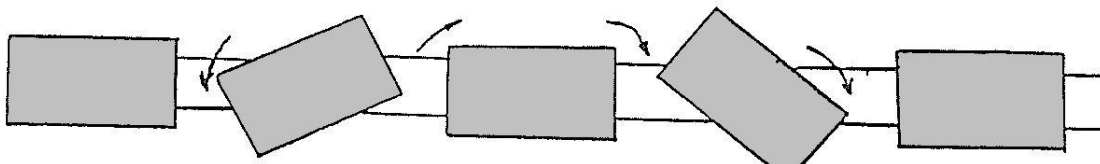


Fig. 17.- Esquema de lazo de un tren.

Movimientos provocados por la tracción del tren.

Vaivén, es el movimiento del vehículo completo paralelo a los rieles en sentido longitudinal.

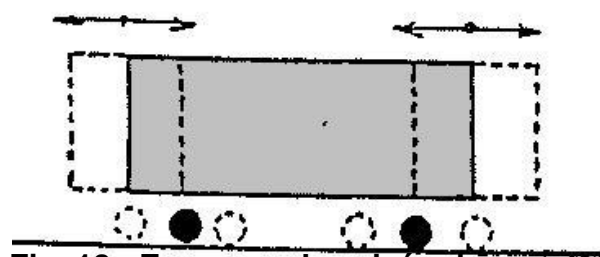


Fig. 18.- Esquema de vaivén de un tren.

Serpenteo, es el movimiento del vehículo perpendicular a los rieles.

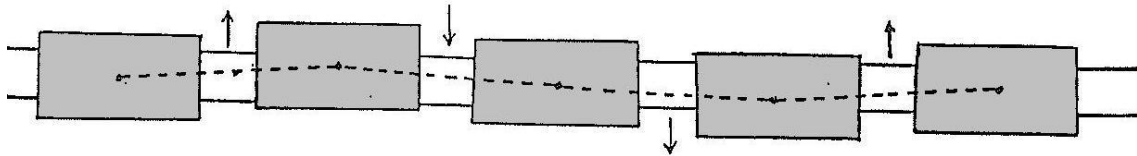


Fig. 19.- Esquema de serpenteo de un tren.

Sacudidas, es el movimiento de la parte superior del vehículo en el sentido vertical.

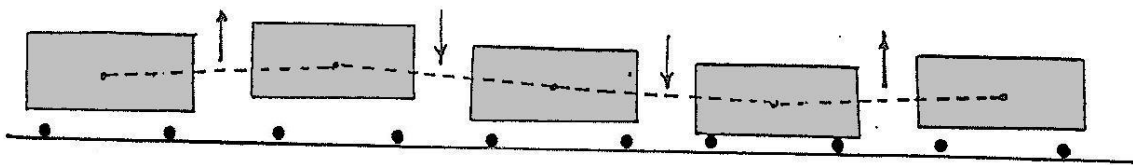


Fig. 20- Esquema de sacudidas de un tren.

Las locomotoras tienen una influencia especial en estos movimientos anormales por la razón de las fuerzas perturbadoras que producen todos los órganos en movimiento debido a la fuerza de tracción que generan y aún deben sumarse a las generadas por la vía.

Para los vehículos remolcados tiene una importancia secundaria la formación de movimientos y es la condición del estado físico de la vía la causa exclusiva de ellos.

Es decir que un vehículo remolcado que recorre una vía perfectamente nivelada y alineada a una velocidad constante no sufriría movimientos perturbadores. Esto en la práctica no se consigue debido que siempre tenemos irregularidades en la vía. Sin embargo, la regularidad del trazado, la perfección en el armado, la buena calidad del balasto, el perfecto asentamiento de los durmientes y la regularidad en la nivelación longitudinal y transversal, mantenimientos sistemáticos reducen enormemente las oscilaciones anormales y se consigue la suavidad en la marcha de los vehículos.

II.2.- ESFUERZOS EN LA VÍA.

La vía debe estar constituida de tal manera que tiene que ser resistente y al mismo tiempo debe ser elástica permitiendo movimientos al paso del tren que resulten confortables y seguros.

Si la vía fuese un conjunto armado completamente indeformable el resultado sería una serie de reacciones muy violentas al paso de los trenes totalmente inseguras para el tránsito.

No obstante, ésta debe ser lo suficientemente resistente como para no adquirir deformaciones permanentes al paso de las cargas móviles que frecuentemente son de valores elevados.

La vía como está concebida debe servir, al mismo tiempo, como soporte de las cargas y guía de los trenes. Pero en realidad no puede realizar ambas funciones a la vez. El hecho que debe existir un espacio entre pestaña de la rueda y el riel obliga a tener un juego que si bien reduce la fricción este aumenta los movimientos laterales y/o transversales.

También en función de la conservación de la vía, se tendrá irregularidades de nivel y línea, que afectará la inercia de la parte no suspendida de los vehículos con modificaciones de las reacciones normales de la vía. En cuanto a la parte suspendida de los vehículos, en especial las de las locomotoras, estas oscilan incrementando los movimientos de traslación y rotación alrededor de sus ejes longitudinales, transversales y verticales e inician otros esfuerzos que serán transmitidos por las suspensiones elásticas a las ruedas y de estas a la vía.

En cualquier vía los movimientos de los vehículos pueden adquirir cierta amplitud y la vía debe ser suficientemente resistente para no sufrir sensibles deformaciones por efectos de los esfuerzos resultantes.

II.2.1- ESFUERZOS VERTICALES.

Las locomotoras tienen un peso estático de alrededor de 20 toneladas por eje mínimo y es frecuente que el mal ajuste de los resortes de suspensión distribuya los pesos en forma desiguales aumentando unos y reduciendo otros.

Estos pesos afectan considerablemente el efecto de los movimientos de lazo, balanceo, etc. Así como las trepidaciones de la parte no suspendida del vehículo, causadas por las irregularidades de la vía.

Otro defecto en el material rodante, son las ruedas que tiene cierta planicidad derivada del desgaste al frenar y tallar con el hongo del riel, que producen un martilleo constante sobre el riel ocasionando posibles ondulaciones hasta agrietamientos del mismo.

Estos esfuerzos verticales normalmente son resistidos por los rieles sin inconveniente, con el espaciado de durmientes (densidad por kilómetro), pero pueden resistir mejor si aumentamos esa densidad principalmente en el sector de juntas, el buen bateo de la vía permite tener un soporte denso debajo del durmiente y por consiguiente del riel, repartiendo los esfuerzos debidamente, por lo que el balasto es la parte más sensible a estos esfuerzos de aquí la importancia de la buena granulometría y propiedades que debe tener.

II.2.2- ESFUERZOS LONGITUDINALES.

Los frenados y las aceleraciones producen esfuerzos longitudinales que tienden a desplazar y/o producir deslizamiento de los rieles, afectando la posición original de los mismos. Esto ocurre en donde los trenes deben parar y arrancar nuevamente, sectores de estaciones, fuertes pendientes.

Otro desplazamiento longitudinal de los rieles es el que producen el choque o golpeteo de las ruedas sobre las juntas cuando estas se encuentran demasiado abiertas.

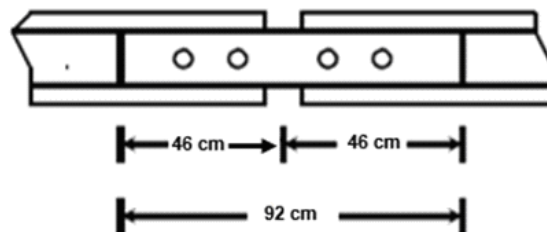


Fig. 21.- Junta de riel mecánica.

O las deformaciones elásticas de los rieles que produce una especie de ondulación. Otro factor es el térmico, tanto en elevadas temperaturas como en bajas temperaturas, contrayendo o expandiendo el riel longitudinalmente.

II.2.3- ESFUERZOS TRANSVERSALES.

Se observan generalmente en las curvas por efecto de la fuerza centrífuga o del peralte. A estas causas se suman los efectos de las oscilaciones de los vehículos, o sea los movimientos de **lazo** y de **balanceo**, que en mayor o menor grado son inevitables.

Estos esfuerzos cuando son importantes tienden a forzar los rieles hacia el exterior de la curva, forzando las fijaciones.

Las presiones excesivas sobre el balasto y los movimientos laterales de los durmientes tienden a forzar los elementos constitutivos (balasto, terracerías) de la vía produciendo cambios en la nivelación y alineación.

Para que la vía pueda soportar los esfuerzos transversales sin inconveniente es necesario, fijar adecuadamente y con el torque indicado los rieles a los durmientes.

Que el riel tenga una superficie de patín lo suficientemente grande para repartir los esfuerzos, si esto no se consigue debemos incorporar silletas.

Obtener una buena adherencia del durmiente al balasto y balasto de buena calidad de aristas vivas que puedan incrustarse en la superficie inferior de los durmientes, así como un buen bateo de vía que mantenga firme la parte inferior del durmiente.

Que el juego de la pestaña al riel sea el mínimo posible siempre respetando la medida correcta del escantillón.

Que la vía no pierda la posición, es decir la alineación y nivelación original del proyecto, variación de la curvatura y de peralte. Una excelente alineación.

II.3.- CONSERVACIÓN DE VÍAS FÉRREAS.

Anteriormente se definieron las causas que pueden provocar el deterioro de una vía en las cuales influyen diversos factores, como la falta de mantenimiento, el sobre tonelaje con el que circulan los trenes actualmente, los movimientos bruscos por las altas velocidades, que van provocando que la vía poco a poco vaya perdiendo su rigidez y se vuelva propensa a ocasionar algún accidente hasta llegar a descarrilar algún tren.

Para evitar que el deterioro de la vía la convierta en una zona de riesgo propensa a accidentes, a circular sin el confort y seguridad que requiere, es necesario realizar periódicamente revisiones que permitan saber que elementos de la superestructura así como de la infraestructura son necesarios programar para realizarles un mantenimiento.

