

12285

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



CONSTRUCCION DE VIA FERREA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A N :
JULIO CESAR AVALOS RAYO
RAUL GARCIA JAUREGUI



FALLA DE ORIGEN



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 está 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.

I N D I C E

| CAPITULO | Pag. |
|---------------------------------|------|
| I.- INTRODUCCION | 1 |
| II.- ANTECEDENTES | 2 |
| III.- TERRACERIAS | 10 |
| - DESMONTE Y DESPALME | 11 |
| - CORTES | 13 |
| * TIPOS DE MATERIAL | 13 |
| * TIPOS DE SECCIONES | 15 |
| - TERRAPLENES | 18 |
| IV.- OBRAS DE DRENAJE | 21 |
| - TIPOS DE DRENAJE | 21 |
| * DRENAJE SUPERFICIAL | 21 |
| * CUNETAS | 22 |
| * CONTRACUNETAS | 22 |
| - OBRAS DE ARTE | 24 |
| * ALCANTARILLAS | 24 |
| * PUENTES | 30 |
| * TUNELES | 35 |
| V.- ARMADO DE VIA | 37 |
| - BALASTO | 37 |
| - DURMIENTES | 41 |
| - RIELES | 50 |
| - ACCESORIOS DE FIJACION DE VIA | 54 |
| - CAMBIOS DE VIA | 81 |
| VI.- ALINEAMIENTO Y NIVELACION | 98 |
| - SOBREVACION DE CURVAS | 104 |

| CAPITULO | Pag. |
|--|------|
| VII.- SEÑALAMIENTO | 111 |
| - EVOLUCION DE LAS INSTALACIONES | 112 |
| - SISTEMA C. T. C. | 114 |
| * TERMINOS Y TIPOS DE SEÑALES C. T. C. | 116 |
| - SEÑALAMIENTO MANUAL | 121 |
| - SEÑALAMIENTO SONORO | 125 |
| VIII.- MANTENIMIENTO DE VIA | 130 |
| - DRENAJE DE VIA | 131 |
| - CAMBIO DE DURMIENTES | 140 |
| - CAMBIO DE RIELES | 147 |
| - HERRAMIENTO DE VIA | 154 |
| IX.- VOCABULARIO | 155 |
| X.- CONCLUSIONES | 165 |

I N T R O D U C C I O N

Pocos son los factores que en la historia han reflejado tan fielmente el avance de la humanidad y el amplio dominio de sus potencialidades, como sucede con la evolución de las comunicaciones y de los transportes. El mundo moderno no sería tal sin éstos instrumentos. Ellos nos permiten vencer, cada vez con mayor facilidad, las limitaciones que la distancia impone a las actividades humanas.

En el ámbito nacional, el transporte desempeña un papel táctico fundamentalmente para el fortalecimiento de nuestra soberanía.

Gracias a su existencia es posible integrar a la población de las distintas regiones y aprovechar, de modo nacional, la totalidad de nuestros recursos.

El sistema ferroviario constituye el medio ideal para transportar, en forma económica y segura, grandes volúmenes de mercancía, a través de distancias medias y largas. Pero la eficacia del sistema depende en gran parte de la infraestructura que lo soporta; por lo que, siendo la construcción de vías férreas una árdua tarea llevarla a cabo y, sobre todo, una inversión cuantiosa de recursos económicos.

En el presente trabajo abordamos el tema de la construcción de vía férrea con el cual tratamos de proporcionar un panorama general de todos los elementos que la componen.

A N T E C E D E N T E S

El progreso de una nación siempre es acorde a la evolución de su sistema de transporte, es decir, a la eficiencia con que se realice el intercambio de bienes y los movimientos de pasajeros.

A través de la historia, se observa como las grandes naciones poseen algo en común y que éstas mismas se han preocupado por ir actualizando, nos referimos simplemente a su sistema de transporte.

La necesidad de trasladarse, en forma rápida y eficiente, nace en nuestro país a raíz de establecer un contacto estrecho entre dominadores y dominados, así como proveer a las grandes ciudades de productos de otras tierras.

En la época precolombina, la mayor parte del tiempo los caminos eran utilizados por los tamemes o cargadores, quienes iban de lado a lado llevando tan solo como carga, lo que resistían sobre sus espaldas.

Una vez establecidos los conquistadores, llega la rueda y los animales de tiro, como son los caballos y los bueyes, junto con ello se hace necesario adecuar los caminos, y las cantidades en volumen y peso a trasladar, aumentan considerablemente.

En este momento se observa la necesidad de contar con un sistema de transporte eficaz, para poder así realizar los viajes de la Capital de la Nueva España hacia el Puerto de la Villa Rica de la Vera Cruz, y hacer la conexión con los navíos que unían a México con España.

Con la naciente Revolución Industrial, en Europa y en Estados Unidos de Norteamérica, se hace necesario contar con un sistema de transporte veloz,-

seguro, potente y a la vez económico, para poder así realizar el traslado de productos elaborados y materias primas, a los mercados de consumo y a las fábricas respectivamente.

Es en el año de 1825 cuando George Sthepenson, con su máquina Locomotion re corre la ruta Stockton-Darlington, proporcionando un servicio regular de transporte de carga con máquinas de vapor, pero no es, si no hasta el año de 1829 que en Inglaterra, es aceptada la primera máquina de vapor, para recorrer sobre rieles la ruta Liverpool-Manchester, con lo cual se dió el primer paso en lo que se refiere al traslado por tierra de bienes y pasajeros, con una eficiencia mucho mayor a la proporcionada por la diligencia que accionaba con caballos de tiro.

De ésta manera se le da el gran impulso a la paciente Revolución Industrial, ya que con la llegada del ferrocarril, los productos elaborados, así como las materias primas, recorrían los caminos en forma rápida y segura, sin lesionar los costos de los bienes debido a lo económico que resultaba operar la locomotora.

Debido a sus características particulares, el transporte ferroviario resulta el sistema idóneo, para realizar el desplazamiento de grandes volúmenes de bienes a distancias medias y largas.

Ocho años más tarde, en el año de 1837 para ser exactos, siendo Presidente de la República el General Anastasio Bustamante, se otorgó la primera concesión para llevar a cabo la construcción del ferrocarril mexicano, en la ruta de Veracruz a México, a nombre y cargo de Don Francisco de Arillaga la cual es inaugurada en su totalidad por el presidente Lerdo de Tejada en el año de 1873, y es así como se constituye el sistema de transporte ferroviario en -

nuestro país, el cual hasta nuestros días se incrementa y moderniza de acuerdo a las necesidades de nuestra era.

A continuación se muestra una tabla que compara cronológicamente, la aparición de los primeros ferrocarriles en algunos países, la cual ayuda a visualizar de manera internacional el desarrollo de los mismos.

COMPARACION CRONOLOGICA (1825-1880)

| AÑO | PAIS | FERROCARRIL O LINEA |
|------|------------------------------|---|
| 1825 | INGLATERRA | STOCKTON - DARLINGTON |
| 1830 | INGLATERRA ESTADOS UNIDOS | LIVERPOOL - MANCHESTER BALTIMORE - OHIO DE CAROLINA DEL SUR |
| 1832 | FRANCIA | ST. ETIENNE - RIO LOIRA ST. ETIENNE - LYON |
| 1835 | ALEMANIA BELGICA | NUREMBERG - FURTH BRUSELAS - MALINAS |
| 1837 | CUBA RUSIA | LA HABANA - GUINES SAN PETERSBURGO - PAVLOVSK |
| 1838 | AUSTRIA | VIENA - FLORISDORF - DEUTSCH- WAGRAM |
| 1839 | HOLANDA ITALIA | AMSTERDAM - HARLEM NAPOLES - PORTIA |
| 1844 | SUIZA | BASILEA - ST. LUDWIG |
| 1847 | DINAMARCA | COPENHAGUE - ROSKILDE |
| 1848 | ESPAÑA | BARCELONA - MATARO |
| 1850 | BRASIL CHILE MEXICO | DE MANA CALDERA - COPIAPO VERACRUZ - EL MOLINO |
| 1851 | PERU | LIMA - EL CALLAO |
| 1852 | CHILE | SANTIAGO - VALPARAISO |

| A Ñ O 1 | P A I S | FERROCARRIL O LINEA |
|---------|--------------------|---|
| 1853 | CANADA LA INDIA | MONTREAL - PORTLAND BOMBAY - THANA |
| 1854 | NORUEGA | CHRISTIANIA (OSLO)-EIDSUOLL |
| 1855 | COLOMBIA | ASPINWAL - PANAMA |
| 1856 | EGIPTO PORTUGAL | ALEJANDRIA - EL CAIRO LISBOA - CARREGADO |
| 1857 | ARGENTINA | BUENOS AIRES - SUROESTE |
| 1872 | JAPON | TOKIO - YOKOHAMA |
| 1873 | MEXICO | MEXICO - VERACRUZ |
| 1874 | VENEZUELA | TUCACAS - EL ANCHA |
| 1876 | CHINA | SHANGAI - WOOSUNG |
| 1880 | GUATEMALA | SAN JOSE - ESCUINTLA |

1.- Año de terminación de la obra ferroviaria o de inauguración de las líneas.

En otros países de América Latina, los años del primer ferrocarril o de la primera línea fueron: Paraguay (1861), Honduras (1869), Uruguay (1869), Ecuador (1871), y el Salvador (1882). En otras partes del mundo: Irlanda (1834), Checoslovaquia (1939), Polonia (1842), Hungría (1846), Yugoslavia (1846), Paquistán (1863) y Australia (1854).

Es importante destacar la preocupación que se ha mostrado, desde el período anterior de gobierno, por la reorganización y modernización del transporte ferroviario en nuestro país.

Esto nos demuestra y con justa razón, lo significativo que resulta contar - en México con un medio de transporte masivo, como para carga y pasajeros, - que resulte eficiente, económico y confortable.

A partir del año de 1983 y de acuerdo con el programa de modernización de Ferrocarriles Nacionales de México ordenado por el presidente Miguel de la Madrid Hurtado, comenzó un trabajo árduo para conseguir que los ferrocarriles formaran la columna vertebral de un sistema integral de transportes, - eficiente y coordinado.

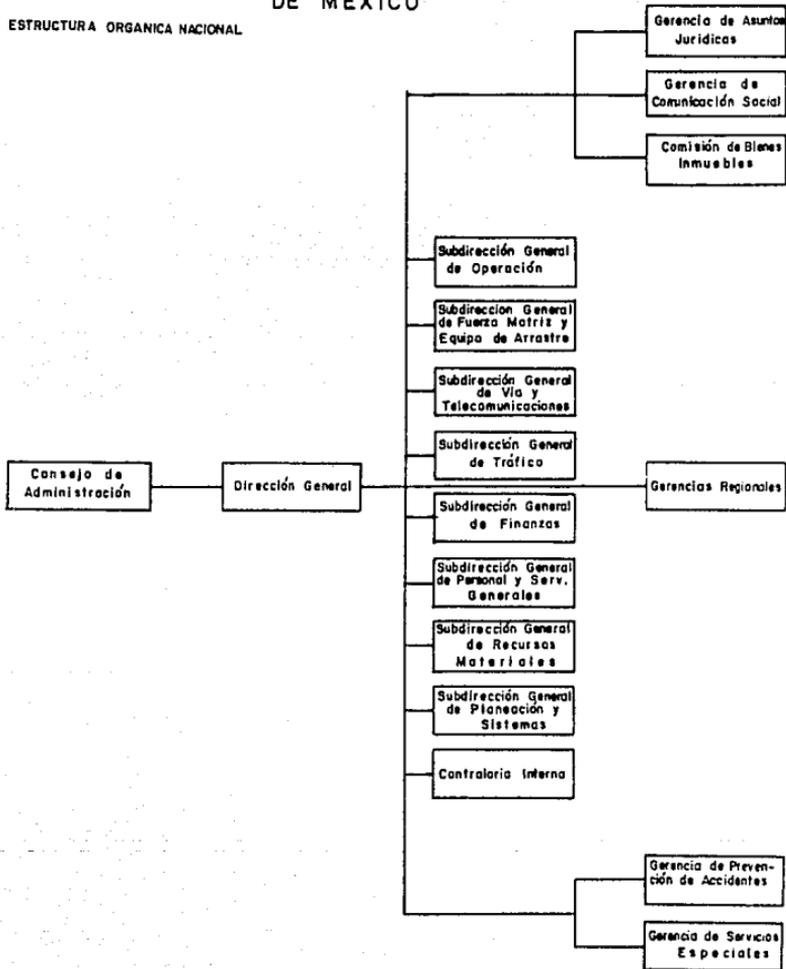
Entre las actividades realizadas en el sexenio próximo pasado, podemos destacar significativamente las siguientes: Se firman los convenios con el sin dicato; Se hacen los cambios en la organización y las estructuras; se ponen en marcha los programas para aumentar la productividad y se suscribe el con venio de modernización y saneamiento financiero; además, de que por decreto presidencial se integran a Nacionales de México a las empresas, operadoras de ferrocarril, de sociedades anónimas.

Una vez resueltos todos y cada uno de los problemas mencionados, se promueve a la nueva organización del sistema ferroviario, cuyo objetivo primordial es la de evitar dependencia directa con la Dirección General y promover por regiones a la Administración de dicho sistema.

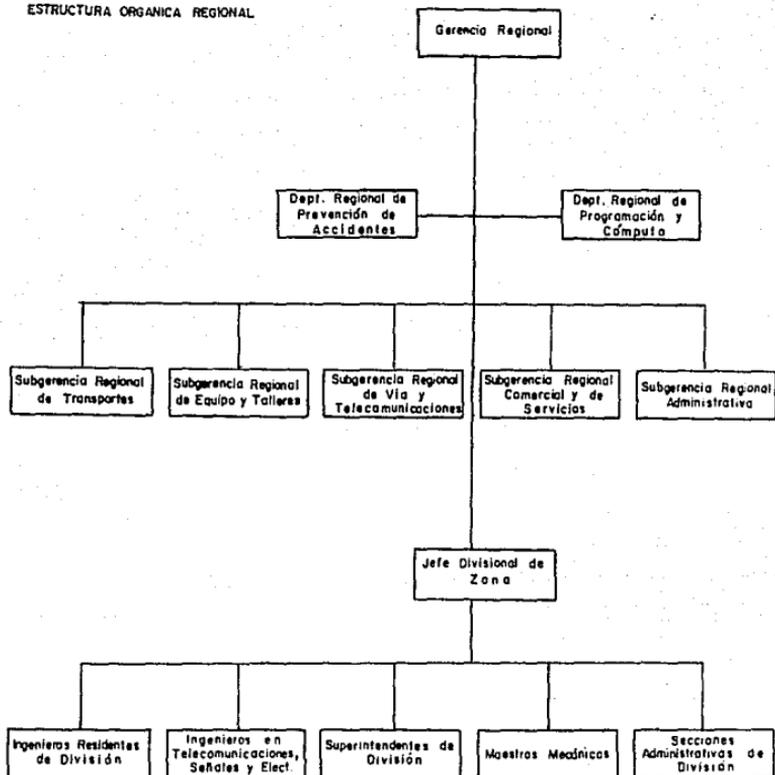
En las gráficas observamos la estructura orgánica nacional y la regional, - siendo que el país se subdividió en cinco grandes regiones: La del Pacífico, la Noroeste, la Noreste, la Sureste y la Central, como se observa en el ma-

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO

ESTRUCTURA ORGANICA NACIONAL



ESTRUCTURA ORGANICA REGIONAL



C A P I T L O I I I

T E R R A C E R I A S

TERRACERIAS

Los trabajos de terracerías comprenden el conjunto de obras, tanto de corte, como de terraplén necesarias para salvar los obstáculos topográficos y conseguir la rasante señalada por el proyecto para el desarrollo de la vía.

Las terracerías de una vía férrea deben de reunir diversas características, las cuales contribuirán al buen funcionamiento de la misma, podríamos mencionar: La anchura, pendiente, curvatura, resistencia e impermeabilidad, entre las más importantes.

Asimismo la función principal de las terracerías es la de transmitir los esfuerzos que se reciben através de la capa de sub-balasto, los cuales son ocasionados por el paso de la carga viva, en forma uniforme a los estratos inferiores y así disipar la energía.

Antes del inicio de los trabajos es preciso obtener el derecho de vía, es decir, contar con el pleno dominio de los terrenos sobre los cuales pasará la línea férrea. Para conseguir ésto, hay que salvar los escollos que plantean los siguientes aspectos: La afectación a siembras, terrenos y casas; el cruce con líneas de conducción de agua potable, ductos de teléfonos y oleoductos; y la interferencia con postes telegráficos y líneas de alta tensión.

En éstos casos se entablan relaciones tendientes a lograr acuerdos satisfactorios para las partes afectadas, los cuales pueden ser: pago de indemnizaciones, construcción de casas habitación y reubicación de líneas y redes de infraestructura.

Con el derecho de vía libre de obstáculos se inician los trabajos señalados por el proyecto, que especifica en forma general, para la cama de corte, un

ancho de 8.40 m. en tramos de vía sencilla y otro de 13.40 m. en los de vía doble. Asimismo para la corona del terraplén, el diseño determina secciones de 6.60 m. y 11.60 m. para tramos de vía sencilla y vía doble, respectivamente.

Los cortes se realizan cuando el trazo de la vía exige atravesar laderas y montículos por debajo de su nivel natural. En este sentido, se presentan grandes dificultades para el trazo de la línea férrea, dadas las características de nuestro país, es necesario realizar amplios estudios económicos que determinen hasta donde es rentable ejecutar los cortes, antes de pasar a la construcción de los túneles. Las condiciones geológicas del terreno son determinantes, ya que de su resistencia depende siempre la proporción del talud que evita derrumbes y desprendimientos.

Para los casos en que el material presenta poca estabilidad es necesario abatir, la inclinación de los taludes y alcanzar un ángulo cercano al de reposo. Cuando por el contrario, se encuentra mayor consistencia en el terreno; es posible aumentar la verticalidad de las paredes del corte, sin que por esto disminuya la seguridad del personal y del equipo durante la construcción, así como la de los pasajeros, la carga y los trenes durante la operación.

A continuación se detallan las actividades preliminares, así como algunos conceptos importantes que se deben conocer, al inicio de la construcción de una vía férrea.

DESMONTE Y DESPALME

Una vez que se tiene el derecho de vía libre de obstáculos, surge la necesi

dad de realizar las actividades de desmonte y despalme, ya que son el primer paso a realizar para la formación de una terracería, las cuales pueden definirse como siguen:

DESMONTE: Consiste en la eliminación de la materia vegetal superficial, tales como plantas, arbustos, árboles, así como los desperdicios y comprende cualquiera de las operaciones siguientes:

TALA: Cortar los árboles y arbustos.

ROZA: Quitar la maleza, hierba, zacate o residuos de las siembras.

DESENRAICE: Sacar los troncos o tocones con raíces o cortando éstos.

LIMPIA Y QUEMA: Retirar el producto del desmonte al lugar que se haya fijado en el proyecto, estibarlos y quemar lo no utilizable.

DESPALME: Es la remoción de la capa superficial del terreno natural, - para eliminar la capa vegetal de alto contenido orgánico, - cuyo espesor puede variar de 10 a 15 cm. lo cual se considera necesario, ya que si es dejada puede podrirse y ocasionar huecos que provocan asentamientos con el paso de la carga viva.

El desmonte y despalme pueden realizarse a mano o con maquinaria, dependiendo de las características del terreno donde será formada la terracería.

C O R T E S

Como se mencionó anteriormente, los cortes se realizan cuando el trazo de la vía exige atravesar laderas y montículos por debajo de su nivel natural.

Una vez definido el corte, y habiendo ejecutado los trabajos procedentes de desmonte y despalle del área con el fin de permitir el acceso al equipo de barrenación, compuesto generalmente por perforadoras autopropulsadas o bien de piso con pierna automática, accionada por compresoras, para que más tarde en los huecos realizados se coloquen los explosivos.

Después de la detonación, se procede al retiro del material por medios mecánicos trabajos que generalmente se ejecutan con ayuda de tractores de oruga, los cuales concentran el producto de la explosión en lugares de fácil acceso, con el objeto de que los cargadores frontales puedan abastecer a los camiones de volteo, los cuales pueden variar su capacidad, según la clase de material extraído, desde siete metros cúbicos para la tierra y piedras pequeñas, hasta veinte metros cúbicos para transportar grandes rocas.

En forma breve, se detalla la clasificación general del material producto de los cortes, así como la forma más conveniente para realizar su explotación y la maquinaria a emplear en dicha actividad.

MATERIAL TIPO A.

Se considera como un material blando, mismo que puede ser atacado fácilmente con picos, pala de mano, escrepa o pala metálica de cualquier capacidad.

Dentro de este tipo de material se pueden clasificar a las tierras vegetales, arcilla blanda, limos, arenas, grava ($\phi=3$ cm) y materiales arcillo-are-

nosos blandos.

MATERIAL TIPO B.

Puede ser atacado mediante arado o explosivos ligeros, dentro de los materiales clasificados en este tipo, podemos mencionar a los areniscos blandos, - aglomerados, conglomerados debidamente cementados, tepetate duro, boleó y - piedras sueltas menores de 3/4 de metro cúbico y mayores de tres centímetros de diámetro.

MATERIAL TIPO C.

Solo puede ser removido con explosivos, debido a su dificultad de extrac-- ción, utilizando además para su remoción, maquinaria de gran capacidad como son tractores de oruga, cargadores frontales, camiones de volteo, etc.

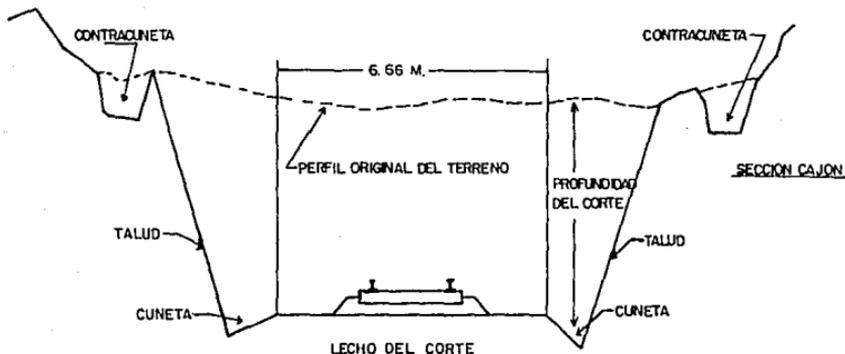
Por otra parte, si en la realización de los cortes nos encontramos con materiales que sean intermedios a los antes mencionados, se les debe de fijar - una clasificación tomando en cuenta los tres tipos de materiales anteriores, asignándole un porcentaje de cada uno de ellos, para determinar más clara-- mente de cual material se trata.

| | | |
|-----------|-------------|---------------------------------|
| EJEMPLOS: | 100 - 0 - 0 | Material blando |
| | 50 - 50 - 0 | Material intermedio entre A y B |
| | 0 - 50 - 50 | Material intermedio entre B y C |

TIPOS DE SECCIONES.

El terreno natural presenta en su formación grandes variaciones como pueden ser planicies, lomeríos, montañas, pendientes, etc; a pesar de ésto deberá alojar el camino de proyecto, para lo cual se realizan los ajustes necesarios al mismo.

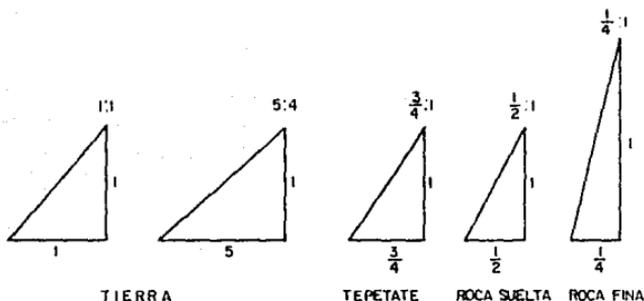
En los lomeríos y en los terrenos montañosos, los ajustes que se le hacen al terreno se le conocen como cortes y, en las planicies y zonas donde el nivel del terreno está abajo del nivel del proyecto se les designa el nombre de terraplén. En los cortes podemos distinguir las siguientes partes de acuerdo con la figura.



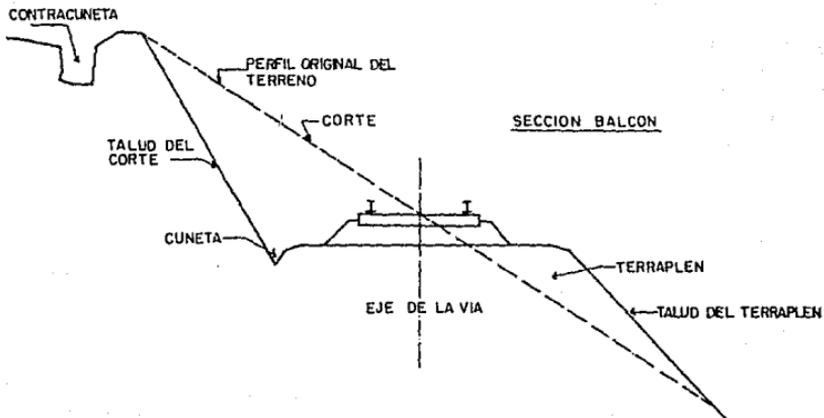
La figura anterior nos muestra la sección de un corte en cajón, en la cual se debe poner especial interés en los taludes, los que por la acción del agua se reblandecen provocando derrumbes, que a veces obstaculizan la vía llegando a provocar accidentes; otras ocasiones, las sequías prolongadas agrietan el material del corte llegando también a provocar derrumbes, éste tipo de problemas se evitan proporcionando una inclinación adecuada al talud de acuerdo con el tipo de material de que se trate, al cuál se le deben

hacer estudios de mecánica de suelos basados en los resultados de pruebas triaxiales, para conocer la resistencia al esfuerzo cortante y recomendar los taludes convenientes; en la práctica y de acuerdo con el reglamento de vías y estructuras se utilizan en forma generalizada las siguientes inclinaciones: Para tierra 1:1 ó 5:4, para tepetate $3/4:1$, para roca suelta $1/2:1$, para roca fija o volcánica de $1/4:1$.

Al ejecutar un corte, hay que tratar de no aumentar mucho la profundidad, ya que más allá de cierto límite, es mejor emplear túneles; pero éste límite es variable según la naturaleza de los terrenos que se presentan



A la combinación de corte y terraplén en una sección determinada, se le conoce como balcón, distinguiéndose las siguientes partes de acuerdo con la figura.



En la sección anterior se realizan los cortes en lomeríos y en terrenos montañosos para dar forma a un escalón, el cuál presenta un talud en forma ascendente en uno de los lados y el otro descendente. Los problemas que se presentan en la realización de este tipo de secciones, en lo que se refiere a excavación, drenaje y estabilización de taludes, se incrementan rápidamente al aumentar la inclinación de las laderas.

TERRAPLENES

Los trabajos de terraplén se hacen necesarios cuando el nivel del terreno natural está debajo del que señala el proyecto. En consecuencia se precisa rellenar, generalmente con material de deshecho procedente de cortes o túneles, para conseguir así las condiciones deseadas.

Por lo tanto, los terraplenes son estructuras construidas sobre el terreno natural con material adecuado, el cual puede ser producto de un corte o de un banco de préstamo, para formar así la sub-rasante y los taludes correspondientes a la obra vial. Estos se construyen para elevar el nivel del terreno hasta la sub-rasante y al mismo tiempo liberarlo de algunos inconvenientes, como pueden ser el nivel del agua, tocones o grandes rocas, las que se alojan abajo del mismo terraplén, o para añadir resistencia a los terraplenes poco estables y así soportar las cargas del proyecto.

Antiguamente los terraplenes se construían a "volteo", es decir, sin recibir ningún tratamiento de consolidación, en este procedimiento el material resbalaba o rodaba hacia un lugar de la superficie de relleno progresivamente.

Actualmente los terraplenes se construyen tendiendo el material en capas de un espesor determinado y consolidándolas a contenido óptimo de humedad, con el fin de aumentar su densidad, lo que provoca obtener resistencias superiores en la masa del suelo y menores problemas con la permeabilidad y los asentamientos.

Los aspectos más importantes que se deben cuidar al construir los terraplenes son: el material, la densidad, el contenido de humedad, el espesor de las capas al realizar su consolidación, la compactación del terreno natural

y la del mismo terraplén, así como la protección de los taludes.

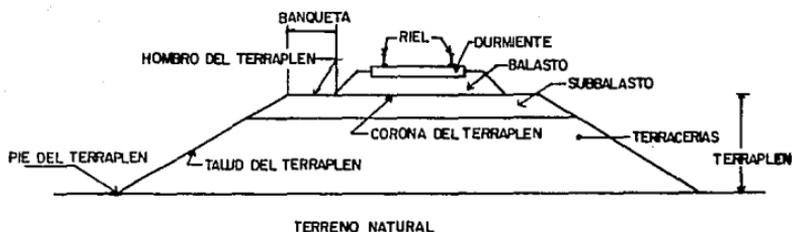
El material a utilizar para la ejecución de los terraplenes deberá reunir - ciertas características como son: Cohesión, expansión volumétrica, permeabilidad, etc., se recomienda la arena y la grava cuando están mezclados con su eficiente arcilla o limo, para que les sirva de cementante, así como los suelos ligeros con un elevado porcentaje de arena o grava, cuando el trabajo de be hacerse en lugares con un alto contenido de humedad, ya que drenan grandes cantidades y no afecta su capacidad de carga.

Entre los materiales a evitar se consideran los de origen orgánico, así -- como las arcillas y limos, ya que éstos generalmente al aumentar su contenido de humedad también cambian considerablemente su volumen, además de que - pueden actuar como medio para elevar el agua a la superficie por capilaridad.

El espesor entre capa y capa del material utilizado para la formación de los terraplenes es fijado en el proyecto, el cual no será mayor de 30 cm., así-- mismo deberá cuidarse el contenido de humedad óptimo al realizar la compactación, el cual se lleva por medio de un laboratorio, para obtener verídicamente entre un 85% y 95% del peso volumétrico seco máximo del material empleado en la formación del terraplén, basándose en la prueba Próctor estándar.

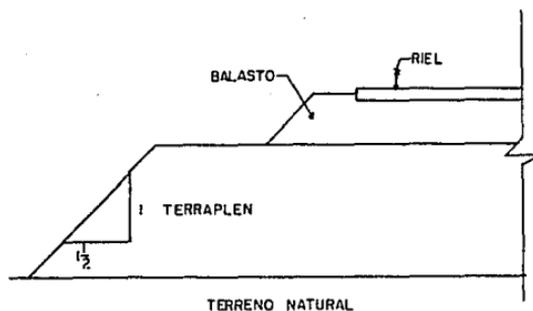
En la actualidad se utilizan algunas clases de material barato, como son la grava de mina, arena, tepetate y cenizas, para cubrir la cama de la vía en - toda su anchura, a lo cual se le conoce como sub-balasto. Este sub-balasto - constituye la base sobre la cual se coloca el material de balasto que resulta ser más costoso, aquí sí se combina un sub-balasto bien seleccionado y - compactado con piedra triturada, como balasto superior, se obtendrá un buen drenaje y un buen soporte de la vía.

En la sección terraplén se distinguen las siguientes partes:



El ancho de la corona del terraplén debe ser de 6.60 metros, para vía con -
escantillón de 1.435 metros, siendo importante conservarlo con éste ancho -
reglamentario, para evitar que el balasto se escurra por los taludes y se -
formen golpes, asimismo se evita que las cabezas de los durmientes queden -
en banda y se quiebren, ya que en estos dos casos, pueden producirse descarrilamientos; además, cuando las banquetas están completas, los trabajado-
res de vía pueden caminar con seguridad a los lados del camino.

En lo referente al talud del terraplén, éste varía de acuerdo al material -
que forma las terracerías, pero en forma general se adopta la inclinación -
de $1\frac{1}{2}:1$, como lo muestra la figura.



C A P I T U L O IV

OBRAS DE DRENAJE

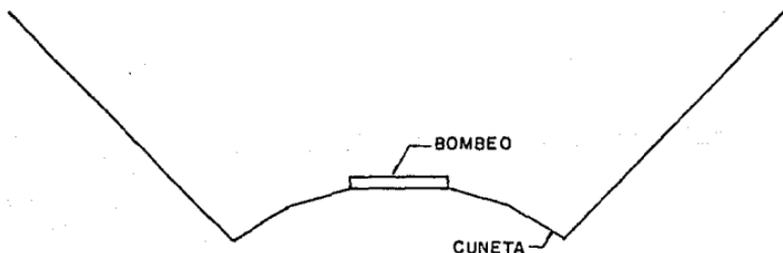
OBRAS DE DRENAJE

El drenaje tiene por objeto eliminar el agua corriente que pudiera dañar la estabilidad de la vía, por ésto, debe evitarse que el agua quede depositada en la vía, facilitándole la salida por medio de un buen balasto y drenes laterales.

El buen funcionamiento del drenaje, es fundamental para la conservación de terraplenes y cortes evitando asentamientos erosiones y deslaves. Para ello deben tenerse datos sobre: Precipitaciones pluviales, escurrimientos máximos de las corrientes, permeabilidad de los suelos, tipo de estructura más apropiada y en general, valuar las obras por realizar, para elegir el mejor drenaje.

TIPOS DE DRENAJE

D. Superficial.- Sirve para eliminar el agua de lluvia o escurrimientos laterales. Para desalojar el agua de lluvia, se dan pendientes transversa--



les que reciben el nombre de bombeo y que depende del tipo de terreno y pluviosidad de la zona.

C U N E T A S

Las cunetas recolectan el agua y la desalojan de los lados del camino, dependiendo su forma de la cantidad de agua que escurre.

CUNETA EN V



Debe procurarse evitar las cunetas profundas, diseñándolas lo más amplias y tendidas posibles.

Deben preferirse siempre las cunetas en V con una sección acorde con la cantidad de escurrimiento por drenar, arrastres en el agua y material que forma la cuneta.

Las cunetas se revisten o zampean con piedra y mortero de cemento.

C O N T R A C U N E T A S



Sirven para aminorar el escurrimiento en las cunetas, generalmente se construyen paralelas al eje del camino no alejándolas de las cunetas más de 12_ mts.

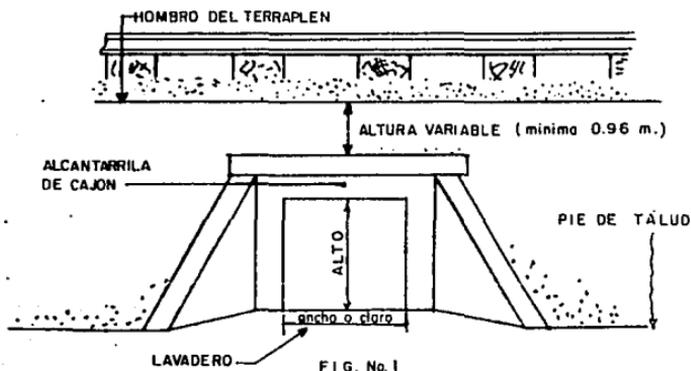
La forma y dimensiones dependen de los escurrimientos y estratificaciones geológicas.

OBRAS DE ARTE

ALCANTARILLAS.

Al construirse los terraplenes, éstos atraviesan arroyos, riachuelos, pequeños canales de riego, etc., y con el objeto de no interrumpir los cauces, - se construyen obras que permitan el paso del agua a través del terraplén, - que son conocidas con el nombre de "alcantarillas", si no se hicieran éstas obras el agua se estancaría a los lados de los terraplenes dañándolos y poniendo, por tanto, en peligro la seguridad de los trenes.

Las alcantarillas por su forma, pueden ser: cuadradas o rectangulares, - - comúnmente llamadas de "cajón", circulares, como las de tubo y de arco llamadas también de bóveda. Estos tres tipos de alcantarillas se muestran en - las figuras 1, 2 y 3 respectivamente.



Independientemente de su forma, las alcantarillas pueden ser provisionales - o definitivas. Las provisionales están formadas por cama de durmientes o por piezas de madera para puente y se construyen en casos de urgencia para poner en servicio la vía o bien cuando el cauce del arroyo es variable, es decir, que el agua cambia su curso y entonces se deben de realizar estudios para localizar el lugar más conveniente para construir la alcantarilla definitiva.

Las alcantarillas definitivas son aquellas que están formadas por tubos de concreto, de fierro, de lámina, etc., o bien de mampostería en forma de arco y rectangulares con losas y muros de concreto; este tipo de alcantarillas se construyen cuando los cauces de los arroyos y riachuelos son definitivos.

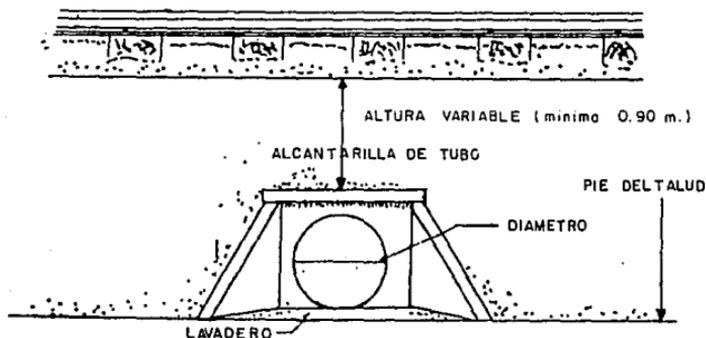


FIG. 2

En las alcantarillas de cajón se consideran tres dimensiones: claro, alto y largo; las dos primeras se muestran en la fig. núm. 1. En las alcantarillas de tubo se consideran el diámetro y el largo, como se muestra en la fig. 2, 9 y 10 y en las de bóveda, el ancho el alto y el largo, como en la fig. 3.

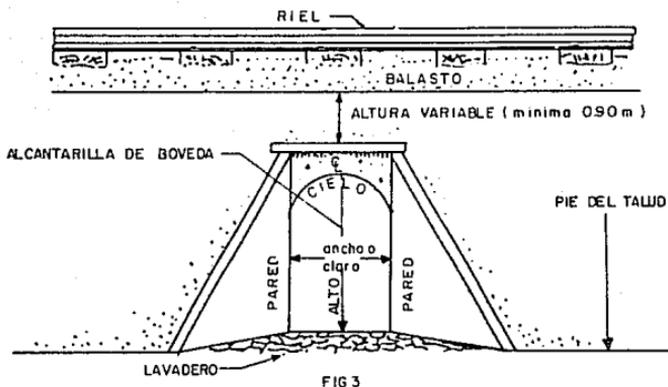


FIG 3

Por lo general, a la entrada y salida de las alcantarillas tomando en cuenta la dirección del agua como se muestra en la fig. 9 se construyen obras de mampostería de piedra, de ladrillo o de concreto llamadas "boquillas". En la fig. 10 podemos observar las partes principales de que está formada una alcantarilla, como son: los aleros el cordón, el lavadero, etc.

En las alcantarillas se debe de conservar en buen estado el cordón (fig. 4 y 5) a fin de evitar que el material del talud (tierra) resbale o caiga a la entrada de la alcantarilla; y sea arrastrado por el agua, lo que puede dar lugar al asolve de la misma.

Los aleros al igual que el cordón, evitan que el material del terraplén caiga a la entrada de la alcantarilla; además los aleros encausan el agua, es decir, facilitan la entrada a la alcantarilla y protegen el terraplén para que éste no sea deslavado por la corriente.

Por lo anterior es conveniente inspeccionar los aleros y cuando éstos presenten cuarteaduras o estén destruídos en parte se debe de proceder a su -

reparación inmediata.

Cuando la corriente es normal o perpendicular el terraplén, la alcantarilla se construye también "normal" como se indica en la fig. 4 y en el caso de - que la corriente sea diagonal, la alcantarilla se construye "esviejada" -- como se muestra en la fig. 5.

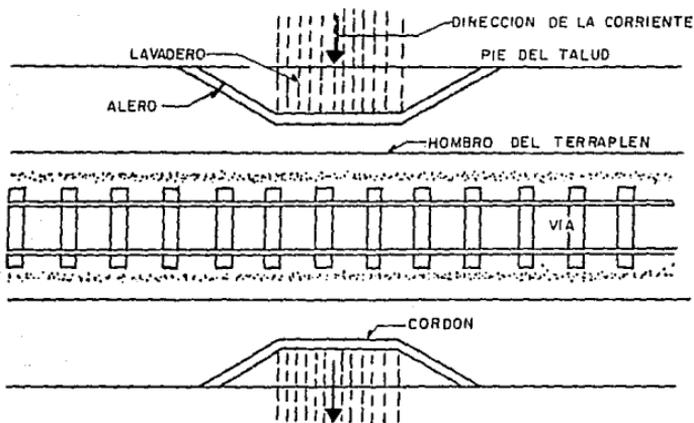


FIG. 4

Entre la corona del terraplén y el borde superior de la alcantarilla debe - de haber un relleno de tierra cuando menos de 90 centímetros llamado "col-- chón", éste tiene por objeto repartir sobre la alcantarilla el peso de los - trenes y evitar que se dañe.

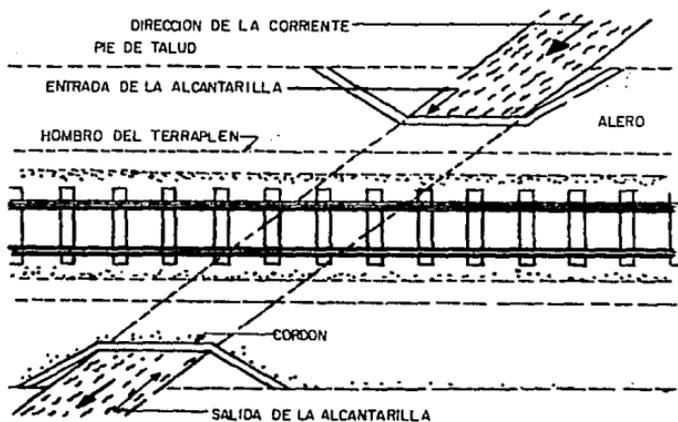


FIG. 5

El tamaño de la alcantarilla depende la cantidad de agua que va a pasar por ella, es decir, si el agua es poca, se construirá una alcantarilla pequeña y si es mucha, la alcantarilla será más grande, como se muestra en las figs. 6 y 7.

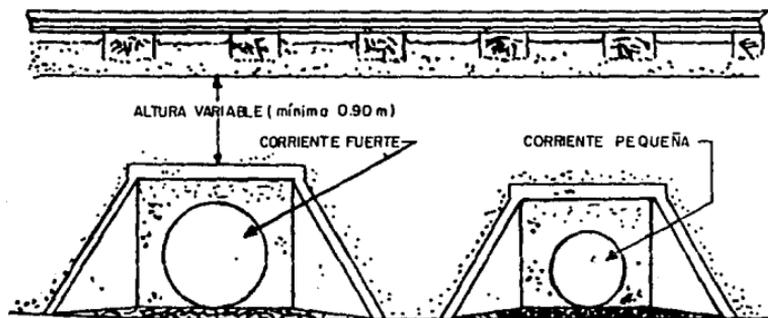


FIG. 6

FIG. 7

Ahora bien, se da a menudo el caso de que la altura del terraplén no es suficiente para que quepa la alcantarilla y además quede sobre ella el colchón de 90 cms. en este caso, lo que se hace es construir varias alcantarillas juntas cuya cantidad y tamaño permitan el paso de la corriente de agua y se pueda cumplir el requisito del colchón; éste caso se muestra en la fig. 8.

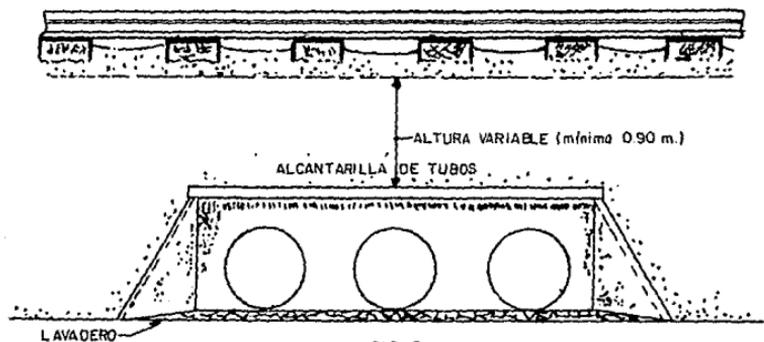


FIG. 8

Las alcantarillas de cajón se construyen con durmientes, con piedras, con la drillo o con losa de rieles empatinados; las alcantarillas de tubo, con lámina corrugada (ARMCO) con tubos de hierro fundido o de concreto y las de bóveda se construyen de piedra o de concreto.

Los lavaderos, contruidos con mampostería o con losas de concreto, tienen - por objeto evitar que el agua a la entrada, y salida de la alcantarilla, la socaven y provoque su destrucción por lo que es también, importante conservar en buen estado los lavaderos, reparándolos cuando presenten grietas.

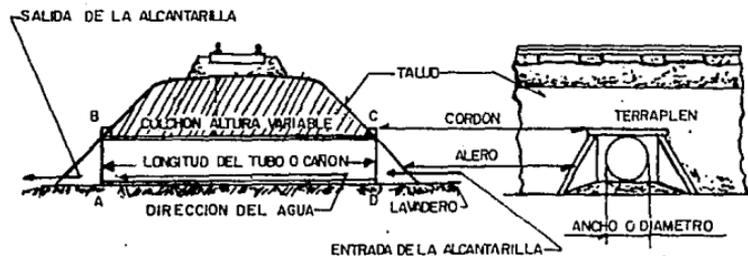


FIG. 9

FIG. 10

Es importante vigilar que las alcantarillas se encuentren libres de yerbas, ramas o azolve pues ésto no permite el libre paso del agua, y en algunas ocasiones la pueden represar, provocando el deslave de los terraplenes y llegando a dejar la vía "en banda".

La limpieza de las alcantarillas se ejecutará antes de la temporada de lluvias y durante ésta, después de fuertes tormentas y se debe de tener el cuidado de observar si hay azolve, deslaves, socavaciones o filtraciones que puedan dañar las alcantarillas, procurando corregir los daños.

- P U E N T E S -

Cuando las corrientes son caudalosas, para pasar la vía de una orilla a la otra, es necesario construir otro tipo de obras diferentes de las alcantarillas y que son los "puentes"; pueden ser de madera (provisionales) y de hierro o concreto (definitivos) como se muestran en las figs. 11 y 12.

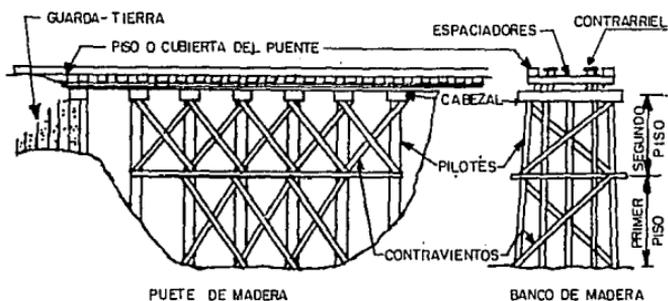


FIG. 11

Los puentes de madera (provisionales) constan de un piso o cubierta, de bancos formados por pilotes, éstos bancos pueden ser de uno o dos pisos y - guardatierras como se muestra en la fig. 11.

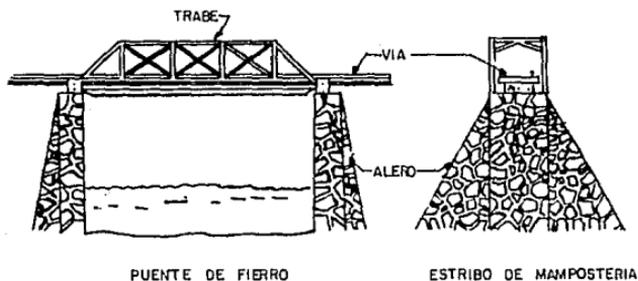


FIG. 12

En los puentes de madera (provisionales) los pilotes pueden estar clavados - en el terreno natural y entonces los bancos se llaman "bancos hincados" cuando los pilotes descansan en soleras apoyadas sobre una cama de medios durmientes o blocks apoyados en el terreno natural, reciben el nombre de "bancos falsos" como se muestra en la fig. 13.

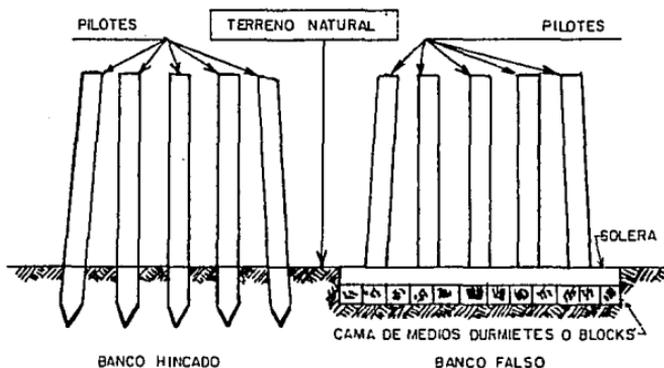


FIG. 13

Los bancos ya sean definitivos o provisionales en su parte superior llevan - una pieza de madera que se llama "cabezal" como se muestra en la fig. 11 y - sobre ésta se colocan las traves de rieles empatinados o bien largueros de - madera llamados también "estringas". Sobre las traves de rieles o los largueros de madera se apoyan los durmientes de puente y sobre ellos rieles.

Para que los durmientes de puente conserven su separación se colocan sobre - ellos y en sus extremos otras piezas de madera que reciben el nombre de "es- paciadores" o guarda-rieles.

Los puentes de acero, constan de una o varias traves metálicas que se apoyan en los estribos y pilas que pueden ser de mampostería, de piedra o de concre- to como se muestra en la fig. 14.

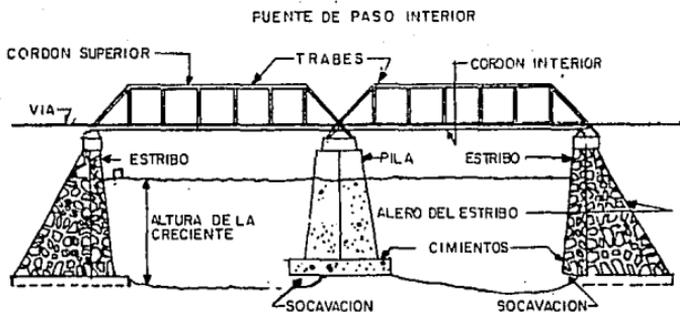


FIG. 14

En los puentes de acero la vía puede pasar sobre el cordón superior de la trabe, en este caso el puente es de "paso superior". Cuando la vía pase a través de la trabe se llama puente de "paso a través" y cuando la vía pasa por el cordón inferior de la trabe, el puente se llama de "paso inferior". Estos tres casos se ilustran en las figs. 14, 15 y 16 respectivamente.

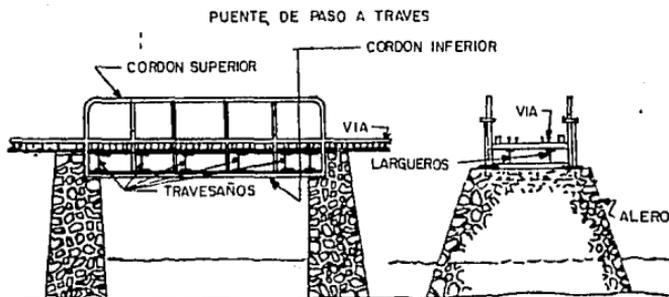


FIG. 15

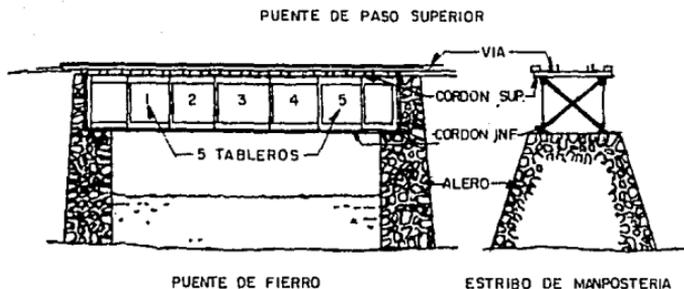


FIG. 16

En los puentes de madera, ya sean éstos de bancos incados o falsos, se deberá quitar la yerba y "chaparrales" (arbustos pequeños que están próximos a los bancos, guarda-tierras, cabezales, etc) para evitar que durante la temporada de secas, se provoquen incendios y se quemé la madera del puente.

En la temporada de lluvias y durante las crecientes, deberá observarse el paso del agua y quitar la ramazón que se junte en los bancos o contravientos, para evitar que se represe, pues cuando esto sucede, el puente puede perder su alineamiento o se quiebren los pilotes, se procederá a proteger el puente con abanderados, además se tendrá cuidado de marcar en los pilotes, estribos o guarda-tierras del puente o bien en los postes telegráficos, la altura máxima que haya subido el agua, esto es muy importante ya que con los datos obtenidos, se puede proyectar si es necesario la ampliación del puente o puentes para evitar que el agua lo llegue a dañar. Después de las crecientes se comprobará si los bancos no fueron desplomados o socavados por la corriente.

De preferencia, en la temporada de secas se golpearán los pilotes, cabezales, largueros de madera, "estringas", etc., con el martillo de vía, marro o en último de los casos con una piedra para verificar si estan podridos o huecos.

En los puentes metálicos se deben de vigilar de preferencia las uniones de dos o más piezas metálicas y evitar que en ellas se junte basura, ramazón, tierra, etc., que conservan la humedad y da lugar a que se oxiden, lo que dañará la estructura metálica.

Es importante que en los puentes de acero se observe si la pintura se encuentra en buenas condiciones sobre todo en las uniones de varias piezas y en los remaches, pues cuando la pintura se encuentra destruida, las piezas pueden oxidarse y pueden llegar a poner en peligro el tráfico de los trenes, por lo cual se debe de realizar una inspección detallada de todas las piezas de acero y se proceda a la aplicación de una nueva mano de pintura si así se considera necesario.

- T U N E L E S -

En las regiones montañosas, a veces es necesario perforar los cerros para permitir el paso de la vía, éstas perforaciones se llaman "túneles".

Los túneles cuando se perforan en material de buena calidad como por ejemplo roca, y que no producen derrumbes en el interior, se pueden dejar sin revestimiento, en caso contrario cuando en el terreno perforado se producen derrumbes, se reviste en el interior con mampostería de piedra o bien con concreto.

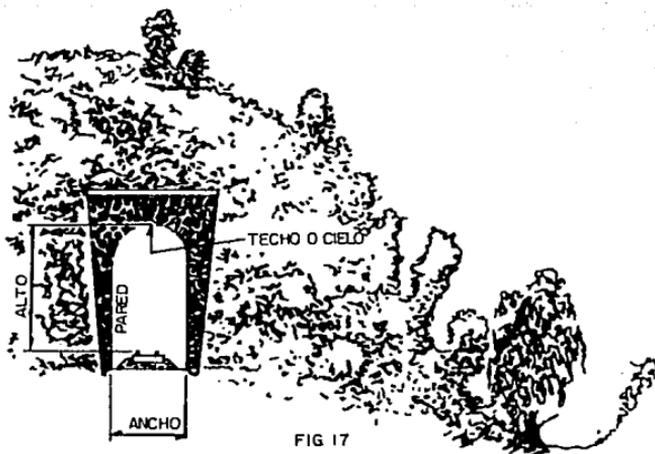


FIG 17

Los túneles pueden estar localizados en tramos rectos o en curva, y se les consideran tres dimensiones que son: el ancho, el alto y la longitud; el piso del túnel, al igual que en los terraplenes debe tener bombeo para evitar que el agua de las filtraciones del techo o "cielo" del túnel llegue a "aguachinar" la vía, además a los lados del piso se construyen cunetas que recojan el agua del piso y la que escurra de las paredes del túnel.

En los túneles, cuando se tienen filtraciones de agua, es necesario conservar limpias las cunetas para evitar que se junte y dañe la vía, las paredes y techo se inspeccionarán periódicamente, con el objeto de quitar las piedras que están a punto de caerse cuando el túnel no esté revestido y cuando tiene revestimiento de mampostería de piedra, se observará si las piedras del techo están flojas.

Es importante que los guarda-ganados construidos en las entradas de los túneles, estén en buenas condiciones para evitar que el ganado entre al túnel y pueda provocar accidentes.

C A P I T U L O V

A R M A D O D E V I A

ARMADO DE VIA

B A L A S T O.

El balasto es un componente de la superestructura de la vía férrea, se coloca sobre la corona del terraplén (sub-balasto), debajo y entre los durmientes.

Es una capa de material pétreo seleccionado, que debe de estar compuesto de - partículas duras, fuertes, durables y libres de materia perjudicial. Entre - los principales materiales usados como balasto están: La piedra triturada, es coria de fundición ("grasa"), grava lavada, grava cribada, grava de río, pie dra mineral y grava de mina.

Podemos considerar que el balasto es para la vía como la cimentación para una casa, forma la base que sostiene a la estructura de la vía, la que a su vez - carga el peso de los trenes.

Asimismo, las funciones principales del balasto son: Distribuir la carga de - la vía y la carga rodante sobre el terraplén; evitar que la vía sufra movi- - mientos laterales provocados por el frenaje, el cabeceo, las fuerzas centrífu gas o por la sobre-elevación excesiva de los rieles en las curvas, así como - los movimientos longitudinales que se presentan en las vías soldadas, debido a los grandes esfuerzos desarrollados por los cambios de temperatura; faci litar el drenaje rápido; prolongar la duración de los durmientes; retardar el - crecimiento de la vegetación; ayudar a la absorción de impactos de las cargas dinámicas y evitar el levantamiento del polvo.

Los materiales susceptibles para ser utilizados en el balasto del camino, - serán cualquiera de los que a continuación se indican:

- Los no cohesivos, que no requieren trituración ni cribado, denominados ba - lastos naturales y que están constituidos por gravas.
- Aquellos no cohesivos, que requieren cribado por la malla de 64 mm. - - (2 1/2") y por la malla #4 constituidos por gravas o escorias, que contie -

nen menos de 25% de desperdicio con tamaños mayores de 64 mm. (2 1/2").

- Los poco o nada cohesivos que requieren trituración parcial y cribado, denominados balastos preparados, constituidos generalmente de gravas o escorias que contienen más del 25% de partículas de tamaños mayores que el máximo especificado y que deben de ser triturados.

- Aquellos que requieren trituración total y cribado, denominados también balastos preparados, provenientes generalmente de mantos de rocas, escorias o piedras de pepena.

Con respecto al balasto que recibe tratamiento de trituración y cribado se produce en un lugar denominado planta productora de balasto, la cual se instala en algún banco de material cercano a la vía y produce grava que va desde 2 1/2" hasta 3/4" de \emptyset por medios mecánicos, para ser utilizada en el balastado del camino; asimismo se produce material de residuo (screening), que son fragmentos menores a 3/4" y que se utilizan usualmente en andenes y entre vías.

El balasto de piedra triturada se usa principalmente en las vías troncales, donde lo esencial es contar con una base sólida para la vía. La piedra de buena calidad resultante de la trituración de rocas duras y resistentes no se deberá desintegrar ni desmenuzarse hasta convertirse en polvo, a causa del tráfico o del trabajo de conservación; asimismo, sus aristas filosas deberán sujetar al durmiente y a la vez acunarse con las demás piedras, en tal forma que la vía se mantenga firmemente alineada y a nivel.

Entre las ventajas más importantes que conlleva el utilizar piedra triturada como balasto en una vía, se pueden distinguir las siguientes:

- Constituye uno de los materiales para balasto más limpios.
- Cuando el camino está balastado y revestido correctamente, carece casi por completo de polvo y de vegetación.
- Los tamaños utilizados, permiten que la vía sea fácilmente limpiada si se le cae tierra, polvo, etc., o algún otro material extraño y en cantidades que dificulten el drenaje. Para lo cual se emplean bioldos o bien maquinaria que lo criba y limpia en el lugar y lo vuelve a poner en la vía. Rara vez se hace necesario tocar el balasto que está bajo los durmientes; consecuentemente, la limpieza puede hacerse sin alterar el alineamiento y el nivel de la vía, ni interrumpir el tráfico.
- Proporciona un buen drenaje, evitando con ésto que el agua se junte debajo y alrededor de los durmientes y se formen golpes aguachinados.
- Su forma irregular, proporciona la fijación que necesita el durmiente para evitar el desalineamiento de los mismos.

Un buen balasto debe de transmitir al terraplén terminado una presión uniforme, por lo tanto el espesor de la capa de balasto deberá de estar diseñada en función de la velocidad, frecuencia y peso de los trenes que circulan por la vía; además de tomarse en cuenta factores de tipo geológicos, topográficos y climáticos.

El balasto cubrirá la vía hasta 1/2 pulgada abajo de la cara superior del durmiente; se deberá tener cuidado especial para que el espacio entre dos durmientes en una junta esté perfectamente lleno, así como aquellos durmientes que llevan anclas. Asimismo, al cambiar o reespaciarse durmientes, al limpiar balasto o al levantar la vía, se debe de tener la cantidad suficiente de material de balasto, para mantener la vía nivelada correctamente.

Actualmente la sección de balasto recomendable es de 12 pulgadas (0.30 --- metros), que generalmente proporciona un buen soporte de vía para carga y - tráficos pesados.

En lo referente a la distribución del balasto, ésta se realiza después de - haber armado la vía y colocarse en el eje correspondiente de la corona del terraplén

Esta distribución se ejecuta a lo largo de la vía mediante trenes de traba- jo, con góndolas o tolvas con compuerta inferior y en los costados, permi-- tiendo con esto espaciar el balasto en los extremos de los durmientes y en el centro de la vía.

DURMIENTES

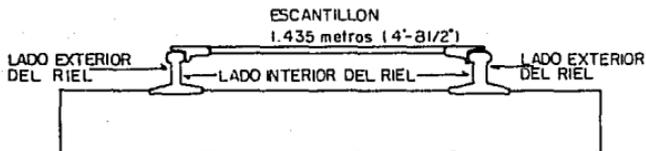
Se le denomina traviesa o durmiente a las piezas de madera, concreto, metálicas o mixtas que son colocadas transversalmente sobre el balasto para proporcionar a los rieles de la vía un soporte adecuado y conservarlos a escantillón.

Debido a que el durmiente sustituye casi una sexta parte del costo de conservación de la vía, tanto su inspección, almacenaje, manejo y uso deben ser objeto de especial interés.

Por otra parte, entre las funciones principales con que deben de cumplir los durmientes nos encontramos con las siguientes:

- I.- Repartir al balasto lo más uniformemente posible, la presión que los trenes transmiten a los rieles.
- II.- Fijar los rieles, conservando el ancho de vía (escantillón), 1.435 m. para vía ancha y 0.914 m. para vía angosta.

A propósito del escantillón de vía, consideramos conveniente explicar el origen del escantillón estandar (1.435 metros) y la manera de como debe de medirse. A éste respecto, podemos decir que en los antiguos pueblos asirios y romanos los carros tirados o jalados por caballos y que rodaban sobre hiladas de piedra, tenían su medida entre las ruedas de los carros de aproximadamente 1.422 metros (4'-8"), consecuentemente en las minas de carbón, se construyeron las vías con escantillón de 1.422 metros (4'-8") y cuando Stephenson diseñó las primeras locomotoras de vapor utilizó el mismo escantillón entre ruedas, pero se tuvo que aumentar el escantillón de la vía en 1/2" para permitir el paso de las cejas de las ruedas, con lo que dicha medida se convirtió en (4'-8 1/2") o sea 1.435 metros. En la figura se puede ver cómo debe medirse el escantillón estandar de 1.435 metros (4'-8 1/2"), entre las dos caras o las dos interiores del hongo.



CARACTERISTICAS DE LOS DURMIENTES

El durmiente debe de reunir ciertas características para el buen funcionamiento de una vía férrea.

- 1.- Debe de tener una vida útil alta, comparada si es posible con la vida útil del riel.
- 2.- Resistencia a los esfuerzos dinámicos producidos por el paso de los trenes.
- 3.- Proporcionar una adecuada sujeción al riel con un costo anual de conservación mínimo.

Entre las clases de durmientes utilizados en México podremos mencionar las siguientes: de madera (dura y blanda), de concreto y de acero.

DURMIENTES DE MADERA.