La conservación de vías como su nombre lo indica, tiene como objetivo el mantener o conservar de manera sistemática, la vida útil de los elementos de vía, esto es un concepto muy similar al mantenimiento preventivo, el mantenimiento preventivo es la acción de programar un servicio que permita conservar las condiciones físicas, mecánicas y de trabajo de algún elemento, en este caso de vía, con la finalidad de alargar la vida útil de dicho elemento al mismo tiempo que dota de seguridad y confort para la circulación de los trenes.

Para las vías férreas existen mantenimientos de conservación que se deberán programar con base a los análisis e inspecciones de vía que se realicen durante los recorridos, para los cuales se han de clasificar las vías en 6 tipos distintos esto en referencia al tonelaje y la velocidad de tránsito que pase sobre ellas.

CLASIFICACIÓN DE VÍA	TONELAJE (millones de toneladas)	VELOCIDAD MÁXIMA DE OPERACIÓN DE TRENES (Km/hr)
1	22.5 o mayor	80 - 110
2	16.5 - 22.3	66 - 80
3	8.8 - 16	56 - 65
4	4.9 - 8.7	46 - 55
5	1.95 - 4.8	35 - 45
6	0 - 1.8	20 - 34

Tabla 3.- Clasificación de vías por volumen de carga.

Con la clasificación de las vías se busca homologar las condiciones físicas, geométricas y estructurales de los elementos que conforman la vía, de acuerdo a la densidad de tráfico y velocidad desarrollada, en base a la clasificación se establecieron tolerancias máximas en sus parámetros constitutivos más significativos con el objetivo de garantizar una adecuada operación y evitar como en todo mantenimiento el prematuro deterioro de los elementos.

Estos requisitos se establecieron en base a la reglamentación de la Federal Railroad Administration (FRA), de los reglamentos y boletines de algunos

ferrocarriles de Estados Unidos y Canadá y recomendaciones de la American Railway Engineering Association (AREA) junto con la experiencia de la Gerencia de vías y estructuras de Ferrocarriles Nacionales de México.

Tomando en cuenta que para la programación de mantenimientos preventivos se deberán observar las condiciones de los elementos de vía tanto su estado físico como sus parámetros geométricos en relación a la siguiente tabla que muestra los requisitos mínimos de para cada vía, la supervisión tiene un papel muy importante ya que de ellos depende la programación del mantenimiento de conservación de una vía o en su defecto de reclasificarla en niveles inferiores.

Concepto	Unidad	Clase de vía					
		1	2	3	4	5	6
Alabeo corto en longitud de 3.5m	mm	10	15	20	25	30	35
Alabeo largo en longitud de 18.90m	mm	32	44	47	51	55	55
Discrepancia máxima en sobre elevación con respecto a la de diseño	mm	14	18	22	26	30	34
Discrepancia de escantillon abierto en tangente o curva	mm	17	20	23	26	29	32
Discrepancia de escantillon cerrado respecto a tangente	mm	6	6	6	6	6	6
Ancho mínimo de corona del terraplén	M	6.6	6	6	5.5	5	4
Espesor mínimo de balasto	cm	30	26	22	18	14	10
Ancho Mínimo de hombro de balasto	cm	30	25	20	15	10	5
Número máximo de durmientes de madera defectuosos en un kilometro	pza	100	160	220	280	340	400
Número máximo de piezas de madera defectuosas que integran un grupo	pza	1	2	3	3	4	4
Número mínimo de piezas de madera en buen estado entre grupos	pza	20	12	9	9	6	6
Número máximo de durmientes de concreto defectuosos en un kilometro	pza	100	160	220	280	-	-
Número Máximo de durmientes de concreto defectuosos que integran un grupo	pza	1	2	3	3	-	-

Número mínimo de durmientes de concreto en buen estado entre grupos	pza	20	12	9	9	-	-
calibre mínimo de riel	lb/yd	115	112	110	100	90	80
Desgaste máximo del hongo del riel (vertical más horizontal)	mm	10	10	12	12	14	14
Aplastamiento máximo en juntas emplanchueladas	mm	0	5	5	6	6	6
Número máximo de defectos internos del riel en diez kilómetros	Defecto	5	10	15	20	25	30
Flecha máxima positiva en juntas soldadas	mm	1	1	1	1	1.6	1.6
Flecha máxima negativa en juntas soldadas	mm	0	0	0	1	1	1.5
Desviación horizontal de la cara interna del hongo en juntas soldadas	mm	0.5	1	1.5	1.5	1.6	1.6
Número máximo faltante de tornillos en cada extremo de riel para vía emplanchuelada	pza	0	0	0	0	1	1
Número máximo de clavos o tirafondos faltantes o sueltos por cada 24 durmientes en curva	pza	0	2	4	4	4	6
Número máximo de clavos o tirafondos faltantes o sueltos por cada 24 durmientes en tangente	pza	0	4	8	8	8	12
Número máximo de grapas o grapillas faltantes o sueltas por cada 100 durmientes en tangente	pza	8	8	16	16	-	-
Número máximo de grapas o grapillas faltantes o sueltas por cada 100 durmientes en curva	pza	0	2	4	6	-	-
Número máximo de durmientes consecutivos donde falten grapas o grapillas o estén sueltas en tangente	pza	0	1	1	2	-	-
Número máximo de durmientes consecutivos donde falten grapas o grapillas o estén sueltas en curva	pza	0	1	1	1	-	-

Tabla 4.- Criterio de requisitos mínimos para mantenimiento de vía.

Podemos decir entonces que para la programación de mantenimientos de conservación o preventivos, es necesario realizar inspecciones periódicas en diferentes tramos de las líneas ferroviarias, la finalidad del mantenimiento preventivo es evitar caer en reparaciones críticas que requieran mayores recursos, debido a que un mantenimiento preventivo se puede efectuar por personal de vías (cuadrillas) de las empresas ferrocarrileras que tengan concesionada la línea, sin embargo para mantenimientos correctivos o rehabilitaciones de vía es necesario incluso de contar con subcontratistas que realicen dichos trabajos, que se tornan más caros, que llevan mayor logística y que en la mayoría de los casos requieren de una ventana de trabajo para poder manipular la vía lo que conlleva al cierre parcial del tramo, que a su vez se interpreta como retrasos en el transporte o pérdidas para la empresa.

II.3.1.- REHABILITACIÓN DE VÍAS FÉRREAS.

La rehabilitación de vías férreas tiene el objetivo de reemplazar sistemáticamente los elementos que constituyen una vía, cuando estos han llegado al límite de tolerancia en su desgaste o fatiga, evitando poner en riesgo la operación ferroviaria, además de que se requiere dicha rehabilitación cuando por situaciones de aumentar el volumen de tráfico que pasa por ella es indispensable contar con la vía en excelente estado.

Dentro de las principales causas para la rehabilitación de vía podemos encontrar las siguientes:

Renovación de balasto, cuya renovación dependerá de las condiciones físicas del mismo, cuando este haya perdido su permeabilidad o se encuentre falto de perfil y tolerancias, como espesor, hombro de corona, o incluso llegue a estar cementado, de tal manera que impida el amortiguamiento y drenaje para el cual está contemplado.

Se tiene que revisar que el balasto no esté contaminado de tierra (finos) o de materia orgánica (como plantas o animales) que en un tiempo determinado traerá consigo problemas más graves debido a la descomposición de la misma, se debe revisar que la granulometría del material sea aun la requerida para soportar las cargas necesarias, que no se haya desintegrado en su totalidad y que el material que se ha triturado con el paso de los trenes no se encuentre bajo los durmientes,

ya que no permitiría que el agua escurra filtrándose hacia las orillas del terraplén, ocasionando que se aguachine la terracería, reblandeciendo la tierra y pudiendo ocasionar graves daños al paso de los trenes.



Fig. 22.- Vía sin lecho de balasto.

En la figura 22 podemos observar que la vía no cuenta con el espesor de balasto necesario, además que la terracería y el poco balasto que queda por debajo de los durmientes se ha mezclado a causa de la degradación del material y el efecto de aguachinado que básicamente ocurre cuando no hay una buena filtración del agua dejando que esta se combine con la terracería y los finos pulverizados de la piedra de balasto, formando capas muy duras y compactas que vuelven demasiado rígida la vía en algunos casos, y en otros principalmente en temporadas de lluvia volviéndola muy propensa a hundimientos y asentamientos diferenciales a lo largo de la vía por la nula compactación debajo de los durmientes.

Para el balasto generalmente es necesario realizar una rehabilitación reemplazando parte e incluso toda la capa de balasto en algunos tramos de vía, para saber dónde atacar, es necesario realizar calas en el lecho del balasto, normalmente se pueden hacer cada 50 metros entre dos durmientes, dónde se debe revisar si todo el espesor de balasto es de buena calidad o en su defecto si se encuentra mezclado con tierra o finos provenientes de la propia desintegración del material, en algunas ocasiones el balasto puede estar

contaminado por la parte más baja del lecho debido a que se llega a descargar material en buen estado sobre otro que necesariamente se debió haber retirado antes de descargar. Cuando se vaya a realizar el balastaje, antes se debe reforzar la corona del terraplén y afinar los hombros dando el ancho reglamentario para evitar que el material se escurra por los taludes.

Esta actividad puede desarrollarse por medios manuales, con cuadrillas de vía y herramienta como gatos de escalera, bieldos, barretas y niveles incluso equipo menor como bateadoras manuales. O bien por medios mecánicos como es el caso de la máquina Desguarnecedora o limpiadora de balasto, con la cual se retira todo el material, se criba y se reutiliza parte del balasto en buenas condiciones volviendo a depositar un porcentaje del mismo sobre la vía al paso de la máquina, posteriormente se requiere una nivelación de vía propiamente con maquinaria.