En los durmientes de madera se pueden utilizar maderas duras (chicozapote, mora, quiebrahacha, tepeguaje, etc.) maderas blandas (pino, encino, roble, tepozontle etc.) maderas semiduras (encino, laurel, etc.)

* Ver tabla siguiente*

MADERAS QUE SE RECOMIENDAN PARA DURMIENTES JUEGOS DE
CAMBIO Y MADERAS PARA PUENTES

| MADERAS DURAS | MADERAS SEMIDURAS TIPO ENCINO | MADERAS SUAVES TIPO PINO |
|--------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Anonillo | Amargoso | Amapa prieta |
| Amarillo | Campanillo | Corazón bonito |
| Algodoncillo | Encino Amarillo | Cuero |
| Bálsamo | Frijolillo | Caimito |
| Brasil | Leche María | Hagame o Dagame |
| Cocuete | Laurel prieto | Ojamán |
| Canafístula | Macaya roja | Lechoso |
| Cacho de toro | Nazareno | Iagunillo |
| Cañamazo | Naranjillo | Guanacaste (corazón) |
| Cópite | Nanche | Haba |
| Cerón | Peñecillo prieto | Bandagalaga |
| Capire | Peñecillo blanco | Camarón |
| Chicozapote | Peñecillo amarillo | Carnero |
| Chijol | Paque negro | Chichicolorado |
| Encino prieto | Pimientillo | Chicharrón |
| Guachipilin | Quebra coyol | Duraznillo |
| Guayacán verde | Rosa morada | Encino roble |
| Guayacán café | Tepeguate | Escobilla |
| Guirisiña | Jicaco | Encino rojo |
| Guaje liso | Ojo de toro | Marimbo |
| Granadillo | Tempisque | Mangle blanco |
| Guapiñol | Havi | Mangle rojo |
| Gateado | | Madre cacao |
| Guayabillo | | Ojoche |
| Mora o Moral | | Pino |
| Matabuey | | Palo de asta |
| Mangle prieto | | Roble blanco |
| Quebrahacha | | Trompillo |
| Roble Cortés | | Tepecacao |
| Sangre de Drago | | Tepezontle |
| o Lloro sangre | | Ubero |
| Tepeguaje | | Vara prieta |
| Tamarindillo | | Corpus |
| Tachuelilla | | Picho |
| Tepezúchil | | Liagalache |
| Hormiguillo prieto | | Laurel blanco |
| | | Totoposte |

TABLA QUE MUESTRA LA VIDA UTIL DE UN DURMIENTE

| MADERA DURA | AÑOS | MADERA SUAVE | AÑOS |
|--------------|---------|--------------|--------|
| FRESNO | 4 | CEDRO | 6 a 8 |
| HAYA | 4 a 5 | CIPRES | 6 a 10 |
| ABEDUL | 4 a 5 | ABETO | 6 a 8 |
| CATALPA | 10 | PINABETE | 5 a 8 |
| CEREZO | 6 a 8 | ALERCE | 7 a 8 |
| GASTAÑO | 9 a 10 | PINO | 6 a 8 |
| OLMO | 4 a 6 | ABETO | 6 a 8 |
| ARBOL GOMA | 3 a 4 | | |
| NOGAL | 3 a 4 | | |
| ALGARROBO | 10 a 16 | | |
| MEPLE ARCE | 4 a 5 | | |
| ROBLE BLANCO | 7 a 9 | | |
| ENCINO | 7 a 8 | | |
| ROBLE ROJO | 3 a 4 | | |
| ALAMO | 5 | | |
| SICOMORO | 3 a 4 | | |
| NOGAL | 8 a 10 | | |

La sección tipo de un durmiente de madera es de 18x20x240 cm. (7"x8"x8') que resulta factible obtener para las maderas de pino y es difícil para encinos, y maderas duras tropicales.

Las ventajas que nos encontramos al utilizar durmientes de madera son las siguientes:

- Ser fácilmente labrados, ser flexibles, no pesan mucho, tienen características aislantes, soportan bien las grandes tensiones.

Las desventajas: Vida útil corta, están expuestos al deterioro por parte de ciertos insectos; de los hongos y del fuego.

En general los durmientes que tienen los siguientes defectos no son aceptados; que contengan partes podridas, algún agujero mayor de (3 pulg.) de fondo y (1/2") de diámetro cuando está entre (20") y (40") del centro, o a más del cuarto del ancho de la superficie en la que aparece, si está fuera de las secciones entre (20") y (40") del centro del durmiente; un nudo que tenga un diámetro promedio de un cuarto del ancho de la superficie en la que aparece, excepto cuando está del lado de afuera de la zona de 20 a 40 pulg.; una abolladura mayor a un tercio del ancho del durmiente, una ranura de más de 5" de largo y un sesgo mayor de 1 a 15.

S E C A D O

Cuando se reciben los durmientes en la planta de tratamiento es necesario realizarles un proceso de secado.

El objeto del secado es quitar la suficiente humedad a la madera de modo que se pueda agregar un preservante porque así durarán más tiempo y sujetarán el clavo perfectamente; con éste objeto se apilan o entongan, deben colo-

carse sobre el piso dos durmientes viejos ya tratados; luego se colocan nueve durmientes sobre los anteriores; apoyados en los extremos; enseguida se coloca un durmiente en forma transversal en un extremo; después se colocan nueve durmientes inclinados; luego un durmiente transversal en el otro tramo enseguida nueve durmientes más y así sucesivamente. El entongamiento puede hacerse de la altura que pueda alcanzar una grúa.

TRATAMIENTO DE LOS DURMIENTES.

Para preservar la vida útil de un durmiente, es necesario realizarle un tratamiento químico.

Del gran número de preservativos experimentales, los que mejor han respondido a una aplicación práctica son: el sulfato de cobre, el bicloro de mercurio, el cloruro de zinc y la creosota obtenida de la destilación de la hulla, ya sea aislada o en combinaciones (las dos últimas son las más comunes).

Los pasos a seguir para darle tratamiento a los durmientes son:

- Seleccionar la madera.
- Secado de la madera
- Aplicarle un tratamiento que pueda ser externo, y mejor aún interno.

El tipo de tratamiento más empleado en México debido a su economía y efectividad, es el Rueping el cual consta de las siguientes fases.

1.- Presión de Aire.

Se mantiene por un tiempo de 20 a 30 minutos a una presión de 4.93 a 5.63 Kg/cm² (70 a 80 lbs/plg²) lográndose ésta presión, dejando pasar el aire comprimido que se tiene almacenado a la retorta.

2.- Inyección del Impregnante.

Se inyecta el impregnante incrementando su presión hasta el límite que

varía entre 12.67 y 14.09 Kg/cm² (180 a 200 lb/plg 2), manteniéndola el tiempo que sea necesario de acuerdo con la madera a tratar y la retención y la penetración deseada, se ha observado que para tener mejores resultados en la impregnación de durmientes, la retención deberá ser de 35 litros por metro cúbico (7 lbs/pie 3).

3.- Vacío Final.

Se hace un vacío de 55 mm. con el fin de que sea arrojado el excedente del preservativo que haya quedado en la madera. En el caso de que la madera se haya sometido a la fase No. 1, éste se expande y sale de la madera arrastrando consigo determinada cantidad de impregnante que dejan vacías las celdillas de madera recogiéndose en los depósitos de almacenamiento.

Al terminar ésta etapa del proceso, se restablece la presión atmosférica dentro del cilindro, se abren las puertas y se sacan las vagonetas. Los durmientes ya tratados son entongados en los patios de almacenamiento para llevarlos a los lugares de utilización.

En general los durmientes no tratados duran de 3 a 6 años, los tratados con cloruro de zinc 11 años y los impregnados con creosota de 18 a 35 años.

DURMIENTES DE ACERO

El peso de este durmiente es de 75 Kg. para vía ancha, o sea, pesa igual que uno de madera y puede manejarse por un hombre con facilidad.

Una de las desventajas de éste tipo de durmiente es la oxidación salobre que los hace convenientes para la costa próxima al mar o en los túneles, cosa - contraria si son colocados en el desierto, en la montaña o en el lomerío, - donde resulta el territorio ideal para éste versátil durmiente.

Entre las ventajas podemos mencionar, el daño mínimo que se tiene por descarrilamiento, la posibilidad de reparación mediante soldadura, gran resistencia al desplazamiento lateral y al corrimiento longitudinal reduciendo an--clas, mantenimiento prolongado de línea y niveles cuando el balasto es ade--cuado y bien calzado, valor de recobro muy elevado, pudiéndose vender como - chatarra a un precio de salvamento aproximado al costo inicial.

La separación mínima entre durmientes es de 25 a 30 cm. entre caras conti--guas, lo que da una separación práctica de 50 cm. de centro a centro de durmientes.

La separación depende también del riel que se vaya a utilizar para el armar--do de la vía, esto es, 20 durmientes para riel de 10 m. de longitud y 24 durmientes para riel de 12 m. de longitud en vías troncales de primera. En los ramales o vías secundarias, se colocan alrededor de 16 a 18 durmientes para rieles de 10 m. de longitud.

DURMIENTES DE CONCRETO

Los durmientes que se fabrican en México son de dos tipos o durmientes mixtos RS y SL, y durmientes monolíticos Dywidag B58 y B55 (últimamente tipo S_u y O utilizados en el metro de la Cd. de México).

El durmiente mixto RS o SL está constituido por dos bloques de concreto reforzado con mallas, tanto en la parte superior, como en la inferior y tres espirales en la parte intermedia, zona en la cual está el anclaje de los pernos o tornillos empleados para fijar el riel y el apoyo del mismo con sus accesorios. Dichos bloques están interconectados rígidamente por un travesaño de acero duro, de sección "Y" o "L" según el caso, que asegura la correcta separación de los mismos y mantiene el escantillón de la vía.

El durmiente monolítico Dywidag B-58 tiene una porción central robusta, sin depresiones, con extremos gradualmente divergentes, anclaje para elementos de fijación de la vía y superficie de apoyo suficientemente amplia; tiene una armadura tensora formada por dos horquillas de banca de acero, cuyos dobles se cruzan perpendicularmente en una de las cabezas del durmiente y por el anclaje de los cuatro extremos libres en la otra cabeza, se transmiten al concreto los esfuerzos de tensado.

R I E L E S

Los rieles son elementos en forma un poco parecida a una viga I, y son colocados sobre los durmientes, paralelos a una distancia entre sus costados interiores llamada escantillón, ésta forma de I lo ayuda para dotar de rigidez a la flexión y resistencia, pero la cabeza se hace un poco más angosta y más gruesa que el patín de una viga I ordinaria para resistir mejor la presión - de contacto y de desgaste producido por las ruedas del tren.

La función principal del riel, es la de soportar directamente la carga de -- los trenes, para eso debe de tener la resistencia suficiente para actuar -- como puente entre durmiente y durmiente, sostener la carga rodante y tener -- una base suficientemente ancha para no voltearse con facilidad.

La vida útil del riel depende del tráfico y la velocidad, de calibre (peso - en lb/yarda o Kg/m), su número, calidad, mantenimiento respecto del balasto, la clase y nivelación de éste, la supresión de impactos en las juntas, la re - ducción de las vibraciones y el mejor alineado geométrico de la vía.

El estampado de las letras realizadas en uno de los lados del alma del riel - da el peso del riel en lb/yarda, el número de sección, el molino, el año y mes de rolado y el método de manufactura.

Un estampado típico es como sigue: en el lado opuesto del alma, el riel se - estampa en caliente para indicar el número de colado, letra del riel (posi- - ción del lingote) y número de lingote.

| | | | | | |
|------------------------------|--------|-------------------------------------|------------|-----------------|-----------------|
| 115 | RE | CC | Fabricante | 1977 | IIIII |
| (Peso o número de secciones) | (tipo) | (Si es con enfriamiento controlado) | (Molino) | (año de rolado) | (mes de rolado) |

SOLDADO DE RIELES

Para el soldado de los rieles en campo se utiliza el método llamado aluminotérmico, cuyos pasos a seguir son los siguientes:

Los rieles se limpian, se alinean y nivelan y se les separa entre 15 y 18 mm., fijándolos sólidamente antes de precalentarlos durante 5 minutos con quemadores hasta dejar los extremos al rojo cereza claro (1000 grados centígrados).

El precalentado rápido utiliza sopletes de oxígeno-gasolina y el método lento requiere 8 minutos y usa propano y aire.

El molde donde se ejecuta la fusión del acero (aluminotérmica) es un crisol metálico que se coloca sobre la junta de rieles y se rodea con material arenoso refractario para forrar el perfil del riel o se emplean moldes prefabricados.

Los metales del fierro y aluminio, se vierten a granel, de las porciones cuantificadas y dosificadas por el fabricante, para cada calibre de riel y para cada contenido de carbón en el acero del mismo; el material para soldadura viene mezclado y empacado en bolsas de poliéster, de modo de sólo precisar tapar el fruto del crisol, introducir el material de soldadura y colocar una pólvora especial (catalizador), tapar el pequeño alto horno en miniatura y encender con flama, para provocar un volcán de acero que a su tiempo se calma, se quita el tapón del fruto y fluye la fundición entre los rieles, dejando la escoria alrededor y buen acero en el perfil soldado.

Antes de enfriar, con marro, tajadera y cincel se recorta la escoria excedente alrededor de la junta y al enfriarse se procede a fijarlo y al esmerilado en serie para terminar con el pulido del hongo del riel y la inspección vi-

sual y con detector manual de los resultados.

Afortunadamente, las escasas fallas, ocurren al paso de los primeros trenes, que deben correr con velocidad durante un período inicial.

Más tarde, las fallas pueden ocurrir en cualquier otro sitio excepto en la soldadura de rieles cuya resistencia que es igual o mejor que la del mismo riel.

Existe otro método utilizado en el soldado de rieles en el taller llamado de presión eléctrica, el cual consiste en:

Los rieles nuevos, se limpian mecánicamente y se les hace pasar por líneas de producción en serie a una máquina que precalienta y solda por fusión eléctrica y una presión simultánea de 50 toneladas.

La soldadura pasa a recortarse y esmerilarse, para finalizar, la inspección magnética detectora de posibles defectos.

COMPOSICION QUIMICA DE LOS RIELES

| Peso nominal del riel (lb/yarda) | 70-80 | 81-90 | 91-120 | 121 y Mayores |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| Carbon % | 0.55-0.68 | 0.64-0.77 | 0.67-0.80 | 0.69-0.82 |
| Manganeso % | 0.60-0.90 | 0.60-0.90 | 0.70-1.00 | 0.70-1.00 |
| Fosforo, máximo, % | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| Silicio | 0.10-0.23 | 0.10-0.23 | 0.10-0.23 | 0.10-0.23 |

El azufre no se especifica porque produce fragilidad durante el rolado, lo cual exige que sea mantenido dentro de límites aceptables. La dureza Brinell del riel no se especifica, pero varía normalmente de 240 a 270. La única prueba física requerida es la prueba de impacto, que se hace con muestras de riel de la porción superior, segunda, media y última de los lingotes de cada colado.

El objeto de esta prueba es determinar la ductibilidad y la resistencia al impacto, que normalmente es menor en la parte superior del lingote debido a la segregación de impurezas durante la solidificación.

El control de enfriamiento del riel (retardando la velocidad de enfriamiento bajo condiciones controladas) es eficaz para evitar las fracturas. Estas pueden originar el desarrollo de fisuras transversales estando en servicio. El control de enfriamiento se incluye en las especificaciones del riel, excepto cuando los rieles están hechos de acero desgasificado al vacfo.

Muchos ferrocarriles usan en las curvas rieles totalmente tratados en caliente o rieles con la parte superior de la cabeza tratada en caliente para soportar mejor el desgaste de las cejas que se produce en el riel alto de las curvas, así como el flujo y la corrugación que ocurren en el riel bajo.

ACCESORIOS DE FIJACION DE VIA

Los accesorios de fijación de vía nos permiten unir los rieles por sus extremos, sujetar el riel al durmiente, evitar, que se apoyen directamente los rieles al durmiente, que se muevan las vías de su lugar (rieles) y que los durmientes se dañen; en la vía elástica proporcionan un medio de amortiguamiento a las cargas dinámicas que se presentan con el paso de los trenes.

Los elementos de fijación de vía, en general, deben cumplir con ciertas funciones como por ejemplo:

- Mantener los rieles firmemente a escantillón.
- Poder de sujeción para evitar el deslizamiento de los rieles.
- Elasticidad para transmitir las vibraciones producidas por el paso de los trenes al durmiente y al balasto.
- Facilidad y rapidéz para montar y desmantelar los elementos.
- Requerimientos de mantenimiento mínimos.
- Considerar un número mínimo de componentes con lo que se asegura una producción en masa y por supuesto más económica.

Los accesorios de fijación que se utilizan en nuestro país son de procedencia americana (E.U.), para la vía tradicional (Clavada), y francesa para la vía elástica, empleándose los siguientes elementos para la vía tradicional: Planchuelas, tornillos, rondanas, clavos, placas de asiento y anclas; y en la vía elástica: Soldadura de riel, suelas o placas de hule, grapas de acero o grapillas, tornillos de acero, cojinete amortiguador, rondana aislante y rondana de acero.

DESCRIPCION DE LOS ACCESORIOS DE FIJACION DE VIA.

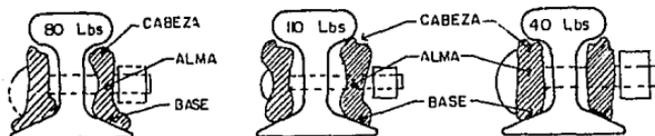
- VIA TRADICIONAL.

PLANCHUELAS.

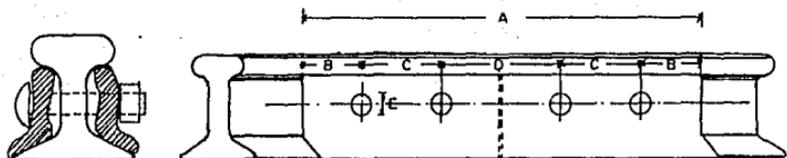
La función principal de las Planchuelas es la de unir los rieles, y formar así grandes hilos, a la derecha e izquierda de la vía en el sentido longitudinal en que crece el kilometraje. Estas son elaboradas en las mismas fundiciones donde se lamina el riel y al igual que éstos, son inspeccionadas para evitar que tengan defectos que puedan llegar a provocar accidentes.

Independientemente del tipo de forma de las planchuelas que se utilizan actualmente en el sistema, todas constan de tres partes principales que son:

"cabeza", "alma" y "base" según se muestra en la figura.

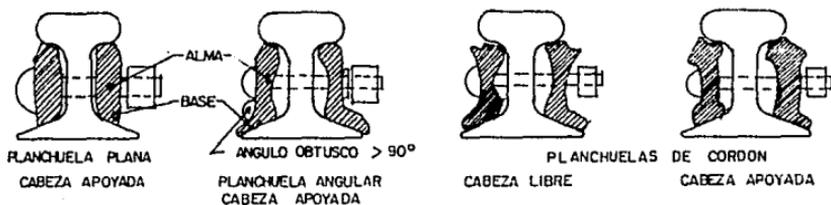


Las medidas o dimensiones de las planchuelas varían de acuerdo con el calibre del riel para el que van a ser utilizadas, y las principales son: Largo total "A"; distancia de cada extremo de la planchuela al centro del primer taladro "B"; distancia entre centros de taladros "C"; distancia de centro a centro de los dos taladros centrales "D" y la altura entre la cabeza y la base "F". Por lo que se refiere a las medidas más usuales en los taladros: El diámetro si son circulares, la parte más ancha y la más angosta si son ovalados y uno de los lados si son cuadrados, representados por la letra "E", según la figura.

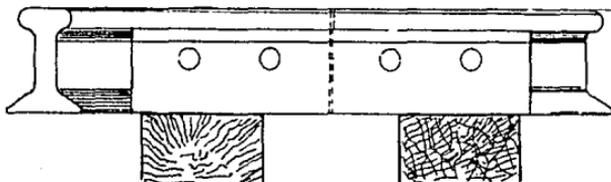


Por su forma las planchuelas pueden ser planas, de cordón y angulares y, a su vez éstos tres tipos pueden clasificarse como de cabeza apoyada o de cabeza libre.

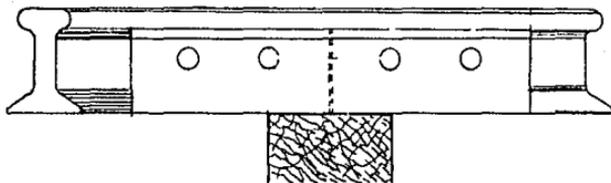
Las planchuelas planas se distinguen de los otros dos tipos porque no tienen una base llamada faldón que tape parcial o totalmente el patín del riel; por su parte, las angulares se caracterizan porque el alma y la base forman un ángulo obtuso, es decir, mayor de 90° , asimismo la base o faldón tapa totalmente el patín del riel; con respecto a las planchuelas de cordón, éstas vienen a ser una modificación de las planchuelas planas, sólo que su cabeza no queda totalmente bajo el hongo del riel y su base tapa una gran parte del patín del riel, como se ve en las figuras, al mismo tiempo que se observa la diferencia entre las planchuelas con cabeza libre y de cabeza apoyada.



Como se mencionó anteriormente las planchuelas unen 2 rieles por sus extremos, los cuales pueden quedar sobre un durmiente o en medio de dos durmientes, por lo que se les conoce como juntas apoyadas o suspendidas respectivamente. En nuestro caso, las juntas y por lo tanto las planchuelas siempre son suspendidas, solamente se colocan apoyadas en el caso de los sapos 7, 8, 9 y 10 como especifica la regla 635 del reglamento de conservación de vías y estructuras.

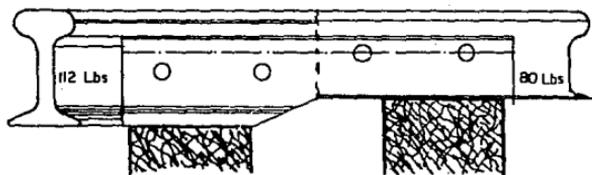


JUNTA SUSPENDIDA



JUNTA APOYADA

Existe otro tipo de planchuelas que se emplean para unir dos rieles de diferente calibre, como por ejemplo, un riel de 80 lbs, con otro de 112 lbs., - éstas planchuelas especiales reciben el nombre de planchuelas compromiso, su elaboración generalmente no está a cargo de las fundidoras, sino a cargo de personal especializado de la misma empresa de ferrocarriles.

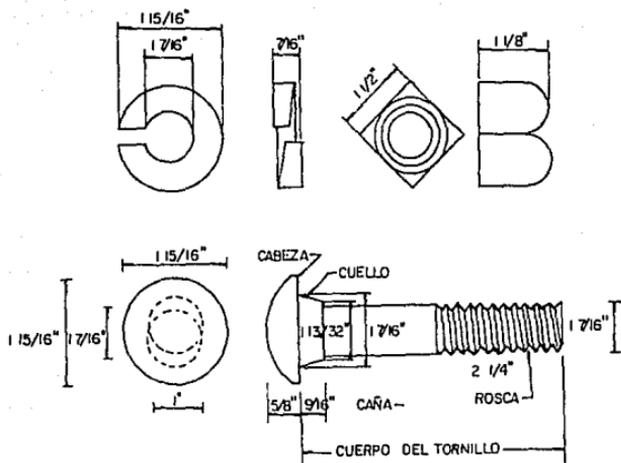


PLANCHUELA COMPROMISO

TORNILLOS, TUERCAS Y RONDANAS DE PRESION.

Los tornillos de vía, sus tuercas y rondanas, se fabrican en las fundidoras los cuales se emplean para sujetar las planchuelas a los rieles. Se debe procurar al colocar los tornillos que éstos queden bien apretados, lo que hará que los hongos de los rieles coincidan perfectamente, sobre todo en la superficie de rodamiento y por el lado inferior de la vía o lado de escantillón, para evitar que las cejas de las ruedas golpeen en la junta.

Respecto a los tornillos, independientemente de sus dimensiones o tamaño, podemos distinguir las siguientes partes: Cabeza, cuello, caña y rosca, de las cuales éstas tres últimas forman el cuerpo del tornillo.



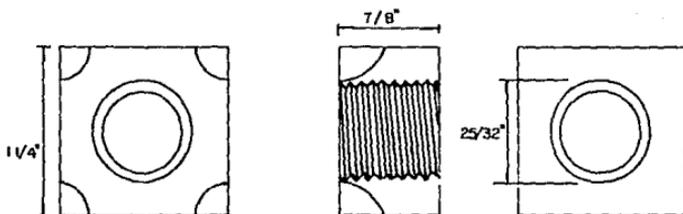
TORNILLO PARA RIEL 112 LBS.

En todos los tornillos de vía, la cabeza, la caña y la rosca, son redondas, en cambio el cuello puede ser ovalado o cuadrado; ésto tiene por objeto que al colocarlo en los taladros de las planchuelas, que también son ovalados o cuadrados, el tornillo no de vueltas al apretarlo. Asimismo, los tornillos son de diferentes medidas de acuerdo con el calibre de riel a unir.

Por lo que se refiere a las tuercas, éstas son de sección cuadrada como se ilustra en la figura anterior, teniendo una cara plana y la otra un poco curvada, es muy importante tener presente que al colocar las tuercas y apretarlas, se utilice la llave correcta pués de lo contrario se pueden mellar los filos de la tuerca o provocar un accidente al trabajador.

Existe otro tipo de tuercas que se colocan sin rondana de presión; las cuales también son cuadradas y tienen las 2 caras planas, con la diferencia de

que en una de ellas la sección cuadrada se hace más chica, siendo la que se apoya o queda en contacto con la planchuela.



TUERCA SIN RONDANA DE PRESION PARA
RIEL 60-75 lbs.

Las rondanas de presión o arandelas, son en forma de arillos cortados y sus dos puntas quedan separadas o abiertas, lo que hace que al colocarlas entre la planchuela y la tuerca y apretar ésta última, se cierra la rondana, la cual se hace presión sobre la tuerca y evita que se afloje rápidamente.

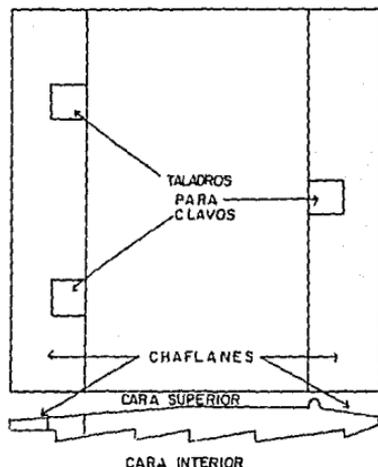
Las medidas de las rondanas o arandelas de presión son: Diámetro exterior, diámetro interior y su grueso.

PLACAS DE ASIENTO O PLACAS PARA DURMIENTE.

Los durmientes de madera se cortan de los lugares en donde se apoya el riel, lo cual puede ser en forma lenta o rápida, en este último caso, se debe a que el patín del riel es angosto y al apoyarse directamente sobre el durmiente, se encaja más rápidamente. Para evitar lo anterior, o por lo menos reducirlo se utilizan las placas de asiento o placas para durmiente, las que siendo más anchas que el patín del riel ayudan al durmiente a soportar mejor las cargas al paso de los trenes.

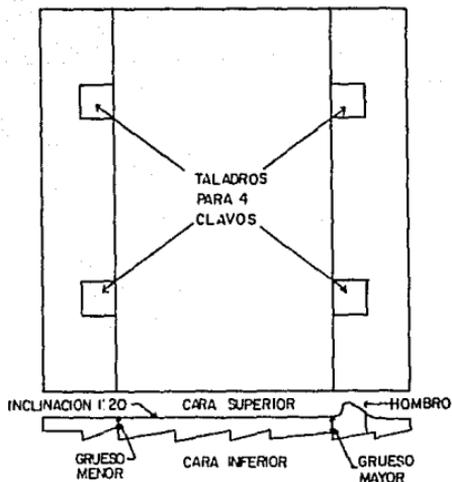
Las placas de asiento, son elaboradas en las fundidoras, su forma es aprox

madamente cuadrada o bien rectangular y en la cual se pueden distinguir las siguientes partes: Cara superior o sea en la que se apoya el patín del riel, cara inferior o asiento que se apoya directamente en el durmiente y grueso_ o espesor de la placa, como se ilustra en la figura.



Las placas para durmiente pueden ser de un hombro o de dos hombros y el número de taladros para los clavos, puede variar desde 3 hasta 8.

Las placas de asiento de un hombro son aquellas que tienen la cara superior, plana o inclinada (esta inclinación es de 1:20), y que del lado más ancho - o en uno de sus lados, llevan un borde u hombro donde se recarga el filete_ inferior del patín del riel. Es importante tener presente que siempre se debe colocar este tipo de placa con el hombro por el lado de afuera de la - vía, con lo que la inclinación queda hacia adentro. Por lo que respecta a - las placas de dos hombros, éstas son muy semejantes a la anterior, y su diferencia es únicamente en que tiene dos hombros y el número de taladros puede ser hasta de ocho; su cara superior puede también ser o no inclinada, al



colocarse en la vía placas de este tipo con inclinación, se deberá cuidar que la altura mayor (grueso) siempre quede hacia afuera de la vía.

ANCLAS PARA RIEL.

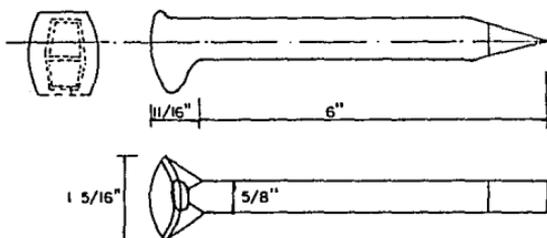
Cuando los rieles se encuentran colocados en la vía, unidos por las planchuelas, apoyadas en sus placas de asiento y clavados, éstos se mueven o deslizan en su dirección longitudinal, debido principalmente al paso de los trenes y a los cambios de temperatura, es decir: cuando hace calor se expanden, entonces las juntas se cierran y a veces se llegan a "tronar", y cuando hace frío se contraen, dejando una separación entre los rieles mayor a la reglamentaria. Para evitar que los rieles se deslicen, se emplean las anclas para riel; - - éstas son unos accesorios que se apoyan ya sea en una o en las dos alas del patín del riel y se sujetan a las placas de asiento como las del tipo "clip" o bien de las que presionan ambas caras del patín y que van recargadas en las caras laterales o costados de los durmientes, de tal manera que al sujetar el patín del riel y apoyarse en el durmiente, reducen o evitan su corrimiento.

Existen cinco tipos de anclas, las cuales mencionaremos: Las de tipo "clip", la cual ya no es usada en la actualidad y que además presenta el inconveniente de que cuando se hace gran presión sobre la plaqueta, ésta se llega a quebrar; la tipo "Fair" la cual consta de una sola pieza y puede ser colocada o quitada con un golpe del martillo de vía; las anclas tipo "Unit", - "True Temper" y "Wooding" deberán ser colocadas correctamente o sea pegadas al costado del durmiente, pues de otro modo no podrán evitar que se mueva - el riel.

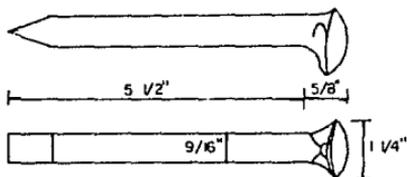
C L A V O.

El clavo consiste simplemente en una barra afilada en uno de sus extremos y que en el otro tiene una cabeza alargada hacia un lado, que apoya sobre el patín del riel. La longitud de los clavos se mide de abajo de la cabeza a la punta del clavo y esta longitud nos sirve para identificarlos. Los clavos conocidos como de 12.82 x 0.1428 centímetros (5 1/2" x 9/16") se utilizan para rieles de calibre inferior a 70 lbs. y los clavos de 15.24 x 0.1587 centímetros (6" x 5/8") se utilizan para rieles de 70 lbs. en adelante.

Las dimensiones de los clavos están en función de la altura del durmiente y del peso del riel, utilizándose de dos a cuatro clavos por durmiente; por otra parte, los clavos tienen varias funciones a desempeñar como son: El evitar que los rieles se voltén o se abran y el mantener el escantillón correcto.



PARA RIELES DE CALIBRE MAYOR A 70 LBS.



PARA RIELES DE CALIBRE MENOR DE 70 LBS.

- ACCESORIOS DE FIJACION DE VIA ELASTICA Y DOBLEMENTE ELASTICA.

Hasta ahora se han detallado los accesorios de vía que son utilizados en la vía tradicional, sin embargo incluiremos los accesorios empleados para la vía elástica y doblemente elástica, las cuales se diferencian una de la otra por los elementos de fijación que la integran; siendo el primer grado de elasticidad (para la vía elástica) proporcionado por las grapas o grapillas, construídas de acero al cromo-manganeso y que conjuntamente con los pernos de anclaje o tornillos tirafondo, fijan el riel al durmiente firmemente, con el objeto de amortiguar los efectos vibratorios; la doble elasticidad en la vía la proporcionan las placas de hule acanaladas tipo chevron, que se colocan entre el patín del riel y el durmiente, con la finalidad de absorber las vibraciones que se producen con el paso de las cargas.

GRAPILLA ELASTICA "R.N." Es una solera de acero de alta calidad (cromo - manganeso), la cual está perforada para permitir el paso de un tirafondo o un perno que sujeta el riel al durmiente; su sección curva da un brazo de palanca variable, el cual evita los levantamientos y golpeteos del riel contra el durmiente, manteniendo así un apoyo constante; para la colocación de la grapilla se debe tener cuidado, especialmente cuando se lleva a cabo el apriete del tornillo tirafondo, pues se corre el riesgo de:

- Exceder el límite elástico del metal y causar una deformación permanente a la grapilla.
- Reducir la eficiencia de la fijación con un apretado insuficiente.

Las figuras siguientes nos muestran:

- a) Un apretado insuficiente.
- b) Apretado correcto
- c) Apretado excesivo

Obsérvese en la figura (b), que la sujeción correcta, es cuando la grapilla hace contacto en dos puntos C_1 y C_2 .

APRETADO DE TIRAFONDOS

d) APRETADO INSUFICIENTE



b) APRETADO CORRECTO

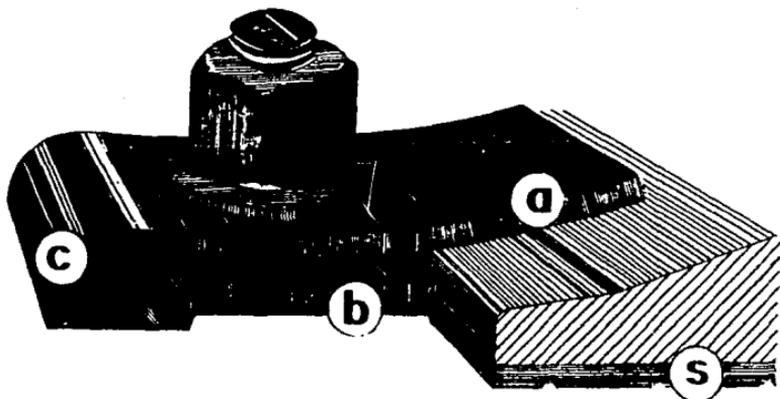


c) APRETADO EXCESIVO



GRAPA ELASTICA "R.N." Esta pieza está formada por dos secciones de solera y un bucle, siendo de acero de alta calidad (cromo-manganeso), la cual produce una presión elevada y uniforme (a) sobre el patín del riel y además, sirve como tope lateral (b) para evitar en cierta medida, la fricción que se produce entre el patín del riel y la placa de hule (s), transmitiendo estos esfuerzos laterales hacia el durmiente por medio del bucle, evitando molestar el perno de sujeción.

LA GRAPA ELASTICA "RN"



Debido a la gran cantidad de perfiles de rieles y la diversidad de condiciones de aplicación, se ha creado un cierto número de grupos de grapas, las cuales se identifican entre sí por medio de un grupo de letras y un cierto número de serie; cada serie contiene grapas numeradas del 4 al 10, diferenciando únicamente por su longitud de 2.5 en 2.5 mm., lo cual nos ayuda a obtener el escantillón normal de una vía; a continuación se describen los grupos y las condiciones del patín con que son utilizadas:

- Grupo R.N. - Patín con dos pendientes
Grupo R.N.K. - Patín con dos pendientes y fuerte inclinación.
Grupo R.N.K.R. - Patín con una sola pendiente.

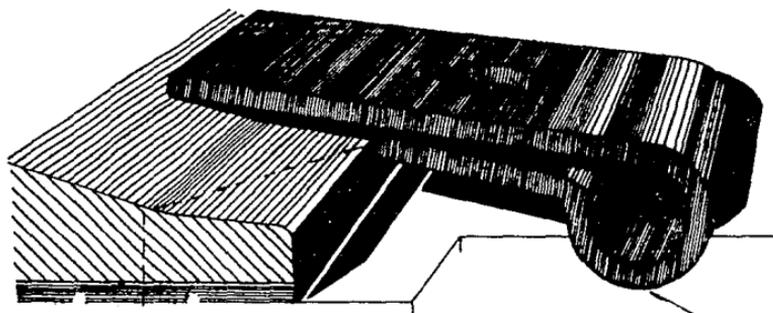
Para la identificación de cada grapa, llevan estampadas en la parte superior su número, el grupo a que pertenecen y el No. de serie; por ejemplo, la grapa No. 6 del grupo R.N.K.R. de la serie No. 3 lleva la marca:

6 R.N.K.R. 3

Las figuras nos muestran las grapas más comúnmente utilizadas:

Para llevar a cabo la colocación de las grapas "R.N.", se debe hacer con cuidado y con personal especializado, tomando en cuenta que el bucle de la grapa sea colocado bien a fondo en la ranura y, que el extremo de la rama inferior no se monte sobre el patín del riel, sino al contrario descienda libremente y presente un juego de 0.5 a 1 mm., a lo largo de la cara lateral del riel del patín; en las figuras observamos la buena y la mala colocación

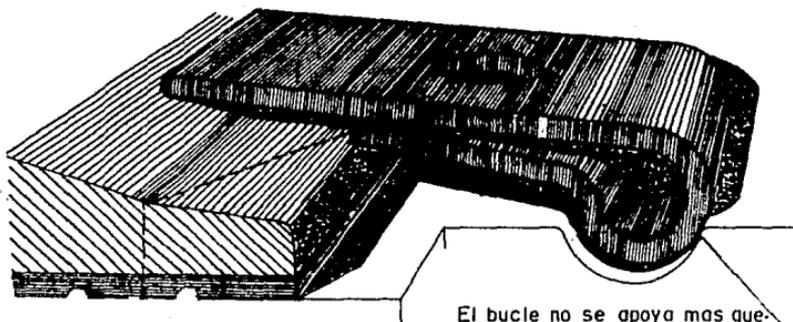
COLOCACION CORRECTA



Ligero juego: 0.5 a 1 mm. aprox.

El bucle se apoya a fondo en la ranura.

COLOCACION INCORRECTA

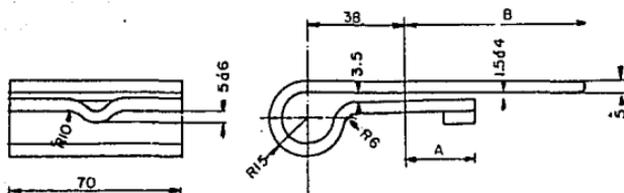


La rama inferior está montada sobre el patín del riel.

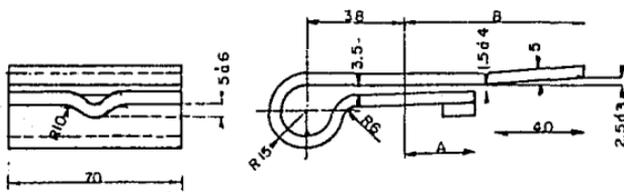
El bucle no se apoya más que en el bordo exterior de la ranura y puede deteriorar el concreto.

GRAPA "RN"
(COLOCACION NORMAL)

SERIE RN I

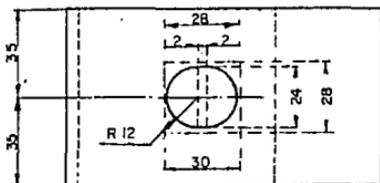
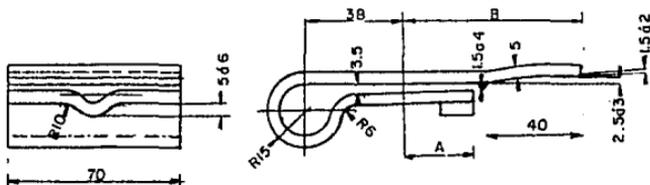


SERIE RNK I



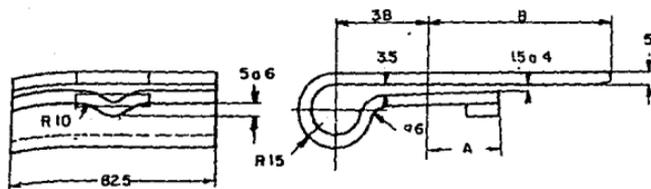
| NUMERO DEL PERRO | A | B |
|------------------|-------|----|
| 4 | 20,75 | 66 |
| 5 | 23,25 | 68 |
| 6 | 25,75 | 71 |
| 7 | 28,25 | 73 |
| 8 | 30,75 | 76 |
| 9 | 33,25 | 78 |
| 10 | 35,75 | 81 |

SERIE RNKR I

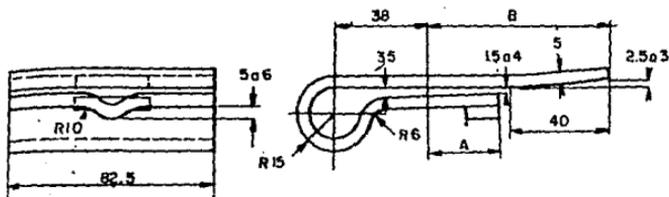


GRAPAS "RN"
(Caso de aislamiento)

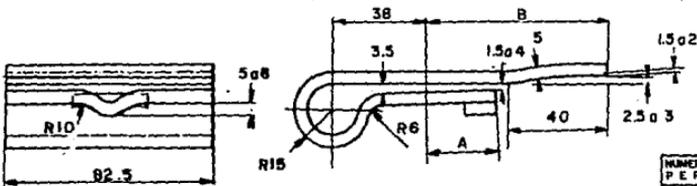
Serie RNG



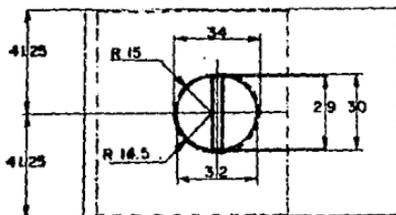
Serie RNKG



Serie RNKRG

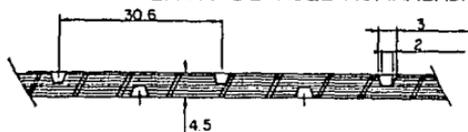


| NUMERO DEL PERNO | A | B |
|------------------|-------|----|
| 4 | 20.75 | 66 |
| 5 | 23.25 | 68 |
| 6 | 25.75 | 71 |
| 7 | 28.25 | 73 |
| 8 | 30.75 | 76 |
| 9 | 33.25 | 78 |
| 10 | 35.75 | 81 |



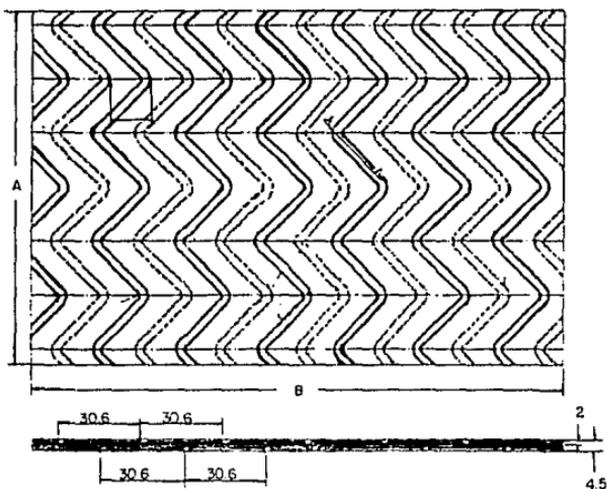
Suelas o placas de hule.- Estas placas son muy delgadas (4.5 mm) y tienen una elasticidad a la compresión, bajo cargas normales transmitidas por el riel, un poco mayor que la de los durmientes de madera. Cuando la rueda de un tren se mueve a lo largo del riel, este último se levanta un poco, justamente frente a la rueda, enseguida desciende bruscamente al paso de ésta, levantándose posteriormente cuando ha pasado; volviendo al término del paso de la carga a su posición de equilibrio; este movimiento es visible y mucho más violento cuanto más rápido se mueve el tren, por lo que la utilización de una placa de hule con propiedades elásticas y con ranuras en ambos lados, permiten una libre expansión y absorben con mucho más eficiencia los efectos dinámicos que se mencionan.

PLACA DE HULE ACANALADA TIPO "CHEVRON"

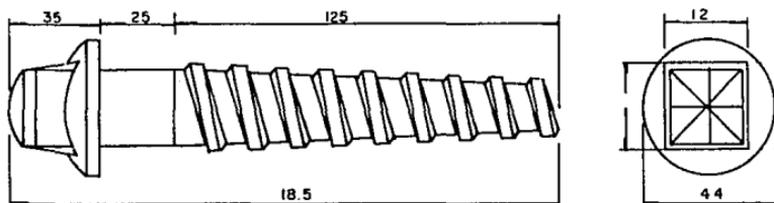


DETALLE DEL PRETEL

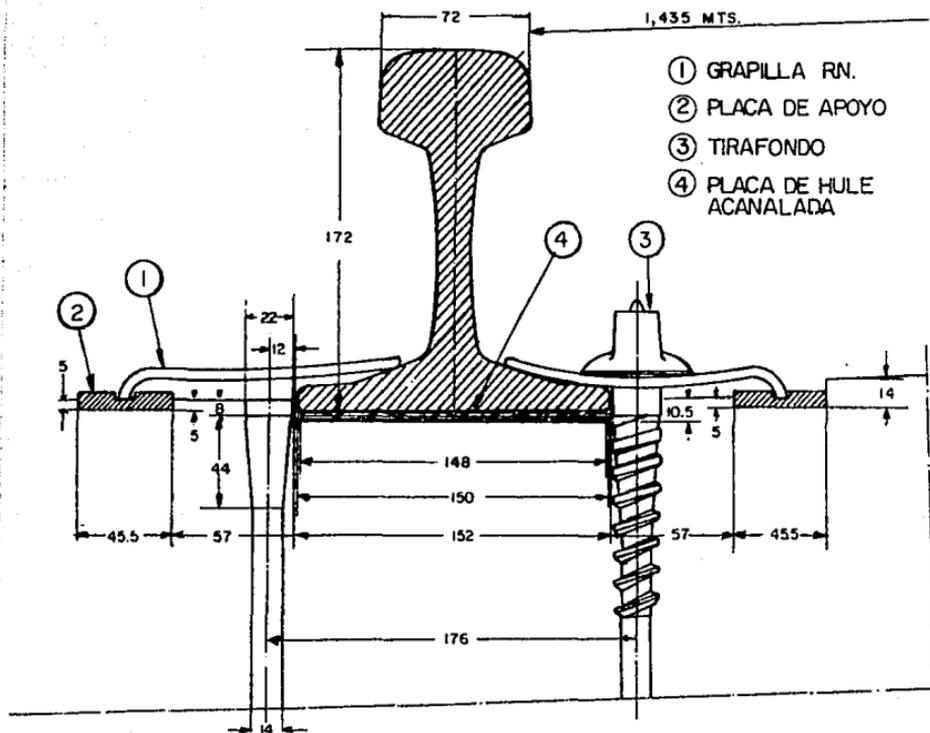
| DIMENSIONES NORMALES | |
|----------------------|-------|
| A | B |
| 100 | |
| 105 | |
| 115 | 140 |
| 125 | X 180 |
| 132 | 200 |
| 138 | |
| 155 | |



Tornillo tirafondo.- Son piezas cilíndricas con rosca gruesa, tienen una especie de rondana, coronada por una cabeza de sección cuadrada o rectangular; entre sus características de trabajo, podemos indicar que daña menos las fibras de la madera, produciendo mayor poder de sujeción que el clavo.



TIRAFONDO EN DURMIENTE DE MADERA



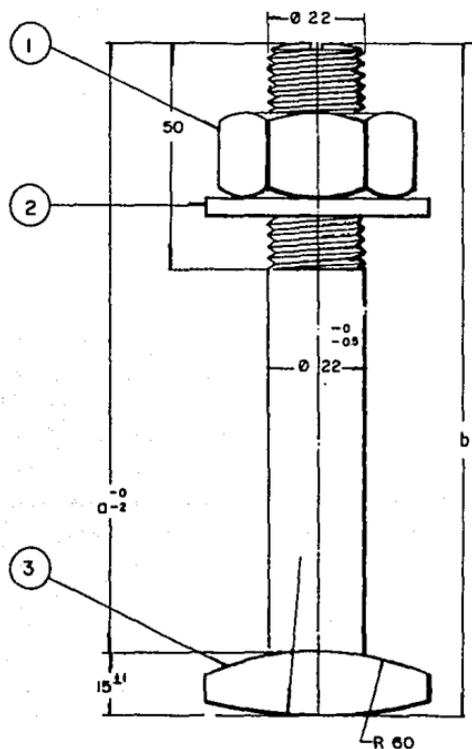
- ① GRAPILLA RN.
- ② PLACA DE APOYO
- ③ TIRAFONDO
- ④ PLACA DE HULE ACANALADA

Perno Especial "R.S." .- Es conocido también como perno tirafondo, su función es la de proporcionar el medio para la sujeción del riel y de la grapa al durmiente, ésto se consigue mediante el empleo de una tuerca y su rondana de acero, como lo muestra la figura.

Para su colocación, se debe tener especial interés en mantener limpias y exentas de pedazos de balasto, las perforaciones; las cuales de preferencia se limpiarán con aire comprimido.

Los pernos presentan en el inicio de la cuerda una ranura, la cual es perpendicular a la cabeza del mismo, y nos ayuda a lograr una perfecta colocación, poniendo a la ranura paralela al riel; se recomienda untar la cabeza del perno con grasa antes de colocarlo, para facilitar su movimiento dentro del durmiente.

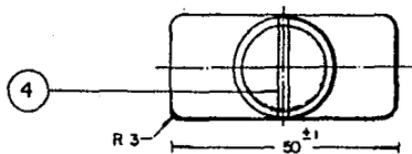
PERNO ESPECIAL "RS"
(negro o galvanizada)



DIMENSIONES

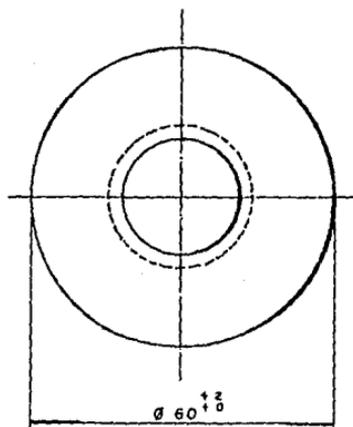
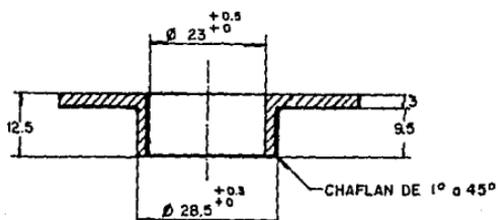
| PERNO | | |
|-------|--------|-------|
| | NORMAL | CORTO |
| a | 135 | 110 |
| b | 150 | 125 |

- 1 Tuerca HL 22 NF 50.007.
- 2 Rondana de acero dulce de 50 x 24 x 4.
- 3 La superficie de apoyo del perno debe estar limpia de rebabas.
- 4 Ranura, perpendicular al plano de la cabeza.



Roldana Aislante.- Su función principal es la de mantener aislado al perno del riel, y se coloca entre la rondana de acero y la grapilla o grapa, es de un material aislante (baquelita) que resiste los esfuerzos a que es sometida, sus dimensiones se indican a continuación:

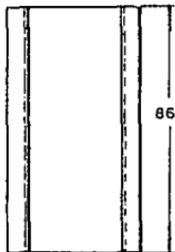
ROLDANA AISLANTE



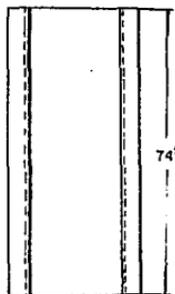
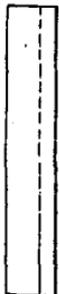
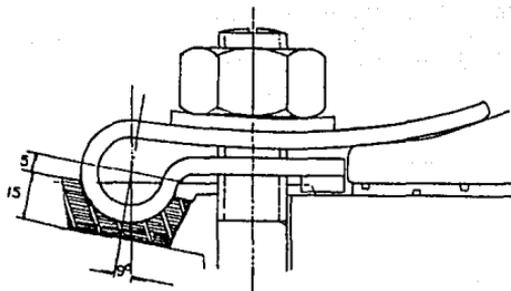
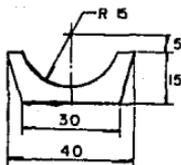
Cojín Amortiguador "P.C.C." .- Son de forma trapezoidal y se colocan bajo el bucle de las grapas, están hechos de hule de alto módulo de elasticidad y su función es la de asimilar las vibraciones que son transmitidas a través de la grapa elástica "R.N." y a su vez al durmiente, en el cual se apoyan.

En la actualidad existen ya grapas elásticas "R.N.", con cojín amortiguador cilíndrico P.C.C. adherido al bucle, lo que trae consigo ventajas de resistencia, a las presiones estáticas y a las sobrecargas dinámicas; además de que se facilita su colocación al suprimir un elemento; pero es necesario - realizar un pequeño cambio en los durmientes, dado que la superficie de apoyo debe ser semi-cilíndrica.

COJIN AMORTIGUADOR "P C C"
(de hule especial)



86²¹ Tipo utilizado para aislamientos



74²¹ Tipo ordinario

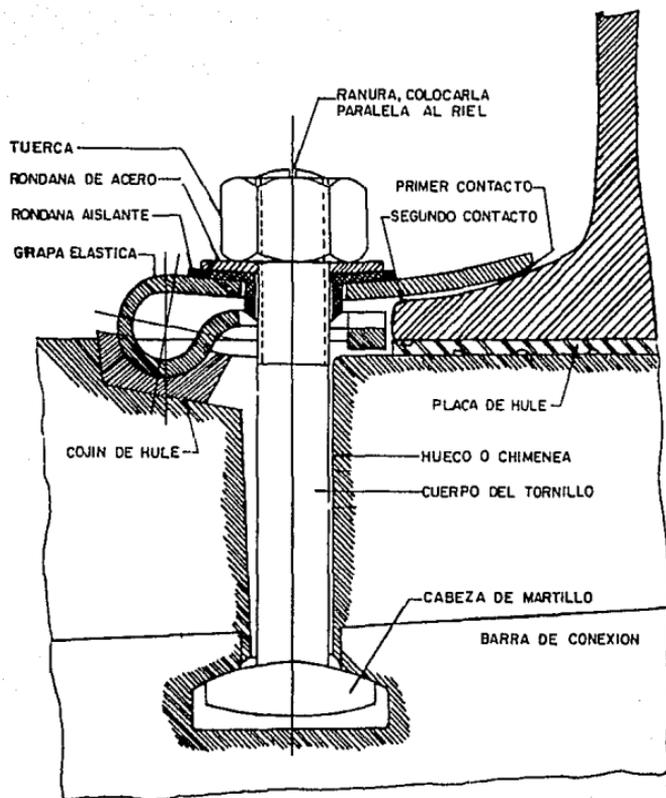
Soldadura de Riel.- Este tipo de unión se presenta conjuntamente con la vía elástica y trae consigo algunas ventajas de verdadera importancia, ya que - el uso de las planchuelas en la vía tradicional originan grandes pérdidas - por mantenimiento; entre los tipos de soldadura utilizados en nuestro país - están: El procedimiento aluminotérmico y el de soldadura eléctrica a tope.

A continuación observamos una tabla de comparación de los distintos tipos - de soldadura utilizadas internacionalmente.

| Método | Lugar | | Tiempo (Minutos) | Confiabilidad | Costo del Equipo | Collar de Material Sobrante | Movilidad del Equipo. |
|---------------------------|--------|-------|------------------|---------------|------------------|-----------------------------|-----------------------|
| | Planta | Sitio | | | | | |
| A tope con arco eléctrico | X | | 7 | Alta | El más alto | no | no |
| A tope con flama gas | X | | 12 | Alta | Alto | no | media |
| De arco cerrado | | X | 150 | Alta | Regular | no | alta |
| Alumino-térmica | | X | 60 | Menor | Bajo | sí | alta |

Independientemente del sistema que se utilice, se prevee las dilataciones - que presentan en el riel por medio de juntas expresos; en nuestro país la longitud entre juntas puede variar desde 250 metros hasta 1200 metros.

En la siguiente figura podemos observar a cada uno de los componentes mencionados.



CAMBIOS DE VIA

Se le llama cambio, al conjunto del juego de herraje y del juego de madera que permite a los trenes, pasar de una vía a otra, ya sea de una vía principal a otra igual o de una vía principal a una secundaria, ya sea ladero, espuela, etc. o viceversa.

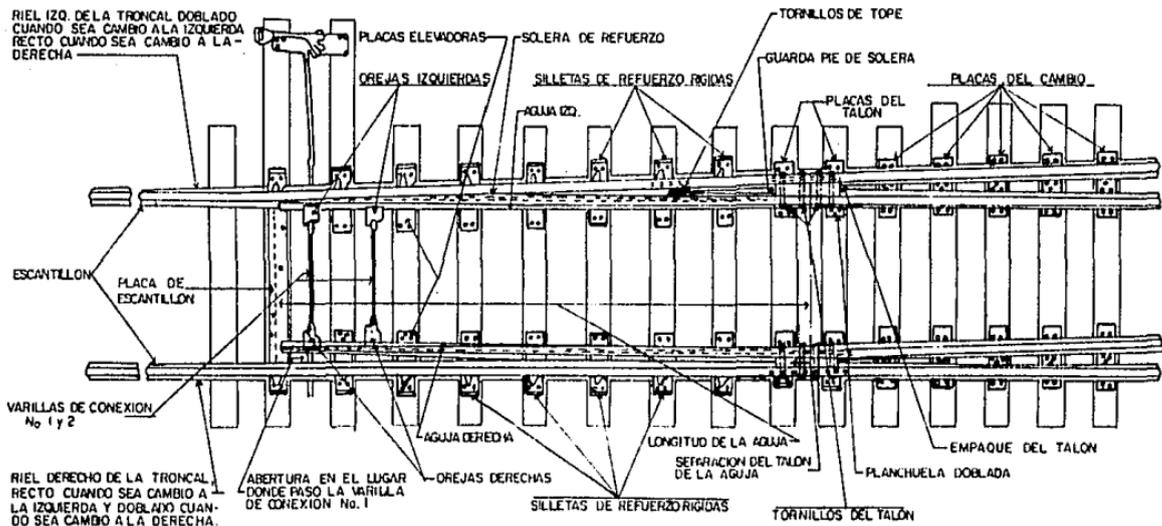
JUEGO DE HERRAJE.

Un herraje de cambio está formado por las agujas, el sapo, los contra-rieles, placa de escantillón, placas corredera, placas de talón, placas de cambio, silletas de refuerzo, bloques de talón, orejas, varillas de conexión o de cambio, árbol de cambio, protectores de agujas, placas para contra-riel, candado y barra de conexión.

A G U J A S.- Las agujas de cambio son 2 y se denominan aguja izquierda y - aguja derecha según el cadenamamiento del kilometraje, éstas se obtienen al - cortar y desbastar los rieles, afilándolos en uno de sus extremos y conser- vando la sección completa del riel en el otro extremo. La longitud de las - agujas va desde 3.65 metros (12') para los cambios de vía angosta y de 4.57 metros (15') y 5.03 metros (16'-6") para cambios de vía ancha. Al ser des- bastado o rebajado el riel, la punta de la aguja queda débil, por lo cual - es necesario reforzar el alma con dos soleras (una a cada lado) las cuales se sujetan por medio de remaches, cubriendo casi toda la longitud del alma.

Para colocar las agujas de cambio, se utilizan otros accesorios que son: Una placa de escantillón, 12 placas correderas de elevación, 4 placas de ta- lón, 10 placas de cambio, 16 silletas de refuerzo, 2 bloques o empaques de talón, 4 orejas (2 izquierdas y 2 derechas), 2 varillas de cambio (No. 1 y 2), una barra de conexión, un árbol de cambio y uno o dos protectores de - agujas, además de dos placas correderas lisas, lo que se ilustra en la si--

RIEL IZQ. DE LA TRONCAL DOBLADO CUANDO SEA CAMBIO A LA IZQUIERDA RECTO CUANDO SEA CAMBIO A LA DERECHA

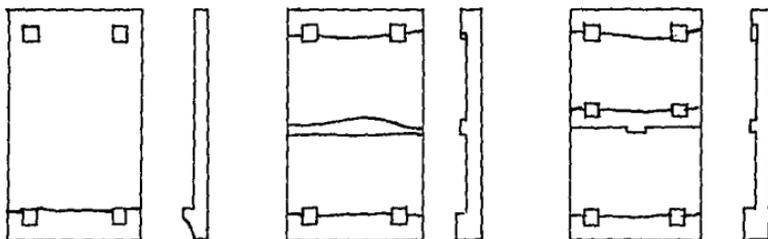


guiente figura, pudiéndose además observar su colocación.

Placa de Escantillón.- Esta es una solera de fierro y como su nombre lo indica, tiene por objeto conservar correcto el escantillón en la punta de las agujas, la cual es utilizada únicamente por lo general en las vías principales.

Placas corredera de elevación.- Estas pueden ser maquinadas o troqueladas y su función principal es la de permitir el libre movimiento de las agujas y mantenerlas elevadas a la altura reglamentaria.

Placas de talón y de cambio.- Su función principal es la de proteger los durmientes y conservar parte de los rieles guía a la separación reglamentaria con respecto a los rieles de la vía principal y se construyen con soleras que son maquinadas, cuya sección se muestra en la figura.



(1) PLACAS DE TALÓN T-1

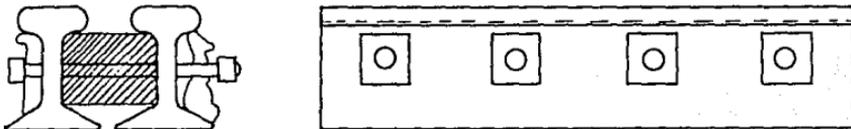
(2) PLACAS DE TALÓN T-2

PLACAS DE CAMBIO C-1, C-2, C-3,
C-4 y C-5 (CAMBIA SU TAMAÑO,
5 PARES)

Silletas de Refuerzo.- Se obtienen por medio del troquelado de soleras y sus medidas varían de acuerdo con el calibre del riel en el que van a ser utilizadas; su función es la de evitar que los rieles de apoyo de las agu--

jas, se lleguen a virar o bién se abra el escantillón a causa de los empujes laterales de las ruedas, al paso de los trenes.

Bloques o empaques de talón.- Estos tienen por objeto mantener la separación correcta entre el talón de las agujas y los rieles de la vía de apoyo del cambio; son piezas fundidas (2) diferenciándose entre sí por la posición que ocupan dentro de la vía (derecha e izquierda) y sus medidas varían de acuerdo con el calibre del riel.