Terracerías, La terracería es un punto importante que mencionar ya que de ellas depende en gran medida la estabilidad de la vía, para la rehabilitación se debe observar que la corona, las banquetas, hombros de los taludes, y principalmente el bombeo, conserven las medidas requeridas, esto se ve afectado debido a condiciones climáticas, lluvia, viento, al paso de personas ajenas al ferrocarril que caminan por la orilla de la vía o por animales.

Referente a la corona, esta debe conservar el bombeo del 2% que sirve para drenar el agua hacia los taludes, este bombeo puede llegar a perderse debido a que cuando se renueva el balasto puede llegar a arrastrar parte del material de la corona haciendo que los niveles se pierdan y simplemente se rellene con más balasto dejando baches que en lo futuro harán que la terracería se vuelva más blanda, y por otra parte cuando las banquetas pierden su nivel y las pendientes ya no funcionan como estaban planeadas.

En cuanto a los hombros y taludes, estos pierden su forma debido a las fuertes lluvias que pueden llegar a deslavarlos, así como por fuertes sequías que pueden agrietarlos y hacerlos más vulnerables a deslavarse con cualquier lluvia moderada.

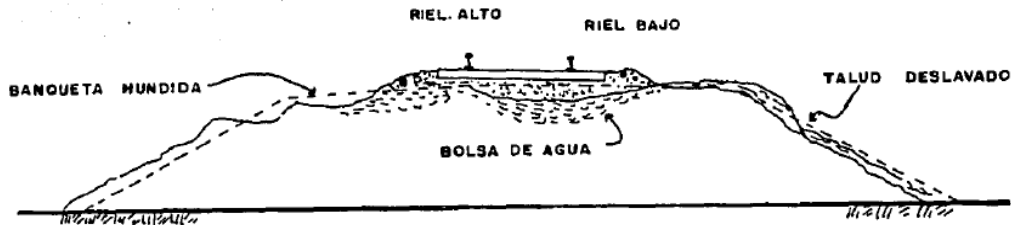


Fig. 23.- Deterioro de Banqueta y Talud.

Durmientes, a estos principalmente se les revisa que no estén podridos cuando son de madera, que no presenten fisuras, quebrantamientos, que estén descabezados, cortados, rajados, que debido a su estado ya no sean capaces de sujetar al riel con la firmeza necesaria. Estos defectos son provocados principalmente por condiciones climatológicas y por qué han llegado al fin de su vida útil, además de que pudieron verse sometidos a cargas y velocidades superiores a las que estaban diseñados, o una combinación de las anteriores.

Riel, en el riel los principales factores de deterioro es por el peso excesivo, la velocidad, la mala nivelación en curvas que ocasionan un desgaste prematuro en el hongo del riel, de igual forma afectan cuando en las juntas se encuentran claros demasiado abiertos o desnivelados que al paso de la rueda hacen que esta choque de manera abrupta con la pestaña del riel provocando un martilleo que puede hacer propenso el riel a fracturas internas o a su agrietamiento. Por otra parte el aplastamiento del hongo debido al paso de los trenes, al patinamiento de las locomotoras y a frenados bruscos hace que poco a poco el riel vaya perdiendo las dimensiones y la forma del flanco activo, adelgazando cada vez más la parte de contacto entre el riel y la rueda volviéndolo propenso a quebrarse, para evitar esto se deberá realizar un amolado de riel con la maquinaria especial ya sea maquinaria pesada o equipos menores, y cuando el

flanco activo ya haya perdido más del 25 % de superficie se deberá remplazar el riel o bien girarlo para aprovechar el lado donde no se ha gastado.

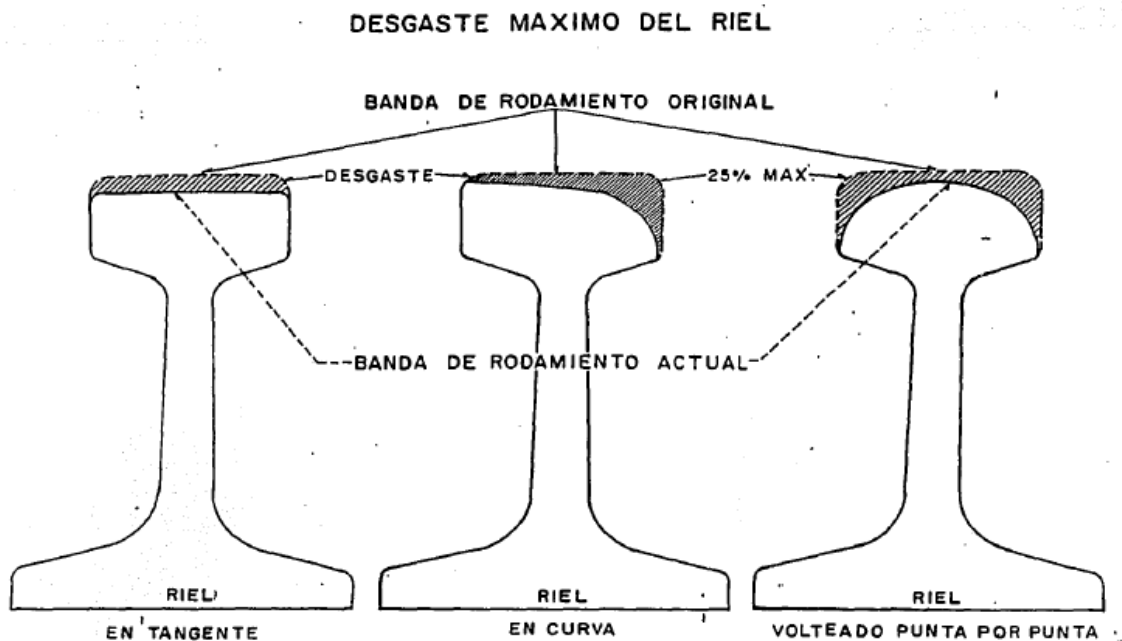


Fig. 24.- Desgaste de riel.

Existen defectos en el riel por fallas o grietas horizontales y verticales, provocadas por defectos de fabricación o por el desgaste propio del riel y el peso excesivo del material rodante, para la inspección de estas fallas es necesario realizarlo con equipos de ultrasonido ya que muchas veces no son fáciles de percibir a simple vista, ya que muchas de ellas se encuentran en el interior del riel, entre el hongo y el alma.

Accesorios de vía, estos pueden llegar a fallar principalmente porque están sometidos a grandes esfuerzos de tensión y compresión, como lo son las fijaciones tanto tirafondos como clavos de vía, silletas, que se pueden agrietar o romper, en caso de las fijaciones pueden llevar a aflojarse y salir completamente dejando debilitada la sujeción del riel y el durmiente. Las planchuelas sufren grandes tensiones por estar sujetadas al riel y principalmente cuando la separación entre los rieles no es la correcta, además de sufrir tensiones y compresiones tiene también fricción con el riel, debido a los cambios de

temperatura por lo que deberán estar debidamente engrasados y asegurados los barrenos donde se posicionan los pernos que fijan al riel con la planchuela.

Dentro de las actividades principales de rehabilitación de vía podemos enlistar las siguientes:

- Bateo y nivelación de vía.

Este proceso consiste en proporcionar a la vía las adecuadas condiciones topográficas de nivelación y alineación (altura, ángulo de peralte, etc.) distribuyendo y compactando bajo los durmientes, mediante movimientos de vibración, el balasto necesario. El proceso se realiza mediante sucesivos levantes de la vía, aporte y bateado de balasto hasta llegar a la cota correspondiente. Estas operaciones se realizan empleando una bateadora, aportando paralelamente balasto.

- Perfilado.

Es el proceso de trabajo consistente en el posicionado y la distribución homogénea del balasto vertido de forma irregular a lo largo de la banqueta de la vía una vez conseguida la alineación y nivelación definitiva de la vía con el objetivo de dar la forma adecuada a la misma. Este trabajo se realiza empleando una perfiladora dotada de cepillos y arados para el movimiento del balasto.

- Desguarnecido de vía.

Es el proceso de trabajo realizado con la máquina Desguarnecedora cuya finalidad es sanear la banqueta de balasto gracias a la retirada y selección del material extraído tras el paso de una cadena de metal con garras que van extrayendo el balasto. El material extraído de la banqueta de balasto se selecciona mediante cribas eliminándose los detritos y reutilizando el balasto que cumpla la granulometría especificada. Si el balasto viejo que se va a retirar está especialmente erosionado (fuera de medida), se realiza un desguarnecido total sin reutilización desechando el cien por ciento del material.

La desguarnecedora puede llevar acoplado un “tren de cintas” formado por una serie de vagones especiales dotados de cintas transportadoras, encargadas de ir llenando las tolvas con los detritos, para que una vez

completo el tren se pueda proceder a su descarga en los puntos adecuados.

- Soldadura aluminotérmica y liberación de tensiones.

Este trabajo consiste en la unión de dos rieles para conseguir su continuidad y proceder a la liberación de las tensiones existentes en los mismos. Ambas operaciones están íntimamente ligadas y se realizan de manera sucesiva sobre la vía ya montada. La liberación de tensiones tiene como objetivo evitar daños en la vía a causa de la dilatación o contracción del riel.

El proceso de liberación de tensiones se ajusta a la siguiente secuencia: aflojado de las fijaciones de los dos rieles que se van a soldar, colocación de los rodillos de liberación de tensiones, corte del riel necesario, nivelación de ambos rieles dejando la separación de 27mm entre ellos, colocación del molde de masilla en los rieles y el crisol cerámico (olla), calentamiento previo del riel a una temperatura de aproximadamente 2000 °C y vertido del material de soldadura y de la bengala para encender la mezcla de soldadura. Una vez realizada la soldadura se retirarán el crisol y el molde, se procederá al apriete de las sujeciones y se retiran los rodillos que ayudan a mover el riel; finalmente se esmerilará la soldadura.