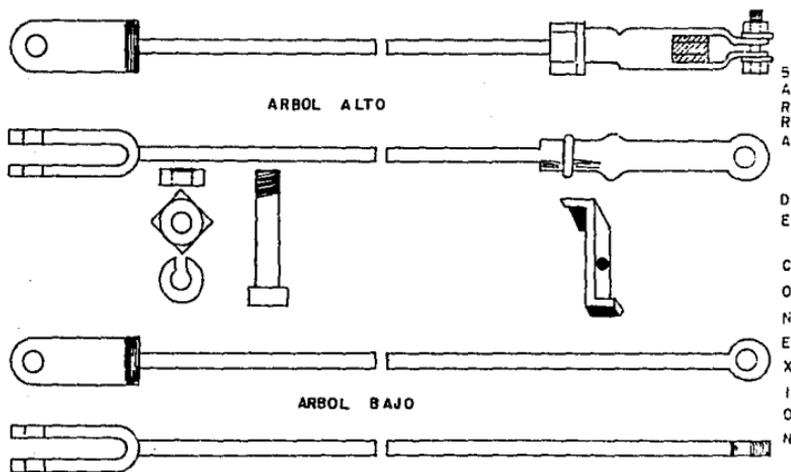
(2) EMPAQUES DE TALON

Orejas para cambio.- Existen 2 tipos, ajustables o fijas; las primeras tienen 3 ó más taladros para colocar las varillas de conexión de acuerdo con su longitud y las segundas tienen un sólo taladro, lo que obliga a que las varillas de conexión tengan la longitud exacta; aclarando que existen orejas derechas e izquierdas, y su objeto es el de permitir la unión de los dos agujas con ayuda de las varillas de conexión.

Varillas de conexión.- Se colocan comunmente como varillas de cambio, y se diferencian entre sí, en que la varilla No. 1 es la que se coloca más cerca de la punta de agujas y es más larga que la varilla No. 2; la varilla número 1 tiene en uno de sus extremos una horquilla que entra en la oreja y queda sujeta por un tornillo, mientras que el otro extremo pasa por debajo del riel de apoyo de la aguja y tiene un taladro para conectarse con

la barra de conexión; la varilla número 2 tiene en sus extremos 2 horquillas que entran en las orejas, quedando sujetas a ellas por medio de 2 tornillos. La función de las varillas es mantener la separación correcta de las agujas, permitiendo a su vez un movimiento uniforme de un lado a otro y ajustándolas a los rieles de apoyo.

Barra de conexión. Es la pieza que une la varilla de conexión No. 1 con el árbol de cambio, el cual puede ser alto o bajo; es de acero redondo y tiene en uno de sus extremos una horquilla que se conecta con la varilla número 1 y, en el otro extremo otra horquilla para conectarse al árbol alto o bien una parte plana o cola para la conexión con el árbol bajo, como se observa en la figura.



Es importante tener presente que todos los tornillos que se utilizan para unir las piezas mencionadas en los párrafos anteriores, deberán ir taladrados en la cuerda para que se les coloquen chavetas de seguridad y, evitar así que se aflojen y se caigan las tuercas y rondanas a consecuencia de los

movimientos que se producen con el paso de las cargas.

Arboles de cambio.— Por medio de éstos se mueven las agujas y se permite el - paso de los trenes de una vía a otra, los cuales son de 2 tipos: Arboles de - cambio altos y bajos; los primeros son utilizados generalmente en vías princi- pales y los segundos se emplean en vías secundarias, laderos o patios. Inde- pendiente de que sean altos o bajos, según su operación pueden ser: Ma- nuales, semi-automáticos y automáticos.

Entre los diferentes tipos de árbol de cambio de operación manual, tenemos - el modelo 56-B que es el más utilizado en nuestro país en las vías principa- les y corresponde al tipo alto; asimismo, se tiene el modelo 51-A o mejor co- nocido como "New Century", que es del tipo bajo y que es utilizado usualmente en vías secundarias; en las figuras que presentamos se pueden observar las - partes que los conforman.

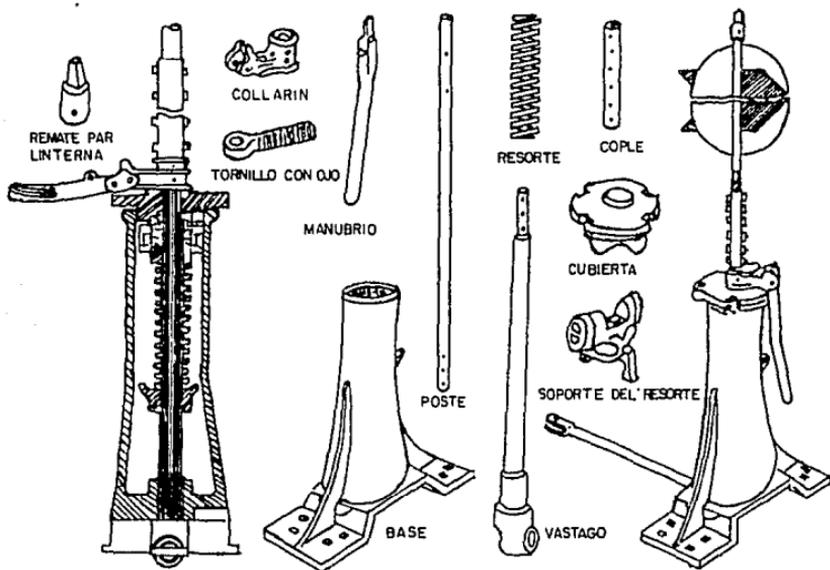
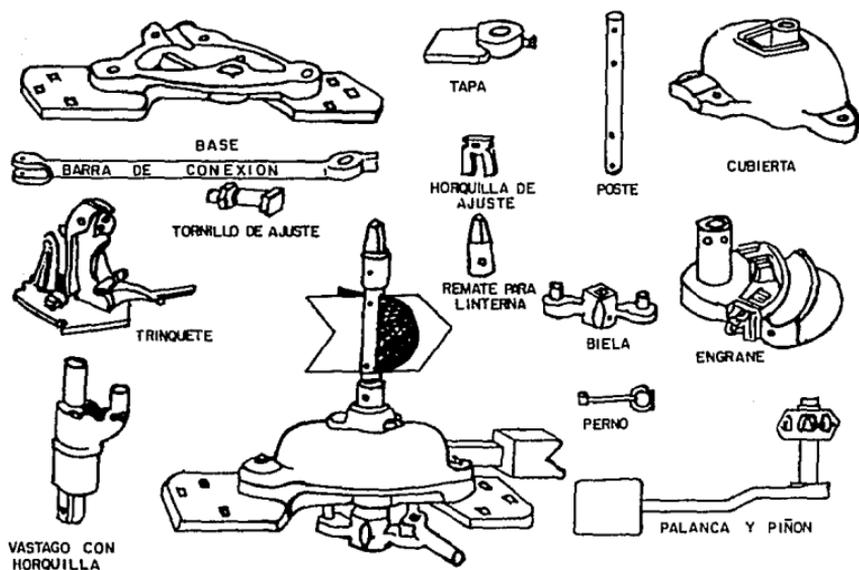


FIG. 13

MODELO 56-B



MODELO 51-A

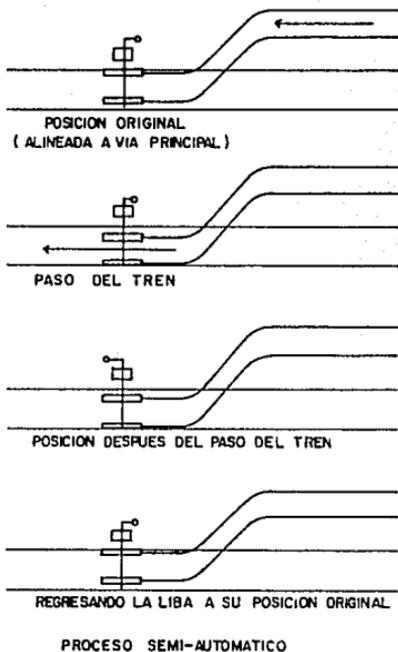
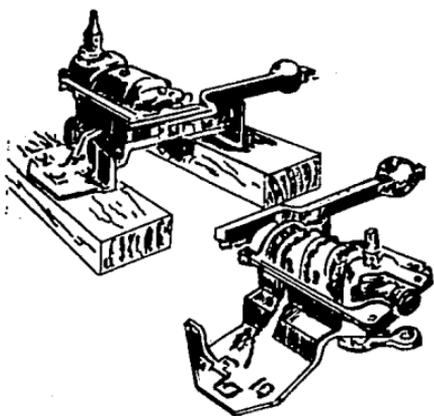
FIG.14

Con respecto a los árboles de cambio semi-automáticos, altos o bajos son muy parecidos a los de operación manual, la única diferencia consiste en que en el momento que las agujas están alineadas a la vía principal y un tren viene por el lado, escape o vía secundaria, puede pasar las agujas, sin necesidad de mover la palanca o liba del cambio, pues las ruedas moverán las agujas y las dejarán alineadas a la vía secundaria, siendo necesario después mover la palanca, para regresarla a su posición original o sea alineados a la vía principal.

En los árboles automáticos no es necesario realizar éste último movimiento mencionado, ya que el árbol de cambio por sí solo volverá a regresar a su posición original o sea, alinearse a la vía principal; esto se logra por medio de una caja que contiene una mezcla de aceite de ricino y alcohol de madera,

que sirve como retardador para que las agujas no regresen instantaneamente , de manera que una vez que las agujas están alineadas al lado, tardan de 10 a 13 segundos para regresar y quedar alineadas a la vía principal, tiempo durante el cual pueden pasar varias ruedas y disminuir el golpeteo que se presenta en las agujas.

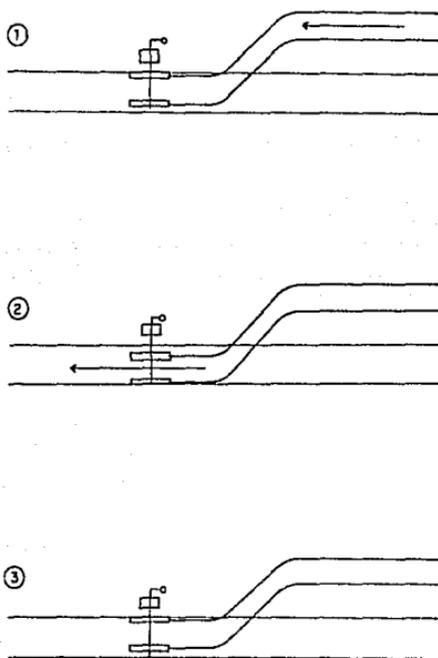
Entre los diferentes modelos de árboles semi-automáticos de tipo bajo, podemos citar los Pacor-22, que se emplean en patios y se muestran esquemáticamente a continuación.

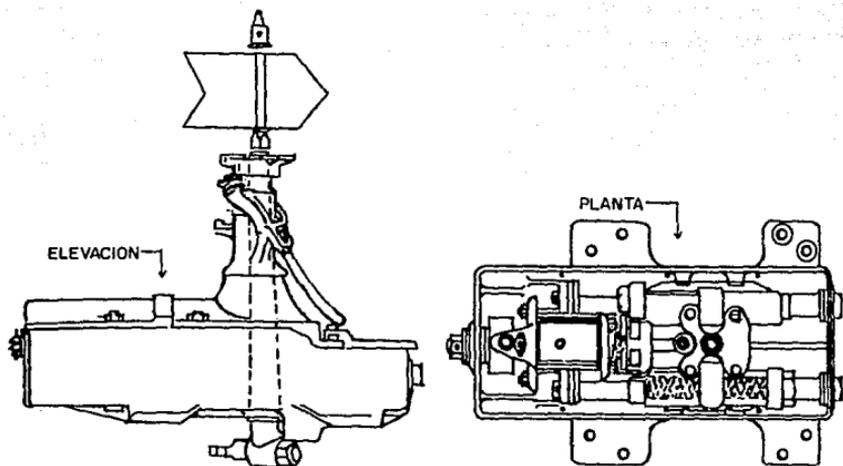


En lo que se refiere a los árboles de cambio automáticos, comúnmente conocidos como "Tres en Uno", son utilizados de preferencia en zonas montañosas y en vía principal, pudiéndose observar uno en la siguiente figura.

Es importante aclarar que tanto los árboles de cambio semi-automáticos, como los automáticos, también pueden ser operados en forma manual.

PROCESO AUTOMATICO

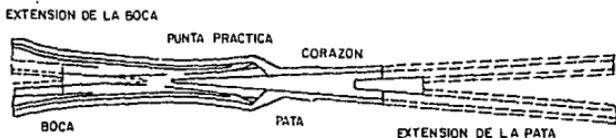
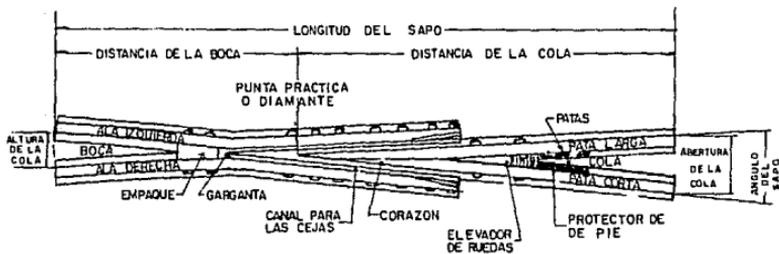
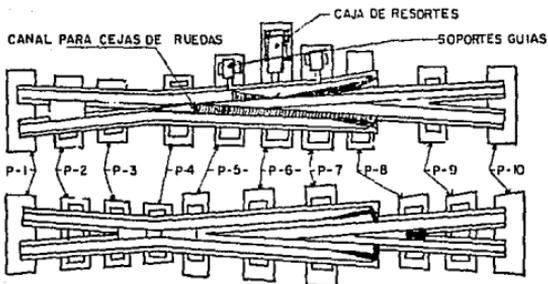




Protectores para agujas de cambio. - Tienen por objeto evitar que las ruedas de los carros lleguen a golpear y despuntar las agujas; éstos protectores pueden colocarse directamente en la punta de la aguja o bien en el riel de la vía principal.

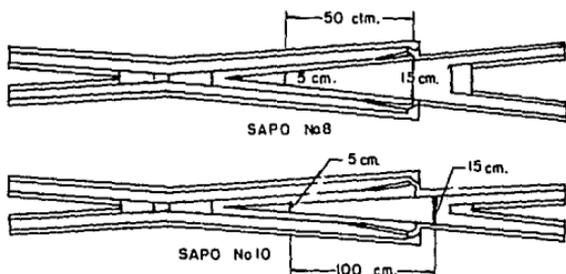
S A P O. En el sitio donde las ruedas de los carros cruzan uno de los rieles de la vía principal se localiza el sapo, el cual es una pieza provista de canales que a su vez facilitan el paso de las ruedas. Los sapos por su tipo pueden clasificarse en dos grandes grupos los cuales son: Sapos rígidos y sapos de resorte. La diferencia estriba primordialmente en que los sapos de resorte están provistos de un ala móvil, la cual queda pegada al diamante y corazón del sapo, abriéndose al paso de las cejas de las ruedas y regresando a su posición original, por la presión que ejerce un resorte contenido en una caja expreso; por la posición del ala móvil, el sapo puede ser izquierdo o derecho.

En las figuras se observa las partes principales de que constan los sapos rígidos y los sapos de resorte, éstos se construyen con rieles y el calibre de éstos, depende de la vía donde vayan a ser colocados, aunque en la actualidad están muy en uso los contruidos de una sola pieza y que se conocen con el nombre de sapos de acero-manganeso, y que pertenecen al grupo de los sapos rígidos.

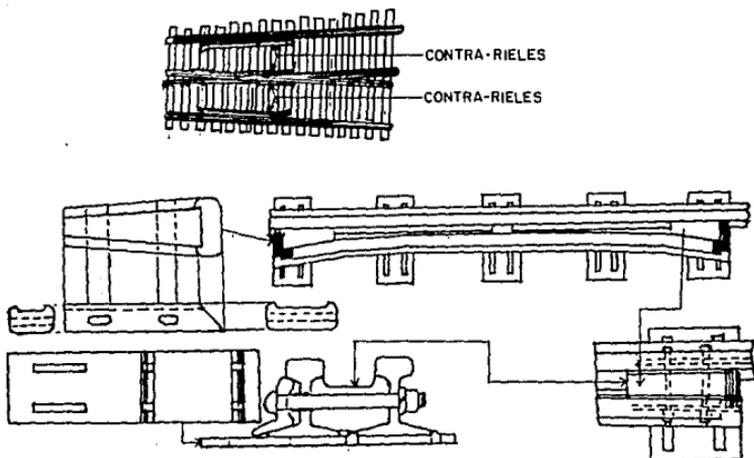


Los sapos rígidos y de resorte, son conocidos prácticamente por un número y el calibre del riel de que están formados; siendo que por su calibre existen sapos desde 40 lbs. hasta 112 lbs. por yarda, y respecto a su número, éstos pueden ser del No. 6, 7, 8, 9 y 10. Todos los sapos tienen señalado el número que les corresponde, sin embargo es conveniente señalar que la re

gla 621 de el Reglamento de Conservación de Vía y Estructuras, especifica la forma práctica para medir el número de un safo, y que consiste en localizar - dos puntos en que el ancho del diamante o corazón sea de 5 y 15 centímetros, siendo el número del safo la distancia en decímetros entre éstos dos puntos, como lo muestra el ejemplo de la figura siguiente.

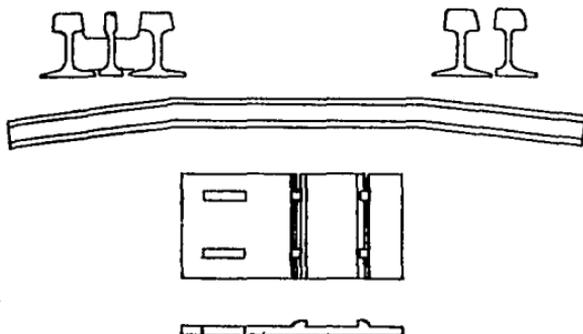


Contra-Rieles.- Cuando las cejas de las ruedas pasan sobre los canales de - los safos, éstas necesitan ser guiadas; esto se logra mediante el empleo de los contra-rieles que se colocan frente al safo y sujetos a los rieles de la vía principal y del ladero o vía secundaria, como se indica en las figuras - siguientes.



Los contra-rieles se hacen con rieles del mismo calibre de la vía en que van a ser colocados y pueden ser de 2 tipos: El primero corresponde a rieles doblados en sus extremos y el segundo a rieles rectos cuyos extremos están debastados en su hongo; en ambos casos, entre el contra-riel y el riel de la vía principal o secundaria se colocan unos separadores o bloques atornillados que permiten la separación correcta entre riel y contra-riel para el paso de las cejas de las ruedas.

Se utilizan para la colocación de los contra-rieles, placas de asiento especiales como la que se muestra a continuación, y la longitud de los contra-rieles puede ser de 2.514 metros (8'-3") y de 3.352 metros (11') tanto para vía ancha como para vía angosta.



Juego de Madera.

Su función principal es la de conservar el escantillón y mantener alineado el juego de herrajes de cambio y, soportar el peso de los trenes a su paso sobre ellos; los juegos de madera son aserrados, para cumplir perfectamente con la condición de proporcionar una superficie uniforme para el apoyo de las partes del herraje como son: Las agujas, (contra-rieles, sapo, etc.

Estos para su clasificación se encuentran numerados y van de acuerdo con las

dimensiones del sapo que se va a utilizar, el cual a su vez se identifica _
por un número y así tenemos para vía ancha los juegos de madera No. 7 com--
puesto por 45 pzas., No. 8 de 53 Pzas., No. 9 de 59 Pzas. y el No. 10 de 62
Pzas., cuyas medidas varían en su sección o escuadría de 18x23 centímetros_
(7"x9") a 18x25 centímetros (7"x10") y en su longitud, de 2.58 metros - -
(8'-6") a 4,87 metros (16'), como se muestra en las siguientes tablas para
los dos tipos de vía (ancha y angosta).

| TABLA DE DURMIENTES DE CAMBIO EN VIA ANGOSTA | | | |
|--|-----------------|---------|---------|
| DURMIENTES DE CAMBIO | | | |
| Dimensiones | Número del sapo | | |
| | 7 | 8 | 9 |
| 7" x 8" x 6'06" | 2 | 2 | 2 |
| 7" x 8" x 7'00" | 6 | 5 | 5 |
| 7" x 8" x 7'06" | 6 | 7 | 7 |
| 7" x 8" x 8'00" | 3 | 3 | 4 |
| 7" x 8" x 8'06" | 2 | 4 | 4 |
| 7" x 8" x 9'00" | 2 | - | - |
| 7" x 10" x 9'00" | - | 3 | 3 |
| 7" x 10" x 9'06" | 2 | 3 | 3 |
| 7" x 10" x 10'00" | 2 | 2 | 2 |
| 7" x 8" x 10'06" | - | 2 | - |
| 7" x 10" x 10'06" | 2 | - | 2 |
| 7" x 8" x 11'00" | - | 2 | 4 |
| 7" x 10" x 11'00" | 2 | - | - |
| 7" x 8" x 11'06" | 2 | 2 | 2 |
| 7" x 8" x 12'00" | 2 | 2 | 2 |
| 7" x 8" x 12'06" | 3 | 1 | 1 |
| 7" x 8" x 13'00" | - | 2 | - |
| 7" x 9" x 13'00" | 2 | 2 | 2 |
| Cantidad de pros. | 38 | 42 | 43 |
| Pies - tablón | 17517 | 1916.25 | 1959.42 |

| TABLA DE DURMIENTES DE CAMBIO EN VIA ANCHA | | | | | |
|--|----------------|---------|---------|---------|---------|
| DURMIENTES DE CAMBIO | | | | | |
| Dimensiones | Número de sapo | | | | |
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 7" x 9" x 8'06" | 7 | 7 | 9 | 9 | 10 |
| 7" x 9" x 9'00" | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 |
| 7" x 9" x 9'06" | 4 | 4 | 6 | 6 | 5 |
| 7" x 9" x 10'00" | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| 7" x 9" x 10'06" | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 |
| 7" x 9" x 11'00" | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 7" x 9" x 11'06" | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 7" x 9" x 12'00" | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| 7" x 9" x 12'06" | 2 | 2 | - | - | - |
| 7" x 10" x 12'06" | = | - | 2 | 2 | 2 |
| 7" x 10" x 13'00" | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| 7" x 10" x 13'06" | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 7" x 10" x 14'00" | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 7" x 10" x 14'06" | - | 2 | - | - | - |
| 7" x 9" x 14'06" | 2 | - | 2 | 3 | 2 |
| 7" x 9" x 15'00" | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| 7" x 9" x 15'06" | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 7" x 9" x 16'00" | 1 | 1 | 3 | 3 | 4 |
| Cantidad de pros. | 45 | 45 | 53 | 59 | 62 |
| Pies - tablón | 2751 | 2767.92 | 3251.21 | 3686.67 | 3873.63 |

C A P I T U L O VI

ALINEAMIENTO Y NIVELACION

- ALINEAMIENTO Y NIVELACION -

Para que la circulación de los trenes sobre una vía férrea sea suave y uniforme, ésta última deberá estar perfectamente alineada y nivelada, con lo cual se evitan los movimientos exagerados de los carros y que en algunas ocasiones resultan peligrosos.

Los principales movimientos que se producen en un tren se conocen como: Cabeceo, serpenteo y balanceo; los cuales a su vez se deben a defectos de alineamiento y nivelación que presenta la vía férrea, éstas imperfecciones deben ser corregidas con prontitud para evitar que ocasionen fallas en el sistema, que pueden ir desde el deterioro del equipo rodante hasta un descarrilamiento en la zona.

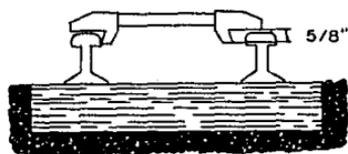
Se conoce como cabeceo al movimiento que se produce en los carros, de arriba hacia abajo, al pasar sobre un desnivel o golpe que se localiza en ambos rieles y que corresponde al mismo durmiente ó durmientes; ahora que si el golpe ó golpes están cuatraperados el cabeceo del carro será alternado, lo que provoca que el escantillón de la vía se abra, a este tipo de fallas se les conocen como golpes de nivel.

Por otra parte, si la vía férrea se encuentra nivelada pero sin alineamiento, al pasar los carros sobre ella se moverán lateralmente, lo que provocará que el sistema de sujeción riel-durmiente se afloje y proceda a abrirse el escantillón, a este tipo de fallas se les conocen como golpes de línea.

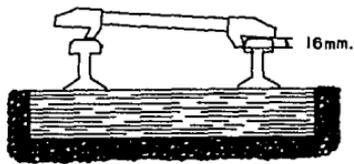
Para lograr que una vía férrea se mantenga en buenas condiciones para el tráfico de los trenes, es necesario que deba cumplir con tres requisitos, los cuales son: Alineamiento, nivelación y escantillón en óptimas condiciones.

ESCANTILLON DE VIA.

Antes de que una vía sea alineada ó nivelada, se debe de verificar el escantillón; es decir, que mediante el escantillón de vía se comprueba si los rieles están a la separación reglamentaria o si la vía está abierta ó cerrada, lo cual se hace a una profundidad de 16 mm. (5/8") abajo de la superficie de rodamiento, como lo muestra la figura.



ESCANTILLON ABIERTO



ESCANTILLON CERRADO

Es necesario conservar uniforme el escantillón de la vía, por lo que en el caso de la vía ancha éste deberá medir 1.435 metros (4'-8 1/2") y en el de vía angosta deberá ser de 0.914 metros (3'); por otra parte, en el caso particular de las curvas, cuando éstas sean de 4° ó menores, se conservará el escantillón citado; ahora bien, para curvas mayores de 4°, el escantillón se deberá ensanchar en 2.5 mm. por cada grado o parte de grado hasta llegar a tener una vía cuya separación entre rieles mida 1.454 metros (4'-9 1/4") como máximo para vía ancha; en el caso de la vía angosta el máximo permitido será de 0.933 metros (3'-3/4").

Con respecto a la forma de medir y comprobar el escantillón de una vía, se debe colocar el escantillón a escuadra con los rieles, teniendo cuidado de que los "espolones" de las barras hagan contacto con los mismos; se debe tener en cuenta que este contacto no debe ser ni forzado ni holgado, además - de que el escantillón no apoye, cuando se realice la medición, con los accesorios de vía.

Cuando se realiza la comprobación del escantillón en una vía en operación, éste debe hacerse por lo menos en los cuartos y centros de cada riel; así mismo, cuando se trata de vía nueva o cambios de riel, el escantillón debe medirse cada tercer durmiente.

Son varias las causas por las que una vía puede presentar variaciones en su escantillón, entre las cuales podemos mencionar: El desgaste de la cara interior del hongo del riel en las curvas principalmente, el empuje lateral de las ruedas de los carros a causa de los golpes de línea o de nivel, los cuales se provocan por causas detalladas anteriormente.

BALASTADO DE VIA.

Antes de proceder al alineamiento y nivelación de la vía, ésta deberá estar provista de balasto en cantidad suficiente, de acuerdo al proyecto del nivel de la rasante.

Es conveniente acordar que el balasto tiene por objeto permitir que el agua de lluvia se filtre, llegue a la corona del terraplén y por medio del bombeo que presenta ésta, escurra hasta los taludes; por otra parte, mantiene fijos a los durmientes proporcionándoles un apoyo adecuado, por lo que la vía se conservará alineada y nivelada.

Una vez que se tiene armada la vía y montados todos y cada uno de los elementos que la conforman, se procede a realizar los trabajos de balastado, alineación y nivelación de la vía, de acuerdo con las siguientes indicaciones del proceso.

Se trata de dar a la vía en planta en perfil su posición exacta, de acuerdo con las estructuras fijas (puentes, alcantarillas, cruces, etc.) y con una precisión de milímetros; lo que permitirá el paso de los trenes a la velocidad máxima de proyecto del camino.

ler. TIRO DE BALASTO.

Concluidos los trabajos de armado de vía, no es recomendable dejar pasar tiempo sin que se le provista del balasto necesario al camino, ya que en estas condiciones la velocidad máxima permisible para la circulación de los trenes será de 30 km/hora; además de que la funcionalidad de las terracerías bajará considerablemente si se emplea el camino sin balastar.

El ler. tiro de balasto se lleva a cabo por medio de góndolas o tolvas, donde las primeras pueden estar provistas de puertas laterales, en cuyo caso se procura formar un camellón uniforme a un lado del camino, que inmediatamente después se colocará en la vía con ayuda de bieldos; asimismo, si la descarga se efectúa por medio de tolvas, el balasto caerá dentro de la vía, controlándose la descarga por medio de cables o volantes que controlan las compuertas, en cualquiera de éstos dos casos se debe realizar un enrase de la superficie, lo cual se consigue con ayuda de un durmiente sobre los rieles y pegado a las ruedas del truck posterior de la tolva o góndola de acuerdo al movimiento del tren; con respecto a la cantidad de material por depositar, éste varía entre 0.8-1.0 m³/m por metro de vía y la velocidad del tren al descargar el balasto varía entre 8 y 10 Km/hora.

1er. NIVELACION (LEVANTE)

Con ayuda de una máquina dotada de bates vibrantes que se introducen en la capa de balasto, se lleva la vía al nivel requerido y compacta el balasto bajo los durmientes para dotarles de un asiento estable y una posición exacta.

En esta primera nivelación de la vía se introducen aproximadamente 20 cm. de balasto bajo los durmientes, con lo cual la velocidad de operación de los trenes aumenta a 60 Km/hora, sin poder lograr aún alcanzar las velocidades máximas de diseño, debido a que la sección de balasto aún no es la que marca el proyecto.

2º TIRO DE BALASTO.

El segundo tiro de balasto únicamente difiere con el primero en que en esta etapa se debe dosificar la cantidad de balasto que se va a depositar sobre la vía con mayor precisión, dado que los volúmenes de tiro representarán los complementos necesarios para proporcionar la cantidad especificada por metro lineal de vía en el proyecto, tomando en cuenta que los sobre volúmenes o déficits de material de balasto, traen consigo movimientos adicionales tanto de personal como de equipo.

2a. NIVELACION (LEVANTE)

Es en esta nivelación donde la vía debe quedar correctamente a la elevación de proyecto y con la cantidad de material de balasto bajo los durmientes que nos marca el mismo. Al realizar la 2a. nivelación (levante) es indispensable contar con la alineadora de vía, en la actualidad se utilizan máquinas que realizan las dos funciones, de nivelar y alinear, a la par. Para facilitar al operador de la maquinaria de vía los trabajos, se colocan estacas o testi

gos de nivel a cada 50 metros, con lo que se identifica físicamente en el frente las elevaciones definitivas del hongo del riel para las secciones correspondientes.

3a. NIVELACION Y AFINE.

Esta etapa es la última, y su objeto es verificar y corregir si es necesario las imperfecciones de nivelación y alineamiento del camino, actualmente se lleva a cabo por medio de máquinas modernas que cuentan con bates desplazables a voluntad del operador, que los orienta, separa o incluso anula, en cada durmiente a tratar; asimismo, cuentan con una alineadora, que es una máquina automática que mide los defectos de trazado de la vía y los corrige, colocando a la vía en su posición exacta en planta.

COMPACTADO Y PERFILADO.

Una vez que se logra el trazo definitivo de la vía, el cual se consigue por medio de sucesivas nivelaciones y alineaciones, se procede a compactar el balasto con máquinas pesadas especiales, que apisonan tanto los cajones entre durmientes como la parte del talud del balasto; por otra parte, conforman y perfilan el balasto que está irregularmente repartido y así proporcionarle al camino la configuración definitiva.

SOBRELEVACION DE CURVAS

En las curvas donde debe tenerse mayor cuidado y ejecutar los trabajos de alineamiento y nivelación con mayor precisión o exactitud que en la vía en tangente, con objeto de que los trenes al circular por ellas se hagan con la mayor seguridad y confort posible.

Debido a que en las curvas donde se presentan las fuerzas centrífugas y centripetas, se hace necesario dotar al riel exterior de una sobrelevación con el fin de compensar los esfuerzos, logrando por medio de esto la estabilidad de los trenes y brindar una mayor seguridad en el tránsito de los mismos. Esta sobrelevación del riel exterior está en función del grado de curvatura y de la velocidad que deben conservar los trenes al circular sobre la curva, como lo muestra la siguiente tabla.

| Grado de la curva para cuerdas de 20 metros | En patios y conexiones | | En ruta o vía libre | |
|---|------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| | Sobrelevacion MM | velocidad KM/HORA | Sobrelevación MM | Velocidad KM/HORA |
| 0° 30' | - | - | 59.0 | 105 |
| 1° 00' | - | - | 109.0 | 105 |
| 2° 00' | 18.0 | 30 | 178.0 | 95 |
| 3° 00' | 27.0 | 30 | - | - |
| 4° 00' | 35.0 | 30 | - | - |

Con respecto a los tipos de curvas que se nos presentan en el camino podemos destacar las siguientes:

Curva suave.- Son aquellas en que su grado de curvatura varía de uno a cua-

tro.

Curva forzada.- Son aquellas en que su grado de curvatura es mayor de cuatro.

Curva simple.- Son aquellas que están formadas por un solo radio en toda su longitud.

Curva espiral.- Son aquellas que están formadas por diferentes longitudes de radio y que además unen a una tangente con una curva simple.

Curva reversa.- Son aquellas que están formadas por dos curvas simples pero con sentido contrario.

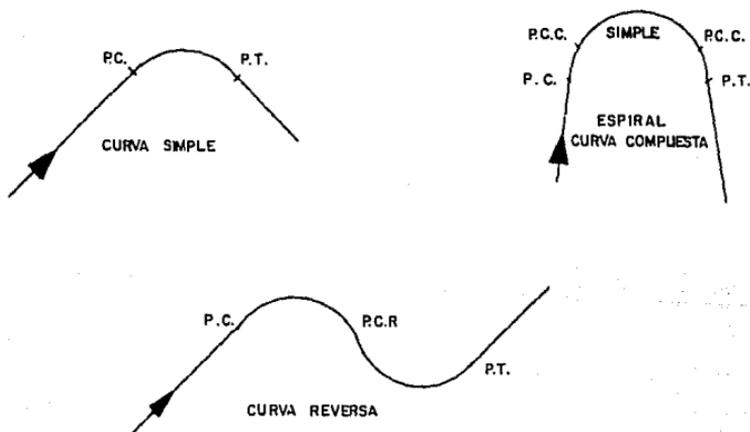
Además es importante conocer algunos puntos contenidos en las curvas para poder realizar correctamente los trabajos de sobrelevación de las mismas, - entre éstos podemos citar los siguientes:

P.C. - Principio de la curva

P.T. - Principio de la tangencia

P.C.C. - Principio de curva compuesta

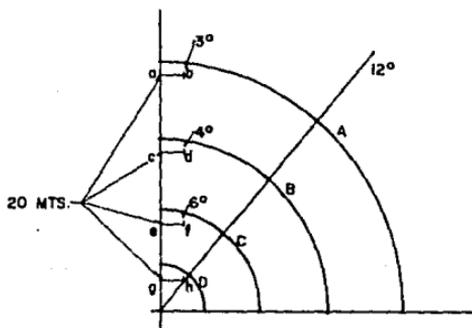
P.C.R. - Principio de curva reversa



Independientemente de cual sea el tipo de curva a éstas se les conoce por su grado de curvatura, y para verificar su alineamiento se utiliza el método de cuerdas y flechas; asimismo, para revisar los niveles de vía, remates y sobrelevaciones se utiliza un nivel montado; en la actualidad con la ayuda de las modernas máquinas alineadoras, calzadoras y reguladoras, se facilitan éstos trabajos; pese a esto aún se utiliza el método de cuerdas y flechas para realizar alineaciones en las curvas, el cual detallamos brevemente a continuación.

METODO DE CUERDAS Y FLECHAS.

El grado de una curva queda determinado por el No. de grados comprendidos en el arco de circunferencia limitado por una cuerda de 20 metros de longitud; en la figura observamos cuatro curvas de diferente radio y marcadas con las letras "A", "B", "C" y "D", siendo que para la curva "A" el arco de la circunferencia "a-b" limitado por la cuerda de 20 metros sólo comprende 3 grados, siendo éste el grado de curvatura, asimismo para las curvas "B", "C" y "D" es de 4, 6 y 12° como lo muestra la figura.



MEDIDAS DE 20 METROS EN CUATRO CURVAS DIFERENTES.

En el campo las curvas no pueden ser trazadas desde su centro, midiendo el radio con ayuda de un cordel y una estaca; ya que se tienen radios de 80 y 90 metros de longitud hasta de 1145.93 metros, que corresponde ésta última a una curva de 1 grado.

Es por esto que se utiliza el método de cuerdas y flechas, en el cual se emplean cuerdas de 20 metros y mediciones de las flechas al centro de la cuerda al arco, utilizando también la ayuda de un tránsito o teodolito.

En una vía ya armada el alineamiento de las curvas se hace tomando como "riel de línea" al riel exterior de la curva, es decir, éste servirá de base para corregir el desalineamiento o codos que se hayan formado en la misma; por otra parte, para saber si una curva se encuentra o no alineada, deben efectuarse algunas medidas sobre la misma, usando para esto una cuerda y una regla que nos determinarán los puntos en los que la curva tiene codos y por consiguiente se encuentra desalineada.

La regla 604 del reglamento de conservación de vías y estructuras nos indica la manera de determinar el grado de una curva; nos dice que debemos emplear una cuerda de 9.58 metros, la cual debe presentar una marca o nudo en su parte central, y que colocándose en la parte interior del riel exterior de la curva a toda su extensión, siendo el grado de la curva la distancia en centímetros que presenta el nudo central y el hongo del riel, como se muestra en el ejemplo:

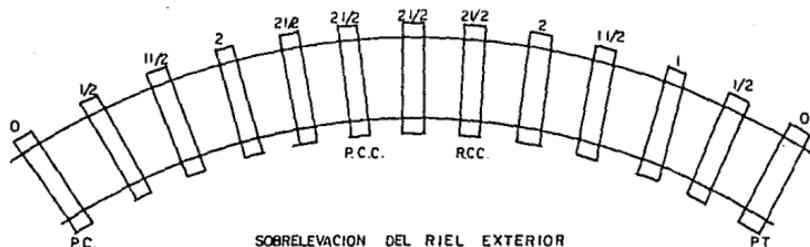


La curva se encontrará desalineada si al efectuar varias mediciones éstas -
 presentan variaciones, o puede darse el caso de que se conozca el grado de
 la curva y éste no corresponda a las mediciones realizadas, por lo que se -
 deduce que la curva está desalineada.

En cualquiera de los casos, una vez que se localizan algunos puntos dentro -
 de la curva y se sabe la medición de las flechas en dichos puntos, se proce -
 de a corregir los codos hasta que efectuando nuevas lecturas todas sean --
 iguales y concuerden con el grado de curvatura del camino que marca el dise -
 ño.

En las curvas espirales el grado de curvatura disminuye o aumenta en forma -
 uniforme hasta lograr en el P.C.C. el grado de la curva simple, es decir la
 flecha de la cuerda al hongo del riel disminuirá o aumentará en proporción -
 directa a la longitud de la curva, hasta lograr tener nulo su grado de curva
 tura en el P.T. e igual al de la curva simple en ambos P.C.C.

Por otra parte, cuando se construye una vía o el alineador rectifica el ali -
 neamiento de las curvas de un distrito, en el riel exterior de las mismas -
 se marca la sobrelevación que debe darse a éste riel a partir del P.C. al -
 P.C.C., o sea en la espiral de entrada y entre el primer P.C.C. y el segun -
 do P.C.C. (curva simple); y por último entre el segundo P.C.C. y el P.T. o
 sea la espiral de salida.



En la figura se muestra una curva en la cual están marcados el P.C., los P.C.C. y el P.T., así como la sobreelevación correspondiente, la cual va aumentando hasta el P.C.C., siendo éste aumento de 1/2 en 1/2 pulgada hasta llegar a 2 1/2 pulgada que corresponde al P.C.C., la cual se conserva en toda la longitud de la curva circular o sea entre los dos P.C.C. y después a partir del segundo P.C.C. hasta el P.T. disminuye la sobreelevación de 1/2 en 1/2 pulgada hasta el P.T. en donde queda a nivel con la tangente; el riel interior de la curva no tendrá sobreelevación y permanece a nivel ó con la pendiente del tramo si es que éste se encuentra en terreno montañoso ó lomerío.

Se establece que en vía ancha no se debe presentar una sobreelevación mayor de 15 cm (6") y para vía angosta de 7.6 cm. (3").

ALINEAMIENTO Y SOBRE-ELEVACION EN CURVAS
TABLA "A"
SOBRE-ELEVACION DEL RIEL EXTERIOR EN CENTIMETROS - VIA ANCHA

| Grado de curva | VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| 0°00' | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.3 | 1.5 | 1.8 | 2.1 | 2.5 | 2.9 | 3.3 | 3.7 | 4.1 | 5.1 | 6.1 | 7.3 | 8.6 | 10.0 |
| 1°00' | 0.4 | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.6 | 2.1 | 2.5 | 3.1 | 3.7 | 4.3 | 5.0 | 5.7 | 6.5 | 7.3 | 8.2 | 10.2 | 12.3 | 14.6 | 15.0 | 15.0 |
| 1°30' | 0.6 | 1.0 | 1.4 | 1.9 | 2.4 | 3.1 | 3.8 | 4.6 | 5.5 | 6.4 | 7.5 | 8.6 | 9.8 | 11.0 | 12.5 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 2°00' | 0.8 | 1.3 | 1.8 | 2.5 | 3.3 | 4.1 | 5.1 | 6.1 | 7.3 | 8.6 | 10.0 | 11.4 | 13.0 | 14.7 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 2°30' | 1.0 | 1.6 | 2.3 | 3.1 | 4.1 | 5.1 | 6.4 | 7.7 | 9.1 | 10.7 | 12.4 | 14.3 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 3°00' | 1.2 | 1.9 | 2.7 | 3.7 | 4.9 | 6.2 | 7.6 | 9.2 | 11.0 | 12.9 | 14.9 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 4°00' | 1.6 | 2.5 | 3.7 | 5.0 | 6.5 | 8.2 | 10.2 | 12.3 | 14.6 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 5°00' | 2.0 | 3.2 | 4.6 | 6.2 | 8.1 | 10.3 | 12.7 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 6°00' | 2.4 | 3.8 | 5.5 | 7.5 | 9.9 | 12.5 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 7°00' | 2.8 | 4.4 | 6.4 | 8.7 | 11.4 | 14.4 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 8°00' | 3.3 | 5.1 | 7.3 | 10.0 | 13.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 9°00' | 3.7 | 5.7 | 8.2 | 11.2 | 14.6 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 10°00' | 4.1 | 6.4 | 9.1 | 12.4 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 11°00' | 4.5 | 7.0 | 10.1 | 13.7 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 12°00' | 4.9 | 7.6 | 11.0 | 14.9 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 13°00' | 5.3 | 8.3 | 11.9 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 14°00' | 5.7 | 8.9 | 12.8 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| 15°00' | 6.1 | 9.5 | 13.7 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |

Fórmula: $e = 0.001016 V^2/G$

e = Sobre-elevación en centímetros.

V = Velocidad en kilómetros por hora.

G = Grado de la curva para cuerdas de 20 m.

Calculó: Ing. A. de Leparreira.
Revisó: Ing. Carlos Zamarrón.
Fecha: México, D. F., Mayo, 1966.

Nota: Sobre-elevación máxima 15 cm.
Aproximaciones a décimos de centímetro.

ALINEAMIENTO Y SOBRE-ELEVACION DE CURVAS

ALINEAMIENTO Y SOBRE-ELEVACION EN CURVAS
TABLA "C"
SOBRE-ELEVACION DEL RIEL EXTERIOR EN CENTIMETROS -- VIA ANGOSTA

| Grado de curva | VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 100 | 110 | 120 |
| 0'30" | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.1 | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.3 | 2.6 | 3.2 | 3.8 | 4.6 | |
| 1'00" | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.3 | 2.7 | 3.1 | 3.6 | 4.1 | 4.6 | 5.1 | 6.4 | 7.6 | 7.6 |
| 1'30" | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.5 | 1.9 | 2.4 | 2.9 | 3.4 | 4.0 | 4.7 | 5.4 | 6.1 | 6.9 | 7.6 | 7.6 | | |
| 2'00" | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 1.1 | 1.6 | 2.0 | 2.6 | 3.1 | 3.8 | 4.6 | 5.4 | 6.2 | 7.1 | 7.6 | 7.6 | | | | |
| 2'30" | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 1.0 | 1.4 | 1.9 | 2.5 | 3.2 | 4.0 | 4.8 | 5.7 | 6.7 | 7.6 | 7.6 | | | | | | |
| 3'00" | 0.2 | 0.4 | 0.8 | 1.2 | 1.7 | 2.3 | 3.0 | 3.9 | 4.8 | 5.8 | 6.9 | 7.6 | | | | | | | | |
| 4'00" | 0.3 | 0.6 | 1.0 | 1.6 | 2.3 | 3.1 | 4.1 | 5.1 | 6.4 | 7.6 | | | | | | | | | | |
| 5'00" | 0.3 | 0.7 | 1.3 | 2.0 | 2.9 | 3.9 | 5.1 | 6.4 | 7.6 | | | | | | | | | | | |
| 6'00" | 0.4 | 0.9 | 1.5 | 2.4 | 3.4 | 4.7 | 6.1 | 7.6 | | | | | | | | | | | | |
| 7'00" | 0.4 | 1.0 | 1.8 | 2.8 | 4.0 | 5.4 | 7.1 | | | | | | | | | | | | | |
| 8'00" | 0.5 | 1.1 | 2.0 | 3.2 | 4.6 | 6.2 | 7.6 | | | | | | | | | | | | | |
| 9'00" | 0.6 | 1.3 | 2.3 | 3.6 | 5.1 | 7.0 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10'00" | 0.6 | 1.4 | 2.5 | 4.0 | 5.7 | 7.6 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11'00" | 0.7 | 1.6 | 2.8 | 4.4 | 6.3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12'00" | 0.8 | 1.7 | 3.0 | 4.8 | 6.9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13'00" | 0.8 | 1.9 | 3.3 | 5.2 | 7.4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14'00" | 0.9 | 2.0 | 3.6 | 5.6 | 7.6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15'00" | 1.0 | 2.1 | 3.8 | 6.0 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fórmula: $c = 0.000635 V^2$

c = Sobre-elevación en centímetros.

V = Velocidad en kilómetros por hora.

G = Grado de la curva para cuerdas de 20 m.

Calculó: Ing. A. de Legarreta.
 Revisó: Ing. Carlos Zamarrón.
 Fecha: México, D. F., Mayo, 1966.

Nota: Sobre-elevación máxima 7.6 centímetros.
 Aproximación a décimos de centímetros.

ALINEAMIENTO Y SOBRE-ELEVACION DE CURVAS

C A P I T U L O V I I.

S E Ñ A L A M I E N T O

SEÑALAMIENTO

Uno de los inconvenientes del ferrocarril es que los trenes están obligados a circular sobre la misma vía. En vía única, los trenes transitan sobre la misma vía, por lo que es necesario tomar disposiciones para evitar que se alcancen y que choquen con trenes que vengan en el otro sentido; éstas disposiciones son cada vez más necesarias, debido a que las velocidades aumentan.

Además para pasar de una vía a otra, los trenes deben hacerlo por medio de cortavías o de cambios y podrá darse el caso de que varios trenes se encontrarán en ese punto.

El mismo caso tenemos en cruceros, es decir que en términos generales el fin principal de la señalización es:

- Parar un tren a tiempo, antes de que alcance al que le precede o choque con otro que venga en sentido opuesto, evitar que cruce una zona de cambios y cruceros antes de que las agujas hayan sido acomodadas para su paso, o debido a causas extraordinarias tales como: trabajos en vía, deslaves, desperfectos en vía, etc.

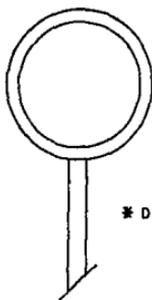
Las estadísticas de accidentes revelan que, dentro de los diferentes sistemas de transportes, el ferrocarril es muy superior en lo que respecta a seguridad. Este resultado ha sido obtenido observando disposiciones especialmente estudiadas con el objeto de satisfacer las exigencias permanentes de la explotación. Es importante en efecto, el asociar a este alto coeficiente de seguridad el máximo de facilidades en la circulación de trenes, a cada instante y en cada punto del recorrido, es decir, en plena vía, en estaciones, bifurcaciones y pasos a nivel.

EVOLUCION DE LAS INSTALACIONES

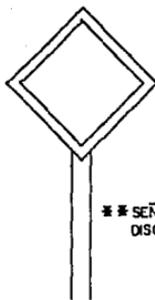
En el origen del ferrocarril en el año de 1830, la velocidad de los trenes era muy reducida y el número de maniobras pequeño. Los cambios eran escasos y su maniobra se hacía a mano y en el lugar. La de los convoyes se hacía durante el día por medio de banderas y por la noche por medio de linternas.

Desde el momento en que la velocidad de los trenes aumentó (alrededor de 1840) apareció la necesidad de crear señales fijas para permitir a los maquinistas parar su tren con seguridad. Así el disco rojo aparece como la primera señal fija.

Alrededor de 1845 se presenta el problema de disminución de velocidad (Proceder con precaución), y se resuelve con la ayuda de otra señal análoga al disco rojo.



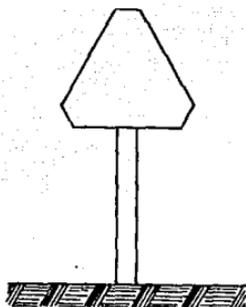
* DISCO ROJO



** SEÑAL ANALOGA AL DISCO ROJO

El desarrollo de las líneas secundarias a partir de 1850 crea el problema de la convergencia de trenes en los puntos de bifurcación. Las agujas siguen maniobrándose en el lugar y la señal de parada como la advertencia a

distancia (precaución) hacen su aparición.



El espaciamiento de trenes por tiempo, comienza a ser aplicado de tal manera que cuando una estación acaba de dar salida a un tren, no deberá dejar pasar otro sino hasta después de cierto tiempo fijado en el reglamento. (Este sistema es el que se sigue actualmente en los N. de M., excepto en los tramos controlados por el CTC).

Pronto los diferentes controles son agrupados en un mismo lugar y las agujas y las señales son maniobradas a distancia por medio de transmisiones mecánicas. Son creados lugares de concentración de los mandos, desde donde los jefes de estación maniobran las agujas libremente, observando reglas de seguridad.

En 1867, para hacer frente a la densidad del tráfico sobre las vías troncales, el espaciamiento de trenes por tiempo comienza a ser substituído por el espaciamiento por distancia, manteniendo detrás de un tren no un intervalo de tiempo sino una cierta distancia.

En 1870, para prevenir deficiencias humanas, siempre posibles, debidas al gran número, se registran las más importantes en las máquinas, provocando eléctricamente una señal acústica en la cabina del maquinista.

Para 1875 la teoría esencial de señalización se encuentra ya precisada y a partir de este año las instalaciones de seguridad han sido mejoradas sencillamente debido a los progresos de la técnica industrial (Precisión de sistemas eléctricos).

SISTEMA C. T. C.

La primera instalación CTC (Control de Tráfico Centralizado) fué puesta en servicio el 25 de julio de 1927 en un tramo de 64 Km. del New York Central System. (SISTEMA CTC).

La sección de señales de la A.A.R. (Asociación Americana de Ferrocarriles), define al sistema CTC como:

Término aplicado a un sistema de operación de ferrocarriles por medio del cual el movimiento de trenes sobre rutas en una determinada sección de vía o vías, es directamente controlado sin el uso de órdenes ni superioridades de tren.

El CTC está basado en el circuito de vía que es un circuito eléctrico en que los rieles de una o varias vías se emplean como conductores. Fue inventado en el año de 1872 por el Doctor William Robinson basado en la ley Física que dice que la electricidad siempre toma el camino de la menor resistencia eléctrica.

Las vías se subdividen en un determinado número de circuitos eléctricos, dependiendo su número y longitud, de la velocidad a que pasen los trenes así como del calibre del riel, el grado de curvatura, el grado de pendiente, vi

sibilidad de las tangentes, etc.

Los rieles de la vía se emplean como conductores eléctricos. En uno de sus extremos se intercala una pila eléctrica y en el otro un relé (relay) que está recibiendo la corriente que le suministra la pila eléctrica ó batería a través de los rieles que son los conductores, pero al pasar un tren, cada par de ruedas y su eje forman un puente metálico que une un riel con otro, ya que es un camino más fácil que recorrer para la corriente eléctrica que es el devanado de las bobinas del relé.

El relé al estar alimentado por la corriente opera ciertos circuitos y al carecer de alimentación, como sucede al pasar un tren, establece otro circuito lo que hace aparecer las señales respectivas sin posibilidad de errores, basta un riel roto para cortar el circuito y hacer aparecer la señal de "vía ocupada".

El despachador de trenes, por su parte, tiene un tablero de mando así como un tablero esquemático luminoso de las vías, conexiones entre las mismas, posición de las señales, etc., de tal manera que siempre está en condiciones de localizar a los trenes en su posición exacta. Tiene además a la vista, las señales que se están exhibiendo en cualquier punto del territorio bajo su control así como la posición de los cambios.

Existe de hecho, una constante comunicación entre el Despachador de trenes y las señales, cambios, trenes en camino, etc., basada en la transmisión de impulsos eléctricos, de tal manera que al transmitir el Despachador cierta clave para exhibir una señal roja en un punto determinado, los circuitos de dicha señal le transmitirán a su vez determinada clave de cumplido. Lo mismo acontece en la operación de los cambios y la ocupación de la vía por los

distintos trenes, todos se manifiestan en el tablero luminoso dando su verdadera posición.

Los trenes, además de registrarse en el tablero, por medio de puntos luminosos en los distintos tramos de la vía, registran su paso por todas las estaciones y conexiones importantes, anotando la hora exacta y en caso de hacer parada la duración de la misma, lo cual es de gran ayuda al Despachador.

En el sistema CTC todo se reduce a electroimanes y conexiones eléctricas, no existen mecanismos de relojería y en el caso de que varios trenes a la vez, manden sus claves al mismo tiempo que el Despachador éstos se concentrarán en relés llamados de almacenamiento encargados de retener cierta clave mientras se efectúa la transmisión de otra u otras preferentes para transmitirse después de la clave o claves que se habían retenido, la cual se lleva a cabo en unos cuantos segundos.

TERMINOS Y TIPOS DE SEÑALES CTC.

Definamos ahora algunos términos y tipos de señales empleados en el sistema CTC:

TRAMO.- Longitud de vía con límites definidos y cuyo uso es gobernado por señales de tramo.

SISTEMA DE TRAMOS.- Serie de tramos consecutivos.

SISTEMA AUTOMATICO DE TRAMOS.- Serie de tramos consecutivos gobernados por señales de tramo, los cuales son operados por un tren o máquina o por cualquiera otra condición que afecte el uso del tramo.

SEÑAL FIJA.- Señal de colocación fija indicando una condición que se afecte el movimiento de un tren o máquina.

SEÑAL DE TRAMO PERMISIVA.- Señal de un fanal, de colocación fija a la entrada de un tramo lo cual sirve para gobernar los trenes que lo invaden.

SEÑAL ABSOLUTA.- Señal de colocación fija que se usa en conexión con una ó más señales, para gobernar la entrada a un lugar determinado.

SEÑAL ENANA (ABSOLUTA).- Una señal fija que se encuentra colocada en un pequeño pedestal y que sirve para gobernar el movimiento de los trenes ó máquinas para salir del escape (ó una vía auxiliar) a la vía principal.

VELOCIDAD RESTRINGIDA.- Aquella velocidad que permita detenerse a una corta distancia de otro tren. De una obstrucción o de un cambio que no esté propiamente alineado a ir pendiente de encontrar un riel dañado.

VELOCIDAD DE PATIO.- Velocidad que permite detenerse antes de la mitad de la distancia que se tenga a la vista, entre los límites de patio.

Veamos ahora las indicaciones de las señales y su significado:

SEÑAL TIPO ABSOLUTA DE DOS UNIDADES

INDICACION

SIGNIFICADO

| | |
|------------------|---|
| Verde sobre rojo | Proceder |
| Ambar sobre rojo | Proceder, preparado para detenerse en la próxima señal. |
| Rojo sobre Ambar | Al escape ó vía divergente. |
| Rojo sobre rojo | Parada Absoluta. |

SEÑAL TIPO ABSOLUTA (ENANA) DE UNA UNIDAD

INDICACION

SIGNIFICADO

| | |
|-------|----------|
| Verde | Proceder |
|-------|----------|

INDICACIONSIGNIFICADO

| | |
|-------|---|
| Ambar | Proceder, preparado para detenerse en la próxima señal. |
| Rojos | Parada absoluta. |

SEÑAL TIPO PERMISIVA DE UNA UNIDAD (INTERMEDIA)INDICACIONSIGNIFICADO

| | |
|-------|---|
| Verde | Proceder |
| Ambar | Proceder, preparado para detenerse en la próxima señal. |
| Rojos | Parada, y proceder a la velocidad restringida. |

Una señal imperfectamente exhibida o apagada, se considera como si ésta mostrara su indicación más restrictiva.

Deben de tomarse ciertas precauciones en vías electrificadas, algunas de las cuales señalamos a continuación:

No deben de transitar sobre las vías controladas, los auto-armones, carretillas, armones, velocípedos, etc., que no estén aislados eléctricamente.

No deberá operarse a mano, ningún cambio que conecte con las vías señalizadas sin obtener la autorización del Despachador.

Para el mejor éxito y conservación del sistema de señales CTC debe emplearse balasto de alta potencia dieléctrica (mal conductor) cuidando que éste no toque el riel ni sus accesorios, a 1" abajo del riel.

SEÑALES



TIPO ABSOLUTA



TIPO PERMISIVA



TIPO ABSOLUTA
(ENANA)

INDICACION - PROCEDER
NOMBRE - VIA LIBRE



TIPO ABSOLUTA



TIPO PERMISIVA

INDICACION: - PROCEDER PRE-
PARADO PARA DETENERSE EN LA
PROXIMA SEÑAL.

NOMBRE: - APROXIMACION.



TIPO ABSOLUTA

INDICACION: - AL ESCAPE
O VIA DIVERGENTE.
NOMBRE: - PRECAUCION



TIPO PERMISIVA

INDICACION: -PARADA Y
PROCEDER A VELOCIDAD
REDUCIDA.
NOMBRE: -PARADA Y -
PROCEDER A VELOCIDAD
REDUCIDA.



TIPO PERMISIVA CONDICIONAL
INDICACION: - PARADA Y PRO-
CEDER A VELOCIDAD REDUCIDA.
NOMBRE: -PARADA Y PROCE-
DER A VELOCIDAD REDUCIDA.
NOTA: - LOS TRENES QUE MA-
NEJEN MAS DEL 75% DE SU TO-
NELAJE PASARAN ESTA SEÑAL
A VELOCIDAD REDUCIDA, MAN-
TENIENDO LA MISMA VELOCIDAD
EN TODO EL TRAMO, NO DE-
BIENDO HACER PARADA EN LA
SEÑAL.



TIPO ABSOLUTA



TIPO ABSOLUTA
(ENANA)

INDICACION - PARADA
NOMBRE: - PARADA.

En el territorio controlado por medio del sistema de señales CTC, los rieles están ligados eléctricamente; por lo tanto, cuando el personal de vía necesita contar las ligaduras o efectuar reparaciones que en alguna forma alteren la continuidad de los circuitos eléctricos, deberán avisar previamente al Despachador y si es posible, también al personal electricista.

En reparaciones tales como reposición o ajuste de agujas, reposición de rieles, planchuelas con aislamiento o sin él y en general, todas aquellas en que intervenga la electrotécnica, será imprescindible que el personal de vía y el de electricidad y telégrafos obren de común acuerdo.

Lateralmente a las vías, corren cables eléctricos subterráneos a una profundidad como de 70 centímetros, por lo que se recomienda que al efectuar reparaciones se tomen precauciones para que no se dañen dichos cables.

En la República existen tramos de CTC entre Buenavista y Huhuetoca (líneas A y B), entre la Griega y Mariscala; entre Mariscala y Empalme Escobedo; en la Terminal de Saltillo, entre Mariscala e Irapuato; existe también el sistema semiautomático de la Terminal de Puebla y en Buenavista, Méx., existe el sistema NX.

SEÑALAMIENTO MANUAL

I.- Todo empleado que, por la naturaleza de sus obligaciones, tenga que hacer uso de señales se proveerá de los útiles necesarios y los conservará en buen estado, teniéndolos siempre listos para su uso eficaz e inmediato.

Ia.- Siempre que sea posible, todas las señales de mano deberán de darse por el lado del maquinista; las señales de bandera y linterna (cuando no sean dadas con la mano), luces de bengala y petardos, también deben de colocarse por el lado del maquinista; pero debe de entenderse que todas las señales se respetarán cuando se den o se exhiban por cualquiera de los dos lados.

II.- Durante el día se usarán banderas, y por la noche luces, ambos de los colores prescritos.

III.- Las señales diurnas deben exhibirse desde la salida hasta la puesta del sol; pero cuando éstas no puedan distinguirse con claridad por neblina u otras causas, se exhibirán en adición, las señales nocturnas.

Las señales nocturnas deben exhibirse desde la puesta del sol hasta la salida.

IV.- Señales de Color.

C O L O R

- a) Rojo
- b) Amarillo

SIGNIFICADO

Parar
Proceder con precaución, y para otros usos prescritos por el reglamento.

c) Verde

Proceder, y para otros usos prescritos por el reglamento.

d) Verde y Blanco

Parar por señal, según regla que dice: "Una señal combinada de verde y blanco deberá usarse para detener un tren, solamente en las estaciones de bandera designadas en el itinerario del mismo tren. Cuando sea necesario parar un tren en un punto que no esté designado como estación de bandera en el itinerario, deberá exhibirse una señal roja.

e) Azul

Protección para los trabajadores según regla 26, que dice: "Una bandera azul, o un letrero autorizado que diga "Gente Trabajando", de día, y en adición, una luz azul durante la noche, exhibidos de tal manera que pueda distinguirse con facilidad, en uno ó en los dos extremos de una máquina, carro, grupo de carros, ó tren, indica que hay empleados trabajando debajo o cerca de ellos.

V. - Se exhibirá una señal amarilla del tipo triangular (Fig. 1) a la derecha de la vía (a 2 mts. de distancia del riel) según la dirección de los trenes, colocándola a una distancia de 1,200 m. a cada extremo de la estructura o parte de la vía sobre la cual tenga que restringirse la velocidad de los trenes. Cuando haya dos ó más vías principales, se exhibirán éstas señales amarillas en cada vía que sea necesario proteger, lo mismo que si fueran vías sencillas.

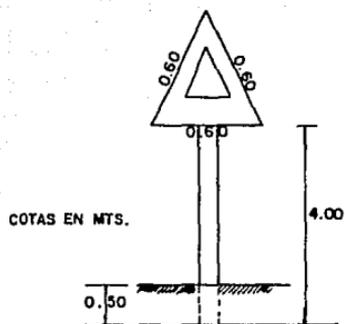


FIG. 1

Va.- SEÑALES DE MANO, BANDERA O LINTERNA.

La mano ó la bandera movida de la misma manera que la linterna, como se muestra en las figuras tiene el mismo significado excepto en el caso de la regla A en que el movimiento de la mano ó bandera puede ser hecho a la altura del hombro.

REGLAS PARA SEÑALES

SIGNIFICADO



PARAR

Manera de hacerse
Movida en Angulo recto
a través de la vía.

(a)

SIGNIFICADO



REDUCIR LA
VELOCIDAD

Manera de hacerse
Mantenida horizontal
mente a brazo exten
di do formando Angulo
recto con la vía.

(b)

SIGNIFICADO



PROCEDER

Manera de hacerse
Movida de abajo hacia arri
ba y de arriba hacia abaj
o verticalmente.

(c)

SIGNIFICADO



RETROCEDER

Manera de hacerse.
Movida verticalmente en
círculo a medio brazo a
través de la vía estan
do el tren parado.

(d)

SIGNIFICADO



FLOJAR LOS
FRENOS DE
AIRE

Manera de hacerse.
Mantenida a brazo exten
dido, sobre la cabeza,
estando el tren parado.

(e)

SIGNIFICADO



APLICAR LOS
FRENOS DE
AIRE.

Manera de hacerse.
Movida horizontalmente
arriba de la cabeza, -
estando el tren parado.

(f)

SIGNIFICADO



EL TREN
SE HA
DIVIDIDO

Manera de hacerse.
Movida verticalmente en
círculo a brazo exten
di do, a través de la vía,
estando el tren en movi
miento.