El proceso de soldadura aluminotérmica empleado para la unión de rieles se fundamenta en que la alta temperatura que se requiere para lograr la fusión de los rieles se obtiene de la reacción generada por la reducción del óxido de hierro por el aluminio en el interior de un molde-crisol de grafito. El metal resultante de dicha reacción aluminotérmica, en estado de fusión, fluye sobre los rieles que se van a unir, fundiéndolos y formando una masa compacta y homogénea.

II.4.- MAQUINARIA USADA EN EL MANTENIMIENTO DE VÍAS FÉRREAS.

Una vez que tenemos conocimiento de los mantenimientos que se le realizan generalmente a una vía férrea podemos conocer la maquinaria con la que se realizan dichas tareas, muchas de estas son maquinarias especializadas para

una tarea en específico por lo que sus funciones están debidamente sujetas al tipo de actividad, sin embargo cuando se requieren diferentes mantenimientos en una misma vía con maquinaria, se puede denominar como un tren de trabajo al conjunto de máquinas conectadas entre sí para realizar completamente las tareas de mantenimiento y renovación.

A continuación se mostraran algunas de las maquinarias y equipo menor de vía que se llegan a usar con mayor frecuencia y en especial referente a los mantenimientos que se mencionaron anteriormente.

II.4.1.- MAQUINARIA LIGERA.

Dentro de la maquinaria ligera o equipo menor podemos encontrar los siguientes equipos principalmente, solo se muestran los que se usan en mayor frecuencia ya que existen diversos equipos.

Tirafondera.

Este equipo es usado especialmente para aflojar, retirar y volver a colocar y dar el torque adecuado a las fijaciones tipo tirafondo. La Tirafondera puede estar equipada con torquímetro para ajustar adecuadamente el tirafondo sin dañar el riel ni la fijación, este torquímetro se tiene que calibrar mínimo dos veces por año.



Fig. 25.- Tirafondera.

Bateadora manual.

Cumple con la misma función de compactar y vibrar el balasto debajo de los durmientes que una máquina bateadora sin embargo por sus dimensiones esta puede llegar a puntos específicos y usarse para tareas muy básicas y rápidas sin la necesidad de una maquinaria pesada.



Fig. 26.- Bateadora manual.

Taladro de riel.

La función de este es realizar barrenos en el alma del riel para poder colocar las planchuelas con las dimensiones correctas y sin provocar fisuras en el riel. Se usa un aceite llamado taladrina cuando se realiza un barreno.



Fig. 27.- Taladro de riel.

Cortadora de riel.

Este equipo es muy importante ya que es fundamental para actividades de soldadura de riel o liberación de esfuerzos, y el uso del mismo debe ser de gran precaución y técnica debido a que el corte debe ser totalmente recto. La cortadora cuenta con un soporte que va anclado al riel para su fijación y evitar que el corte llegue a desviarse, sin embargo por el movimiento propio del operador puede llegar a tener ligeras desviaciones.

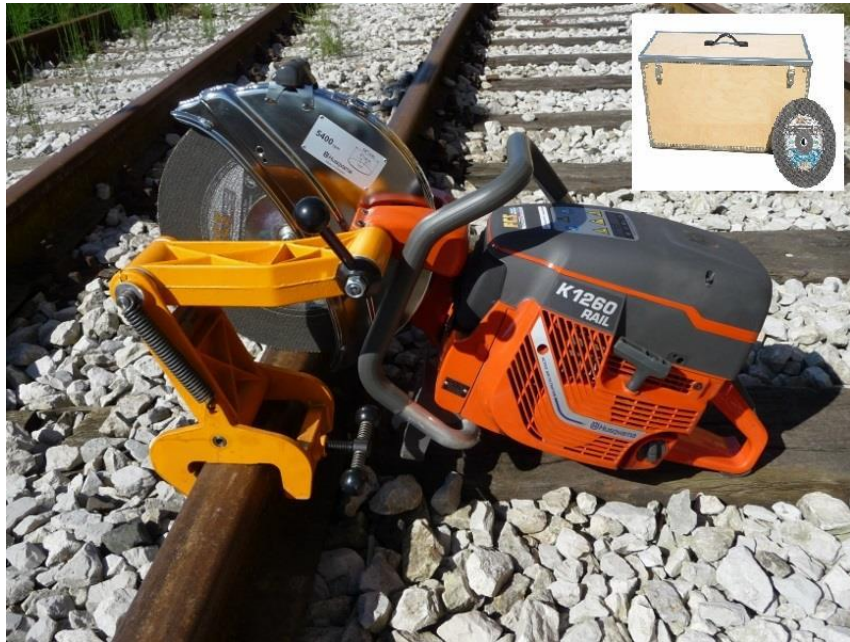


Fig. 28.- Cortadora de riel.

Diplori o carro de cuatro ruedas. Viga de metal con ruedas cónicas que se posicionan sobre el riel y permiten el traslado de algún equipo o herramienta, principalmente usada en conjunto con la Tirafondera ya que ayuda a su desplazamiento y posicionamiento sobre el riel.



Fig. 29.- Diplori.

Esmeriladora o amoladora manual.

Este equipo tiene la función de eliminar del riel, las protuberancias ocasionadas por la soldadura del mismo, o de dar nuevamente la forma del hongo del riel debido a la pérdida de dimensiones, es usado también en la actividad de desbarbado de agujas de cambios donde se tiene que afinar la punta de las agujas en los aparatos de cambio de riel.

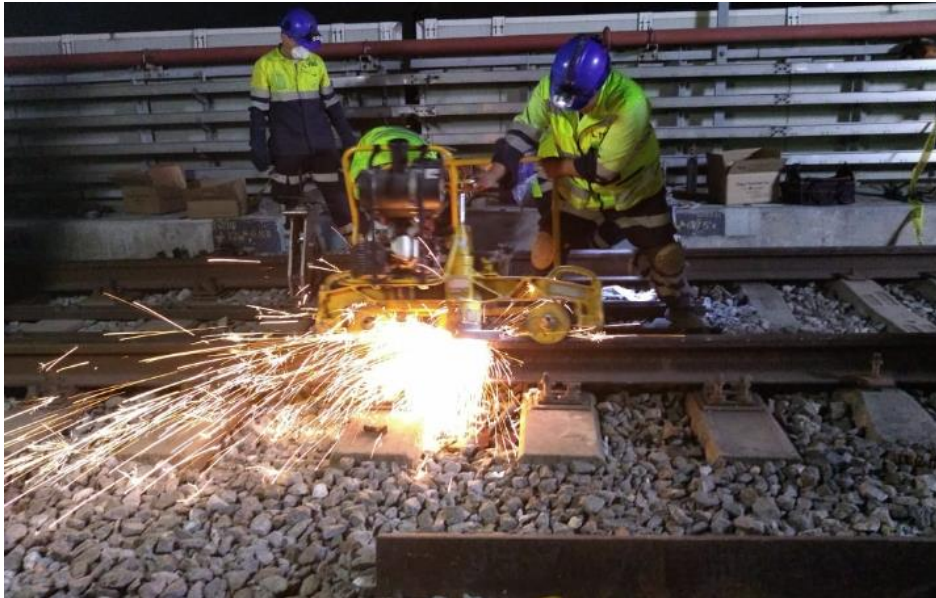


Fig. 30.- Amoladora manual.

II.4.2.- MAQUINARIA PESADA.

El uso de maquinaria pesada es destinado a actividades donde se requiere mayor rendimiento de los trabajos debido a la programación de los mantenimientos, tiempos de cumplimiento, volúmenes de obra requeridos, por lo que resulta más viable realizar estos trabajos con ese tipo de equipos ya que de otro modo encarecerían el costo del proyecto. Usualmente la maquinaria pesada entra en acción en actividades de rehabilitación.

A continuación presento los más representativos en el trabajo de rehabilitación de balasto o desguarnecido de vía.

Desguarnecedora.

Para la actividad de desguarnecido de vía como su nombre lo indica contamos con la máquina desguarnecedora, que tiene la función principal de retirar, mediante una cadena de acero compuesta de eslabones y paletas tipo garras, la capa de balasto de la vía, la máquina levanta con unas pinzas parte de la vía por donde va pasando la cadena para evitar que se llegue a atorar con los durmientes, este material sube por unos túneles hasta llegar a las cribas donde en ocasiones el material se selecciona para reutilizarlo o se pasa a otra banda para desecharlo de la vía. En caso de reutilizar el material este baja por la criba y se va depositando donde ya pasó la cadena con el fin de dar soporte a la vía y no se flexione demasiado con el paso de la maquinaria, posteriormente se llena por completo de balasto nuevo.

El funcionamiento de esta máquina es gracias a dos motores, uno mecánico a diesel que brinda la potencia para traslado y a su vez da potencia a un motor hidráulico, este motor hidráulico es el encargado de dar la fuerza a todo el sistema hidráulico con el que funciona la ceda, los sistemas de pinzas, las bandas y cribas, a su vez alimentan a los sistemas electromecánicos, como válvulas, solenoides, relevadores, y toda la instrumentación.



Fig. 31.- Desguarnecedora modelo C330S.

Bateadora.

Esta máquina es tan importante como la anterior, ya que nos ayuda en actividades de compactación de balasto así como nivelación vertical y horizontal de la vía, cuenta con un equipo de medición laser en la parte frontal que indica las elevaciones o los puntos bajos de la vía, con estos sensores la máquina tiene una referencia de cuando vibrar un punto para que quede con la compactación y nivel requerido, el operador introduce los bates entre dos o más durmientes, dependiendo el número de bates con los que cuenta la máquina, algunas pueden tener 8 bates por lado de riel lo que sumarian 32 por máquina.

Rendimiento y/o velocidad de trabajo de 300 m/hrs, con levante promedio de 50 mm y corrección de alineación de igual magnitud y doble bateo en durmientes de juntas.