(g)

SEÑALAMIENTO SONORO

VI. SEÑALES DE SONIDO.- Las señales siguientes dadas con el silbato de vapor, bocina ó de aire de la máquina están indicadas por medio del signo "o" para el silbido corto y "-" para el silbido largo.

El sonido del silbato ó bocina deberá ser claro y preciso, con la intensidad y duración proporcionadas a la distancia a que ha de llegar la señal.

| <u>SONIDO</u> | <u>SIGNIFICADO</u> |
|---------------|--|
| a) 0 | Parar ó apretar frenos de mano o parar un tren en marcha cuando es dada por otra máquina. |
| b) _ _ | Aflojar frenos de mano o proceder. |
| c) _ 000 | Para que el abanderado vaya a proteger la parte posterior del tren. |
| Ca) 000 _ | Para que el abanderado vaya a proteger la parte delantera del tren. |
| d) _ _ _ _ | Para que el abanderado regrese del sur. |
| e) _ _ _ _ | Para que el abanderado regrese del Norte. |
| f) _ _ _ | Se ha dividido el tren, estando en movimiento. Deberá repetirse hasta que se conteste con la señal prescrita en la regla E (señal de mano ó linterna) contestación a la regla E. |
| g) 00 | Contestación a la K. ó a cualquier señal cuya contestación no se hubiere prevenido de otro modo. |

SONIDO

h) o o o

J) 0 0 0 0

k) _ 0 0

l) _ _ 0 _

m) _____

n) _ _ 0

o) 0 _

p) Una sucesión de silbidos cortos.

SIGNIFICADO

Retroceder estando el tren parado. Constestación a la regla D (Señalamiento interna bandera o mano).

Pedir señales.

Llamar la atención de máquinas de patio, trenes, trenes extras, trenes de igual a inferior clase ó inferior derecho, por las señales exhibidas para una sección que sigue. Si no es contestada el tren que exhibe las - señales se detendrá para aclarar el caso.

Aproximación a cruceros con carreteras ó caminos a nivel. Debe repetirse hasta estar - cerca al crucero.

Aproximación a estaciones, conexiones, empalmes y cruzamientos con vías férreas a nivel, límites de patio, túneles y puentes móviles.

Aproximación a puntos de espera o encuentros, ya sea por horario u orden de tren.

Inspeccionar la línea de aire del tren por - haber fugas a estar los frenos aplicados.

Cuando el tren está parado es señal para indicar a los Inspectores de Carros, Reparadores ó Trenistas que los frenos van a ser - aplicados.

Alarma, indica que hay personas ó ganado sobre la vía.

SONIDOSIGNIFICADO

- q) _ _ _ _ _ Repetidos a intervalos indican accidente _
y llamada de cuadrillas para prestar auxi-
lio.
- r) 0 0 _ Contestación a la (a) cuando es dada por -
un abanderado.
- s) _ _ _ _ 0 Pasar carros en báscula de vía.
- t) _ _ _ _ _ o Advertencia a la tripulación sobre señal -
de precaución.

VII.- La explosión de 2 petardos colocados separadamente a distancia de dos rieles (aproximadamente 25 m.) el uno del otro, es una señal para caminar a velocidad reducida, cuando menos en una extensión de 3 kilómetros, esperando encontrar adelante alguna indicación de peligro, - - algún tren u obstrucción en la vía. La explosión de un petardo tiene igual significado pero se exige la colocación de dos.

No se colocarán petardos cerca de las estaciones o cruceros con caminos y carreteras a nivel en donde se pueda causar daño a los tran----seúntes.

VIII.- Para determinar la parte posterior de todo tren, se exhibirán dos indicadores en el último vehículo del tren.

IX.- Toda sección de un itinerario, con excepción de la última, exhibirá - como señales de clasificación dos banderas verdes de día, y, además , dos luces verdes durante la noche, colocadas en los lugares provistos para ello, al frente de la máquina.

X.- Los trenes extras exhibirán como señales de clasificación dos banderas blancas de día y, además, dos luces blancas durante la noche, en los lugares provistos para ello, al frente de la máquina.

XI.- Siempre que una máquina marche de noche empujando su tren, deberá exhibirse una luz blanca al frente del carro delantera excepto cuando esté haciendo movimiento o formando trenes en patios.

XII.- Una bandera azul de día o una luz azul de noche, exhibida en uno o en los dos extremos de una máquina, carro ó tren indica que hay personas trabajando debajo ó cerca de ellos. Siempre que esté así protegido el equipo, no deberá moverse ni enganchar otros carros al mismo; los trabajadores mencionados colocarán las señales azules y sólo -- ellos están autorizados para quitarlas.

No se colocarán otros carros en la vía, donde se encuentre el equipo así protegido que pueda ocultar las señales azules sin haber dado -- aviso oportuno a las personas que estuvieran trabajando allí.

SEÑALES NOCTURNAS

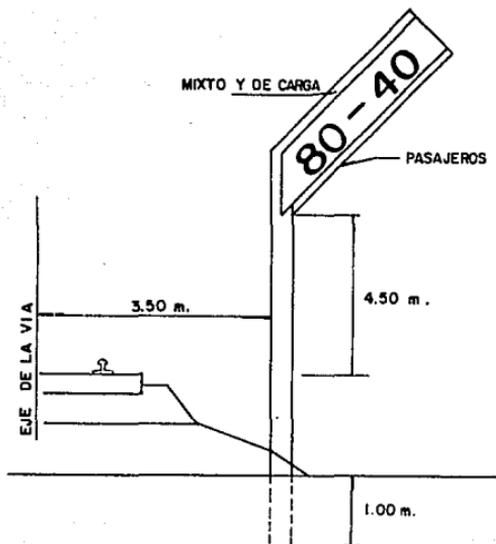
Una linterna roja
Una linterna blanca
Petardos y luces de
Bengala

SEÑALES DIURNAS

Una bandera roja
Petardos y luces
de Bengala.

SEÑALES INDICADORAS DE VELOCIDAD

Ejecutiva - blanca
Preventiva - amarilla



C A P I T U L O V I I I

MANTENIMIENTO DE VIA

MANTENIMIENTO DE VIA.

Es importante conocer con detalle los trabajos que se le realizan a la vía, una vez que ésta ha sido concluida y puesta en funcionamiento, ya que muchas de las veces pasan éstos desapercibidos para la mayoría de los usuarios y, - en algunas ocasiones hasta para los mismos proyectistas, lo cual puede ser - un grave error debido a lo costoso que puede resultar, en algunas ocasiones, proporcionarle el debido mantenimiento de operación al camino.

A todas aquellas actividades que se ejecuten para conservar la vía en buenas condiciones, y con objeto de que los trenes circulen sobre de ella a las velocidades establecidas y con absoluta seguridad, se les conocen como trabajos de mantenimiento de vía.

Entre los trabajos de mantenimiento de vía más comunes, podríamos destacar - los siguientes:

- Revisión de defectos de nivelación
- Revisión de defectos de alineamiento
- El balastado y drenaje de la vía
- El comportamiento de las soldaduras (eléctricas o aluminotérmicas).
- Apretado del sistema de sujeción riel-durmiente.
- Revisión de las juntas de dilatación
- Cambio de riel o durmiente en mal estado
- Medición de escantillón
- Etc.

Cabe subrayar que las actividades mencionadas, con una adecuada programación y contando con los recursos mecánicos, materiales y humanos necesarios, pueden ser ejecutadas en tramos cortos, sin que el camino se vea obstaculizado.

para seguir operando.

Dada la importancia de algunos caminos ferroviarios, ya las condiciones que presentan los mismos en nuestro país, el cierre por unas horas para realizar trabajos de mantenimiento en alguno de éstos, ocasionaría grandes pérdidas económicas, asimismo por falta de trabajos de conservación de vía, las pérdidas se multiplicarían de suscitarse un accidente.

Entre otras actividades que forman parte del mantenimiento de vía podemos señalar la siembra de vegetación en los taludes y, con ésto evitar los derrumbes en los cortes, asimismo la revisión y conservación de las estructuras que están vinculadas directa o indirectamente con el camino. (Puentes, túneles, pasos peatonales, pasos a desnivel, etc.).

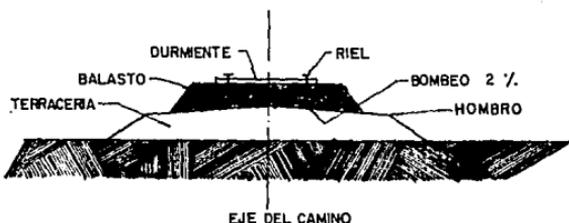
A continuación se describirá en que consiste y como se llevan a cabo, los trabajos de mantenimiento de vía.

DRENAJE DE VIA

Los trabajos de mantenimiento de vía, estarán avocados primordialmente a proporcionar estabilidad a las terracerías, con lo cual los trenes podrán circular a las velocidades de proyecto establecidas y, para esto es necesario reducir al mínimo la cantidad de humedad del camino, por lo que se hace indispensable contar, desde la etapa de construcción, con un drenaje eficaz.

SECCION DE LA VIA.

Es fundamental apoyarse con el bombeo de la cama de la vía (subbalasto), con objeto de drenar rápidamente las terracerías, éste consiste en proporcionarle una inclinación transversal del 2%, desde el eje de la terracería hasta el hombro de la misma, como se observa en la figura.



Sobre la terracería se coloca el balasto, tomando en cuenta que el espesor mínimo que deberá guardar éste bajo del durmiente será de 30 cm, para un camino de tráfico intenso y pesado. El balasto deberá ser de preferencia de piedra triturada y dura, en tamaños de 19 mm. (3/4") a 64 mm. (2 1/2"). Estas consideraciones permitirán el rápido desalojo, de las aguas de lluvia, de la estructura de la vía, conservando así los durmientes en mejores condiciones al dejar escurrir el agua por entre el balasto.

Para lograr esto es necesario conservar el balasto limpio de tierra, materia vegetal, cenizas, o cualquier otro material que impida el paso del agua.

LIMPIEZA DE BALASTO.

Dada la importancia, como ya se mencionó, de conservar el balasto limpio de impurezas, se emplean periódicamente para esto, métodos de tipo manual y/o mecanizado, siendo los últimos de mayor rendimiento y calidad.

El método manual para limpiar balasto, es el más común en nuestro país y, consiste en la utilización de biellos y en algunas ocasiones se complementa con la criba.

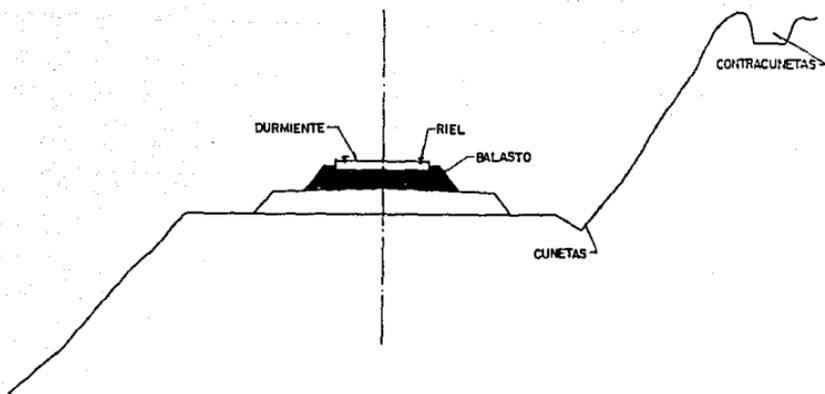
La profundidad a que se debe llevar la limpieza del balasto es variable, - pero por regla general debe ser a la cara inferior del durmiente, incluyendo a los espacios entre ellos.

Con respecto a las máquinas limpiadoras de balasto, existen dos tipos, las que trabajan sobre la vía y las que lo hacen fuera de ésta, operan generalmente sobre el mismo sistema, es decir recogen el balasto del hombro de la vía por medio de cangilones (cucharones) o bandas sin fin, para esto emplean el movimiento de avance de la máquina para que el balasto entre en ellos, los cuales a su vez lo elevan para pasarlo por cribas vibratorias y ahí se separan la tierra y el polvo del balasto, devolviendo a éste último por gravedad a la vía y llevando la tierra, polvo y materia extraña a los taludes fuera de la terracería por medio de bandas transportadoras sin fin.

LIMPIEZA DE CUNETAS Y CONTRACUNETAS.

Las cunetas constituyen el medio primordial para drenar eficientemente el lecho de la vía, en nuestro país en la mayoría de las planicies y lomeríos, el terreno natural cumple ésta función, lo que no es muy recomendable debido a la formación de materia vegetal muy cerca del camino, con lo cual los costos de mantenimiento se incrementan considerablemente.

Las cunetas y contracunetas se construyen de tal forma que se puedan limpiar con facilidad y además con una pendiente mínima del 0.3 por ciento, aunque por lo general las primeras llevan la misma pendiente de la vía. En lo que respecta a las contracunetas, éstas se construyen en la parte superior de los cortes y su función principal es la de evitar deslaves y derrumbamientos de los taludes, a causa del incremento de la humedad por filtraciones o precipitaciones pluviales.



Las cunetas y contracunetas se conservarán limpias de tierra, piedras, vegetación, etc., con el fin de que desvíen rápidamente el agua que escurre del camino y los taludes, a causa de las lluvias y las filtraciones que se presentan.

Los extremos de las cunetas se desviarán invariablemente hacia afuera del camino, con objeto de que la corriente de agua que lleve no erosione el terraplén. Los trabajos de desazolve deben programarse con bastante anticipación a la temporada de lluvias, con el fin de que cuando éstas se presenten, las cunetas y contracunetas se encuentren en perfectas condiciones.

Al ejecutar la limpieza de las cunetas se debe poner especial interés en ello, con el fin de no cometer las siguientes faltas, que en lugar de beneficiar al camino, lo perjudicarían; se prohíbe colocar el material que se limpia de las cunetas sobre el hombro de la terracería, en los extremos de los durmientes y por supuesto sobre el balasto, ya que al hacerlo de esta -

manera dañaríamos el sistema de drenaje de la estructura ferroviaria.

Los sistemas que se emplean para realizar la limpieza de las cunetas y contracunetas son muy variados, los cuales podemos clasificarlos en tres tipos, los manuales, semi-mecanizados y mecanizados. Seleccionando el adecuado en cada caso, de acuerdo a los puntos siguientes:

- Tipo de material a retirar
- Cantidad de material
- Distancias de acarreo
- Características físicas del lugar
- Seguridad que ofrece el tramo p/maniobrar
- Intensidad del tránsito de trenes
- Etc.

El sistema manual se recomienda utilizarlo en distancias de acarreo menores a 60 metros, ya que éste es ejecutado por medio de botes y carretillas. El sistema semi-mecanizado es muy usado cuando existen largos acarreos que -- hacer con el material extraído, y este se realiza por medio de vagonetas sobre vía o utilizando un tren de trabajo, en algunas ocasiones se emplean cubos de un metro cúbico de capacidad, que se depositan a lo largo de la vía, los cuales son llenados por el personal, siendo vaciados posteriormente a -- las góndolas por medio de una grúa portátil.

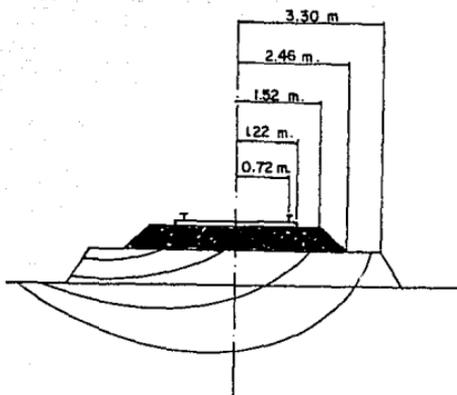
Al utilizar un tren de trabajo se debe emplear el personal suficiente para aprovechar el tren al máximo, asimismo se debe hacer un análisis cuidadoso para ver si la limpieza de cunetas y contracunetas puede hacerse satisfactoriamente en métodos que no afecten los movimientos de trenes de pasajeros y carga.

El sistema mecanizado es empleado generalmente cuando los volúmenes a mover son elevados, asimismo cuando las características físicas del lugar lo permitan, siendo las máquinas más comunmente empleadas las motoescrepas, palas mecánicas, dragas, etc., o cualquier otra que pueda hacer el trabajo con menor costo, con mayor rapidez, y sobre todo sin poner en peligro el libre tránsito de trenes.

BOLSAS DE AGUA (AGUACHINAMIENTOS).

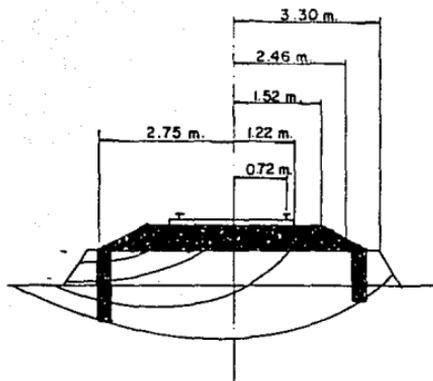
Los aguachinamientos que se presentan en el camino ferroviario en época de lluvias generalmente, son debidos principalmente, a fallas que vienen desde la etapa de construcción de las terracerías, es decir, a deficiencias del proceso de compactación empleado, aunado a la presencia de materiales arcillosos, y también porque no decirlo, pueden presentarse debido al incremento de tránsito y a la falta de un drenaje eficaz en la vía. En otras ocasiones los aguachinamientos se presentan a causa de que el nivel de aguas freáticas es superficial, afectando por supuesto la cama de la vía.

Al presentarse los aguachinamientos, es muy común observar que el proceso correctivo de esta falla, consiste en ir colocando más balasto en la vía para alcanzar la resistencia necesaria por parte del terraplén y al mismo tiempo calzar la vía para dar los niveles adecuados de tránsito, esta solución da resultados efectivos temporales ya que el material de la terracería es desplazado lateralmente y, algunas veces hacia arriba por entre el balasto, formando con éste paredes que impiden que el agua se drene, creándose grandes bolsas de agua que son un peligro para los trenes pesados y a gran velocidad.



BOLSAS DE AGUA

Las bolsas de agua se corrigen en forma definitiva excavando zanjas laterales de 0.45 a 0.60 metros de ancho, paralelas a la vía y a 2.75 metros del centro de la misma, se hacen de la suficiente longitud para cubrir el sitio en donde se presentan los aguachinamientos, colocándose en su base un tubo perforado de un diámetro no menor a 0.15 metros (6"), dejando las perforaciones hacia abajo y con una pendiente uniforme no menor de 0.2 por ciento. El material excavado no se usará de ninguna forma para llenar la zanja o taparla, una vez que se haya colocado el tubo, ni se dejará allí cerca, sino que deberá ser retirado del sitio. Las zanjas se rellenarán con material permeable que sirva de filtro y de un tamaño tal que no se introduzca y tape los orificios del tubo, se recomienda para esto utilizar el balasto de piedra triturada o grava lavada grande, tapando hasta la superficie de tal manera que quede unido al balasto de la vía y forme parte del mismo. La salida del tubo deberá localizarse, en un lugar tal que no deslave el material del terraplén o corte y si es necesario se le debe construir un lavadero.

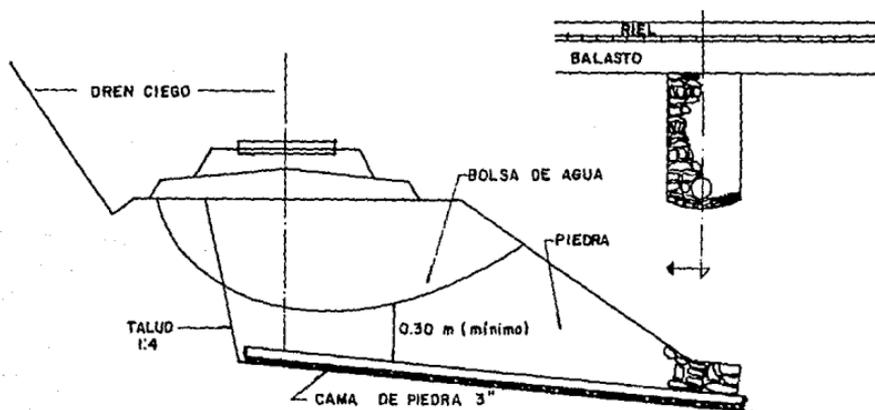


DREN LATERAL

Cuando estos drenes laterales no son suficientes para desaguar eficazmente las bolsas de agua, se construyen líneas auxiliares transversales que pasan por abajo de la vía y que se unen a los drenes principales, con una separación entre ellos de 3 a 12 metros, según el tamaño de las bolsas de agua y de la cantidad del líquido que se va a retirar. Los drenes transversales deberán observar una pendiente mínima de 4% y no mayor de 16%, para evitar que se deslicen y empujen la línea del tubo principal al que van unidos y causen fallas, se colocarán a una profundidad de 0.30 metros bajo el fondo de las bolsas de agua y en su construcción deberán observar las mismas características, que se mencionaron anteriormente, para los drenes principales.

En algunas ocasiones no es posible drenar un terraplén aguachinado y con tendencia a deslizarse, por medio de drenes laterales, por lo que se opta la utilización de un dren ciego. Estos se construyen transversales al terraplén y con una separación generalmente de 8 metros entre dren y dren; dadas

las características de la zona de drenar, se excava una zanja con un ancho de 1.20 a 1.50 metros y con una profundidad mínima de 1.50 metros a partir de la base del riel, debiendo tener 0.30 metros como mínimo bajo la bolsa de agua. Se les deberá dar una pendiente no menor de 5%, desde su salida en la base del talud del terraplén hasta su extremo cercado, que puede quedar bajo la cabeza del durmiente. La zanja se llena con piedra o boleos de gran dimensión (0.25 a 0.60 metros), colocándose entre sus huecos y en la parte superior material de balasto, con lo que se evita que el material del terraplén se deslice y tape los huecos y evite con esto el paso del agua.



Es importante llevar un registro de estos sistemas de drenaje, que incluyan una descripción de la clase de trabajo, tamaños y longitudes del material empleado, kilometraje, profundidad, etc., de tal modo que sea fácil su localización cuando sea necesario y observar su funcionamiento.

Con relación a las características principales que deben observar los tubos para ser empleados en la construcción de las obras de drenaje mencionadas, son las siguientes:

- Resistencia para soportar con seguridad la carga y el impacto, que proporciona el paso de los trenes al terraplén.
- Capacidad para drenar.
- Durabilidad a los agentes corrosivos.

Además de los sistemas mencionados para estabilizar las terracerías que presentan aguachinamientos, se han desarrollado algunos otros métodos, como son el colocar sacos de arena, durmientes, inyectar mortero de cemento, etc., para dar la resistencia a las terracerías, los cuales en algunos casos pueden resultar eficientes, trayendo consigo su respectivo ahorro económico.

CAMBIO DE DURMIENTES

Para llevar a cabo la conservación de la vía correctamente, es necesario realizar la sustitución de los durmientes en mal estado, podemos decir en términos generales que las características principales que debe reunir un durmiente son las siguientes:

- Una vida útil alta comparable si es posible a la duración del riel.
- Resistencia a los esfuerzos dinámicos producidos por el paso de los trenes.
- Proporcionar una debida sujeción al riel con un costo anual de conservación lo más bajo posible.

Si tomamos en cuenta que la reposición de durmientes es una parte muy importante dentro del costo total de la conservación de una vía, es lógico comprender que es indispensable tener un gran cuidado cuando se seleccionen los durmientes que deben ser reemplazados. Todos los durmientes que estén operando en una vía y cuya duración de su vida útil se estime sea inferior

a dos años, deberán cambiarse en una reconstrucción de un tramo del camino, teniendo ésto por objeto el no afectar la vía por este concepto, por lo -- menos durante este lapso de tiempo. Todo aquel durmiente que en apariencia_ esté en buen estado, pero que al golpearlo suene hueco, deberá cambiarse de inmediato por estar podrido interiormente; asímismo debe hacerse con aque-- llos durmientes en los que hayan aparecido hongos, aunque no presenten grie-- tas considerables.

De una manera general indicaremos a continuación que las causas principales que originan el cambio o reposición de un durmiente son:

- Descomposición y pudrición del durmiente.

Se presenta en los lugares donde es alto el contenido de humedad.

- Falla por desgaste mecánico.

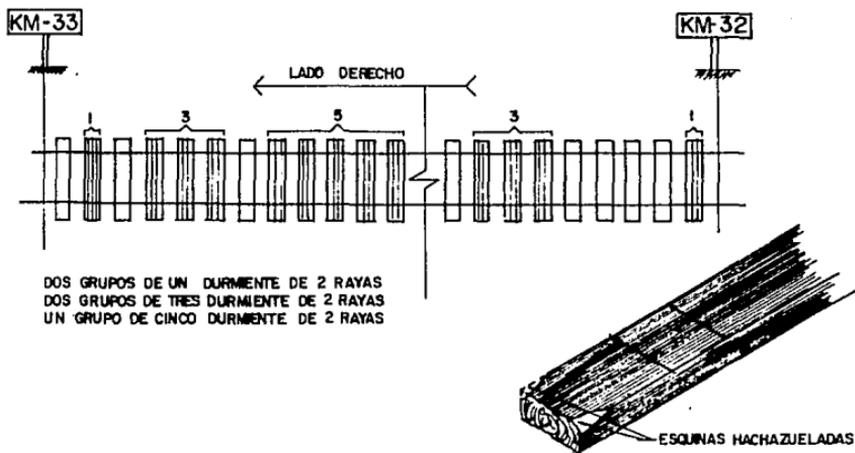
Se presentan principalmente en las curvas y en los cambios de pendiente.

- Cuarteaduras en la madera.

Ocasionalmente se encuentran en la vía durmientes con otros defectos a los anotados anteriormente, como por ejemplo roturas en el centro, descabeza-- dos, etc., los cuales deben de ser reemplazados.

Los mayordomos de sección se encargan de efectuar el análisis, durante todo el año, de los durmientes que se encuentren en mal estado, marcando con una raya de pintura aquellos que se estime puedan ofrecer un año más de servi-- cio antes de ser reemplazados y con dos rayas los que deberán ser retirados el año próximo siguiente; a falta de pintura, los durmientes podrán marcar-- se con hachazuela (herramienta de vía), lo cual debe hacerse en las esqui-- nas del lado derecho, tomando en cuenta el sentido de avance del kilometra--

je, como lo muestra la figura.



Anualmente y de acuerdo con el reglamento de conservación de vía, debe efectuarse un recuento de los durmientes que tengan 2 rayas y faltantes, que deberán ser cambiados y repuestos al año siguiente. El recuento de durmientes se efectúa contando en cada kilómetro los grupos que se tengan, los cuales pueden ser de 1, 2, 3, 4, 5 ó más durmientes juntos, tanto en las tangentes como en las curvas, ver figura anterior:

Como existen ocasiones en que al efectuarse el recuento, no siempre se marcan correctamente los durmientes y a veces son retirados de la vía algunos que son de media vida o que pueden durar un año más, para evitar ésto y con el objeto de orientar el criterio que se debe seguir, se ha definido que: "Deben considerarse como durmientes de 2 rayas a aquéllos que están podridos, descabezados, cortados, rajados, etc., y que por su estado no se puede sujetar el riel al durmiente mediante los accesorios de vía, aún volteando los durmientes".

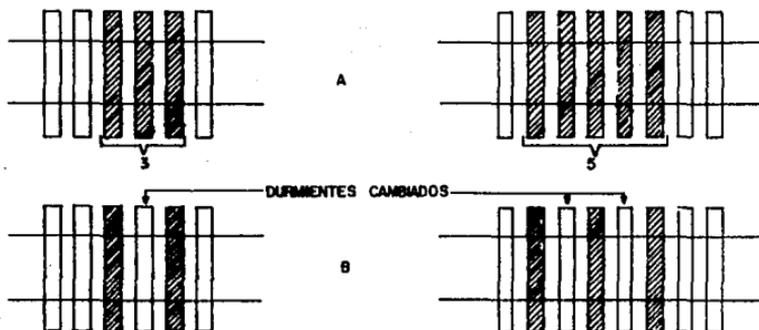
En lo que respecta al cambio de durmientes, éstos se deben reemplazar salteados, pues está prohibido renovar dos durmientes consecutivos al mismo tiempo; y aun cumpliendo la condición anterior sólo puede cambiarse la tercera parte de los durmientes existentes en una longitud de 18 metros de vía. Si es necesario renovar mayor número de durmientes, entonces los trabajos deben ejecutarse en varias etapas, separadas por lo menos un mes.

Al proceder con la renovación de los durmientes deben cumplirse las siguientes precauciones:

- Debe efectuarse el trabajo de tal forma que no pase ningún tren cuando falte un durmiente.
- Para jalar e introducir los durmientes, sólo podrán levantarse los rieles a un máximo de 0.02 metros.
- No se deben aflojar las fijaciones de varios durmientes consecutivos.
- El vaciado de balasto de la vía deberá ser el mínimo requerido, efectuándose en el momento de cambiar el durmiente y volviéndose a rellenar inmediatamente después.

Asimismo, para realizar el cambio de los durmientes se debe adoptar el siguiente orden: En primer lugar se atacan los durmientes dañados que se encuentran en las juntas, en segundo lugar los de las curvas y por último los de las tangentes; simultáneamente se debe proceder ajustándose al siguiente criterio: Se atacan en primer lugar los grupos más grandes, por ejemplo los de 9, 8, 7 y 6 durmientes juntos, procurando que al efectuarse el cambio éste se haga terciado, es decir dejando aislados los durmientes de dos rayas.

Por ejemplo en los grupos de tres, se reemplazará el del centro, en los de cinco se retirarán únicamente dos, etc., para cumplir con las normas mencionadas anteriormente.



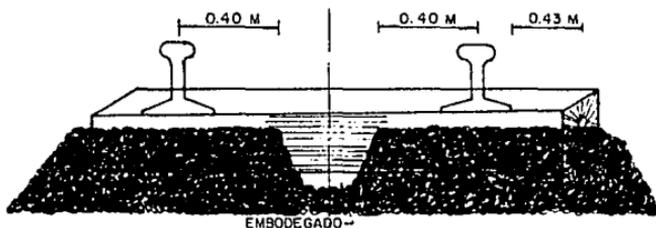
En los trabajos de cambio de durmientes, la distribución de los mismos es importante, por lo que se aconseja que se realice directamente desde el mismo tren que los transporta y descargarlos en los lugares en donde vayan a colocarse, con lo que se logra un considerable ahorro en mano de obra; de no ser posible esto, se opta por descargarlos en los patios de las estaciones cercanas, de donde posteriormente y con la ayuda de arzones se distribuirán en sus puntos de colocación.

Para ejecutar el cambio de durmientes, podemos decir que una vez hecha la distribución de los nuevos, un hombre debe encargarse de ir sacando los clavos o tirafondos de aquellos durmientes que se encuentran marcados; sacando tantos como sea posible y mantener segura la vía. Así, en aquellos lugares donde se marquen 2 ó más durmientes para ser renovados, es aconsejable de--

jar el clavo exterior en su lugar en cada lado del durmiente y cada tercer durmiente, siempre que se trate de curvas suaves y vía en tangente; en curvas de graduación fuerte, es recomendable dejar el clavo exterior en cada lado del durmiente y en cada durmiente. En aquellas curvas de graduación fuerte donde sea necesario cambiar ambos durmientes en una junta emplanchada, cada durmiente nuevo debe ser fijado de inmediato.

Una norma práctica, es el que un par de hombres trabaje en cada durmiente, deberán excavar el cajón a cada lado del durmiente y en el extremo del mismo, por el lugar donde vaya a ser extraído; esta excavación, no debe ser mayor que la necesaria para permitir la extracción del durmiente por renovar. El sistema de sujeción debe ser quitado primeramente y enseguida remover el durmiente de la vía; posteriormente, se debe quitar todo el balasto depositado en el cajón, procurando limpiarlo antes de colocar el nuevo durmiente.

Los durmientes deben ubicarse en su lugar utilizando las tenazas para durmiente, debiéndose colocar después los accesorios de fijación del riel, sosteniendo el durmiente de tal forma que pueda calzarse perfectamente y sujetarse, los durmientes deben calzarse desde la cabeza de los mismos hasta 0.40 metros adentro del riel, dejando el centro ligeramente embodegado.