Fig. 32.- Bateadora modelo 08 16 GH SH.

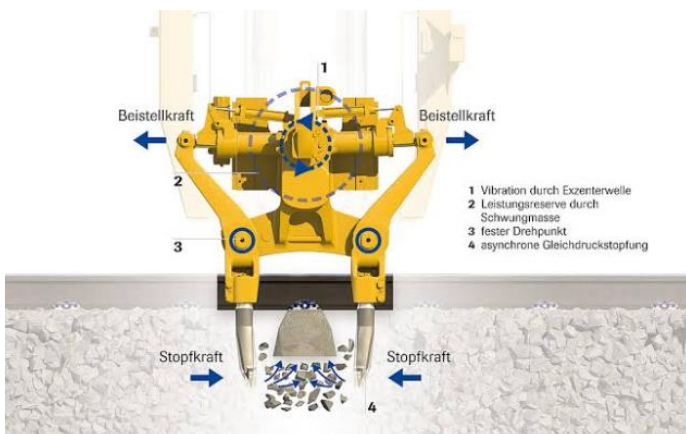


Fig. 33.- Sistema de bateo.

Perfiladora de balasto.

Estarán provistas como mínimo de una lámina frontal o central y dos láminas laterales y de dispositivos que permitan su rápido retiro de la vía, la lámina central será de altura regulable y estará constituida por dos cuerpos que puedan actuar independientemente, las láminas laterales serán regulables y podrán trabajar en forma independiente.

El ángulo de las láminas laterales podrá ser modificado a voluntad en función del ángulo del talud del balasto.

Deberá contar con un dispositivo de cepillos destinados a barrer las piedras sobrantes de la superficie de los durmientes y de los rieles para desplazarlas fuera de la superficie de rodamiento.

Las operaciones que deberá realizar esta máquina antes del bateo son de distribuir adecuadamente el balasto descargado de las tolvas desde lugares donde hay exceso hasta donde es necesario cubrir. La posibilidad de llevar balasto desde la corona hacia el centro de la vía colocándolo en los puntos de bateo. Asimismo podrá trasladar el balasto de un hombro de la vía hacia el hombro opuesto.

Después del bateo, deberá colocar balasto faltante entre durmientes o en la corona de la vía, distribuyéndolo desde sectores donde hay exceso o de una nueva descarga de tolvas.

Perfilar el balasto en toda la sección del mismo, quitando los excesos y perfilando la corona y hombros. Barrido de la piedra sobrante sobre los durmientes.



Fig. 34.- Perfiladora de balasto.

Esmeriladora Mecanizada de Riel.

Con la esmeriladora de riel se puede realizar la actividad de amolado de riel, realizar correcciones a la geometría del riel, rectificando el flanco activo, eliminar protuberancias ocasionadas con el paso del tren, eliminar las ondulaciones horizontales en el hongo del riel. La finalidad es devolver al hongo la forma original para que continúe su estado de servicio hasta que por cuestiones de seguridad el perfil ya no pueda ser usado, sin la necesidad de remplazar gran cantidad de piezas de riel.

Esta máquina en especial este modelo cuenta con cuatro módulos de esmerilado y dos cabinas para desde donde puede ser operada, en la parte frontal al igual que la bateadora, cuenta con un sistema de sensores que miden las protuberancias del riel y con esto se puede tener la precisión de donde y cuanto esmerilar, las piedras de esmeril son debidamente colocadas y alineadas según se requiera además cuenta con un sistema que permite girar en diferentes ángulos las piedras para poder formar nuevamente el hongo del riel.



Fig. 35.- Piedra de esmerilado puesta sobre el riel.



Fig. 36.- Esmeriladora Mecanizada de Riel modelo MS 14S-C.

CAPÍTULO III CASO PRÁCTICO, MANTENIMIENTO DE VÍAS FÉRREAS EN LÍNEA NB DE KANSAS CITY SOUTHERN MÉXICO (KCSM).

En capítulos anteriores pudimos conocer algunos de los factores que pueden deteriorar y afectar las condiciones de servicio y el estado de una vía, y con esto podemos darnos cuenta de la importancia del mantenimiento y rehabilitación de una vía férrea lo que implica que debemos programar trabajos adecuadamente con el objetivo de asegurar la circulación de los trenes en condiciones de seguridad y confort, por otro lado evitar esfuerzos excesivos sobre la vía, o una fatiga excesiva de sus elementos constitutivos, que conduciría a una degradación exageradamente rápida e irreversible.

El sistema ferroviario mexicano ha sido muy eficaz durante muchos años sin embargo existe una gran área de oportunidad ya que gran parte de las líneas ferroviarias requieren de mantenimiento e incluso en muchos casos se necesita una rehabilitación de vía, en el caso de la línea de la empresa Kansas City Southern de México se cuenta con un programa de mantenimiento y rehabilitación de puntos críticos de la línea, en los cuales se llevan actividades como cambio de durmientes en mal estado, colocación y apriete de tornillería, rectificación de medidas geométricas de la vía como peralte y ancho de vía, nivelación de la vía, bateo, perfilado y la actividad de desguarnecido de vía.

La conservación de la nivelación y alineación de las vías tiene como objetivo el mantener dentro de las tolerancias exigidas de la nivelación transversal y longitudinal, el alabeo, la alineación, la estabilidad de los durmientes y el perfil del balasto.

Para poder satisfacer la exigencia de calidad requerida es necesario disponer de equipos mecánicos pesados como lo es una máquina Bateadora o multcompactadora y una perfiladora de balasto.

La rehabilitación de la cama de balasto se realiza principalmente con el objetivo de obtener seguridad al transitar por la vía, eliminando los puntos críticos donde las condiciones del balasto ya no cumplen con los parámetros requeridos, buscando de esta manera tener un lecho de balasto lo suficientemente estable y

fuerte para que absorba los esfuerzos transmitidos por los trenes, contar con una excelente permeabilidad del agua para evitar que la infraestructura de la vía sufra un considerable deterioro, mantener los parámetros geométricos en condiciones de servicio, tanto el ancho de la corona como el espesor de la cama de balasto, además de conservar la granulometría del mismo.

Para poder efectuar este trabajo en grandes volúmenes es necesario atacar con maquinaria pesada, en este proyecto de rehabilitación, ejecutado por la empresa de mantenimiento ferroviario **TSO NGE México SA de CV**, se utilizó una máquina limpiadora de balasto o mejor conocida como **Desguarnecedora** de la marca **MATISA** modelo **C330S**, con motor de tracción **CATERPILLAR**, cadena de excavación, dispositivo de cribado, esta es una máquina con un alto rendimiento, y gran funcionalidad ya que permite desplegar sus aditamentos (túneles y cadena) para poder funcionar inmediatamente evitando demoras en el tiempo de trabajo. La máquina cuenta con sistema de tenazas hidráulicas que sujetan los rieles lateralmente con rodillos en adecuados a la forma del riel, para levantar la vía lo suficiente para que pueda entrar la cadena de corte, además sirven para modular la altura y orientación vertical y horizontal de la vía.

La cadena de la máquina excava el balasto bajo los durmientes y rieles, llevándolo por los túneles de la misma hacia la criba donde el material es seleccionado, el frente de ataque de la cadena puede variar debido a los brazos o túneles comandados hidráulicamente que pueden descender o subir el nivel dependiendo las condiciones que se quieran lograr en la vía conservando la geometría.

La criba cuenta con oscilaciones libres que asegura un alto rendimiento, así como una excelente calidad de cribado, cuenta con tres rejillas intercambiables que permiten adaptarse a todas las granulometrías del balasto.

El balasto depurado se lleva por parte de bandas hacia afuera del camino regularmente a la banqueta de la vía, donde posteriormente es distribuido por medios mecánicos.



Fig. 37.- Desguarnecedora MATISA modelo C330S.

III.1.- SOLICITUD DE VENTANA DE TRABAJO.

Para poder realizar trabajos de mantenimiento o rehabilitación en una vía se requiere un permiso mejor conocido como **“ventana de trabajo”** solicitada al despachador de trenes, quien es el encargado de coordinar el tránsito ferroviario, por lo que esté sabrá en que momento y por cuanto tiempo es oportuno para autorizar la ventana de trabajo, previamente el despachador ha sido notificado por la empresa ferroviaria que tiene la concesión de la vía, que realizará mantenimientos de acuerdo a su programa anual, por lo que el trabajo del despachador será tomar en cuenta los tramos donde se estarán realizando estos trabajos así como los horarios para poder coordinar el tránsito ferroviario con los cierres parciales de la vía, sin comprometer la seguridad de los trabajadores.

El proceso para solicitar la ventana de trabajo es el siguiente:

- 1.- El piloto de vía junto con el supervisor de la empresa ferroviaria (KCSM) mediante un radio de comunicación establecen un diálogo con el despachador, donde el piloto se presenta con el código de identificación de la máquina que entrará a laborar, este código está compuesto por letras y números, las cuales se deberán decir de acuerdo al alfabeto fonético establecido por el reglamento interno de transporte de la empresa ferroviaria.
- 2.- El despachador emitirá al piloto de vía una Autorización Tramo de Vía (ATV) por el mismo canal. Con la información necesaria, como la hora de entrada a la vía, el tiempo límite para permanecer en ella, y la hora en la que ya deberán estar resguardados en su escape, así como el escape donde deberán resguardar la

maquinaria que por lo regular está asignado desde el inicio de los trabajos, y puede cambiar según el avance dentro de los tramos de vía. Este tendrá la responsabilidad de comunicárselo a los encargados de la obra en este caso supervisores y jefes de cuadrilla.