Siempre se deben colocar los durmientes con sus extremos alineados y equidistantes del riel por el lado derecho, en el sentido del kilometraje, y se colocan a una distancia de 0.43 metros a partir del extremo del durmiente al filo del patín del riel. En el caso de las curvas, éstos se alinean invariablemente por el lado interior de la curva, colocándose a la misma distancia mencionada anteriormente.

Uno de los objetivos esenciales de los durmientes es el proporcionar un apoyo uniforme al riel y por consiguiente es necesario que éstos se coloquen en la vía equidistantes uno del otro, esto está sujeto a reglas de acuerdo a la clase de vía de que se trate, podemos decir, por ejemplo, que en vías troncales de primera se colocan veinte durmientes por riel de diez metros de largo y veinticuatro por riel de 12 metros de longitud. Por otra parte, en los ramales y vías secundarias, se colocan entre 16 y 18 durmientes por riel de diez metros.

Resumiendo lo anterior, diremos que como norma general al hacer el cambio de durmientes, en ningún momento debe haber más de un durmiente fuera de la vía; los mejores durmientes deben utilizarse para reemplazar los de las juntas o aquellos que estén cerca de los estribos de los puentes. Los durmientes deben colocarse con el lado del corazón de la madera hacia abajo, ya que en esta posición los clavos y tirafondos penetran mejor, además se asientan mejor y tienen menor tendencia a pudrirse. Para el manejo de los durmientes nuevos única y exclusivamente se utilizarán las tenazas, no debiendo usar picos, martillos o marros, porque éstos los dañan gravemente. Para evitar en lo posible los asentamientos, es conveniente recordar siempre que las camas o superficies de apoyo de los durmientes viejos no deben alterarse sólo cuando sea absolutamente necesario.

Con respecto a la utilización de durmientes de otros tipos como son los de acero, concreto y mixtos, que se les da en nuestro país para la construcción de vía férrea, podemos decir lo siguiente: El durmiente metálico tiene un costo muy elevado y pese a su gran resistencia a las condiciones climatológicas, no logra competir con un durmiente de madera o de concreto, por lo que no es usual en nuestro país.

El material que responde más satisfactoriamente a las necesidades, de orden económico, de disminución de los costos de conservación de los durmientes en una vía, es el concreto. Los principales requisitos que cumple este material, son los de proporcionar una vía más estable, no demanda más que una conservación mínima y no exige más que renovaciones a largos plazos ejecutados sistémicamente, evitando por consiguiente, el procedimiento altamente costoso de la búsqueda y renovación en la vía, de los durmientes de madera.

Actualmente en nuestro país se utilizan varios tipos con mucho auge, por mencionar algunos, el tipo monoblock y el mixto con patente alemana y francesa respectivamente.

CAMBIO DE RIELES

Cuando los rieles se encuentran colocados en la vía, es muy importante tener en cuenta que por efectos del uso y otras causas, se presentan defectos en ellos lo que en algunas ocasiones ponen en peligro el tráfico de los trenes, originando accidentes. Los defectos que presentan dichos rieles podemos dividirlos en términos generales en externos, o sea visibles a simple vista, o internos que normalmente resultan ser los más peligrosos, ya que al no verse el riel es considerado en buen estado, siendo que no lo está.

Los defectos principales de los rieles podemos dividirlos en:

- 1) Defectos transversales: fisuras transversales, fisuras compuestas, fracturas de desconchado y fracturas de escurrimiento.
- 2) Fracturas por grietas de calor
- 3) Defectos longitudinales: Grietas horizontales del hongo, grietas verti-
cales del hongo.
- 4) Defectos del alma: Alma agrietada, riel entubado, separación del alma y
del hongo.
- 5) Patín roto.
- 6) Rieles dañados: Rotura angular o en ángulo recto, riel torcido, riel en
muescado.
- 7) Defectos de superficie.

Con el objeto de localizar las fallas internas que puedan tener los rieles_ en servicio, se utiliza el método inductivo de localización de dichas fallas, el cual es portado por los carros detectores "Sperry", funcionando con el - principio básico de hacer pasar una corriente eléctrica en el sentido longi- tudinal y a través del riel, con lo que se logra establecer un campo magné- tico uniforme, excepto por las alteraciones causadas por:- Defectos del - - riel (internos o superficiales) ó por accesorios de vía.

Estas distorsiones se registran en una cinta, que para esto lleva el carro, la que a su vez es analizada en sus variaciones por un operador y que simul- táneamente observa el riel a través de la ventana posterior del carro, para determinar visualmente si las variaciones de la cinta corresponden a un de- fecto del riel o a la presencia de un accesorio de vía. Si existe la sospe- cha de un defecto interno sin que se note causa aparente alguna, el carro - es detenido y el riel se examina con la ayuda de un aparato manual, que ope- ra bajo el mismo sistema, con lo que se logra determinar exactamente la - -

existencia de alguna fisura transversal u otro defecto.

Los rieles defectuosos localizados, se deben proteger de inmediato aún cuando las imperfecciones no sean visibles en la superficie del riel si se detectarán grietas transversales o compuestas, no debe permitirse a los trenes exceder velocidades mayores a 16 Km/hora al pasar por los rieles deteriorados y se debe proceder de inmediato a su cambio. Si se encontrarán - - otros tipos de falla, se decidirá según el defecto, la velocidad a que debe permitirse el paso de los trenes.

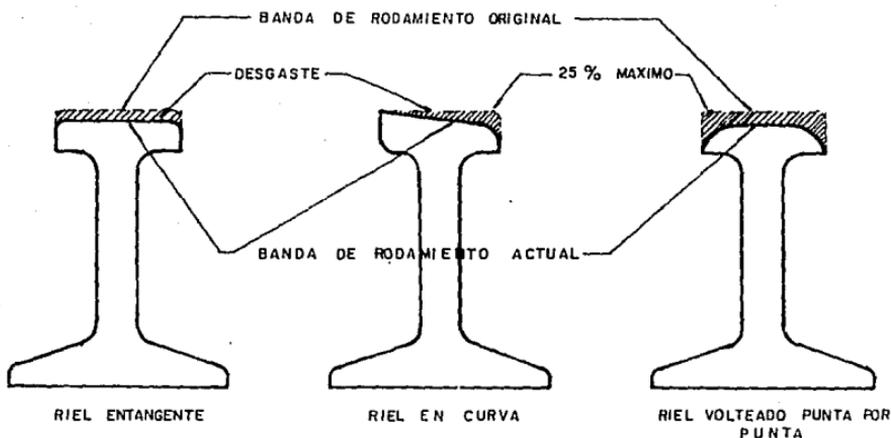
Al localizar los rieles defectuosos en la vía con grietas transversales, - compuestas u otras imperfecciones que los hagan impropios para ser utilizados para el paso de los trenes, deben marcarse con una faja ancha de pintura roja a lo largo del alma y del patín y a cada lado del punto defectuoso; asimismo, deben ser cambiados de la vía cortados en pedazos no mayores de _ 2.40 metros de largo, considerándolos como rieles de deshecho.

Los rieles que presenten otro tipo de defectos a los antes mencionados, deben pintarse con una faja ancha de color amarillo a lo largo del alma y del patín, agregándoles, una vez que éste ha sido quitado de la vía, una "X" - que se grabará con tajadera en la parte superior del hongo y aproximadamente a 0.20 metros de cada extremo del riel, lo cual indicará que no deben utilizarse jamás para una vía principal.

Independientemente de los defectos señalados, cuando los rieles se encuentran colocados en la vía, ya sea en tangente o en curva, sufren un desgaste en el hongo; cuando están en tangente, el desgaste en el hongo es más o menos uniforme; y por el contrario cuando los rieles se encuentran colocados_ en el lado exterior de una curva, el desgaste es en la banda de rodamiento_

y en el filete superior del lado interior del riel. Por otra parte, cuando estos últimos rieles gastados se voltean punta por punta, entonces se desgasta el filete exterior que pasó a ser el interior y se reduce la superficie de la banda de rodamiento.

Los tres casos se muestran en la figura siguiente, aclarando que en todos y en cada uno de ellos, el desgaste máximo permisible del hongo es del 25% de la superficie total del mismo; esto es aplicable para cualquier calibre de riel. Por otra parte, es importante mencionar que cuando las cejas de las ruedas de las locomotoras o carros empiezan a rozar las planchuelas, se debe a que el hongo del riel ha sufrido un desgaste de consideración, y por lo tanto se debe prestar la debida atención para realizar el cambio o volteo punta por punta de los rieles que intervienen, de acuerdo a lo que sea más conveniente a juicio del ingeniero residente.



Para obtener un mejor aprovechamiento de los rieles que se gastan en las curvas, en muchas ocasiones se recomienda que cuando el riel exterior tiene

un desgaste del 12% de la superficie del hongo, se cambie hacia el lado interior de la curva y, el riel interior, pase al lado exterior de la misma - con lo que se logran dos cosas: Que el desgaste correspondiente al 12% quede al exterior del riel interior y que el riel interior al colocarse en el lado exterior de la curva, presente una banda de rodamiento uniforme, así - - como un filete interior sin desgaste.

Las dos soluciones propuestas, tienen por objeto obtener el mejor rendimiento en la utilización de los rieles en las curvas, y proporcionar la mayor - superficie de rodamiento al tráfico.

Con relación a las maniobras de carga, descarga y colocación en la vía de - los rieles que se van a utilizar para reposición, es interesante recordar - que éstos se pueden dañar con facilidad, por lo que resulta importante utilizar el equipo adecuado para hacer éstas operaciones, como son: Platafor-- mas, grúas "BURRO", tenazas para riel, etc., debiéndose tener cuidado, cuando se utilice la grúa, de que ésta levante los rieles por el centro y en el momento de descargarlos lo haga con precaución para evitar que se golpeen - con superficies duras. Cuando los rieles se descarguen a mano, deben colo-- carse rieles engrasados en forma de rampa apoyados sobre la plataforma, y se deben bajar con precaución deslizándolos y tratando de no golpearlos. Si - los rieles van a ser utilizados de inmediato en la vía, éstos se colocan a los lados de la vía y sobre la banqueta y si no, entonces deben almacenarse en "PILAS", clasificadas de acuerdo con el color del riel y su calibre, pro-- curando que la primera tapa de rieles se apoye en rieles viejos.

Para realizar el cambio de los durmientes, es importante tener presente la - clasificación que se dió de ellos y lo que a continuación indicaremos, que - es la ubicación que deben presentar en la vía, para obtener su mayor prove

chamiento. Empezaremos por decir que los rieles de primera clase que tienen los extremos sin pintar, deben ser utilizados en tangentes y curvas suaves, entendiéndose por curvas suaves aquellas de 3° ó menos.

Asimismo, los rieles de primera clase que tienen pintados sus extremos de azul, se utilizarán principalmente en curvas de fuerte graduación, es decir, mayores de 3°. Por lo que se refiere a los rieles con los extremos pintados de amarillo (rieles "A"), se emplean únicamente y exclusivamente en tangentes.

Respecto a los rieles cortos de primera clase o sea los de color verde, se utilizarán preferentemente para conservar el "cuatrapeo" en las curvas y en la manufactura de los herrajes de cambio, o bien, en los "tiros" de los propios cambios.

Por otra parte, los rieles de segunda clase (color blanco) se deben utilizar en escapes, no debiéndose colocar en vía principal, curvas, túneles, puentes o tramos de vía donde la velocidad de los trenes exceda de 70 - - - KM/HORA. Los rieles "X" (color café) deben ser empleados en los laderos que no sean de encuentro, no debiéndose utilizar en vías donde los trenes excedan velocidades de 40 KM/HORA y por consiguiente no deben ser usados en curvas, túneles o puentes de vías principales.

Para realizar el cambio de los rieles dañados, se procede primero a liberar los tornillos de las planchuelas que lo sujetan, posteriormente los elementos de fijación riel-durmiente, retirando y colocando con cuidado y con la herramienta adecuada, a los rieles inservibles y nuevos respectivamente, en seguida se ajustarán los elementos de fijación riel-durmiente, así como las planchuelas, procurando que éstas últimas ajusten perfectamente con el riel,

evitando que queden flojas, para lo cual primero se aprietan los tornillos del centro y después los de los extremos, procurando que el apriete no sea excesivo pues esto puede provocar juntas rígidas, que durante la temporada de frío pueden dar lugar a la rotura de los tornillos, y en la de cables, a que la vía se "CHICOTEE".

Cuando por necesidades del trabajo el riel debe ser cortado, es conveniente recordar que el corte o cortes deben ser efectuados por medio de tajadera o de máquinas cortadoras, evitando en todo lo posible la utilización de la flama oxi-acetilénica. Asimismo, cuando se vaya a taladrar un riel, debe utilizarse invariablemente el taladro manual o la máquina de taladrar y al igual que en el caso anterior, se debe evitar emplear la flama oxi-acetilénica, éstos rieles deben ser cambiados lo más rápidamente posible.

HERRAMIENTA DE VÍA

La herramienta empleada para la conservación de vía es variada, la cual cumple una función muy importante, ya que al utilizar la herramienta adecuada para cada uno de los trabajos a realizar, éstos se facilitan, aumentando a su vez la seguridad para los trabajadores. A continuación se enlista cada una de las herramientas.

- Escantillón de vía (centro de tubo) y (centro de madera)
- Pico para barro
- Pico para calzar
- Punzonador de vía redondo
- Martillo de vía
- Llave de vía
- Barra de Línea
- Tenazas para rieles
- Tenazas para durmiente
- Tenazas para madera
- Extractor de clavos
- Virador para riel
- Barra de uña
- Hachazuela de vía
- Azuela de carpinteros
- Marro de doble cara
- Barra para calzado con punta de cincel.
- Barra para calzado con punta de lanza.
- Empujador de tarugos p/durmientes
- Tajadera de vía
- Pala de vía
- Biello para balasto

C A P I T U L O I X

V O C A B U L A R I O

V O C A B U L A R I O

ACAMELLONAR.- Acción de formar un camellón.

ACARREO LIBRE.- Es el efectuado hasta una distancia de veinte (20) metros; - el término de los 20 metros de acarreo libre es el origen a partir del cual se computa el sobreacarreo.

ACARREOS PARA OBRAS DE DRENAJE, ESTRUCTURAS Y TRABAJOS DIVERSOS.- Transporte de los materiales producto de las excavaciones para estructuras, sus derrumbes y azolves; de préstamos para rellenos y para reposición de volúmenes faltantes en los terraplenes; de zanjas para drenes; de los materiales producto de la explotación de bancos para drenes en relleno, mamposterías, zampeados, concreto hidráulico simple o ciclópeo y relleno de drenes ciegos; del agua empleada en la compactación de rellenos y de reposición de volúmenes faltantes en los terraplenes, en la capa impermeable de sello y en el entortado de los drenes ciegos, en mamposterías, zampeados y concreto hidráulico.

ACARREOS PARA TERRACERIAS.- Transporte del material producto de las excavaciones de cortes, adicionales abajo de la sub-rasante, ampliación y/o abatimiento de taludes, rebaje de terraplenes, escalones, despalmes, prestamos, derrumbes o canales para construir un terraplén o efectuar un desperdicio, - así como el transporte del agua empleada en la compactación de las terracerías.

ACOTAMIENTO.- Faja comprendida entre la orilla del pavimento o de la superficie de rodamiento y la orilla de la corona de un camino.

AGUJAS.- Conjunto móvil de dos (2) rieles apareados y aguzados, usados para encauzar el paso del equipo rodante de una vía a otra.

ALCANTARILLA.- Estructura de claro menor de seis (6) metros, con colchón o - sin él o mayor de seis (6) metros con colchón, que tiene por objeto permitir el paso del agua en forma tal, que el tránsito en una obra vial puede ser -

permanente en todo tiempo, bajo condiciones normales o anormales previstas.

ALCANTARILLA DE LAMINA CORRUGADA DE ACERO.- Los que se construyen con tubos o arcos, de lámina de acero corrugada, con recubrimiento adicional o sin él, colocados en el terreno en una o más líneas.

ALCANTARILLAS TUBULARES DE CONCRETO.- Las que se construyen con tubos de concreto, colocados en el terreno en una o más líneas.

ALINEAMIENTO DE VIA.- Operación tendiente a que ésta quede según el trazo horizontal, mediante desalojamientos horizontales de ella, a ambos lados de su eje.

APUNTALAMIENTO.- Armado y colocación de retenes y soportes para asegurar temporalmente el total o parte de una construcción.

ARBOLADO.- Plantación de árboles en los límites del derecho de vía y en los lugares de paraje.

BALASTO.- Material pétreo colocado abajo y entre los durmientes, que sirve para sujetar la vía, transmitir las cargas uniformemente a las terracerías y facilitar el escurrimiento del agua.

BANCO.- Sitio del cual se extraen materiales naturales o agua, para terracerías, obras de drenaje, estructuras, sub-bases, bases, pavimentos, sub-bastado y balasto.

BASE.- Capa de materiales seleccionados que se construye sobre la sub-base y ocasionalmente sobre la sub-rasante y cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a la sub-base o a las terracerías, distribuyéndolas en tal forma que no produzcan deformaciones perjudiciales en éstas.

BERMA.- Escalón en un talud. Faja que se deja entre una excavación y al pie del talud del material depositado o cualquier parte de una estructura.

BOMBEO.- Extracción de un líquido de un depósito, por medio de bombas o cualquier tipo. Curvatura transversal de la superficie de rodamiento, en las tangentes de una obra vial, que tiene por objeto facilitar el escurrimiento superficial del agua.

CAJON.- Espacio libre entre dos (2) durmientes. Marco colocado en un muro, alrededor del vano de una puerta, de una ventana o de un arco.

CALZAR.- Acción de retacar o comprimir el balasto bajo el durmiente, para nivelar la vía.

CAMA.- En los cortes de roca: parte inferior de la excavación debajo del nivel de la subrasante de proyecto. En los cortes de material suave: parte inferior de la sección proyectada, antes de formar las cunetas.

CAMELLON.- Lomo contínuo y uniforme de los materiales destinados a la construcción de revestimientos, sub-bases, bases, estabilización de suelos, pavimentos, sub-balastados o balastados, colocado temporalmente a lo largo de un tramo de una obra vial. Construcción de un camino, para separar las vías de circulación de sentido contrario.

CAMINO DE ACCESO.- El que se construye en forma provisional para comunicar, por la ruta accesible más corta, los lugares para la obtención de los materiales o cualquier otro lugar de interés.

CAN.- Pieza de madera de forma tronco-piramidal, que se coloca incrustada en una mocheta para fijar el cajón mediante tornillos o espigas.

CANALES.- Contracunetas y rectificación de cauces llevadas a cabo mediante excavaciones y remoción de los materiales producto de las mismas.

CARRIL.- Riel continuado en una vía.

CERCAS.- Vallas construidas con piedras, con postes y alambre o con postes y tela de alambre, que se colocan para delimitar el derecho de vía o cual-

quier otra superficie.

COLCHON.- Capa de materiales de terracerías y/o revestimiento, colocado encima de una alcantarilla.

COMPACTACION.- Operación mecánica para lograr una reducción de volumen de los espacios entre partículas sólidas de un material, con el objeto de aumentar su peso volumétrico y su capacidad de carga.

COMPENSACION TERMICA.- Acción de Igualar los esfuerzos internos de un riel de gran longitud, cuando éste se encuentre a una temperatura determinada.

CONDUCTOR.- Alambre o cable metálico con o sin forro aislante, que sirve para conducir energía eléctrica.

CONTRACUNETA.- Canal (de sección y ubicación fijados en proyecto), que se construye en las laderas del lado aguas arriba de una obra vial, y que tiene por objeto impedir que el agua que escurre llegue a la obra.

CONTRARRIEL.- Segundo riel de un carril que ayuda a mantener el alineamiento correcto de las ruedas del equipo rodante.

CORONA.- Superficie comprendida entre las aristas superiores de los taludes de un terraplén o entre las interiores de las cunetas de un corte.

CORTES.-Excavaciones y remoción de los materiales producto de las mismas, - realizadas en el terreno natural, en ampliación y/o abatimiento de taludes, en derrumbes, y en rebajes de terraplenes, con objeto de formar la subsiguiente, los taludes, las cunetas y los desplantes de terraplenes.

CUNETETA.- Zanja de sección determinada construida en uno o ambos lados de la corona en los cortes, destinada a recoger y encauzar hacia afuera del corte el agua que escurre de la superficie de la corona, debido al bombeo, así como la que escurre por los taludes de los cortes.

DEMOLICIONES.- Operaciones necesarias para deshacer o desmontar cualquier tipo de estructura o partes de ellas; selección; remoción y depósito de los materiales aprovechables; remoción de escombros y nivelación del terreno.

DERECHO DE VIA.- Faja de terreno cuyo ancho corresponde determinar el proyecto, la cual se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección y en general, para el uso adecuado de una vía de comunicación y/o de sus servicios auxiliares, y que es por lo tanto, un bien de dominio público sujeto al régimen de éste tipo de bienes.

DESMONTE.- corte de árboles y arbustos; roza, desenraice; limpia de terreno en que se efectuaron las operaciones mencionadas y quema del producto no aprovechable.

DESPLANTE.- Superficie, compactada o sin compactar, en uno o varios niveles, sobre la cual se asienta una estructura.

DESVIACIONES.- Caminos auxiliares de caracter provisional construidos como lo fije el proyecto, que se construyen con el objeto de facilitar el tránsito por fuera de una obra vial durante el tiempo que dure la construcción o reparación de la misma, o de alguna estructura que impida la circulación normal, o bien, para proporcionar acceso a los bancos y facilitar el acarreo de materiales y por último, para permitir la ejecución de trabajos diversos y de su vigilancia.

DRENES CIEGOS.- Zanjas, con tubería en su interior o sin ella, rellenas con piedra, grava y arena, que tiene por objeto coleccionar y desalojar agua de un suelo, de un lecho de roca o de una terracería.

DUCTO.- Espacio, recubierto o no, destinado para alojar tuberías, alambres, cables, barras alimentadoras o conducir gases.

EMBODEGAR.- Acción de colocar el subbalasto o el balasto bajo los durmientes y en los cajones.

EQUIPO.- Toda clase de maquinaria y herramientas adecuadas y necesarias para la ejecución de una obra, así como los vehículos empleados en la transportación de los materiales que intervienen en la misma.

ESCANTILLON DE VIA.- Medida interior de una vía, entre los hongos de los rieles.

ESPUELA.- Vía auxiliar conectada solamente por un extremo a la vía principal o a un ladero.

ESTACION.- Punto del eje de una obra vial o de la línea base del seccionamiento de un banco, que dista del origen un múltiplo de veinte (20) metros. Unidad de longitud de veinte (20) metros. Construcción que forma parte de una vía, y destinado al movimiento de pasajeros y/o carga.

ESTRUCTURA.- Arreglo o disposición de materiales o de elementos de construcción que, de acuerdo con el proyecto, integran el todo de una obra, su parte fundamental o una de sus partes principales. Parte de una obra vial, fabricada con cualquier material, tal como un terraplén, un muro de sostenimiento, etc; o cualquier construcción provisional o definitiva que sirva para dar paso a la misma sobre agua o sobre una depresión. Conjunto de elementos resistentes que forman el armazón o esqueleto de un edificio.

GOLPE DE VIA.- Desnivel vertical, apreciable, en las juntas de rieles.

HORA MAQUINA.- Una hora de tiempo efectivo de trabajo de una máquina a vehículo.

JUEGO DE CAMBIO.- Conjunto de agujas, sapo, contrarrieles, árboles y demás accesorios que sirve para dar paso al equipo rodante, de una vía a otra.

JUNTA A HUESO.- Unión o tope.

JUNTA APOYADA.- Unión de rieles efectuada sobre un durmiente.

JUNTAS APAREADAS.- Las de una vía tendida con las uniones de un carril simétricas a las del otro.

JUNTAS CONTRAPEADAS.- Las de una vía tendida con las uniones de un carril alternadas con respecto a las del otro.

JUNTA SUSPENDIDA.- Unión de rieles efectuada entre dos (2) durmientes.

LADERO .- Vía auxiliar conectada en sus dos (2) extremos a una troncal o a otra auxiliar.

MANIOBRAS.- Cargas, descargas, alejos, desalojos, transbordos, arrastres, estibas, desestibas y demás operaciones complementarias de transportación de materiales y equipo, así como almacenajes y regalías que se relacionen con ellas. Operaciones para erección y montaje de una estructura o parte de ella.

NIVELACION DE VIA.- Operación tendiente a colocarla permanentemente según el trazo vertical, mediante el empleo de balasto y/o sub-balasto.

PLANCHUELA.- Pieza de forma especial que sirve para unir los extremos de los rieles.

PLANCHUELAS DE COMPROMISO.- Las de forma especial, utilizadas para unir extremos de rieles de diferentes secciones o con distintas perforaciones.

PLANTILLA.- Capa de pedacería de tabique, de grava o de concreto, simple, que se construye para desplantar cimientos o apoyar tuberías.

PRESTAMOS.- Excavaciones que se ejecutan a fin de obtener los materiales para formar los terraplenes no compensados.

PUENTE.- Estructura sin colchón, con longitud mayor de seis (6) metros, destinada a dar paso a una obra vial sobre agua, o sobre una depresión natural o artificial.

RASANTE.- Superficie de rodamiento de una carretera o aeropista, terminada

conforme a los niveles y secciones del proyecto. En vía férrea la línea definida por la intersección de las superficies de rodamiento con el plano vertical que contiene su eje en los tangentes o con la superficie vertical que contiene el eje del riel interior en las curvas.

REFINAMIENTO.- Excavación y movimiento de materiales con volumen total hasta de tres mil (3,000) metros cúbicos por kilómetro, necesarios para afinar, rehacer o modificar la sección de proyecto de las terracerías de una obra vial, ya atacada, o terminadas y recibidas con anterioridad.

RELLENOS.- Colocación de materiales en excavaciones para estructuras una vez que éstas hayan sido terminadas, o para cubrir alcantarillas, utilizando el producto de los mismos o de los prestamos.

REZAGA.- Producto de la excavación en la galería de avance o en el frente de ataque, en la construcción de túneles.

SAPO.- Parte de un cambio, colocada en la intersección de dos (2) carriles que proporciona apoyo a las ruedas y encarrila sus cejas para asegurar el paso del equipo rodante de una vía a otra.

SOBREACARREO.- Transporte de materiales efectuado en la distancia que sobre pasa a la del acarreo libre.

SOLDADURA.- Acción y efecto de unir rápidamente dos piezas metálicas mediante un metal o aleación metálica, que se funde con las partes que van a unirse y que posteriormente se solidifica y forma cuerpo con ellas.

SOLDADURA DE RIELES.- Acción de unir rígidamente dos (2) rieles por sus extremos, a tope, para obtener tramos de mayor longitud.

SUBBALASTADO.- Capa de material impermeable que se coloca sobre la subrasante con objeto de aumentar el valor soporte de las terracerías y evitar que el agua de lluvia se filtre a ellas y que se les incruste el balasto.

SUB-RASANTE.- Corona de terracería de una carretera o aeropista, terminada conforme a los niveles y secciones del proyecto. Eje de la corona en vías férreas.

SUELO.- Genéricamente, superficie de la corteza terrestre. Material que, formando parte de la corteza terrestre, proviene de la desintegración y descomposición de la roca madre y cuyas partículas, agrupadas sin cimentación estable, son de cualquier tamaño comprendido entre las gravas y los coloides.

TALÚD.- Superficie inclinada del material de un corte o de un terraplén. Paramento inclinado de un muro.

TENDIDO DE VIA.- Colocación ordenada de acuerdo con el proyecto, de: balasto, durmientes, rieles, sujeciones, accesorios, cambios y cruceros.

TERRACERIAS.- Conjunto de cortes y terraplenes de una obra vial, ejecutados hasta la sub-rasante.

TERRAPLENES.- Estructuras construidas sobre el terreno con material adecuado, producto de un corte o de un préstamo; hasta la subrasante con alineamiento, perfil y sección de acuerdo con el proyecto. La ampliación de la corona, el tendido de taludes y la elevación de la sub-rasante, en terraplenes ya construidos para obtener la nueva sección de proyecto. Relleno de excavaciones hasta la subrasante en los cortes.

TRAZO.- Estacas, mojoneras, señales o marcas, colocadas en el terreno, que sirven para indicar líneas, ejes, trazos, elevaciones y referencias de la obra, de acuerdo con el proyecto.

TUNELES.- Galerías que se construyen para dar paso a una vía terrestre de comunicación, y que se ejecutan conforme a lo indicado en el proyecto.

VACIADO DE LA VIA.- Operación de quitar el material existente al nivel del asiento de los durmientes.

VIA CLAVADA.- Aquella en la cual se emplea bajo el riel una placa de asiento metálica, una sujeción con clavo y un anclaje longitudinal.

VIA ELASTICA.- Aquella en la cual se emplea una suela amortiguadora entre el riel y los durmientes, y una sujeción indirecta del tipo muelle o resorte.

ZAMPEADOS.- Recubrimientos de piedra sin labrar, secos o junteados con mortero de cemento o cal hidratada, construidos sobre superficies horizontales o inclinadas, para protegerlas contra las erosiones.

C O N C L U S I O N E S

- - - - -

CONCLUSIONES

Las primeras vías construidas en la República Mexicana fueron de acuerdo con la época, con riel de bajo calibre (50 a 65 lb/yd) unida por el sistema clásico de planchuela y clavada a durmiente de madera sin tratar. Debido al aumento de tráfico y simultáneamente el peso por eje, los rieles en las troncales tuvieron que sustituirse por calibres cada vez mayores hasta llegar en la actualidad a rieles de 115 lb/yd. La escasa vida de los durmientes de madera sin tratar, originó que se establecieran plantas de tratamiento y se emplearan durmientes creosotados.

A finales de los años 60 se comenzó a colocar en los tramos de mayor circulación riel soldado en tramos para reducir el traqueteo en las planchuelas, dañino para el equipo rodante y que reduce la vida de los rieles.

Más recientemente, empezó a utilizarse el sistema de vía elástica, apoyando en durmientes de concreto con sujeciones que incorporan una placa de neopreno abajo del riel.

En la actualidad en las rehabilitaciones de vías principales y construcción de nuevas vías, se utiliza el sistema de vía elástica y durmientes de concreto. Con el dominio de la técnica de la vía elástica se ha obtenido en primer término un notable avance en la seguridad del movimiento de trenes. Ha sido posible así incrementar sustancialmente las velocidades, admitiendo mayores cargas por eje y se ha reducido la resistencia al rodamiento, haciendo posible remolcar más toneladas con los mismos caballos de potencia.

Igualmente el sistema ha incrementado la vida útil del equipo rodante, se ha

elevado considerablemente el confort en los trenes de pasajeros y se han abatido de manera importante los costos de mantenimiento de vía; actualmente se fabrican en México, cumpliendo con las normas de calidad exigidas, toda clase de productos ferroviarios involucrados en la construcción de la vía elástica.

B I B L I O G R A F I A

- INSTITUTO DE CAPACITACION (VIA)
F.F.C.C. NACIONALES DE MEXICO
ALBERTO CARDENAS B.
- INSTITUTO DE CAPACITACION (VIA)
F.F.C.C. NACIONALES DE MEXICO
RODOLFO GARCIA PONCE
- FERROCARRILES
ING. FRANCISCO M. TOGNO
REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE INGENIERIA, S. A.
MEXICO, 1980
- TRATADO DE FERROCARRILES II
ING. CIVIL E INSTALACIONES
FERNANDO OLIVEROS RIVES
MANUEL RODRIGUEZ MENDEZ
MANUEL MEGIA PUENTE
EDITORIAL RUEDA
MADRID, ESPAÑA, 1980
- SEGURIDAD ANTE TODO
REGLAMENTO DE CONSERVACION
DE VIA Y ESTRUCTURA PARA -
LOS FERROCARRILES MEXICANOS
F.F C.C. NACIONALES DE MEXICO
MEXICO, 1967
- TESIS PROFESIONAL
FERROCARRIL A DOS BOCAS
FIJACION DOBLEMENTE ELASTICA
EN TANGENTE CON DURMIENTE DE
MADERA Y RIEL DE 115 Lb. R.E.
MARIO SOLANO RODRIGUEZ
MEXICO, 1983