3.-Normalmente la autorización está indicada tras el paso de algún tren por lo que el piloto de vía deberá estar atento al paso del último tren indicado por el despachador y entonces proceder a mover la maquinaria y gente dentro de la vía principal, para esto el piloto será el encargado de colocar las banderas rojas que restrinjan el paso de otros trenes por esa vía, o en su defecto banderas amarillas que indican la reducción de velocidad de los trenes en vías paralelas, indicando que hay trabajos en la vía, los conductores de otros trenes ya deberán estar previamente informados por el despachador acerca de los trabajos así como de los puntos kilometrados PK donde se está trabajando para que tomen sus precauciones.



Fig. 38.- Piloto de vía colocando bandera amarilla (reducción de velocidad).

III.2.- PREPARACIÓN DE LA MÁQUINA DESGUARNECEDORA.

Previamente de solicitar la ventana de trabajo el equipo de maquinaria se debe encargar de revisar y poner a punto su máquina antes de salir a tramo, para estos trabajos de preparación es importante contar con un equipo de mecánicos que serán los encargados de realizar los mantenimientos preventivos y correctivos a la máquina, estos trabajos de mantenimiento se realizan mientras la máquina está en el escape asignado y después de la jornada de trabajo para no entorpecer el rendimiento. Por la mañana antes de salir a tramo solo se tendrá que cumplir con un check list en el que se revise lo básico por parte del equipo de maquinaria, como niveles de aceite hidráulico y mecánico, lubricación de chumaceras, limpieza del equipo, niveles de agua, presión de aire, que no existan fugas, nivel del combustible, entre otras cosas.

Una vez lista y previamente calentada la máquina solo queda esperar la autorización para acceder a vía. Esta máquina es remolcada hasta el PK de trabajo por una locomotora, ya que la máquina no cuenta con la fuerza necesaria para desplazarse a la velocidad permitida de 45km/h.

III.3.- PREPARACIÓN DE LA VÍA.

La cuadrilla de vía deberá llegar al PK donde se iniciarán los trabajos de desguarnecido, una vez informados de que se ha autorizado la ventana de trabajo, la cuadrilla entra a la vía para comenzar a preparar la zona donde la máquina llegará así mismo aprovechando el traslado de la máquina de alrededor de 20 a 30 minutos, parte de esta cuadrilla se debe adelantar a la máquina al menos 300 metros verificando que las fijaciones de la vía se encuentre completa, en buen estado y debidamente ajustada, así como verificando que los durmientes que se deban reemplazar estén debidamente fijados o en su defecto retirarlos manual o mecánicamente de la vía, antes del paso de la máquina para evitar que la fuerza de la cadena de la máquina llegue a desprenderlos y ocasione posibles accidentes.



Fig. 39.- Personal de vía colocando fijaciones faltantes.

Mientras que el resto comienza a realizar el descajonamiento de la vía donde posteriormente se procederá a conectar la cadena de la máquina para comenzar a desguarnecer.

Este descajonamiento es realizado con el fin de obtener el espacio suficiente para poder realizar las maniobras de conexión de la guía y cadena de la máquina, se realiza excavando ya sea de forma manual o por medio mecánicos un tramo de al menos 2, preferentemente 3 durmientes con sus respectivos espacios entre durmientes que es el equivalente de 2.1 a 2.8 metros aproximadamente.



Fig. 40.- Descajonamiento de vía y extracción de durmientes.

Una vez efectuado el descajonamiento se procede a levantar la vía con gatos de escalera que servirán de soporte mientras se calzan ambos rieles, con trozos de durmiente de madera, aproximadamente 20" de altura tomando en cuenta la base del durmiente, a partir de ahí se considera la altura excavada, se colocan a los primeros 0.5 metros lineales tomando como referencia el punto donde inició el cajeo, con la función de recibir la guía y conexión de cadena de la máquina y que por el peso propio de la máquina no ocasione daños al riel, posterior al paso de la máquina por la zona de cajeo y mientras va avanzando en dirección del tramo desguarnecido, personal de vía sigue colocando durmientes de madera cortados, repitiendo la primer altura de 20" a 3.5 metros por debajo del primer durmiente posterior al cajeo, 15" de altura a 8 metros aproximadamente, reduciendo la altura cada vez hasta llegar a 10" a aproximadamente 15 metros a partir del punto del descajonado, esto con el fin de hacer una rampa cuya función es brindar una pendiente ligera y al mismo tiempo dar soporte a la vía para que la maquinaria pase completamente se posicione al nivel que se va a desguarnecer y evitar fracturas en el riel o que se llegue a descarrilar la máquina, debido al cambio brusco de altura, posterior al paso de la misma se rellenará con balasto los primero durmientes donde se comenzó a desguarnecer para dar mejor soporte y se procederá a quitar los durmientes colocados provisionalmente, además en casos donde se realiza recuperación de balasto, este mismo es colocado por la criba inmediatamente al paso de la cadena de corte, lo que ayuda a la estabilización de la vía.



Fig. 41.- Rampa de descenso o entrada de máquina.

En la figura anterior podemos observar que la colocación de los durmientes de madera como soporte es de fundamental para evitar daños en el riel así como algún descarrilamiento por el peso de la maquinaria, esto se realiza en la primer zona de desguarnecido aproximadamente los primero 15 metros lineales hasta que se pueda recuperar balasto y poder colocarlo debajo de los durmientes.



Fig. 42.- Colocación de durmientes de soporte.

III.4.- DESGUARNECIDO DE VÍA.

La contaminación de la capa de balasto tiene su origen en diversas causas como pueden ser, la trituración de las partículas por insuficiente resistencia del balasto o a causa de los esfuerzos verticales sobre la vía superiores a los que se tenían contemplados por la sobre carga, de igual forma se puede llegar a contaminar por los materiales de la plataforma o terracerías que al recibir los esfuerzos y no estar debidamente compactadas o con el tiempo se va aflojando el material y quedando suelto lo que hace que suba a la superficie o a una determinada altura que afecta la filtración adecuada del balasto incluso sus propiedades de amortiguación ya que rellena los espacios entre las partículas de balasto, otra de las causas frecuentes es por contaminación de debida a la caída de materiales procedentes de los vagones, por cuestiones climáticas y por la misma vegetación que invade parte de la vía.

Es por estas causas que surge la necesidad de reparar la capa de balasto aun cuando los demás elementos de vía aún conservan sus propiedades físicas y geométricas, a pesar de eso en muchos casos se aprovecha para dar un mantenimiento a los demás elementos, hacer cambio de durmientes o fijaciones y conservación de las medidas geométricas como lo es el bateo de la vía.

En el caso del desguarnecido solo se procede a la sustitución de la capa de balasto por medio de la máquina desguarnecedora.

III.4.1.- PROCESO DE DESGUARNECIDO DE VÍA.

En el proceso de desguarnecido existen varios pasos que se deben seguir adecuadamente para cumplir con un trabajo de calidad y económico para la empresa que contrata este servicio.

Lo primordial es conocer el perfil de la vía ya que en él se detallarán los puntos o zonas donde se requiera mayor atención, principalmente donde existan drenajes que atraviesan la vía o en su defecto tubería de cableado eléctrico u otro servicio, de igual forma se debe puntualizar los pasos a desnivel o los cruces ferroviarios ya que en ellos se tendrá que detener la máquina, desconectar cadena de corte y volver a conectar pasando el obstáculo con el mismo procedimiento de cajeo al inicio de desguarnecido, la principal referencia de que nos puede brindar el perfil de la vía es la referencia topográfica que se debe realizar antes, durante y posterior al desguarnecido para tener referenciado el nivel vertical y transversal de la vía.

El objetivo principal de la rehabilitación de una vía es que al finalizar quede con los mismos parámetros geométricos que tenía de origen en proyecto, y que se han perdido con el uso y tiempo, por lo que con las debidas correcciones se busca volver a los niveles requeridos, esto se consigue con un trabajo de topografía que apoye referenciando los niveles verticales y horizontales durante el desguarnecido, desde un punto fuera de la vía. El topógrafo estará en constante comunicación con el supervisor de obra y operador de la máquina para comunicar los niveles conforme se vaya avanzando, con el objetivo de evitar curvas verticales que no estén contempladas en el perfil.

Para el proceso de desguarnecido se requiere de un gran equipo de trabajo ya que como pudimos ver anteriormente se necesita preparar la vía para recibir la maquinaria pesada, por lo que se debe contar con una cuadrilla de vía de al menos 10 personas comandados por un cabo o jefe de cuadrilla, estas personas serán las encargadas de realizar una excavación comúnmente llamada “descajonamiento” que se realiza en 2 o 3 durmientes consecutivos para poder posicionar la cadena de la máquina y poder ejecutar los trabajos.

El equipo que opera la máquina desguarnecedora está conformado de al menos 6 personas coordinados por un jefe de máquina y operador de la misma. Una vez que se ha revisado la máquina y que ha llegado al PK de inicio, el equipo deberá conectar la guía a los brazos o túneles de la máquina para poder conectar la cadena de corte e iniciar el desguarnecido.

La conexión de la cadena de corte se realiza en el tramo descajonado habilitado para esa actividad, esta actividad debe ejecutarse lo más rápido posible para



Fig. 43.- Descenso de guía y cadena.

apresurar el inicio de corte en la vía, la conexión se realiza aproximadamente en 15 minutos desde que llega la máquina al punto, normalmente la guía y cadena se resguarda en un furgón acoplado a la máquina desguarnecedora, este furgón sirve de taller y de almacén de refacciones y herramienta de vía. Para colocar la guía de 2.5 metros de largo en la vía es necesario bajarla con polipastos, cadenas o bien con una retroexcavadora que pueda sujetarla con el brazo.

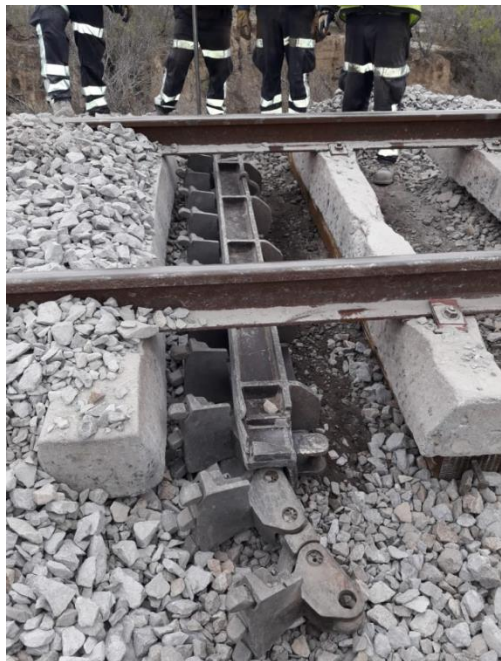


Fig. 44.-Cadena y guía para conexión.

Una vez conectada la cadena de corte a la máquina, el personal posicionado en los túneles los ajustará a la altura que se requiera cortar, regularmente se corta entre 15 a 18 pulgadas, esto depende de la profundidad del terreno, así como las condiciones en que se encuentra el balasto y el terraplén, ya que existen zonas muy bajas de espesor de balasto o que ya está demasiado contaminado el balasto con finos o con el mismo terraplén. Principalmente en las zonas de cruces a nivel es donde se puede observar esta característica en el espesor del balasto, para estas zonas es conveniente que después desguarnecido y antes del tirado de balasto nuevo, se coloque un geotextil que sirva de malla para evitar que los materiales finos se mezclen con el balasto nuevo, principalmente en época de lluvias o zonas con flujo de agua.

Durante los primeros 15 metros de corte el trabajo se debe efectuar de manera controlada y lenta para que la cuadrilla de vía pueda colocar la rampa de entrada conforme la máquina va avanzando. Ya que se ha llegado a la altura de corte

requerida junto con la altura de la rampa, la máquina toma su velocidad de corte normal, que le permitirá obtener un rendimiento de hasta **750m³/h** considerando que se realice el cribado y recuperación del material, esto nos da un avance de hasta **500 metros lineales** tomando en cuenta un espesor de 18 pulgadas, y la vía en condiciones que permitan el avance constante de la máquina.

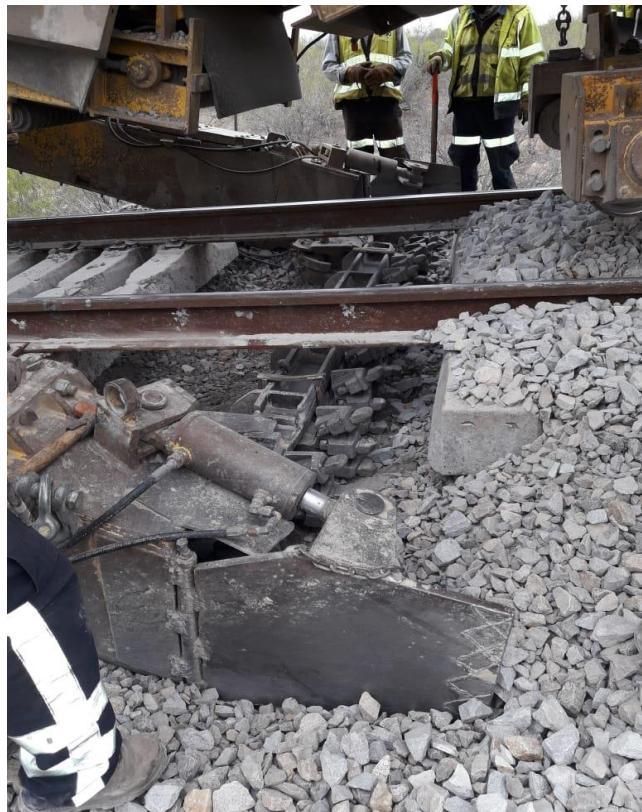


Fig. 45.-Cadena y brazos en posición de corte.

Una vez iniciado el corte el equipo de máquina debe estar en todo momento alerta y atento al funcionamiento de la máquina así como al cuidado de sus compañeros que transitan frente y por los laterales de la maquinaria, en este tipo

de actividades la seguridad es pieza clave para que se puedan efectuar de la mejor manera posible, por lo que es necesario contar con al menos dos supervisores de seguridad para atacar ambos frentes, el de trabajo en desguarnecedora, y el trabajo en vía.

Para los trabajos en la máquina desguarnecedora se requiere de un operador, dos ayudantes operando los brazos o túneles manualmente uno de cada lado de la máquina, controlando la altura de la excavación, estas personas deberán ir midiendo con ayuda de una regla o un flexómetro el nivel de excavación de los brazos, y a su vez avisando al operador sobre cualquier anomalía, de igual forma deben avisar al operador cuando deba abrir y cerrar las pinzas hidráulicas que sujetan los rieles para levantar y bajar la vía, el soltar y volver a sujetar el riel ocurre cuando el equipo de pinzas llegue a un punto donde existe una junta con planchuelas, o donde haya soldadura de riel, recuperando el agarre del riel inmediatamente que el grupo de pinzas pasa el obstáculo.

Dos personas más estarán en las balasteras, que es la parte de la máquina donde reciben el material cribado, las cuales deberán controlar el flujo de balasto para evitar dejar sobre espesores que alteren el peralte de la vía, y una persona más regularmente el supervisor de obra que deberá estar controlando el estado de la máquina y las condiciones exteriores procurando informar oportunamente a todo el personal involucrado cada acción.

III.4.2.- USO DE GEOTEXTIL EN VÍA NB KCSM.

Dentro del alcance de desguarnecido en la línea NB de KSCM se proyectó utilizar un geotextil que se instaló debajo del lecho de balasto, esta actividad fue muy importante ya que se tuvo que modificar un aditamento a la máquina para soportar los rollos de geotextil justo por detrás del paso de la cadena de corte y antes de que el balasto cayera nuevamente por las balasteras.

La función de este geotextil es de actuar como elemento separador de la capa de balasto y la terracería o subbalasto, dependiendo donde se coloque, para evitar que por la poca capacidad de carga de la terracería esta se desintegre o se traslape con la capa de balasto colocada, además de que ayuda a la integración de la capa de balasto uniformemente para repartir y soportar los esfuerzos verticales y transmitirlos a la terracería.

Resumiendo, el uso de geotextil en esta vía es necesario para reducir el asentamiento y por tanto prolongar el mantenimiento y nivelación de la vía, refuerza la capa de balasto incrementando la resistencia del terreno, ayuda a que la capa inferior se mantenga en su lugar y no se mezcle con la capa de balasto ocasionando que se pierda la permeabilidad de la vía, lo que ocasionaría mayor deterioro en menor tiempo.



Fig. 46.- Colocación de geotextil.

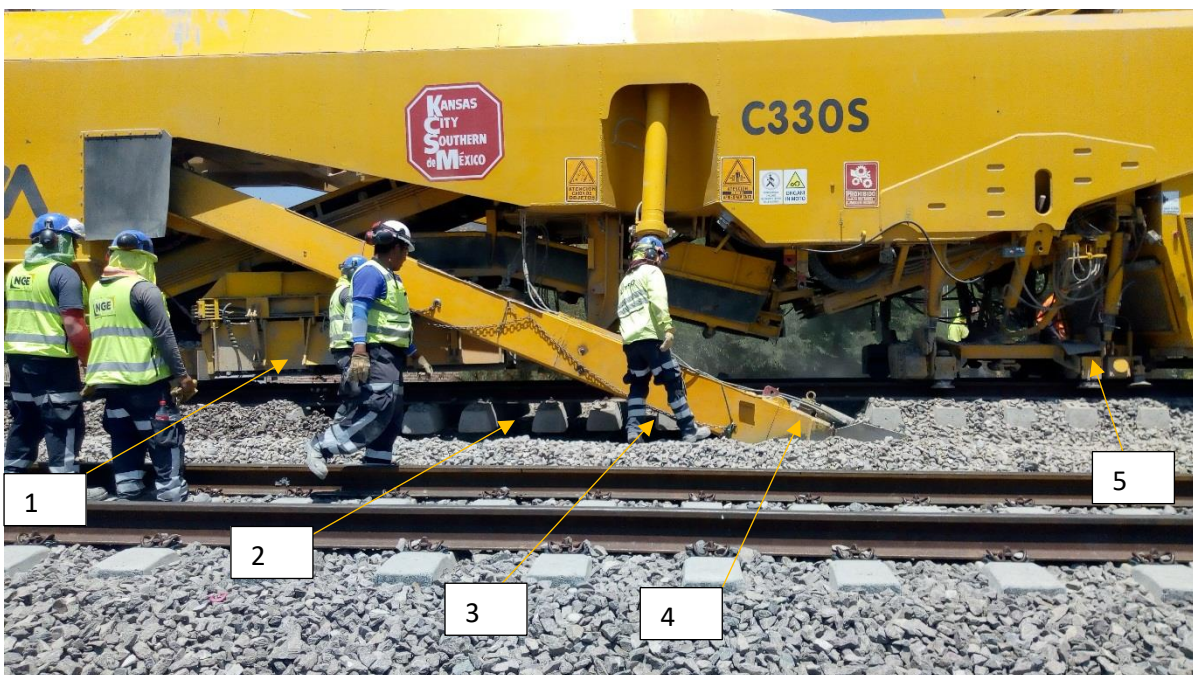


Fig. 46.- Posición de elementos.

- 1.- Balastera, aforando los espacios donde ya se desguarneció.
- 2.- Zona desguarnecida con colocación de geotextil.
- 3.- Aditamento para geotextil, sujeción del rollo con cadenas por ambos lados de la maquina.

Mantenimiento de vías férreas en línea NB de KCSM, Celaya Guanajuato.

4.- Zona de corte, ubicación de la cadena de corte y entrada de túneles.

5.- Equipo de pinzas que sujetan los rieles para levantar la vía.

La colocación del geotextil representó un reto importante ya que se tenía que colocar justo entre el corte y el rebalasteo propio de la máquina, por lo que se requería que al menos dos personas estuvieran al pendiente de que se fuera desenrollando y colocando el geotextil de la mejor manera sin moverse de la superficie de que se rellenará con balasto nuevo.

Cuando la Desguarnecedora inicia el corte personal de vías se adelanta al menos 300 metros revisando fijaciones y sondeando la vía con barretas para verificar que no existan piedras de tamaños considerables o algún otro objeto que pueda interferir con el paso y corte de la máquina, estos objetos deben ser retirados de la vía para evitar accidentes al paso de la máquina ya que muchas veces pueden salir proyectados por la fuerza de la cadena.



Fig. 47.-Equipo de vías sondeando la vía.

III.4.3.- LEVANTAMIENTO DE MEDIDAS GEOMÉTRICAS EN LA VÍA.

Posterior al paso de la máquina una persona deberán rectificar las medidas geométricas de la vía, perlarte y escantillón de la vía, para garantizar que el al paso de la máquina no variaron significativamente las medidas de la vía y así proceder a nivelar adecuadamente la vía con la máquina bateadora, esta persona deberá tomar medidas cada 1.5 metros con la finalidad de identificar los puntos bajos y elevaciones de la vía así como alabeos ocasionados por un corte desnivelado, o por el mal balasteo, los alabeos permitidos en la vía no deberán

pasar una tolerancia mínima de ± 5 mm por lado, principalmente se debe rectificar el escantillón de vía y los alabeos entre rieles, ya que al quitar el balasto la vía puede moverse o presentar torceduras al no tener la misma sujeción aportada por el lecho de balasto. Donde se detecten puntos bajos o altos el equipo de vía debe nivelar manualmente para conseguir una alineación lo más pareja posible antes del paso del tren de trabajo para poder tirar el balasto nuevo sobre la vía, de ahí la importancia de realizar la rectificación de medidas.



Fig. 48.-rectificación de escantillón de vía.

III.4.4.- TIRO DE BALASTO.

Posterior al paso de la desguarnecedora y una vez rectificado escantillón y los puntos bajos y altos se realiza el tiro de balasto, en el cual se recubre la vía con balasto nuevo, transportado en tolvas de 70.96 metros cúbicos las cuales se irán vaciando dentro de la vía en el tramo desguarnecido con el fin de rellenar completamente los niveles de balasto requeridos, para esto la cuadrilla de vías será la encargada de realizar la actividad.

Está actividad tiene un alto riesgo ya que se realiza con ayuda de un tren de trabajo, el cual circula a una velocidad de alrededor de 10km/h, aunque es una velocidad controlada existe el riesgo de atropellamiento debido a que los trabajadores deben ir abriendo las compuertas de las tolvas conforme avanza el tren sobre los tramos desguarnecidos, así mismo se le debe ir colocando un durmiente atravesado justo en las ruedas traseras de la tolva para repartir el balasto uniformemente y evitar que se formen montículos que puedan descarrilar la tolva. En un tiro de balasto regularmente se requiere de 12 a 15 tolvas

dependiendo la longitud desguarnecida. Para esta actividad el jefe de cuadrilla debe estar atento y en comunicación con el operador de la locomotora para controlar la velocidad así como dar las indicaciones de avanzar o detenerse en algún punto, para asegurar que la tolva no se abra por completo se deben sujetar las compuertas con cadenas que a su vez irán aseguradas a la barandilla de la tolva para que de forma controlada pueda irse abriendo y no se formen montículos que dificulten el paso de las tolvas posteriores. se requiere de al menos 4 personas por lado de tolva, dos estarán sujetando y controlando la abertura de las compuertas por medio de las cadenas, dos más estarán encargados de quitar los seguros de las compuertas y de cambiar los durmientes que se introducen delante de las ruedas de la tolva.



Fig. 49.-Tiro de balasto.

Con el tiro de balasto se finaliza el proceso de desguarnecido de vía, ya que se ha remplazado el balasto viejo por un material con la calidad necesaria, sin embargo para ofrecer una vía en condiciones operables es necesario realizar una alineación del material, así como un bateo que asegure la compactación del balasto bajo los durmientes, asegurando así la buena y uniforme repartición de cargas.

III.4.5.- PERFILADO Y BATEO DE VÍA.

Posterior al tirado de balasto, las máquinas bateadoras y perfiladoras efectuaran sus actividades hasta dejar la vía en condiciones operables.

Seguido del paso del tren de trabajo y liberado el tramo desguarnecido de alguna otra maquinaria, se realiza una primer pasada de la máquina perfiladora para distribuir el balasto recién tirado, a modo que cubra perfectamente la corona de la vía y formando los hombros de la misma, así como el talud del lecho de balasto, justo detrás de la perfiladora, la bateadora comienza a realizar su trabajo tomando referencias milimétricas por medio de sus sensores laser, nivelando los puntos requeridos a la vez que va compactando el balasto recién distribuido en la vía. Posterior a que la máquina bateadora ha realizado la nivelación y compactación de la vía, la perfiladora de balasto da una última pasada por la zona desguarnecida para terminar de perfilar y dejar una vía lista en condiciones para ser transitada.

Finalmente la maquinaria se resguarda nuevamente en el escape o ladero asignado por el despachador, donde se le realizaran los ajustes necesarios para volver a operar.

CONCLUSIONES

En México el transporte ferroviario sigue manteniéndose en los primeros lugares en cuanto a la oferta del servicio, por mucho el transporte en ferrocarril será la mejor opción tanto en seguridad, tiempo y calidad, es por esto que las empresas más grandes de transporte como lo es Ferromex de Grupo México y la empresa Kansas City Southern de México consideran viable mantener sus vías en las mejores condiciones posibles, realizando los mantenimientos preventivos que ellos mismos con sus cuadrillas de vías pueden generar, sin embargo para realizar trabajos de que requieren rehabilitación o maquinaria especializada, es más conveniente contratar los servicios de empresas dedicadas a esto y que cuenten con la infraestructura necesaria para la elaboración de los mismos, debido a los programas de mantenimiento y la disposición del recurso anualmente para estos mantenimientos.

Tomando conciencia de la importancia de la conservación de las vías férreas de nuestro país, podemos analizar con la información presentada anteriormente las causas más frecuentes que ocasionan el deterioro de las líneas férreas, y de esta manera conocer también los métodos y herramientas necesarias para controlar los defectos generados.

Principalmente en el tema de la rehabilitación del balasto que es la actividad más relevante de este trabajo, sin dejar de lado el mantenimiento general a la vía, podemos concluir que dentro de una vía de altas exigencias como lo es la línea NB de KCSM por donde transitan miles de toneladas cada día es necesario contar con una constante inspección de los elementos de vía, así mismo podemos decir que la conservación de una vía tiene por objetivo la corrección de defectos antes de que puedan resultar contraproducentes para la operación ferroviaria amenazando la seguridad del tránsito.

Concluyo mostrando la importancia de mantener un lecho de balasto que cuente con la granulometría adecuada al proyecto, que le permita tener el espesor necesario de al menos 40 cm desde la base del durmiente, de esta manera obtendrá un lecho lo suficientemente estable y flexible al paso de los trenes, y manteniendo la permeabilidad suficiente para desalojar el agua en tiempos de lluvias y así evitar que se llegue a afectar la base o la terracería de la vía, al igual

que los taludes y banquetas de la vía. La manera de realizar la rehabilitación de balasto o desguarnecido varía considerablemente de acuerdo a las condiciones topográficas de cada lugar así como a las condiciones en que se encuentre la vía, esto nos da como resultado que los rendimientos de desguarnecido puedan variar.

La utilización de medios mecánicos para agilizar labores como el descajonamiento de la vía para la conexión de la cadena de corte, acelera los tiempos de inicio del trabajo, y disminuye en gran medida la mano de obra utilizando menos personal para una sola actividad.

Otro punto a tomar en cuenta es la utilización de una máquina retroexcavadora para ayudar a quitar la parte del hombro de la vía para que la cadena de corte entre al lecho de balasto más rápido y pueda tener un mayor avance, sin embargo aquí tendríamos que realizar un balance entre el costo de la retroexcavadora y el avance que podemos hacer sin ella. La actividad de desguarnecido de vía es una de las más complejas en cuestión de logística debido a la maquinaria que se requiere para realizar el trabajo, así como el personal involucrado en esta actividad, sin embargo resulta muy conveniente mantener las vías en condiciones favorables y el realizar un desguarnecido garantiza el buen estado de la vía por más de 5 años de servicio, además de rescatar vías que han estado en completo abandono volviéndolas transitables y seguras.

BIBLIOGRAFÍA.

- Infraestructuras ferroviarias. Andrés López Pita. Ediciones UPC 2006
- Ingeniería de vías férreas. José Antonio Guerrero Fernández, Feb 25, 2017
- Normas para construcción e instalación de vías férreas, libro tres 1984 Secretaria de Comunicaciones y transportes SCT.
- Normas de calidad de los materiales vías férreas, Libro cuatro 1986. , Secretaria de Comunicaciones y transportes SCT.
- Especificaciones técnicas para la construcción y ampliación de vías particulares. Dirección de mantenimiento y recursos operativos Ferromex.
- Manual Integral de Vías. Nuevo central argentino. octubre 2014.
- Reglamento de Conservación de Vías y Estructuras para los Ferrocarriles Mexicanos; Ing. José Antonio Padilla Segura, Secretario de Comunicaciones y Transportes.
- Reglamento Interno de Transporte Ferromex. Ciudad de México. Edición 2006
- Trabajos de construcción y mantenimiento de vías férreas. Alfonso Cortés Pérez, Gabriel de francisco Criado. Tornapunta ediciones, Madrid España